

ارزیابی اقتصادی طرح تولید هم‌زمان برق و حرارت در مشهد

علی امامی میبیدی

عضو هیات علمی دانشکده‌ی اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی 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: 88/10/15 تاریخ پذیرش: 89/3/25

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 آمریکا، 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 بر این، نتایج تحلیل حساسیت نشان می‌دهد که مؤثرترین عامل بر پارامترهای ارزیابی اقتصادی این طرح، قیمت گاز صادراتی است.

طبقه‌بندی JEL: O13 , P28 , H43

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

1- 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 به‌طور خاص سوخت‌های فسیلی، امروزه از مهم‌ترین منابع در چرخه‌ی تولید صنعتی به‌شمار 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 کشورهای مثل ایران، بدون پرداخت هزینه‌های گزاف و تنها با تقبل هزینه‌ی استخراج، به‌طور وسیعی امکان بهره‌برداری از این منابع را دارا هستند و شاید این موضوع خود دلیلی بر کم‌اهمیت 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 رابطه‌ی 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 سیاست گذاری در این دو زمینه باشد.

از یک دیدگاه انرژی مدارانه، تولید برق در نیروگاه‌های حرارتی فرایندی کاملاً اتلاف گر به شمار می‌رود. بدین معنا که در بهترین شرایط تولیدی، در این واحدها حدود 50 درصد انرژی حرارتی به انرژی الکتریسیته تبدیل نشده و به صورت گرما از آگزوز 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 CHP¹، یک روش صرفه‌جویی انرژی است² که در آن برق و حرارت به طور هم‌زمان تولید می‌شوند. حرارت حاصل از تولید هم‌زمان نیز می‌تواند به منظور گرمایش منطقه‌ای (DH)³ و یا در صنایع فرایندی مورد استفاده 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 360/9 هکتار بوده و طبق برآورد انجام گرفته حداکثر جمعیت قابل اسکان متغیر در حدود 120 هزار نفر در شب می‌باشد.

سئوالاتی که در این تحقیق به دنبال بررسی آن هستیم عبارتند از: 1- آیا اجرای طرح CHP نیروگاه مشهد و گرمایش منطقه‌ای حرم مطهر رضوی (ع) و محدوده‌ی

1- Combined Heat and Power.

2- بازدهی کلی این واحدها 80 تا 90 درصد است، در حالی که بازده واحدهای متداول حدود 40 تا 50 درصد می‌باشد و این بازده بالاتر موجب صرفه جویی در مصرف انرژی می‌شود.

3- District Heating.

اطراف آن، نسبت به وضعیت کنونی تولید برق در نیروگاه مشهد، از لحاظ اقتصادی-زیست‌محیطی دارای مزیت و توجیه اقتصادی است؟ 2- 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 2 به بررسی تولید هم‌زمان برق و حرارت در نیروگاه‌ها، گرمایش منطقه‌ای و مکانیسم توسعه‌ی پاک پرداخته و سپس در بخش 3 و 4 به ترتیب مبانی نظری تحلیل هزینه-فایده و پیشینه‌ی تحقیق بیان می‌شود. در بخش 5 ارزیابی طرح و در بخش 6 نتیجه‌گیری بیان می‌شود.

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

در این بخش 3 مبحث اصلی شامل تولید هم‌زمان برق و حرارت در نیروگاه‌ها، گرمایش منطقه‌ای و مکانیزم توسعه‌ی پاک به تفصیل بیان می‌گردد.

1-2- تولید هم‌زمان برق و حرارت در نیروگاه‌ها

یکی از تکنولوژی‌هایی که از سال‌ها پیش در کشورهایی چون آمریکا، 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)¹، 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، 1383):

الف) بازیافت از توربین زیرکش دار² (ب) بازیافت از توربین پس فشاری³ (ج) بازیافت از توربین گازی⁴ (د) بازیافت از سیکل ترکیبی⁵ (ه) بازیافت از موتورهای رفت و برگشتی⁶

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

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

خروجی از کندانسور برای تأمین حرارت استفاده می‌شود، اساس سیستم‌های تولید هم‌زمان با سیکل ترکیبی را تشکیل می‌دهد.

بازیافت در نیروگاه‌های مجهز به موتورهای رفت و برگشتی: این روش نیز مشابه روش تولید هم‌زمان در نیروگاه‌های گازی است، با این تفاوت که به جای توربین گازی از موتورهای درون سوز رفت و برگشتی استفاده می‌شود. در این نیروگاه‌ها حرارت می‌تواند از روغن موتور یا آب خنک کن موتورها یا از حرارت گازهای خروجی از اگزوز بازیافت شود.

2-2- گرمایش منطقه‌ای

گرمایش منطقه‌ای شامل سیستمی است که در آن حرارت به صورت متمرکز، تولید و به تعدادی مشتری فروخته می‌شود. این کار با استفاده از یک شبکه‌ی توزیع که 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، 1383):

1- ارتقای کارایی انرژی

در واحدهای تولید هم‌زمان برق و حرارت، تلفات به حداقل می‌رسد. بازدهی کلی این واحدها بین 80 تا 90 درصد خواهد بود، این در حالی است که در یک نیروگاه متداول بازدهی حرارتی بین 40 تا 50 درصد است.

2- تأمین حرارت مطمئن و انعطاف پذیری

با توجه به این که واحدهای تولید هم‌زمان، از حرارت تولیدی نیروگاه‌ها استفاده می‌کنند، تولید انرژی حرارتی در آن‌ها بدون وقفه انجام می‌شود. هم‌چنین میزان تولید برق و حرارت، با توجه به تقاضای آن‌ها قابل تغییر است.

3- بهبود وضعیت محیط زیست

راندمان بالای واحدهای تولید هم‌زمان، این واحدها را به عنوان راه حلی قابل قبول برای تبدیل انرژی مطرح کرده است. هم‌چنین بازدهی بالای این واحدها، سبب می‌شود تولید دی‌اکسید کربن و سایر آلاینده‌ها نظیر ترکیبات گوگردی و اکسیدهای نیتروژن کاهش یابد. از سوی دیگر در کشورهایی که قوانین سخت‌گیرانه‌ی زیست محیطی در

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

4- هزینه‌های کم‌تر

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.

5- استفاده‌ی هرچه بیش‌تر از فضای ساختمان‌ها

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.

6- هزینه‌های پایین‌تر تعمیرات و نگهداری

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.

2-3- مکانیزم توسعه‌ی پاک (CDM)¹

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 گلخانه‌ای و همچنین کمک به توسعه‌ی پایدار در کشورهای در حال توسعه‌ی اجرا می‌کنند و کشورهای در حال توسعه نیز به‌ازای کاهش انتشار، گواهی یا CER² را به‌صورت مبلغی پول دریافت می‌نمایند.

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

1- Clean Development Mechanism.

2- Certified Emission Reduction.

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 در حال 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 سرمایه‌پذیر علاوه بر تحصیل فناوری‌های نو و دوستدار محیط زیست، درآمدی را نیز کسب کرده است.

3- 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.

3-1- معیارهای ارزیابی

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

شده در طی عمر طرح به زمان حال برگردانده می‌شود (ویلیامز، آلن، روبرت ساگدن، 1372).

الف) دوره‌ی بازگشت سرمایه¹، ب) ارزش فعلی خالص (NPV)²، ج) نسبت فایده به هزینه، د³) نرخ بازدهی داخلی (IRR)⁴ و نرخ بازدهی داخلی تعدیل شده (MIRR)⁵

3-1-1- دوره‌ی بازگشت سرمایه

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.

$$PBP = I / NCF \quad (1)$$

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

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

$$I \leq \sum_{t=0}^n (NCF)_t \quad (2)$$

که در آن n نشان‌دهنده‌ی دوره‌ی بازگشت است.

3-1-2- روش مقایسه بر پایه ارزش فعلی خالص (NPV)⁶

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 (3) می‌باشد:

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

6- برای جزئیات بیشتر مراجعه شود به: رهبر، رام (1386).

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{R_t - C_t}{(1+r)^t} \quad (3)$$

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.

2-1-3- معیار نسبت فایده به هزینه یا شاخص سودآوری

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

$$B/C = BPV/CPV \quad (4)$$

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 حتماً یک می‌باشد و بالعکس.

2-1-4- روش نرخ بازدهی داخلی (IRR)¹ و نرخ بازدهی داخلی تعدیل شده ($MIRR$)

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.

1- برای جزئیات بیشتر مراجعه شود به: رهبر، رام (1386).

اگر فرایند مالی طرحی در طی N سال عمر خود از جریانات ورودی R_t و جریانات خروجی C_t تشکیل شده باشد، با حل رابطه‌ی زیر می‌توان نرخ بازدهی داخلی را مشخص کرد:

$$NPV = \sum_{t=0}^N \frac{R_t - C_t}{(1 + IRR)^t} = 0 \quad (5)$$

اگر ارزش خالص طرحی مثبت باشد، چنین نتیجه می‌شود که نرخ بازدهی داخلی آن طرح از نرخ بازدهی قابل قبولی که برای سرمایه‌گذاری به کار برده شده، بیش‌تر است و بالعکس، اگر ارزش فعلی خالص طرحی منفی باشد، نرخ بازدهی داخلی آن از نرخ مورد قبول کم‌تر است و نیز اگر ارزش خالص طرحی صفر باشد، می‌توان نتیجه گرفت که تمام سرمایه‌ی به کار رفته در طرح، به انضمام بهره‌های متعلقه در هر سال، برگشت داده شده و نرخ بازدهی داخلی طرح، معادل نرخ بازدهی مورد قبول است (داوودیان، 1377).

نرخ بازدهی داخلی تعدیل شده به عنوان نرخ تنزیلی که ارزش فعلی جریانات نقدی خروجی را با ارزش فعلی جریانات نقدی ورودی برابر می‌کند، تعریف می‌شود. نرخ بازدهی داخلی تعدیل شده مزیت عمده‌ای نسبت به نرخ بازدهی داخلی معمولی دارد. نرخ بازدهی داخلی تعدیل شده فرض می‌کند که جریانات نقدی با نرخ هزینه‌ی سرمایه‌ی طرح، سرمایه‌گذاری دوباره می‌شود، درحالی که نرخ بازدهی داخلی فرض می‌کند که جریانات نقدی با نرخ بازدهی داخلی خود طرح، سرمایه‌گذاری مجدد می‌شود. به دلیل این که سرمایه‌گذاری مجدد با نرخ هزینه‌های سرمایه‌ی شرکت، در مجموع فرض بهتر و معقول‌تری است، نرخ بازدهی داخلی تعدیل شده شاخص مؤثرتر و صحیح‌تری از قابلیت سودآوری طرح می‌باشد.

نحوه‌ی محاسبه‌ی MIRR به صورت زیر است (استرمولا و دیگران¹، 2001):

$$MIRR = q^{n-1} - 1 \quad (6)$$

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

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 آن‌که، 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 این‌گونه تأسیسات، منافع و هزینه‌های اجتماعی به دقت مورد ارزیابی قرار گیرند.

3-2- بی‌اطمینانی در برآوردها

هر برآوردی می‌تواند توأم با اشتباه و بی‌اطمینانی باشد و به ندرت ممکن است رویدادهای آینده با پیش‌بینی‌های 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 بی‌اطمینانی 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 برنامه‌ریزی کشور، 1381):

1. اشتباه در برآورد و تعیین تقاضای گذشته و کنونی، یا به دیگر سخن، اشتباه در آمارهای موجود.
2. اشتباه در برآورد و تعیین نیاز یا تقاضای آینده.
3. اشتباه در برآورد و تعیین 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 بی‌اطمینانی 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.

3-3- تحلیل حساسیت

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 در مورد اقلام عمده‌ی طرح و اقلامی انجام پذیرد که نسبت به آن بی‌اطمینانی و تردید قابل ملاحظه‌ای وجود دارد.

4- پیشینه‌ی تحقیق

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

4-1- مطالعات انجام گرفته در داخل کشور

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 (1385)، 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 55 دلار در هر بشکه نفت خام، ارزش اقتصادی پروژه‌ی تزریق نسبت به پروژه‌ی صادرات گاز فزونی می‌یابد. همچنین مقایسه‌ی نرخ بازدهی اقتصادی تزریق 150 میلیون متر مکعب گاز طبیعی به میدان نفتی آغاچاری و نرخ بازدهی اقتصادی صادرات همین مقدار گاز طبیعی به هند از طریق خط لوله در قیمت‌های مختلف نفت خام، نشان می‌دهد که از قیمت 35 دلار به بالای نفت خام، ارزش اقتصادی پروژه‌ی تزریق، از ارزش اقتصادی پروژه‌ی صادرات بیش‌تر می‌شود.

رهبر و رام (1386)، 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

ارزش افزوده‌ی بالاتری ایجاد کند، ضمن این‌که صادرات گاز از دو طریق خط لوله و LNG نیز از توجیه اقتصادی برخوردار است. پرویزی عمران (1388)، 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.

4-2- مطالعات انجام گرفته در خارج کشور

وربروگن¹ (1992)، 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 تعیین کننده‌ای 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 همکاران² (1993)، یک طرح تولید هم‌زمان و گرمایش منطقه‌ای را برای شهر لی سستر³ 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 زیست محیطی، استفاده از نیروگاه مرکزی جذاب‌ترین انتخاب از لحاظ مالی خواهد بود.

5- ارزیابی طرح

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

1- Verbruggen.

2- Taki et. al.

3- Leicester.

5-1- ارزیابی مالی

ارزیابی مالی طرح با نرخ تنزیل 11 درصد (نرخ مورد استفاده برای طرح‌های عمرانی دولت که نرخ حقیقی می‌باشد)¹ محاسبه شده است. در این تحلیل درآمدهای مربوط به منافع زیست‌محیطی در نظر گرفته نشده است. دو سناریو و مفروضاتی که در این جا بررسی شده و در جدول (1) آمده، عبارت از موارد زیر است:

جدول 1- مفروضات مورد نظر در ارزیابی مالی

مفروضات	فروش CER	عدم فروش CER
نرخ تنزیل حقیقی	11%	11%
قیمت CER*	15/6	15/6

* قیمت CER قبل از تحلیل حساسیت و به دلار می‌باشد.

سناریوی اول: 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.

سناریوی دوم: 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 تقسیم می‌شود

جدول (2)، 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:

جدول 2- نتایج ارزیابی مالی طرح

شاخص سناریو	فروش CER	عدم فروش CER
NPV (میلیارد ریال)	1319/96	714/82
NPV RATIO	0/84	0/46
IRR	0/25	0/19
MIRR	0/18	0/16

ماخذ: محاسبات محقق

در حالت اول که طرح در قالب CDM تعریف شده و CER آن به فروش می‌رسد، ارزش حال خالص معادل 1319/96 میلیارد ریال، نشان می‌دهد که این طرح در طی 18 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 NPV¹ نیز تأیید می‌شود؛ به طوری که عدد 0/84 نشان می‌دهد که هر ریال سرمایه‌گذاری در این طرح، به میزان 0/84 ریال سود می‌دهد. نرخ بازدهی داخلی طرح در این حالت 25% بوده و نشان می‌دهد که اگر دولت نتواند از هر ریال سرمایه‌گذاری خود بیش‌تر از 25 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 16 درصد به‌طور کامل سرمایه‌گذاری مجدد کند، می‌تواند از این طرح 18 درصد سود به‌دست آورد، که مقدار MIRR نشان دهنده‌ی آن است.

در حالت دوم نیز ارزش حال خالص، معادل 714/82 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 85 درصد افزایش یابد، که بیان‌گر اهمیت زیاد CDM در این طرح می‌باشد. IRR طرح 19 درصد است که بیش از نرخ هزینه‌ی فرصت سرمایه‌گذاری بوده و توجیه پذیری طرح را نشان می‌دهد. سرمایه‌گذاری دوباره‌ی درآمدهای سالانه‌ی طرح با نرخ 16 درصد، سود واقعی با نرخ 16/4 درصد نصیب طرح می‌کند.

5-2- ارزیابی اقتصادی طرح

بر اساس ترازنامه‌ی انرژی سال 1386 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..

اساس، هر یک از دو سناریوی قبلی با استفاده از این دو دسته ضرایب، به دو سناریوی فرعی تقسیم شده‌اند. جدول (3)، نتایج مربوط به ارزیابی اقتصادی طرح را نشان می‌دهد.

جدول 3- نتایج ارزیابی اقتصادی طرح

شاخص سناریو	سناریوی 1 فروش CER ضرایب EPA	سناریوی 2 فروش CER ضرایب WB	سناریوی 3 عدم فروش CER ضرایب WB	سناریوی 4 عدم فروش CER ضرایب EPA
NPV (میلیارد ریال)	2150/74	1439/02	833/88	1545/60
NPV RATIO	1/03	0/92	0/53	0/99
IRR	0/31	0/26	0/20	0/26
MIRR	0/20	0/18	0/17	0/19

ماخذ: محاسبات محقق

سناریوی (1): 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 این جا قیمت هر CER یا هر تن CO₂ برابر 15/6 دلار و نرخ ارز 10000 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 برابر 2150/74 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 1/03 ریال سود خواهد داشت. نرخ بازدهی داخلی 31 درصد نیز نشان دهنده‌ی پتانسیل سود دهی بالای طرح می‌باشد و بیش‌تر بودن آن از نرخ هزینه‌ی فرصت، همانند NPV، توجیه پذیری طرح را نشان می‌دهد. سرمایه‌گذاری دوباره‌ی درآمدهای حاصل از این طرح در هر سال با نرخ 16 درصد، می‌تواند این طرح را از 20 درصد سود برخوردار کند. شایان ذکر است که سناریوی اصلی، تحلیل هزینه - فایده‌ی اقتصادی و کامل‌ترین سناریو همین سناریوی (1) می‌باشد که به عنوان جواب اصلی تحلیل هزینه - فایده

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

سناریوی (2): 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 برابر 1439/02 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 0/92 ریال سود می‌دهد. نرخ بازدهی داخلی 0/26 درصد که بیش از نرخ هزینه‌ی فرصت می‌باشد، نشان می‌دهد که طرح دارای توجیه اقتصادی است. MIRR برابر 18 درصد نیز نشان دهنده‌ی آن است که اگر دولت درآمد حاصل از این طرح در هر سال را با نرخ 16 درصد سرمایه‌گذاری مجدد کند، می‌تواند از این طرح 18 درصد سود کسب کند.

سناریوی (3): 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 برابر 833/88 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 0/53 ریال سود می‌دهد. نرخ بازدهی داخلی 20 درصد نشان می‌دهد که طرح از لحاظ اقتصادی در این سناریو هم توجیه پذیر است. اگر دولت درآمد حاصل از این طرح در هر سال را با نرخ 16 درصد تماماً سرمایه‌گذاری مجدد کند، می‌تواند از این طرح 17 درصد سود کسب کند.

سناریوی (4): 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 برابر 1545/60 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 0/99 ریال سود خواهد داشت. نرخ بازدهی داخلی

26 درصد نیز همانند NPV نشان می‌دهد که طرح از لحاظ اقتصادی در این سناریو توجیه پذیر است. MIRR برابر 19 درصد نشان دهنده ی آن است که اگر دولت درآمد حاصل از این طرح در هر سال را با نرخ 16 درصد سرمایه‌گذاری مجدد کند، می‌تواند از این طرح 19 درصد سود کسب کند.

5-3- تحلیل حساسیت

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:

1- نرخ تنزیل: تغییر نرخ تنزیل می‌تواند به عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار مهم در تحلیل حساسیت مورد توجه قرار گیرد.

2- قیمت گاز صادراتی: 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 1386 و 1387 قیمت گاز صادراتی به ترکیه تا 45 سنت هم افزایش یافت، حال آن‌که در حال حاضر قیمت آن حدود 28 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.

3- قیمت تمام شده ی گاز در داخل کشور: طبق اعلام شرکت پالایش و پخش فرآورده های نفتی، قیمت تمام شده، یک متر مکعب گاز طبیعی که شامل هزینه‌های پالایش، انتقال و توزیع آن می‌باشد، در سال 1387 برابر 773 ریال بوده است. از سویی مقدار قابل ملاحظه ی 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 هزینه ی تمام شده ی گاز

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

4- قیمت گاز تحویلی به خانوارها: 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 1، سرد 2، سرد 3، 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 100 ریال در نظر گرفته شده است. ولی از آن‌جا که دولت در حال حاضر سیاست واقعی‌سازی 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.

5- قیمت گواهی‌های کاهش انتشار: 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 گلخانه‌ای 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.

5-3-1- تحلیل حساسیت تک عاملی

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

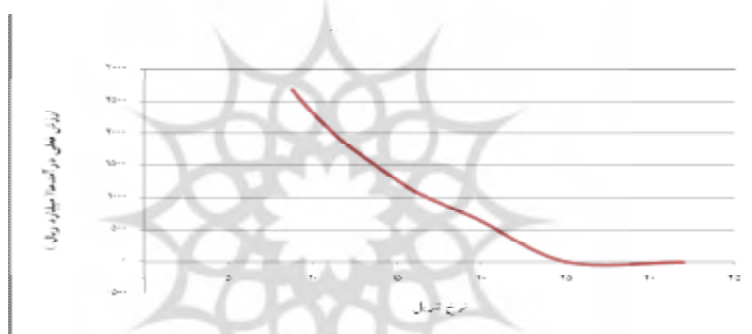
نرخ تنزیل

نرخ تنزیل مورد استفاده در این طرح همان نرخ مورد استفاده برای طرح‌های عمرانی دولت و برابر 11 درصد می‌باشد. جدول (4) و نمودار (1) میزان تغییر در NPV را به ازای تغییر در نرخ تنزیل نشان می‌دهد.

جدول 4- تحلیل حساسیت مربوط به نرخ تنزیل

ارزش خالص فعلی		نرخ تنزیل	
NPV (میلیارد ریال)	درصد تغییر در NPV (%)	نرخ تنزیل (%)	درصد تغییر نرخ تنزیل (%)
-۷/۲۸	-۱۰۰/۳۵	۳۲	۱۹۰
۰/۸۵	-۹۹	۲۵	۱۲۷
۶۵۹/۷۱	-۶۸	۱۹/۸	۸۰
۱۰۴۶/۱۸	-۴۹	۱۶/۵	۵۰
۱۱۹۹/۸۲	-۴۲	۱۵/۴	۴۰
۱۸۰۳/۹۹	-۱۲	۱۲/۱	۱۰
۲۰۵۸/۹۸	۰	۱۱	۰
۲۳۴۷/۶۳	۱۴	۹/۹	-۱۰
۲۶۷۵/۱۲	۳۰	۸/۸	-۲۰

ماخذ: محاسبات محقق

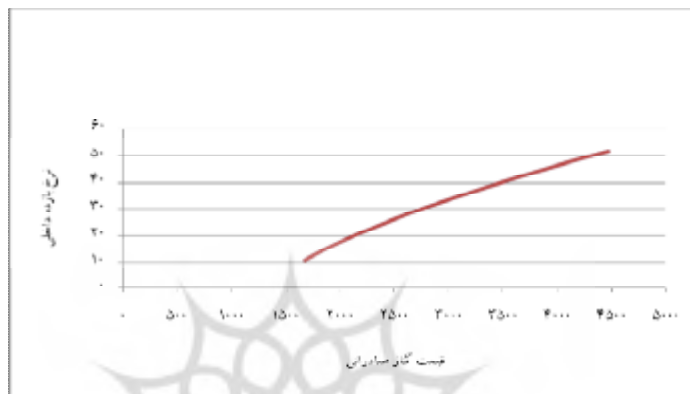


ماخذ: محاسبات محقق* محور عمودی ارزش فعلی درآمدها (میلیارد ریال) و محور افقی نرخ تنزیل است نمودار 1- حساسیت NPV به نرخ تنزیل

دامنه‌ی تغییرات نرخ تنزیل برای تحلیل حساسیت از منفی 20 درصد تا مثبت 190 درصد است؛ یعنی عدد 60 + درصد تغییرات نرخ تنزیل به منزله‌ی 60 درصد افزایش در نرخ تنزیل و 10- به منزله‌ی 10 درصد کاهش در نرخ تنزیل می‌باشد. در این صورت دامنه‌ی تغییرات NPV از مثبت 30 درصد تا منفی 100.35 درصد می‌باشد، که نشان می‌دهد ارزش فعلی خالص نسبت به تغییرات نرخ تنزیل تقریباً بسیار حساس می‌باشد. به عنوان مثال 20 درصد کاهش نرخ تنزیل سبب 30 درصد افزایش در NPV می‌شود که مقدار قابل ملاحظه‌ای است.

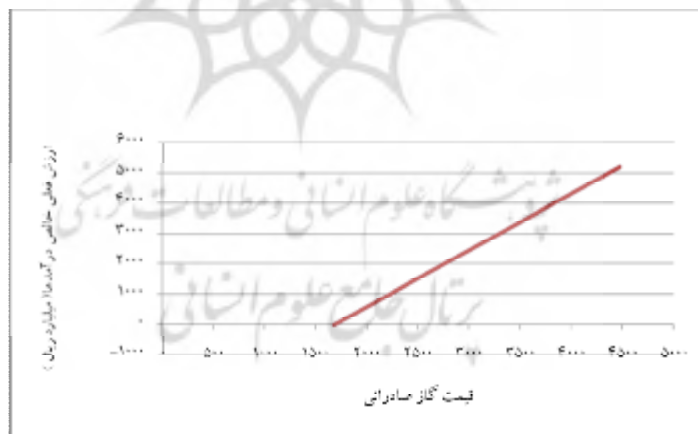
قیمت گاز صادراتی

جدول (5) و نمودارهای (2) و (3) حساسیت و میزان تغییر NPV و IRR را نسبت به تغییرات قیمت گاز صادراتی نشان می‌دهد.



ماخذ: محاسبات محقق* محور عمودی نرخ بازدهی داخلی و محور افقی قیمت گاز صادراتی است

نمودار 2- حساسیت IRR به قیمت گاز صادراتی



ماخذ: محاسبات محقق* محور عمودی ارزش فعلی درآمدها (میلیارد ریال) و محور افقی قیمت گاز صادراتی است
نمودار 3- حساسیت NPV به قیمت گاز صادراتی

جدول 5- تحلیل حساسیت مربوط به قیمت گاز صادراتی

قیمت گاز صادراتی		ارزش خالص فعلی		نرخ بازدهی داخلی	
درصد تغییر قیمت (%)	قیمت	درصد تغییر در NPV (%)	NPV (میلیارد ریال)	درصد تغییر IRR (%)	IRR (%)
۶۰	۴۴۸	۱۵۲	۵۱۸۸/۳۳	۶۹	۵۱/۷
۵۰	۴۲۰	۱۲۷	۴۶۶۶/۷۷	۵۸	۴۸/۶
۴۰	۳۹۲	۱۰۱	۴۱۴۵/۲۲	۴۸	۴۵/۳
۳۰	۳۶۴	۷۶	۳۶۲۳/۶۶	۳۷	۴۱/۹
۲۰	۳۳۶	۵۱	۳۱۰۲/۱۰	۲۵	۳۸/۴
۱۰	۳۰۸	۲۵	۲۵۸۰/۵۴	۱۳	۳۴/۶
۰	۲۸۰	۰	۲۰۵۸/۹۸	۰	۳۰/۷
-۱۰	۲۵۲	-۲۵	۱۵۳۷/۴۲	-۱۴	۲۶/۴
-۲۰	۲۲۴	-۵۱	۱۰۱۵/۸۶	-۲۹	۲۱/۸
-۳۰	۱۹۶	-۷۶	۴۹۴/۳۱	-۴۶	۱۶/۷
-۴۰	۱۶۸	-۱۰۱	-۲۷/۲۴	-۶۵	۱۰/۷

ماخذ: محاسبات محقق

طبق جدول (5) حساسیت NPV و IRR طرح نسبت به قیمت گاز صادراتی به اندازه‌ای است که اگر در اثر یک بحران قیمت گاز صادراتی 40 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 30 درصد افزایش در قیمت گاز صادراتی 37 درصد نرخ بازدهی را افزایش می‌دهد، در حالی که 30 درصد کاهش قیمت گاز

صادراتی، باعث کاهش 46 درصدی نرخ بازدهی می‌شود. بنابراین باید در این مورد دقت بیش‌تری داشت.

قیمت تمام شده گاز در داخل کشور

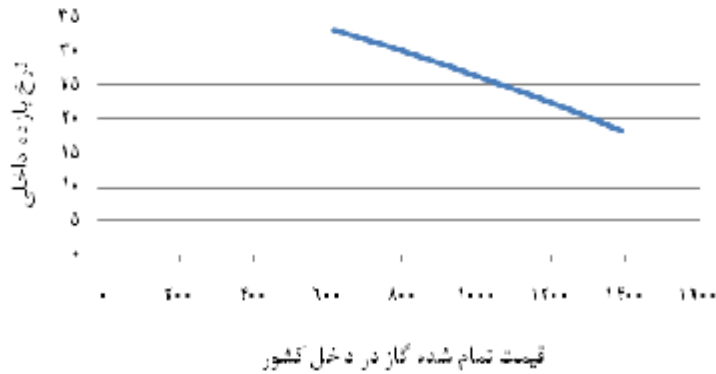
جدول (6) و نمودارهای (4) و (5)، حساسیت و میزان تغییر NPV و IRR را نسبت به تغییرات قیمت تمام شده ی گاز نشان می‌دهد.

جدول 6- تحلیل حساسیت مربوط به قیمت تمام شده‌ی گاز در داخل کشور

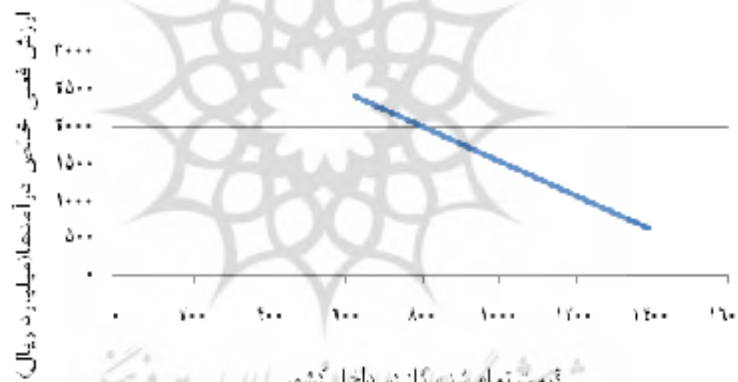
نرخ بازدهی داخلی		ارزش خالص فعلی		قیمت گاز تمام شده‌ی در داخل کشور	
IRR (%)	درصد تغییر (%) IRR	NPV (میلیارد ریال)	درصد تغییر در NPV (%)	قیمت	درصد تغییر قیمت (%)
۱۸/۳	-۴۰	۶۴۰/۴۵	-۶۹	۱۳۹۱/۴	۸۰
۲۰/۱	-۳۴	۸۱۷/۷۶	-۶۰	۱۳۱۴/۱	۷۰
۲۱/۸	-۲۹	۹۹۵/۰۸	-۵۲	۱۲۳۶/۸	۶۰
۲۳/۴	-۲۴	۱۱۷۲/۴۰	-۴۳	۱۱۵۹/۵	۵۰
۲۴/۹	-۱۹	۱۳۴۹/۷۱	-۳۴	۱۰۸۲/۲	۴۰
۲۶/۴	-۱۴	۱۵۲۷/۳۰	-۲۶	۱۰۰۴/۹	۳۰
۲۷/۹	-۹	۱۷۰۴/۳۵	-۱۷	۹۲۷/۶	۲۰
۲۹/۳	-۴	۱۸۸۱/۶۶	-۹	۸۵۰/۳	۱۰
۳۰/۷	۰	۲۰۵۸/۹۸	۰	۷۷۳	۰
۳۲	۴	۲۲۳۶/۳۰	۹	۶۵۹/۷	-۱۰
۳۳/۳	۹	۲۴۱۳/۶۲	۱۷	۶۱۸/۴	-۲۰

ماخذ: محاسبات محقق

هر چند تغییر این قیمت زیاد محتمل نیست (مثلاً در مقایسه با قیمت گاز صادراتی)، ولی نتایج نشان می‌دهد که حساسیت NPV و IRR نسبت به آن تقریباً بالاست.



ماخذ: محاسبات محقق* محور عمودی نرخ بازدهی داخلی و محور افقی قیمت تمام شده گاز در داخل است. نمودار 4- حساسیت IRR به قیمت تمام شده گاز در داخل کشور

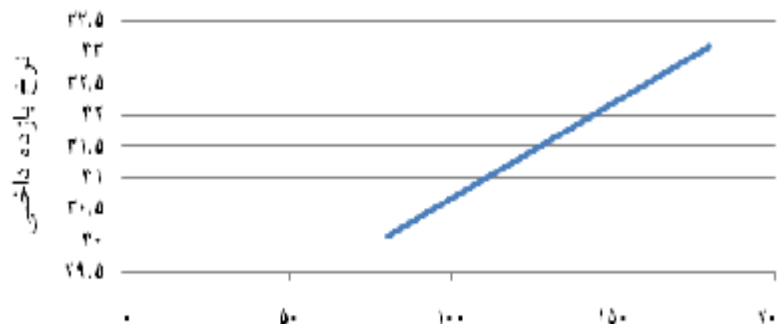


ماخذ: محاسبات محقق* محور عمودی ارزش فعلی خالص درآمدها (میلیارد ریال)، محور افقی، قیمت تمام شده گاز در داخل کشور است

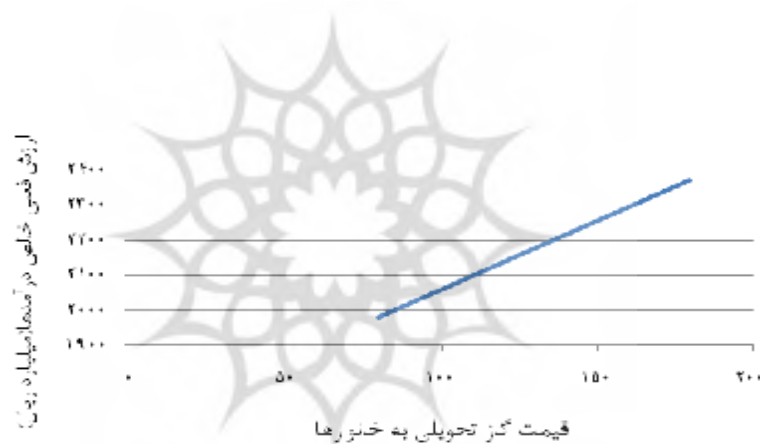
نمودار 5- حساسیت NPV به قیمت تمام شده گاز در داخل کشور

قیمت گاز تحویلی به خانوارها

جدول (7) و نمودارهای (6) و (7)، حساسیت و میزان تغییر NPV و IRR را نسبت به تغییرات قیمت گاز تحویل شده به خانوارها نشان می‌دهد. با توجه به سیاست



ماخذ: محاسبات محقق * محور عمودی نرخ بازدهی داخلی و محور افقی قیمت تمام شده گاز در داخل است .
نمودار 6- حساسیت IRR به قیمت گاز تحویلی به خانوارها



ماخذ: محاسبات محقق * محور عمودی ارزش فعلی درآمدها (میلیارد ریال)، محور افقی قیمت گاز تحویلی به خانوارهاست
نمودار 7- حساسیت NPV به قیمت گاز تحویلی به خانوارها

آزاد سازی قیمت حامل‌های انرژی دولت، محتمل‌تر آن است که این قیمت افزایش یابد. افزایش قیمت گاز تحویلی به خانوارها تا 80 درصد (که البته هنوز با قیمت واقعی آن فاصله فراوانی دارد)، سبب افزایش 15/3 درصدی در NPV و 7/8 درصدی در IRR می‌شود.

جدول 7- تحلیل حساسیت مربوط به قیمت گاز تحویلی به خانوارها یا قیمت انرژی

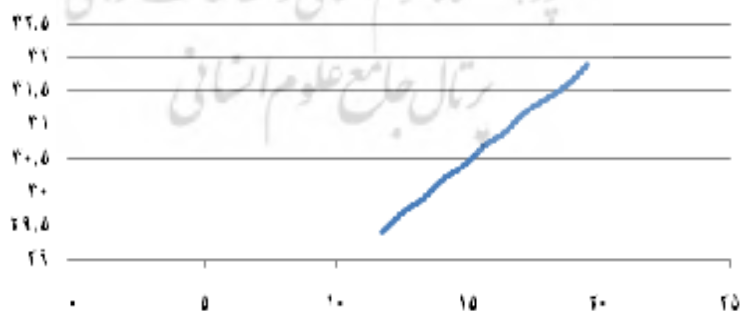
نرخ بازدهی داخلی		ارزش خالص فعلی		قیمت گاز تحویلی به خانوارها	
IRR (%)	در صد تغییر IRR (%)	NPV (میلیارد ریال)	در صد تغییر در NPV (%)	قیمت	در صد تغییر قیمت (%)
۳۳/۱	۷/۸	۲۳۷۳/۸۷	۱۵/۳	۱۸۰	۸۰
۳۲/۸	۶/۸	۲۳۳۴/۵۱	۱۳/۴	۱۷۰	۷۰
۳۲/۵	۵/۹	۲۲۹۵/۱۵	۱۱/۵	۱۶۰	۶۰
۳۲/۲	۴/۹	۲۲۵۵/۷۹	۹/۶	۱۵۰	۵۰
۱۳/۹	۳/۹	۲۲۱۶/۴۳	۷/۶	۱۴۰	۴۰
۳۱/۶	۳	۲۱۷۷/۰۷	۵/۷	۱۳۰	۳۰
۳۱/۳	۲	۲۱۳۷/۷۰	۳/۸	۱۲۰	۲۰
۳۱	۱	۲۰۹۸/۳۴	۱/۹	۱۱۰	۱۰
۳۰/۷	۰	۲۰۵۸/۹۸	۰	۱۰۰	۰
۳۰/۴	-۱	۲۰۱۹/۶۲	-۱/۹	۹۰	-۱۰
۳۰/۱	-۲	۱۹۸۰/۲۶	-۳/۸	۸۰	-۲۰

ماخذ: محاسبات محقق

این ارقام نشان می‌دهد که توجیه پذیری طرح نسبت به قیمت گاز تحویلی به خانوارها حساسیت چندانی ندارد.

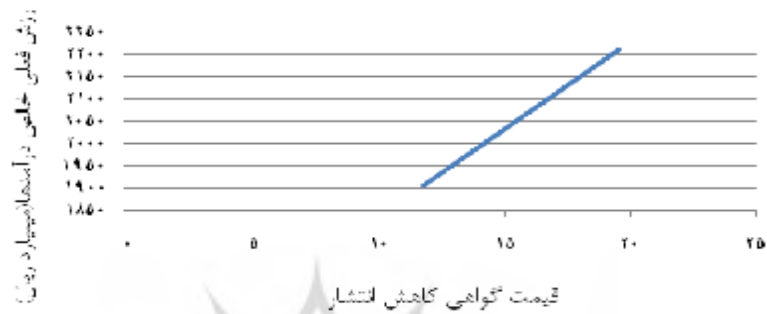
قیمت گواهی‌های کاهش انتشار

جدول (8) و نمودارهای (8) و (9)، حساسیت و میزان تغییر NPV و IRR را نسبت به تغییرات قیمت CER نشان می‌دهد. با توجه به این که قیمت CER بسته به ریسک‌های موجود، نوع فناوری و مؤلفه‌های توسعه‌ی اجتماعی، متغیر است. از این رو در این جا تغییرات آن و اثرش بر NPV و IRR بررسی شده است.



قیمت گواهی کاهش انتشار

ماخذ: محاسبات محقق * محور عمودی نرخ بازدهی داخلی و محور افقی قیمت CER است.
نمودار 8- حساسیت IRR به قیمت CER



ماخذ: محاسبات محقق * محور عمودی ارزش فعلی درآمدها (میلیارد ریال)، محور افقی قیمت CER است.
نمودار 9- حساسیت NPV به قیمت CER

جدول 8- تحلیل حساسیت مربوط به قیمت گواهی‌های کاهش انتشار

نرخ بازدهی داخلی		ارزش خالص فعلی		قیمت گواهی‌های کاهش انتشار	
IRR (%)	درصد تغییر IRR (%)	NPV (میلیارد ریال)	درصد تغییر در NPV (%)	قیمت (\$)	درصد تغییر قیمت (%)
31/9	3/9	2211/02	7	19/5	25
31/6	3/2	2180/61	6	18/72	20
31/4	2/4	2150/20	4	17/94	15
31/2	1/6	2119/80	3	17/16	10
30/9	0/8	2089/39	1	16/38	5
30/7	0	2058/98	0	15/6	0
30/4	-0/8	2028/57	-1	14/82	-5
30/2	-1/6	1998/17	-3	14/04	-10
29/9	-2/4	1967/76	-4	13/26	-15
29/7	-3/2	1937/35	-6	12/48	-20
29/4	-0/4	1906/95	-7	11/7	-25

ماخذ: محاسبات محقق

با این حال اثر تغییرات آن در توجیه پذیری طرح زیاد نیست. به عنوان مثال افزایش 25 درصدی قیمت CER تنها 7 درصد سبب افزایش NPV و 3/9 درصد سبب افزایش IRR می‌شود

5-3-2- تحلیل حساسیت چند عاملی

با توجه به نتایج جداول (4) تا (8)، مشخص است که مهم‌ترین و تأثیرگذارترین عوامل مؤثر در توجیه‌پذیری طرح به ترتیب عبارتند از: قیمت گاز صادراتی، نرخ تنزیل، قیمت تمام شده ی گاز طبیعی در داخل، قیمت گواهی‌های کاهش انتشار و قیمت گاز تحویلی به خانوارها.

با در نظر گرفتن این مطلب که تمام این عوامل متغیر هستند، در آن حالت انجام تحلیل حساسیت و تفسیر آن بسیار مشکل و پیچیده می‌باشد. ولی برای این که تحلیل‌ها تا حدی به واقعیت متغیر جهان خارج نزدیک‌تر باشند، می‌توان چند عامل مهم‌تر را به عنوان مثال با هم در نظر گرفت. بدین منظور متغیرهای قیمت گاز صادراتی، نرخ تنزیل و قیمت تمام شده ی گاز طبیعی در داخل کشور که مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر توجیه اقتصادی طرح بودند را با هم در نظر می‌گیریم. البته قابل ذکر است که این موارد می‌توانند فقط به عنوان مثال‌هایی از موارد بی‌شمار تحلیل چند عاملی باشند.

در این جا چند سناریوی ساده را به صورت ذیل تعریف می‌کنیم:

سناریوی 1- بسیار خوش بینانه: در این سناریو فرض می‌کنیم قیمت گاز صادراتی، 40 درصد افزایش، نرخ تنزیل 20 درصد و قیمت تمام شده ی گاز طبیعی برای دولت 20 درصد کاهش یابد.

سناریوی 2- خوش بینانه: در این سناریو فرض می‌کنیم قیمت گاز صادراتی، 20 درصد افزایش، نرخ تنزیل 10 درصد و قیمت تمام شده ی گاز طبیعی برای دولت 10 درصد کاهش یابند.

سناریوی 3- بد بینانه: در این سناریو فرض می‌کنیم قیمت گاز صادراتی، 20 درصد کاهش، نرخ تنزیل 10 درصد و قیمت تمام شده ی گاز طبیعی برای دولت 10 درصد افزایش یابد.

سناریوی 4- بسیار بد بینانه: در این سناریو فرض می‌کنیم قیمت گاز صادراتی، 40 درصد کاهش، نرخ تنزیل 20 درصد و قیمت تمام شده‌ی گاز طبیعی برای دولت 20 درصد افزایش یابد.

جدول 9- تحلیل حساسیت چند عاملی قیمت گاز صادراتی، نرخ تنزیل و قیمت تمام شده‌ی گاز در داخل کشور

سناریوی پارامتر	عوامل عمده‌ی مؤثر بر توجیه اقتصادی طرح			
	پارامترهای ارزیابی اقتصادی	قیمت تمام شده‌ی گاز در داخل کشور	نرخ تنزیل (%)	قیمت گاز صادراتی
	IRR (%)	NPV (میلیارد ریال)		
1- بسیار خوش بینانه	۴۶/۵	۵۴۲۸/۷۴	۶۱۸/۴	۸/۸
2- خوشبینانه	۳۴/۸	۲۹۴۷/۱۶	۶۹۵/۷	۹/۹
3- بد بینانه	۱۸/۷	۵۴۷/۳۲	۸۵۰/۳	۱۲/۱
4- بسیار بد بینانه	۳	-۰/۶	۹۲۷/۶	۱۳/۲

ماخذ: محاسبات محقق

جدول (9)، نشان می‌دهد که: در سناریوهای بسیار خوش بینانه، خوش بینانه و حتی بدبینانه، NPV طرح هم‌چنان مثبت و IRR آن بیش از نرخ تنزیل می‌باشد، که نشان می‌دهد طرح واقعاً از توجیه پذیری بالایی برخوردار است. فقط در سناریوی بسیار بدبینانه‌ای که تعریف شده است، NPV طرح، منفی شده و طرح توجیه اقتصادی خود را از دست می‌دهد.

6- نتیجه‌گیری

مقاله‌ی حاضر با استفاده از روش‌های ارزش فعلی خالص، نرخ بازدهی داخلی و نرخ بازدهی داخلی تعدیل شده‌ی طرح تولید هم‌زمان برق و حرارت در نیروگاه‌ها، گرمایش منطقه‌ای در قسمتی از شهر مشهد را ارزیابی مالی و اقتصادی کرده و سپس این طرح را با استفاده از تحلیل حساسیت مورد بررسی قرار داده است. نتایج ارزیابی مالی و اقتصادی نشان می‌دهد که طرح مورد نظر دارای توجیه اقتصادی و مالی برای اجرا می‌باشد. علاوه بر این نتایج تحلیل حساسیت نشان می‌دهد که تأثیرگذارترین عامل مؤثر بر پارامترهای ارزیابی اقتصادی این طرح (NPV و IRR) قیمت گاز صادراتی است. این متغیر تقریباً به طور کامل برون‌زا بوده و بر اساس بازار جهانی نفت تعیین می‌شود. این

نکته نیز قابل ذکر است که تغییر این متغیر حتی به حدی که توجیه پذیری این طرح را زیر سؤال ببرد (با ثابت بودن سایر شرایط کاهشی در حدود 40 درصد)، کاملاً در جهان واقع محتمل است، ولی احتمال افزایش این قیمت بسیار منطقی‌تر به نظر می‌رسد. بنابراین این طرح در یک نگاه تقریباً واقع بینانه از لحاظ اقتصادی دارای توجیه است و اجرای آن طبق یافته‌های این تحقیق توصیه می‌شود.

فهرست منابع

- پرویزی عمران، مسعود(1388)، ارزیابی اقتصادی نیروگاه سیکل ترکیبی خورشیدی یزد، پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه علامه طباطبائی.
- ترازنامه‌ی انرژی سال 1386.
- چیت چیان، حمید (1383)، کاربرد سیستم‌های تولید هم‌زمان برق و حرارت، اولین همایش روش‌های پیش‌گیری از اتلاف منابع ملی، تهران.
- داوودبان، مجید (1377)، ارزیابی طرح‌های صنعتی، سازمان مدیریت صنعتی، تهران.
- دهقانی، تورج (1385)، مقایسه‌ی اقتصادی تزریق گاز طبیعی به میادین نفتی و صادرات آن، بررسی‌های اقتصاد انرژی، سال دوم، شماره‌ی 7، صص 3-18.
- رهر، فرهاد و رام، منصوره (1386) مقایسه‌ی ارزیابی اقتصادی صادرات گاز از طریق خط لوله و LNG، با صادرات فرآورده‌های پتروشیمی، فصل‌نامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی، سال چهارم، شماره‌ی 14، صص 136-155.
- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور فنی و دفتر نظارت و ارزیابی طرح‌ها (1381)، راهنمای تهیه‌ی گزارش توجیه طرح، جلد اول و دوم، نشریه‌ی 3122، مرکز مدارک علمی و انتشارات، چاپ اول.
- شرکت پخش و پالایش فراورده‌های نفتی (1387)، قیمت حامل‌های انرژی.
- ویلیامز، آلن، روبرت ساگدن (1372)، ترجمه‌ی سید منصور خلیلی عراقی، مبانی نظری تحلیل هزینه‌ی فایده‌ی علمی، انتشارات دانشگاه تهران.
- Stermole, F. J. , John M. Stermole,(2001), "Economic Evaluation and Investment Decision Methods", 10th. Edition, Investment Evaluations Corp.