علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیستم، شماره چهار، زمستان ۹۷

به‌کارگیری فناوری‌های نوین در کاهش گازهای سوزانده شده در ایران تحلیل هزینه- فایده با لحاظ عوامل زیست محیطی

زینب کسرائی [۱*]

kasraei.z@gmail.com

آمنه حاجی حیدری [۲]

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۲/۰۹ **تاریخ پذیرش:۹۵/۰۳/۰۹**

چکیده

زمینه و هدف: حجم عظیم گازهای سوزانده شده در ایران علاوه بر اتلاف منابع انرژی، موجب از دست رفتن درآمدهای بالقوه حاصل از مصرف بهینه و ایجاد آلایندگی فراوان زیست محیطی شده است. به منظور جلوگیری از سوزانده شدن این گازها، به‌کارگیری فناوری‌های نوین گازی در ایران به‌عنوان سومین کشور جهان از لحاظ میزان گازهای سوزانده شده، ضروری به‌نظر می‌رسد.

روش بررسی: در این مقاله با استفاده از تحلیل هزینه- فایده و به‌کارگیری نرم افزار کامفار، استفاده از فناوری تبدیل گاز به فرآورده‌های مایع برای گازهای سوزانده در پالایش‌گاه‌های فازهای به بهره‌برداری رسیده میدان گازی پارس جنوبی مورد ارزیابی فنی، اقتصادی و زیست محیطی قرار گرفته است.

یافته‌ها: نتایج حاصل از این پژوهش نشان دهنده توجیه اقتصادی کاربرد این فناوری در ایران با ارزش حال خالص و نرخ بازدهی داخلی قابل ملاحظه به‌منظور کاهش گازهای سوزانده شده است.

بحث و نتیجه‌گیری: از آن‌جا که در تحلیل هزینه – فایده با ملاحظه اثرات زیست محیطی، هزینه‌های اجتماعی انتشار آلاینده ها و منافع حاصل از کاهش انتشار نیز مورد توجه قرار می‌گیرد، ارزش‌گذاری پروژه با در نظر گرفتن این عوامل نیز انجام شده است.

واژه‌های کلیدی: گازهای سوزانده شده، میدان گازی پارس جنوبی، فناوری‌های گازی نوین، تحلیل هزینه- فایده، مکانیزم توسعه پاک.

۱- مدرس رشته اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران. *(مسئول مکاتبات)

۲- دکتری اقتصاد، دانشگاه مفید، قم، ایران.

J. Env. Sci. Tech., Vol 20, No.4, Winter 2019

Application of New Technologies for Flare Gas Reduction in Iran, an Environmental Cost-Benefit Analysis

Zeinab Kasraei [1]*
kasraei.z@gmail.com
Ameneh Haji Heidari [2]

Admission Date: May 29, 2016 Data Received: April 29, 2015

Abstract

Background and Objective: The large volumes of flared gas in Iran, leads to waste of energy reserves, loss of potential income and significant environmental pollution. In order to avoid gas flaring, the use of new technologies is necessary, in Iran as the world's third gas flaring country.
Method: In this paper, an overview of new gas technologies has been provided and the cost-benefit analysis of utilizing gas to liquids technology has been conducted on flare gas in exploited phases of "South-Pars" gas field refineries using COMFAR III software.
Findings: The results show that application of gas to liquids technology in Iran for this purpose is economically justified with high net present value (NPV) and considerable internal rate of return (IRR) as the economic evaluation criteria.
Discussion and Conclusion: Since environmental effects, social costs of pollutions and benefits of emissions reduction are included in environmental cost-benefit Analysis, valuation of the project has been also done considering the mentioned factors.

Keywords: Flared Gas, South Pars Gas Field, New Gas Technologies, Cost- Benefit Analysis, Clean Development mechanism.

1- Lecturer in Economics, Islamic Azad University, Tehran South Branch, Tehran, Iran. * *(Corresponding Author)*
2- PhD in Economics, Mofid University, Qom, Iran.

مقدمه

رشد روزافزون صنایع در دنیا و نیاز شدید به انرژی و در نتیجه استفاده غیر بهینه از انواع انرژی به‌خصوص انرژی‌های فسیلی سبب ایجاد انواع آلاینده‌های زیست محیطی شده است. گازهای سوزانده شده مهم‌ترین منبع گرمایش جهانی زمین و انتشار گازهای آلاینده است که موجب تخریب محیط زیست و اثرات سوء بر زندگی مردم می‌شود (۱).

بر اساس آخرین آمار منتشر شده توسط بانک جهانی، در سراسر جهان سالانه ۱۴۰ میلیارد متر مکعب گاز سوزانده می شود که برابر ۵ درصد کل تولید جهانی گاز می‌باشد. ایران از لحاظ میزان گازهای سوزانده شده با ۱۰/۵ میلیارد متر مکعب در سال ۲۰۱۲ پس از روسیه و نیجریه و بالاتر از کشورهای عراق و امریکا در رتبه سوم قرار گرفته است (۲).

این گازها، شامل گازهای همراه میادین نفتی و گازهای منابع گازی مستقل اعم از میادین بزرگ و کوچک بوده و در بخش‌های تولید و پالایش به هدر می‌رود. این جایگاه سومی در حالی است که میزان تولید و مصرف نفت و گاز ایران در مقایسه با برخی کشورها از جمله ایالات متحده امریکا کم‌تر است (۳). بر اساس آمار ارایه شده در آخرین ترازنامه انرژی ایران، بخش قابل توجهی از این گازها در پالایش‌گاه‌های فازهای به بهره برداری رسیده میدان گازی پارس جنوبی سوزانده می‌شود که تحت عنوان گاز سوزانده شده و یا سوخت مشعل از آن یاد می شود که میزان آن در سال ۱۳۹۲ برابر با ۱۵۱/۷ میلیون متر مکعب بوده است (۴).

اهمیت دو چندان میدان گازی پارس جنوبی با حدود ۲۰ درصد از ذخایر جهانی گاز، به این سبب است که این میدان بین ایران و قطر مشترک بوده و علاوه بر آن، کشور قطر از سال ۱۹۹۲ و حدود ۱۰ سال زودتر از ایران با مشارکت شرکت‌های معتبر بین المللی نفت و گاز به تولید گاز از این میدان مشترک پرداخته است. درحالی‌که از مجموع ۲۴ فاز برنامه‌ریزی شده توسط ایران برای بهره‌برداری از منابع گازی این میدان، ۱۰ فاز به بهره‌برداری کامل رسیده و بقیه فازها در مراحل مختلف توسعه قرار دارند. تاخیر در بهره‌برداری از این منبع مشترک و در نتیجه از دست دادن امکان استفاده از این ثروت ملی، هزینه فرصت قابل توجهی برای ایران است. از سوی دیگر، قطر با استفاده از شیوه‌های مختلف ذخیره‌سازی گاز، بازارهای بالقوه آتی ایران را نیز تسخیر خواهد کرد. کشورهای توسعه یافته با استفاده از فناوری‌های نوین (شامل فناوری‌های تبدیلات فیزیکی و شیمیایی گاز و نیز فناوری‌هایی که در مراحل مختلف بهره‌برداری گاز کم‌تری بسوزانند)، وضع قوانین و مقررات (بازدارنده و تشویقی)، بالا بردن آگاهی مردم، استفاده بیش‌تر از انرژی‌های پاک و تجدید پذیر و نیز ایجاد کارایی انرژی بالا در مصارف مختلف آن، می‌کوشند این آلودگی‌ها را به حداقل مقدار ممکن برسانند تا هم از ثروت‌های ملی خود استفاده بهینه نمایند و هم از آثار زیست‌محیطی آن بهره جویند. حال آن‌که متاسفانه، در کشورهای در حال توسعه مانند ایران این امر چندان مورد توجه قرار نگرفته است. با توجه به آن‌که ایران دارای منابع فراوان نفت و گاز می‌باشد، لذا در مراحل مختلف بهره‌برداری از آن‌ها، هم در بخش گازهای همراه نفت و هم در بخش تولید گاز طبیعی، مقدار زیادی گاز سوزانده می‌شود. همین امر ایران را در رتبه سومین کشور سوزاننده این گازها در جهان قرار داده است. با در نظر گرفتن شرایط مطرح شده، متوقف نمودن این روند امری ضروری و اجتناب ناپذیر دانسته می‌شود. بنابراین در این مقاله پس از مروری بر ادبیات موضوع، به موقعیت ایران از لحاظ گازهای سوزانده شده پرداخته می‌شود. سپس با مروری بر فناوری‌های نوین گازی، مدلی برای تحلیل هزینه- فایده به‌کارگیری فناوری تبدیل گاز به فرآورده‌های مایع به منظور کاهش گازهای سوزانده شده در کشور ارایه می‌گردد و در نهایت با ملاحظات زیست محیطی، اثرات آن بر نتایج ارزیابی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

زمینه و هدف

به منظور کاهش اثرات منفی گازهای سوزانده شده، در کشورهایی با حجم قابل ملاحظه این گازها مطالعاتی صورت گرفته است. در عین حال استفاده از فناوری‌های نوین گازی از جمله فناوری تبدیل گاز به فرآورده های پاک GTL و ملاحظه

اثرات زیست محیطی آن در پژوهش‌های جداگانه‌ای مورد بررسی قرار گرفته است. به‌کارگیری فناوری GTL در مقیاس صنعتی از دهه ۱۹۹۰ گسترش قابل ملاحظه ای یافته است و به‌دلیل ویژگی‌های زیست محیطی محصولات GTL و نیز امکان استفاده از گازهای سوزانده شده و گاز میادین گازی کوچک و دورافتاده به عنوان گاز خوراک واحدهای GTL علاوه بر میادین گازی بزرگ، مورد ملاحظه قرار گرفته است. اما از آن‌جا که به‌کارگیری هر فناوری نیازمند توجیه پذیری اقتصادی است، مطالعات امکان سنجی به منظور استفاده از این فناوری در بسیاری از کشورها و با در نظر گرفتن عوامل مختلف به انجام رسیده است. پوروانتو[1] و همکاران (۲۰۰۵) فناوری‌های گازی و ملاحظات اقتصادی را در اندونزی مورد بررسی قرار داده و کاربرد فناوری GTL را برای ذخایر گازی این کشور از نظر فنی و اقتصادی تحلیل کردند. در سال ۲۰۰۷ آدوتا و همکاران به بررسی اقتصادی احداث واحد GTL در کشور بولیوی پرداخته و به این نتیجه دست یافتند که به‌کارگیری این فناوری علاوه بر تامین مصرف داخلی گازوییل و بنزین، در صادرات محصولات و کاهش آلایندگی محیط زیست نیز موثر است (۵). چدید[2] و همکاران (۲۰۰۷)، پتانسیل به‌کارگیری فناوری GTL در کشور قطر را از نقطه نظر اقتصادی و با توجه به تقاضای پیش‌بینی شده در مناطق مختلف جهان مورد ارزیابی قرار دادند. علاوه بر امکان سنجی پروژه با توجه به عوامل تاثیر گذار از جمله حق مرغوبیت فرآورده‌های GTL نسبت به فرآورده‌های پالایشی، قیمت گاز خوراک و هزینه‌های سرمایه گذاری و نگه‌داری، تحلیل حساسیت نیز صورت گرفته است و بر اساس نتایج حاصل، نظر به ذخایر گازی فراوان در قطر و دسترسی به گاز خوراک ارزان، تولید محصولات از نظر اقتصادی توجیه پذیر است. در همان سال، انجمن ملی انرژی امریکا دلایل رشد تمایل به توسعه واحد های GTL با مقیاس بزرگ را مورد مطالعه قرار داده و ظرفیت آتی تولید محصولات حاصل از این فناوری را پیش‌بینی نموده است (۶). شرکت مشاوره هتچ[3] در سال ۲۰۱۱ به سفارش شرکت توسعه خط لوله گاز آلاسکا، مطالعه امکان‌سنجی ساخت واحد تولید فرآورده‌های حاصل از فناوری تبدیل گاز به مایع را به انجام رسانده است. این بررسی درباره توجیه پذیر بودن یا نبودن ایجاد تاسیسات GTLبر اساس عوامل موثری چون قیمت گاز طبیعی و نفت خام و هزینه‌های سرمایه‌گذاری صورت گرفته است (۷). اسماعیل و اوموکورو (۲۰۱۲) اثرات چندگانه گازهای سوزانده شده را در مقیاس جهانی مورد مطالعه قرار داده و به بررسی روش‌های مختلف مورد استفاده در صنعت نفت و گاز در کاهش این گازها پرداخته‌اند. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، روش یکسانی در تخمین حجم گاز سوزانده شده و میزان انتشار آلاینگی آن‌ها و اثرات آن بر محیط زیست و انسان‌ها در همه کشورها وجود ندارد (۸).

موسسه مطالعات انرژی آکسفورد در سال ۲۰۱۳ امکان جایگزینی محصولات GTL را با محصولات حاصل از پالایش نفت خام در بازارهای جهانی مورد ارزیابی قرار داده است. شرکت خدمات جهانی نفت و گاز در سال ۲۰۱۴ لزوم ملاحظات زیست محیطی و به‌کارگیری پروژه‌های مکانیزم توسعه پاک را در کشور مصر مورد توجه قرار داده است. ابانی و انیجکیو در سال ۲۰۱۴ تحلیلی از اثرات زیست محیطی گازهای سوزانده شده در منطقه دلتای نیجر را ارایه داده و به این نتیجه دست یافتند که استفاده از فناوری‌های نوین به منظور کاهش آلایندگی این گازها ضروری است (۱).

در ایران به منظور به‌کارگیری بهینه این فناوری اقداماتی صورت گرفته است. پژوهش‌گاه پلیمر و پتروشیمی ایران، پژوهش‌گاه صنعت نفت و واحد تحقیق و توسعه (R&D)[4] سازمان گسترش و نوسازی صنایع ایران اقدام به راه‌اندازی واحدهای کوچک، آزمایش‌گاهی و نیمه‌صنعتی GTL کرده‌اند، اما برای دستیابی به واحدهای صنعتی و تجاری GTL نیاز به همکاری و استفاده از دانش فنی شرکت‌های پیشرو در زمینه این فناوری وجود دارد. در عین حال مطالعاتی در زمینه ارزیابی فنی و اقتصادی کاربرد این فناوری صورت گرفته است. خلیلی

1- Purwantu
2- Chedid
3- Hetch
4- Research & Development

عراقی و همکاران (۱۳۸۷)، به‌کارگیری فناوری GTL را در ایران از نقطه نظر فنی و اقتصادی مورد ملاحظه قرار داده و به بررسی بازارهای بالقوه برای محصولات تولیدی این فناوری و عوامل موثر بر اقتصاد پروژه‌های GTL پرداخته اند. بر اساس نتایج حاصل، کاربرد این فناوری در ایران با توجه به کیفیت محصولات و آلایندگی زیست محیطی کم‌تر نسبت به فرآورده حاصل از پالایش نفت خام از نقطه نظر اقتصادی مقرون به صرفه است (۹).

سلیمی فر و حسینی (۱۳۹۱) در پژوهش خود به این نتیجه دست یافتند که احداث واحد GTL پس از قانون هدفمندی یارانه‌ها و واقعی شدن قیمت گاز خوراک نیز دارای توجیه اقتصادی است. پورحسن و طراوت (۲۰۱۴) به بررسی رابطه بلندمدت بین مقادیرگازهای سوزانده شده، قیمت نفت و مقدار انتشار دی اکسید کربن پرداخته‌اند. در این مطالعه هشت کشور در حال توسعه دارای ذخایر نفت قابل ملاحظه از جمله ایران و عراق در نظر گرفته شده و بر اساس نتایج حاصل، رابطه معنی داری بین قیمت نفت و انتشار گاز CO_2 و نیز حجم گاز سوزانده شده در کشورهای مورد بررسی وجود دارد (۱۰). همان‌طور که ملاحظه می‌گردد، اگر چه به‌کارگیری فناوری‌های نوین از جمله GTL مورد توجه بوده است، اما استفاده از گازهای همراه و سوزانده شده به عنوان خوراک و لحاظ اثرات مثبت زیست محیطی آن در مطالعات انجام شده مورد توجه قرار نگرفته است. لذا در این مقاله با ملاحظه زیست محیطی به تحلیل هزینه- فایده به‌کارگیری فناوری GTL با توجه به کاهش قیمت نفت خام می‌پردازیم.

مروری بر فناوری‌های گازی به منظور جلوگیری از سوزانده شدن گاز

به‌منظور جلوگیری از سوزانده شدن گاز، می‌توان از فناوری های مایع سازی گاز طبیعی، فشرده سازی گاز طبیعی، تبدیل گاز به برق و تبدیل گاز به فرآورده‌های مایع بهره برد.

گاز طبیعی مایع شده (LNG)[1]، یکی از فناوری‌های انتقال گاز طبیعی است که برای انتقال گاز به فواصل دور استفاده می‌شود. این روش دارای سابقه نسبتاً طولانی ۳۵ ساله است که در آن ابتدا با انجام یک تبدیل فیزیکی، گاز طبیعی را به‌شدت سرد کرده و به مایع تبدیل می‌کنند. سپس آن‌را در مخازن مخصوص جا داده و به بازار هدف منتقل می‌سازند و نهایتاً در بازار مقصد مجدداً دمای گاز مایع را افزایش داده به گاز تبدیل می‌کنند و سپس به‌وسیله خطلوله، ریل یا کامیون منتقل می‌نمایند.گاز طبیعی فشرده شده (CNG)[2]، همان گاز طبیعی است که در فشار بالا فشرده می‌شود و دو کاربرد عمده دارد. اول آن‌که روشی برای انتقال و صادرات گاز به‌حساب می‌آید و دوم آن‌که به‌عنوان سوخت وسایل نقلیه گازسوز کاربرد دارد. تبدیل گاز به برق (GTW)[3] به معنی تولید برق از طریق انتقال گاز طبیعی به نیروگاه‌های حرارتی و انتقال و صادرات برق حاصل توسط کابل می‌باشد. در حال حاضر بخش عظیمی از گاز خریداری شده توسط کشورها به‌عنوان سوخت برای تولید برق مصرف می‌شود. برق را می‌توان در هر نقطه‌ای تولید نمود. بنابراین می‌توان این‌کار را در نزدیکی مخزن گاز انجام داد و به‌واسطه خطوط انتقال برق آن را به مقصد رساند (۱۱).

فناوری تبدیل گاز به فرآورده‌های مایع (GTL)[4]، به فرآیندی اطلاق می‌شود که در آن گاز طبیعی به فرآورده‌های با ارزشی از جمله متانول، دی متیل اتر و سایر فرآورده‌های میان تقطیر تبدیل می‌شود و فرآورده‌های آن در مقایسه با فرآورده‌های حاصل از پالایش نفت خام از کیفیت بالاتر و آلایندگی کم‌تری برخوردارند. فرآیند تبدیل گاز طبیعی به فرآورده‌های مایع شامل ۴ مرحله خالص‌سازی گاز، تولید گاز سنتز، فرآیند فیشر- تروپش[5] و ارتقاء کیفیت محصول است. محصولات اصلی تولیدی از فرآیند GTL شامل فرآورده‌های میان تقطیر مانند بنزین، دیزل، نفت سفید، سوخت جت، فرآورده‌های پتروشیمیایی از جمله نفتا، گاز مایع و در ابعاد کوچک‌تر شامل محصولاتی خاص مثل حلال‌ها، واکس‌ها و روانکارها است که این فرآورده‌ها عاری از سولفور می‌باشد.

1- Liquefied Natural Gas

2- Compressed Natural Gas
3- Gas To Wire
4- Gas To Liquids
5- Fischer- Tropsch

در جدول (۱)، دیزل با محتوای گوگرد بسیار پایین حاصل از پالایش نفت با دیزل حاصل از فرآیند GTL بر اساس آخرین استانداردهای اروپا مورد مقایسه قرار گرفته است.

جدول ۱- مقایسه دیزل حاصل از پالایش نفت و فرآیند GTL (۱۲)

Table 1-The Comparison between Ultra Low-Sulfur Diesel and Diesel from GTL Process

	ULSD[1]	دیزل حاصل از GTL
محتوای گوگرد	۱۰	۵>
عدد ستان	حداقل ۴۸	۰/۷۵~
وزن مخصوص	۰/۸۲ -۰/۸۶	۰/۷۸~
پلی آروماتیک	۱۱>	۵>

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، دیزل حاصل از فرآیند GTL به‌سبب محتوای گوگرد و پلی آروماتیک پایین‌تر و عدد ستان بالاتر، آلایندگی کم‌تر و کیفیت بهتری دارد و این حق مرغوبیت سبب افزایش قیمت نسبی فرآورده خواهد شد. در این فناوری، حجم گاز طبیعی مورد نیاز برای تولید یک بشکه GTL در حدود ۱۰ هزار فوت مکعب است. فرآورده‌های تولیدی در این فرآیند، اساسا با محصولات تولیدی از یک واحد پالایش نفت خام متفاوت است. برای تولید فرآورده‌های GTL، علاوه بر میادین گازی عظیم و مستقل، قابلیت استفاده از ذخایر گازی کوچک، گازهای سوزانده شده و نیز گاز مناطق دورافتاده، هم‌چنین گازهای همراه نفت نیز وجود دارد. در این مقاله، استفاده از فناوری GTL پیشنهاد می‌گردد چرا که علاوه بر تولید محصولات پاک و سازگار با محیط زیست، فرآورده‌های آن در مقایسه با محصولات مشابه تولید شده از نفت خام بسیار حایز اهمیت می‌باشد. استفاده از GTL برای جلوگیری از سوزانده شدن گاز دارای این مزیت است که میدان گازی پارس جنوبی در موقعیتی ژئوپلیتیک قرار دارد و لذا پتانسیل خوبی برای صادرات محصولات مازاد بر مصرف داخل وجود خواهد داشت. بنابراین تولید فرآورده‌های GTL در ایران می‌تواند مورد عنایت ویژه برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران بخش انرژی کشور قرار گیرد. انتخاب فناوری GTL به‌عنوان راهکاری در استفاده از منابع گازی، علاوه بر آن‌که می‌تواند درآمدهای مناسبی را برای کشور به وجود آورد، قادر است زمینه مساعدی را برای رشد و توسعه دانش فنی آن در کشور فراهم نماید تا حتی بتوان روزی از دانش فنی آن ارزش افزوده بیش‌تری نسبت به صدور فرآورده به‌دست آورد. بر اساس مطالعات و بررسی‌های صورت گرفته، برای محصولات حاصل از فناوری تبدیل گاز به فرآورده‌های مایع تقاضای قابل ملاحظه‌ای وجود دارد. سه منطقه دارای حجم زیاد تقاضای فرآورده‌های نفتی شامل امریکای شمالی، اروپا و آسیا پاسیفیک طی سال‌های آتی با کمبود عرضه محصولاتی چون دیزل، گازوییل و نفتا مواجه خواهند بود (۱۳). پیش‌بینی‌های صورت گرفته توسط دیگر شرکت‌ها و موسسات معتبر بین‌المللی از جمله EIA و IEA در زمینه تقاضای بلندمدت فرآورده‌های نفتی، موید رشد تقاضای این حامل‌ها طی سال‌های آتی است. در عین حال باید این موضوع را نیز مورد توجه قرار داد که طی سال‌های اخیر، به‌دلیل ملاحظات زیست محیطی و رعایت قوانین جدید ارتقای کیفیت فرآورده‌های تولید شده در پالایش‌گاه‌های نفت، بعضی پالایش‌گاه‌های جهان مجبور به انجام سرمایه‌گذاری زیاد برای ارتقای توان پالایشی خود شده‌اند و به همین دلیل برخی برای اجتناب از سرمایه‌گذاری‌های مذکور، به متقاضیان مهم فرآورده‌های GTL تبدیل گشته‌اند. با توجه به مقادیر قابل توجه کمبود عرضه در بازار فرآورده‌هایی چون دیزل و نفتا، بازار بسیار وسیعی پیش روی ایران برای عرضه فرآورده‌های نفتی خصوصا فرآورده‌های GTL به دلیل خواص برتر آن‌ها وجود خواهد داشت. ضمن این‌که نمی‌توان از بازار داخلی با حجم زیاد مصرف فرآورده‌های نفتی غافل شد.

بررسی با استفاده از تحلیل هزینه- فایده

در این بخش با استفاده از فناوری تبدیل گاز به فرآورده های مایع، جلوگیری از سوزانده شدن گازهای پالایش‌گاه های میدان گازی پارس جنوبی مورد ارزیابی اقتصادی و تحلیل هزینه-فایده قرار می‌گیرد. به این ترتیب که با طراحی مدل و بررسی عوامل تاثیرگذار بر اقتصاد پروژه، معیارهای روش جریان نقدی

1- Ultra Low Sulfur Diesel

تنزیل شده را مورد محاسبه قرار می‌دهیم. در صورتی که درآمدها و هزینه های یک پروژه در طول عمر آن با استفاده از نرخ تنزیل به زمان حال منتقل شده و مابه‌التفاوت ارزش حال درآمدها و هزینه‌ها را به‌دست آوریم، ارزش حال خالص پروژه (NPV)[1]محاسبه می‌شود.

$$NPV = -C_0 + \sum_{t=0}^{n} \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^t} \quad (۱)$$

که در آن C_0، هزینه سرمایه‌گذاری اولیه پروژه، B_t و C_t به ترتیب درآمدها و هزینه‌ها در طول عمر پروژه و r نرخ تنزیل است.

نرخ بازدهی داخلی (IRR)[2]نرخ تنزیلی است که ارزش حال هزینه‌های طرح را با ارزش حال منافع طرح برابر می‌کند، یعنی داریم:

$$NPV = -C_0 + \sum_{t=0}^{n} \frac{(B_t - C_t)}{(1+IRR)^t} = 0 \quad (۲)$$

در معیار دوره بازگشت سرمایه (PP)[3]مدت زمانی که سود خالص یا سایر منافع حاصل از اجرای طرح، میزان هزینه سرمایه‌گذاری صورت گرفته را جبران می‌کند، محاسبه می‌شود و طرحی که در مدت زمان کوتاه‌تری اصل سرمایه را بازگرداند، جذابیت بیش‌تری خواهد داشت. بنابراین، دوره بازگشت برابر با تعداد سال‌هایی است که طی آن مجموع سود به دست آمده با مقدار سرمایه‌گذاری برابر می‌شود.

مهم‌ترین عوامل موثر بر اقتصاد پروژه‌های GTL عبارت اند از: هزینه‌های سرمایه‌گذاری، هزینه‌های عملیاتی، هزینه گاز خوراک، مالیات، قیمت نفت خام، قیمت فرآورده‌هایGTL، حق مرغوبیت فرآورده‌های GTL نسبت به فرآورده‌های عادی، میزان تورم، طول دوره ساخت و بهره‌برداری و استهلاک.

بر این اساس، با استفاده از داده‌های مطابق با واقعیت و آخرین اطلاعات پروژه‌های در حال اجرای GTL، مدل ارزیابی طراحی شده و نتایج آن مورد بررسی قرار می‌گیرد که در آن مفروضات زیر در نظر گرفته شده است:

1- Net Present Value
2- Internal Rate of Return
3- Payback Period

هزینه سرمایه‌گذاری: ۸۰ هزار دلار برای ایجاد هر واحد ظرفیت (بشکه در روز)[4]

برای واحد تولید GTL، هزینه‌های عملیاتی ۵ درصد هزینه‌های سرمایه‌گذاری در نظر گرفته می‌شود که علاوه بر هزینه‌های تعمیر و نگه‌داری، بازاریابی و نیروی کار، هزینه‌های انتقال گاز تحویلی به واحد تولید را نیز در بر می‌گیرد و گاز خوراک از گازهای سوزانده شده پالایش‌گاه‌های مذکور تامین خواهد شد.

در محاسبات صورت گرفته با توجه به تجهیزات مورد استفاده، استهلاک واحد GTL به‌صورت خط مستقیم لحاظ شده و ارزش اسقاط در پایان عمر پروژه صفر در نظر گرفته شده است.

به‌دلیل وابستگی تجهیزات پروژه به بازارهای بین‌المللی، محاسبات به صورت دلاری انجام و نرخ تورم جهانی معادل ۳٪/۵ درنظرگرفته می‌شود. این تورم در طی سال‌های عمر پروژه بر هزینه‌های پروژه اعم از هزینه‌های سرمایه‌گذاری و عملیاتی اثر می‌گذارد.

قیمت نفت خام به‌دلیل تاثیرگذاری بر قیمت فرآورده‌های نفتی و در نتیجه درآمدهای حاصل از پروژه، از جمله مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر اقتصاد پروژه‌های GTL است. بر اساس پیش‌بینی موسسات معتبر بین‌المللی و به‌منظور به‌حداقل‌رساندن خطرپذیری تغییر قیمت نفت بر اقتصاد پروژه، قیمت نفت خام ۵۰ دلار در هر بشکه در نظرگرفته می‌شود (۱۸-۱۴ و ۲).

به‌دلیل وجود چند فرآورده در یک بشکه GTL تولیدی، برای قیمت‌گذاری هر بشکه فرآورده، از روش قیمت‌گذاری ترکیبی (میانگین وزنی قیمت فرآورده‌ها)[5]استفاده شده و فرآورده‌های تولیدی از واحدهای GTL بر اساس محصولات پالایشی ارزش‌گذاری می‌شوند. با توجه به فناوری‌های مختلف، هر بشکه فرآورده تولیدی شامل ۶۰ درصد گازوییل، ۲۵ درصد نفتا و ۱۵ درصد سایر فرآورده‌ها است. با توجه به متوسط سهم گازوییل،

۴- با توجه به پروژه‌های GTL موجود و نظر کارشناسان شرکت ملی صادرات گاز ایران

۵- از آن‌جاکه قیمت فرآورده‌های نفتی از قیمت نفت متاثر است و این فرآورده‌ها دارای اختلاف قیمتی نسبت به نفت خام می‌باشند، بر اساس سهم محصولات تولیدی از این فرآیند، از اختلاف قیمت فرآورده‌های نفتی تولیدی از فرآیند GTL با نفت خام، میانگین وزنی گرفته می‌شود.

نفتا و سایر فرآورده‌های GTL در فرآیندهای مختلف تولید و با توجه به محاسبات صورت گرفته توسط نویسندگان مقاله، میانگین وزنی که مازاد قیمت فرآورده‌های نفتی نسبت به نفت خام را نشان می‌دهد، ۱۰ دلار در هر بشکه درنظرگرفته می‌شود. به‌دلیل کیفیت بالاتر و آلایندگی کم‌تر فرآورده‌های GTL نسبت به فرآورده‌های عادی، برای فرآورده‌های حاصل از این فناوری حق مرغوبیتی در حدود ۴ دلار به ازای هر بشکه درنظرگرفته می‌شود که برای محاسبه قیمت یک بشکه فرآورده‌GTL، این حق مرغوبیت به قیمت نفت خام و نیز میانگین وزنی تفاوت قیمت فرآورده‌ها با نفت خام افزوده می‌شود.

بر اساس ماده ۱۳۲ قانون مالیات‌های مستقیم، برای طرح‌های اجرایی با مرکزیت بندر عسلویه که جزء مناطق محروم به‌شمار می‌آید، معافیت مالیاتی ۱۰ ساله برای سرمایه‌گذاری وجود دارد و از سال یازدهم بهره‌برداری، نرخ مالیات بر فروش، سالانه ۲۵ درصد درنظرگرفته می‌شود. بنابراین در پروژه مورد نظر این شرایط مالیاتی اعمال می‌گردد (ماده ۱۰۵ قانون مالیات‌های مستقیم). نرخ تنزیل مورد استفاده در پروژه نیز ٪۱۱ است.

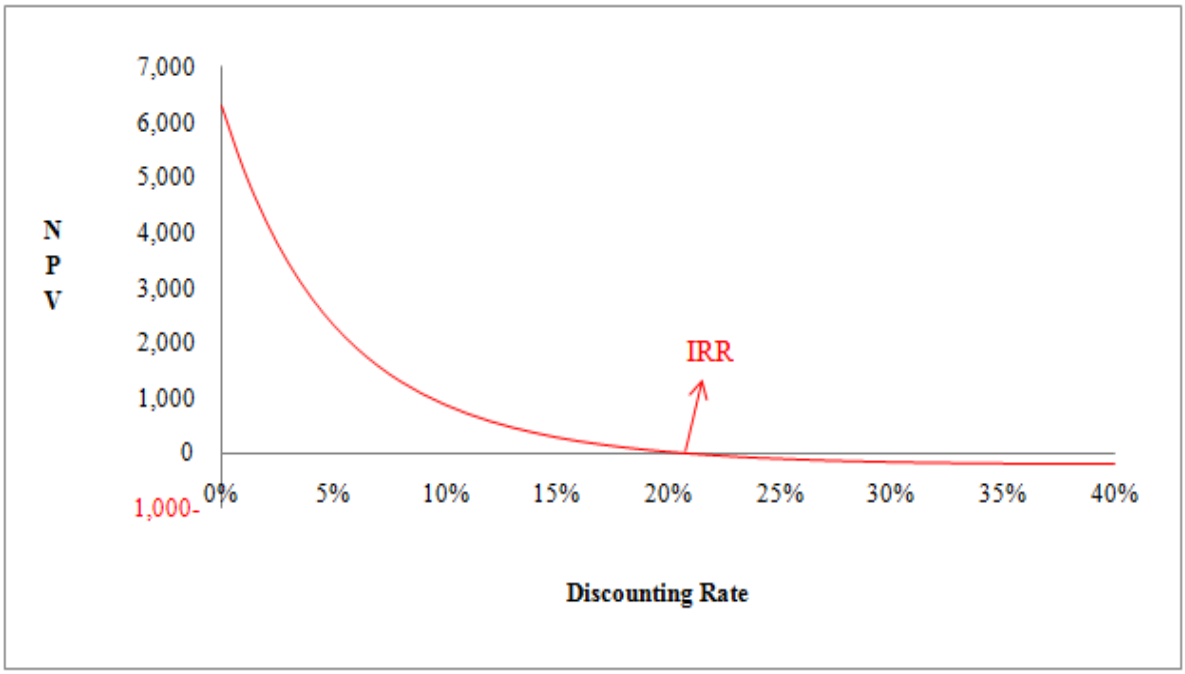
جدول ۲- مفروضات مدل ارزیابی اقتصادی

Table 2- The Assumptions of Economic Evaluation Model

ظرفیت واحد	(bbl/d)۱۵۰۰۰
هزینه سرمایه‌گذاری	(bbl/d) ۸۰۰۰۰
حجم گاز خوراک مورد نیاز واحد در روز	Mmbtu۱۴۰۰۰۰
استهلاک	٪۴
قیمت نفت	($/bbl)۵۰
میزان تولید فرآورده‌ها **دیزل/ گازوییل** **نفتا** **گاز مایع و سایر فرآورده‌ها**	 ۹۰۰۰ بشکه در روز ۳۷۵۰ بشکه در روز ۲۲۵۰ بشکه در روز
حق مرغوبیت فرآورده‌های GTL نسبت به فرآورده‌های پالایشی	۴$
طول دوره ساخت واحد	۴ سال
دوره بهره‌برداری	۲۵ سال

نتایج و یافته‌ها

همان‌طور که در نمودار زیر ملاحظه می‌شود، نرخ بازدهی داخلی پروژه ۲۰/۲ درصد، ارزش حال پروژه با توجه به درآمدها و هزینه‌های طرح طی ۲۵ سال، ۷۰۱ میلیون دلار و دوره بازگشت سرمایه سال ششم بهره‌برداری خواهد بود. نتیجه بررسی این‌که اجرای پروژه تحت مفروضات مدل از توجیه اقتصادی لازم برخوردار است و بنابراین تولید فرآورده‌های حاصل از تبدیل گاز به مایع (GTL) در ایران، از نقطه نظر تحلیل اقتصادی مقرون به صرفه است.



نمودار ۱- رابطه بین ارزش خالص فعلی پروژه و نرخ بازده‌های مختلف (مأخذ : یافته‌های تحقیق)

Figure 1-The Relationship between Project's NPV and Different Rates of Return

یافته های فوق با تاکید بر مسایل فنی و اقتصادی پروژه GTL برای استفاده از گازهای سوزانده شده پارس جنوبی به‌دست آمده است که نشان‌دهنده سودآوری بالا و توجیه پذیری اقتصادی قابل ملاحظه این طرح می‌باشد.

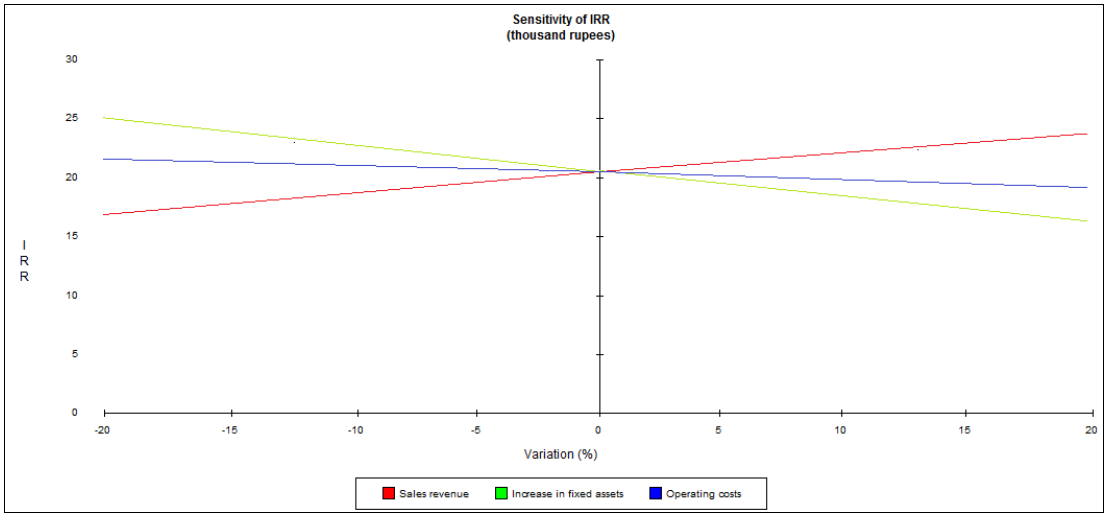
تحلیل حساسیت

با توجه به این‌که تغییر در پارامترهای اثرگذار بر اقتصاد پروژه، بر نتایج حاصل از ارزیابی اقتصادی موثر است، تحلیل حساسیت صورت می‌گیرد. تحلیل حساسیت عبارت است از تکرار محاسبات در یک فرآیند مالی با تغییر دادن پارامترها و مقایسه نتایج به‌دست آمده با نتایج حاصل از اطلاعات اولیه. اگر با تغییر کوچکی در یک پارامتر، در نتایج تغییر چشم‌گیری حاصل گردد، گفته می‌شود طرح نسبت به آن پارامتر حساسیت دارد.

به منظور بررسی میزان حساسیت پروژه به پارامترهای اصلی، از نمودار حساسیت[1] استفاده می‌شود و تاثیر تغییرات مساوی در پارامترهای اصلی بر نرخ بازدهی داخلی پروژه سنجیده می‌شود. صعود یا نزول بیش‌تر یک خط، نشان‌دهنده حساسیت بیش‌تر طرح نسبت به آن عامل است.

بر اساس نمودار (۲)، حساس‌ترین عامل، هزینه ثابت سرمایه‌گذاری است که با تغییر مقدار آن، IRR بیش‌ترین تغییر را دارد و بنابراین شیب خط بیش‌تر است. عامل دوم، درآمد حاصل از فروش است و تغییر در هزینه های عملیاتی، حساسیت کم‌تری را در پروژه ایجاد می‌کند.

1- Sensitivity Graph



نمودار ۲- حساسیت IRR نسبت به مهم‌ترین عوامل اثر گذار بر اقتصاد پروژه

Figure 2- The sensitivity of IRR compared to the most important factors affecting the project economy

تحلیل هزینه – فایده با لحاظ عوامل زیست محیطی

محاسبات انجام گرفته در بخش تحلیل هزینه- فایده از دو منظر قابل توجه است:

اول این‌که گازهای سوزانده شده به خودی خود دارای ارزش اقتصادی هستند که با جلوگیری از سوزاندن آن‌ها با روش‌های مختلف از جمله فناوری مورد بررسی، ارزش آن‌ها حفظ می‌گردد.

دوم اینکه سوزاندن گازها به علت تولید گاز دی اکسید کربن به‌طور مستقیم بر روی گرم شدن زمین تاثیر داشته و تخریب لایه ازن و نیز ایجاد باران‌های اسیدی را موجب می‌شود. از آن‌جا که اثرات زیست محیطی و هزینه‌های اجتماعی در نتیجه انتشار آلاینده‌ها باید در ارزش‌گذاری‌ها مد نظر قرار گیرد، صدمات ناشی از انتشار مواد آلاینده و گازهای گلخانه‌ای باید کمّی شده و به عنوان هزینه انجام فعالیت در تحلیل هزینه- فایده و ارزش‌گذاری پروژه‌ها لحاظ گردد. معمولا در کشورهای مختلف برای انتشار این آلاینده‌ها که مهم‌ترین‌شان گاز دی اکسیدکربن است مالیات وضع می‌گردد و تحت عنوان مالیات دی اکسید کربن[1] از آن نام برده می‌شود. این مالیات که در سال ۱۹۹۱ معرفی گردید، برای کاهش انتشار دی اکسید کربن در صنعت نفت و گاز است. مالیات CO_2 به ازای هر متر مکعب استاندارد گازهای سوزانده شده یا رها شده و نیز به ازای هر لیتر نفت سوزانده شده محاسبه می‌شود.

بر اساس کنوانسیون‌های کاهش آلایندگی در دنیا از این آلایندگی به ازای هر متر مکعب بر اساس واحد پول هر کشور مالیات دریافت می‌گردد. بر مبنای آخرین ترازنامه انرژی ایران، این رقم بر مبنای مطالعات بانک جهانی و سازمان حفاظت محیط زیست ایران، به ازای هر تن انتشار دی اکسید کربن ۸۰۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است.

اجرای این پروژه مانع از تعلق گرفتن مالیات CO_2 به‌دلیل سوزاندن گاز می‌شود. بنابراین عدم پرداخت مالیات به دلیل جلوگیری از آلایندگی بخشی از گازهای سوزانده شده در پروژه مورد نظر، نوعی درآمد به حساب می‌آید که با احتساب آن، نرخ بازدهی داخلی پروژه ۲۹/۳ درصد، ارزش حال خالص پروژه، ۱/۴۱۲ میلیارد دلار و دوره بازگشت سرمایه سال چهارم بهره‌برداری می‌شود. در عین حال بر اساس محاسبات صورت گرفته، ارزش حال خالص به ازای هر واحد سرمایه گذاری در سال که نشان‌گر بازده سالانه طرح است، ۶ درصد می‌باشد. نتایج به‌دست آمده حاکی از درآمدزایی و سودآوری زیاد این پروژه می باشد که نشان‌دهنده جذابیت قابل ملاحظه سرمایه

1- CO2 Tax

گـذاری و لـزوم اسـتفاده از ایـن فنـاوری بـرای اجـرای طـرح جلوگیری از سوزاندن گاز است.

سهم آلایندگی گاز دی اکسید کربن نسبت به سایر آلاینده های منتشـر شـده حاصـل از تولیـد و مصـرف انـرژی از جملـه مونوکسیدکربن، متان، دی اکسید گوگرد و اکسیدهای نیتروژن در بخش سوخت‌های فسیلی و به‌ویـژه نفـت و گـاز بـیش‌تـرین مقدار است.

مکانیزم توسعه پاک[1]به‌عنوان یکی از اصول اولیه توسعه پایدار با استفاده از منابع، سرمایه‌گذاری‌هـا، توسـعه فنـاوری و تغییـرات نهادی به حفظ محیط زیست و ارتباط آن بـا نسـل‌هـای آینـده می‌پردازد. بر اساس پروتکل کیوتو که در سال ۱۹۹۷ به تصویب رسید، اعضا برای مجموعه‌ای از تعهدات لازم الاجـرا بـه منظـور کاهش انتشار گازهای گل‌خانه‌ای بـه توافـق رسـیدند. در حـال حاضر در اکثر کشورهای جهان، قوانین و محدودیت‌های زیـادی بر فعالیت‌های صنایع نفت و گاز بـه منظـور کـاهش آلاینـدگی، کاهش انتشار گازهای گل‌خانه‌ای و حفظ کیفیت هوا بـه کمـک فناوری‌های جدید اعمال می‌گردد (۱۷).

گواهی کاهش انتشار(CER)[2]کربن در پـروژه‌هـایی کـه تحـت عنوان پـروژه CDM بـوده و در جهـت کـاهش آلاینـدگی دی اکسید کربن تعریف می‌گردند دریافـت شـده و قابـل فـروش در بازار کربن است. با تعریف پـروژه اسـتفاده از گازهـای سـوزانده شده یا مشعل در جهت تولید فرآورده‌هایی چون اتان، NGL و میعانات گازی و یا استفاده از فناوری GTL بـرای تبـدیل ایـن گازها به فرآورده‌های نفتی، علاوه بر کاهش آلاینـدگی و تولیـد فرآورده‌هایی با ارزش افزوده بالا، می‌توان از فروش گـواهی‌هـای کاهش انتشار کربن نیز منافعی نصیب کشور نمود.

در صورتی که پروژه مورد مطالعه تحت مکانیزم توسعه پـاک در سازمان ملل به ثبت برسد، به ازای هر گواهی کاهش انتشار کـه برای جلوگیری از انتشار یک تن کربن صادر می گـردد حـداقل ۱۱ دلار به ازای هر گواهی قابل فروش است (۱۸) که در نتیجه به ازای میزان کل کاهش انتشار کربن و فروش آن‌ها، سودآوری پروژه به میزان چشم‌گیری افزایش خواهد یافت.

بحث و نتیجه گیری

در مقاله حاضر، به‌کارگیری فنـاوری GTL بـه منظـور کـاهش گازهای سوزانده شده در پالایش‌گاه‌هـای میـدان گـازی پـارس جنوبی مورد ارزیابی قرار گرفت که نتـایج حاصـل از بررسـی‌هـا نشان می‌دهد سودآوری پروژه بسیار قابل توجه است.

به دلیل حجم عظیم گازهای سوزانده شده در ایران که آن را در جایگاه سوم جهان از این منظر قرار داده است و نظر به توجیـه اقتصادی بالای پروژه مـورد مطالعـه کـه تنهـا بـرای بخشـی از گازهای سوزانده شده ایران انجام گرفته است، لزوم به‌کـارگیری این فناوری برای سایر منـابع گازهـای سـوزانده شـده از جملـه گازهای همراه میادین نفتی و میـادین گـازی بـزرگ و کوچـک برای تولید فرآورده‌های پاک نمودار می‌گردد.

هم‌چنین لازم است که سایر فناوری‌های نوین که در مقاله مورد اشاره قرارگرفته است، مورد ارزیـابی فنـی- اقتصـادی و زیسـت محیطی قرار گیرد تا بر حسب میزان توجیه‌پذیری هر فناوری و شرایط منبع مورد نظر برای بـه‌کـارگیری آن‌هـا تصـمیم‌گیـری صورت گیرد.

حذف آلودگی ناشی از سوزاندن این حجم وسـیع گـاز در کنـار اقتصادی بودن طرح تبدیل گاز به فرآورده‌های مایع بسیار حایز اهمیت است. با بـه‌کـارگیری ایـن فنـاوری هـم‌چنـین کـاهش هزینه‌های اجتماعی و زیست‌محیطی و علاوه بر آن امکان کسب درآمد حاصل از کاهش انتشار کربن نیز فراهم می‌گـردد کـه در این مقاله مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت.

1- Clean Development Mechanism
2- Certified Emission Reduction

جدول ۳- اطلاعات مربوط به پروژه و هزینه‌های سرمایه‌گذاری

Table 3- The Information of Project and Investment Costs

Project title:	Flare gas Reduction in Iran
Project description:	Cost - benefit analysis of utilizing gas to liquids technology for flare gas in "South-Pars" gas field
Date and time:	
Project classification:	New project
Construction phase:	01/01 - 12/04
Length:	4 years
Production phase:	01/05 - 12/29
Length:	25 years
Accounting currency:	USD
Units:	Absolute
Local currency:	Rial (RL)

INVESTMENT COSTS

	Total construction	Total production	Total investment
Total fixed investment costs	1264333290.0	1264333290.0	1264333290.0
Total pre-production expenditures	0.0	0.0	0.0
Pre-production expenditures (net of interest)	0.0	0.0	0.0
Interest	0.0	0.0	0.0
Increase in net working capital	0.0	0.0	0.0
TOTAL INVESTMENT COSTS	1264333290.0	0.0	1264333290.0

جدول۴- اطلاعات مربوط به هزینه‌ها و درآمدهای طرح و نسبت‌های ارایه شده

Table 4- The Information of Project's Income, Costs and Ratios

INCOME AND COSTS, OPERATIONS

	First year 5	Reference year 10	Last year 29
SALES REVENUE	255360000.0	366004272.5	639230041.5
Factory costs	0.0	0.0	0.0
Administrative overhead costs	0.0	0.0	0.0
OPERATING COSTS	60000000.0	71261178.34	136999709.2
Depreciation	50573331.6	50573331.6	50573331.6
Financial costs	0.0	0.0	0.0
TOTAL PRODUCTION COSTS	110573331.6	121834509.9	187573040.8
Marketing costs	0.0	0.0	0.0
COSTS OF PRODUCTS	0.0	0.0	0.0
Interest on short-term deposits	0.0	0.0	0.0
GROSS PROFIT FROM OPERATIONS	195360000.0	294743094.1	502230332.1
Extraordinary income	0.0	0.0	0.0
Extraordinary loss	0.0	0.0	0.0
Depreciation allowances	0.0	0.0	0.0
GROSS PROFIT	195360000.0	294743094.1	502230332.1
Investment allowances	0.0	0.0	0.0
TAXABLE PROFIT	195360000.0	294743094.1	502230332.1
Income (corporate) tax	0.0	0.0	112914250.0
NET PROFIT	195360000.0	294743094.1	389316082.1

RATIOS

Net Present Value of Total Capital Invested	at 11.00%	701008569.9
Internal rate of return on investment (IRR)		20.2 %

Reference

1- Ubani, E.C. and Onyejekwe, I.M., 2013. Environmental impact analyses of gas flaring in the Niger delta region of Nigeria, American Journal of Scientific and Industrial Research, Vol.4, Issue.2, pp. 246-252.

2- www.worldbank.com

3- British Petroleum, 2015. "BP Energy Outlook 2035".

4- Ministry of Energy, 2013. Iran Energy Balance Sheet, Office of planning and Macroeconomics of Electricity and Energy. (In Persian)

5- Purwanto, W., Mulia, K., Saputra, A., 2005. Gas to liquids (GTL) as an option in monetizing stranded gas field. Feasibility Analysis Using Integrated Process Routes, Teknik Universitas Indonesia, Jakarta.

6- Chedid, R., Kobrosly, M., & Ghajar, R., 2007. The potential of gas-to-liquid technology in the energy market: The case of Qatar. Energy Policy, Vol. 35, pp. 4799-4811.

7- Hatch Associates Consultants, 2011. Gas-to-liquids economic feasibility study, Alaska Gasline Corporation.

8- Ismail, O. and Umukoro, G., 2012. Global Impact of Gas Flaring, Energy and Power Engineering, Vol. 4, Issue.4, pp. 290-302. doi: 10.4236/epe.2012.44039.

9- Khalili Araghi, M., Vatani, A., Kasraei, Z. and Haji Heidari, A., 2008. Economic Evaluation of Producing Gas to Liquids (GTL) Technology Products in Iran, Energy Economis Review Journal, Vol.18, pp 1-34. (In Persian)

10- Salimifar, M. and Hosseini, H., 2012. Economic Evaluation of Stablishing Gas to Liquids (GTL) Plant after Energ Subsidy Reform Plan in Iran, Energy Economis Review Journal, Vol.32, pp 1-24. (In Persian)

11- Khalili Araghi, M., Haji Heidari, A., Kasraei, Z., 2013. Feasibility Study of Liquefied Natural Gas Project for the "South-Pars" gas Field of Iran, Iran Economic Review Journal, Vol.17, Issue. 2, pp 21-33.

12- www.woodmackenzie.com

13- Jamieson. A. and McManus .G, 2007. GTL Production Will Partially Ease Regional Diesel, Naphtha Imbalances, Oil &Gas Journal, vol. 105, pp. 49-53.

14- Energy Information Administration, 2014. "Natural Gas Report".

15- Energy Information Administration, 2013. "International Energy Outlook", EIA's International Data, Analyses and Forecasts.

16- International Energy Agency, 2013. Natural Gas Market Review.

17- International Energy Agency (IEA), 2013. World Energy Outlook.

18- OPEC, World Oil Outlook, 2013.

19- Sedighi A. and Rahimi, R., 2008. The Guide for Clean Development Mechanism (CDM), First Edition, Institute for International Energy Studies. (In Persian)

20- Valizade, Ilnaz, 2013. Economic Evaluation of Flare Gas Collection, Case Study: kharg NGL Project, Master Dissertation in Economics, University of Tehran, pp 142-145. (In Persian)