

فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی / سال پنجم / شماره ۱۸ / پاییز ۱۳۸۷ / صفحات ۳۴ - ۱

## ارزیابی اقتصادی تولید فرآورده‌های حاصل از فن‌آوری تبدیل گاز به مایع (GTL) در ایران

منصور خلیلی عراقی

استاد دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران [khalili@ut.ac.ir](mailto:khalili@ut.ac.ir)

علی وطنی

دانشیار دانشکده فنی دانشگاه تهران [avatani@ut.ac.ir](mailto:avatani@ut.ac.ir)

زینب کسرائی

کارشناس ارشد اقتصاد انرژی، دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران [zkasraei@yahoo.com](mailto:zkasraei@yahoo.com)

آمنه حاجی‌حیدری

کارشناس ارشد برنامه‌ریزی و توسعه اقتصادی، دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران

[am.heidari@yahoo.com](mailto:am.heidari@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۸۸/۳/۲ تاریخ پذیرش: ۸۸/۵/۲۶

### چکیده

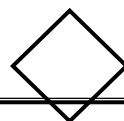
با توجه به افزایش تقاضا برای گاز طبیعی، رشد سهم این حامل انرژی در تأمین انرژی‌های اولیه جهان و لزوم ایجاد ارزش افزوده از منابع گازی، به‌جای فروش این ذخایر به‌صورت خام، استفاده از فن‌آوری‌های جدید در این صنعت برای ایران به‌عنوان دومین دارنده ذخایر گازی دنیا ضروری به‌نظر می‌رسد. با توجه به اهمیت انجام ارزیابی اقتصادی پیش از انجام هر پروژه از جمله کاربرد فن‌آوری‌های جدید، در این تحقیق به‌کارگیری فن‌آوری تبدیل گاز به فرآورده‌های مایع (GTL) در ایران با استفاده از تکنیک هزینه - فایده و با استفاده از نرم‌افزار اکسل، مورد ارزیابی فنی-اقتصادی قرار گرفته و با انجام تحلیل حساسیت، پارامترهای اصلی مؤثر بر اقتصاد پروژه‌های تبدیل گاز به فرآورده‌های مایع شناسایی و ارائه شده‌اند.

بر اساس نتایج حاصل از مدل، به‌کارگیری فن‌آوری جی‌تی‌ال و تولید فرآورده‌های حاصل از آن در ایران از نقطه نظر اقتصادی مقرون به صرفه است و کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری، افزایش قیمت نفت خام و همچنین دسترسی به گاز خوراک ارزان‌تر، از جمله گازهای همراه مناطق نفتی، می‌تواند سودآوری پروژه را افزایش دهد.

طبقه‌بندی JEL: D61, L71, O30, Q40, Q43

کلید واژه: گاز طبیعی، تبدیلات گازی، فناوری تبدیل گاز به فرآورده‌های مایع، تحلیل

هزینه- فایده، تحلیل حساسیت



## ۱- مقدمه

در حال حاضر پس از نفت خام که با ۳۵/۵ درصد در تأمین انرژی‌های اولیه جهان پیشتاز است، گاز طبیعی به همراه مایعات گاز طبیعی<sup>۱</sup>، با حدود ۲۶ درصد در رده بعدی قرار دارد و پیش‌بینی می‌شود، تقاضا برای گاز طبیعی سالانه با نرخ بیش از ۳ درصد رشد یافته و این حامل انرژی تا سال ۲۰۲۰ سهمی حدود ۳۰ درصد در تأمین انرژی جهانی داشته باشد و از سال ۲۰۳۰ به بعد، به انرژی نخست مصرفی جهان تبدیل شود.<sup>۲</sup>

کشور ایران با در اختیار داشتن حدود ۱۵/۷ درصد از ذخایر گازی جهان، چهارمین تولید کننده گاز طبیعی در جهان است و در میان مصرف‌کنندگان برتر گاز طبیعی در جهان، در رتبه سوم قرار گرفته است.<sup>۳</sup> این در حالی است که ایران از نظر میزان گازهای سوزانده شده، پس از کشورهای نیجریه و روسیه در رتبه سوم قرار دارد، که این میزان ۸/۸ درصد از تولید گاز غنی و ۴۰/۴ درصد از کل تولید گازهای همراه نفت را تشکیل می‌دهد (ترازنامه انرژی ایران، سال ۱۳۸۵).

برای گاز ایران گزینه‌های متفاوتی برای مصرف وجود دارد، که از جمله می‌توان به مصرف داخلی، تزریق به مخازن نفتی به منظور جلوگیری از آفت فشار و نیز صادرات به وسیله خط لوله یا استفاده از سایر فن‌آوری‌های تبدیلات گازی، مانند تبدیل به گاز طبیعی مایع شده<sup>۴</sup>، هیدرات گازی یا از طریق تبدیلات شیمیایی، شامل تبدیل به فرآورده‌های با ارزشی چون متانول، دی‌متیل اتر، زوج شدن اکسایشی متان<sup>۵</sup> و یا تبدیل گاز به مایع اشاره کرد. از آن‌جا که در تبدیل گاز به فرآورده‌های مایع (GTL)<sup>۶</sup>، علاوه بر میادین گازی عظیم و مستقل، قابلیت استفاده از ذخایر گازی کوچک یا میادین دور افتاده و هم‌چنین گازهای همراه نفت نیز وجود دارد، در این تحقیق، به کارگیری فن‌آوری GTL و تولید فرآورده‌های حاصل از آن در ایران، از نقطه نظر اقتصادی مورد ارزیابی قرار گرفته و به سوالات ذیل پاسخ داده شده است:

- 1- Natural Gas Liquids (NGL).
- 2 - International Energy Agency, Natural Gas Market Review, 2007
- 3 - BP Statistical Review of World Energy, June 2008
- 4- Liquefied Natural Gas (LNG).
- 5- Oxidative Coupling of Methane (OCM).
- 6- Gas To Liquids (GTL) .

- آیا با وجود سایر روش‌های صادرات گاز، تولید و صادرات فرآورده‌های GTL، از نقطه نظر اقتصادی برای ایران توجیه‌پذیر است؟  
- با وجود رقاباتی هم‌چون قطر، آیا ایران خواهد توانست جایگاه مناسبی در بازار فرآورده‌های GTL جهان پیدا کند؟  
در ادامه مقاله در بخش ۲، چشم انداز صنعت گاز ایران، فن آوری تبدیل گاز به فرآورده‌های مایع و بازار فرآورده‌های GTL در بخش‌های ۳ و ۴، بخش‌های ۵ و ۶ ارزیابی اقتصادی و تحلیل حساسیت و در بخش ۷، نتیجه‌گیری مقاله ارائه می‌گردد.

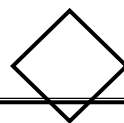
## ۲- چشم انداز صنعت گاز ایران

میزان کل ذخایر قابل استحصال گاز کشور تا پایان سال ۲۰۰۷، حدود ۲۷/۸ تریلیون مترمکعب برآورد شده است، که این میزان بالغ بر ۱۵/۷ درصد از کل ذخایر اثبات شده گاز جهان را تشکیل می‌دهد.

از نظر ذخایر گازی، ایران پس از روسیه و بالاتر از کشورهایی چون قطر، عربستان سعودی، امارات متحده عربی و امریکا، در رتبه دوم قرار گرفته است (ترازنامه انرژی ایران، سال ۱۳۸۵).

از جمله مهم‌ترین منابع ذخایر عظیم گازی در کشور، میدان گازی پارس جنوبی است که به‌عنوان بزرگ‌ترین منبع مستقل گازی جهان بین ایران و قطر مشترک است و نزدیک به نیمی از ذخایر ایران و ۷/۳ درصد از کل ذخایر دنیا را تشکیل می‌دهد. بهره‌برداری از این میدان گازی که در کشور قطر گنبد شمالی نامیده می‌شود، از سال ۱۹۹۷ آغاز شده است، به‌طوری‌که تولید انباشتی گاز در قطر در پایان سال ۲۰۰۶، حدود ۱۴۰ میلیارد مترمکعب بیش‌تر از ایران بوده است.

به‌دلیل مشترک بودن این میدان، با تولید بیش‌تر توسط یک طرف، جریان گاز و میعانات گازی موجود در مخزن به آن سمت انتقال خواهد یافت. بنابراین دو کشور ایران و قطر، همواره در تلاش‌اند تا با اجرای طرح‌های مختلف، سهم بیش‌تری از گاز و میعانات گازی موجود را به خود اختصاص دهند. در حال حاضر، قطر با مشارکت و به‌کارگیری دانش فنی و سرمایه شرکت‌های بزرگ فعال در زمینه نفت و گاز، درصد حداکثر استفاده از این میدان مشترک گازی است. در ایران نیز، توسعه و بهره‌برداری از میدان گازی پارس جنوبی بزرگ‌ترین پروژه انرژی کشور به‌حساب می‌آید و برای



بهره‌برداری از این حوزه گازی، ۲۸ فاز مجزا در نظر گرفته شده، که برای ۲۴ فاز آن برنامه‌ریزی انجام گرفته است. در حال حاضر، ۱۰ فاز از این میدان به بهره‌برداری رسیده است و فازهای ۱۱ تا ۲۴ در حال اجرا یا آماده اجرا هستند.

با وجود سهم ۱۵/۷ درصدی ایران از ذخایر گازی جهان، تولید ایران در سال ۲۰۰۷ برابر با ۱۱۱/۱۹ میلیارد متر مکعب، معادل ۳/۸ درصد کل تولید گاز جهان بوده است. با این میزان تولید، ایران پس از کشورهای روسیه، امریکا و کانادا، در رتبه چهارم برترین تولیدکنندگان گاز طبیعی قرار گرفته است. در سال ۲۰۰۷، میزان مصرف گاز طبیعی در ایران ۱۱۱/۸ میلیارد متر مکعب و معادل ۳/۸ درصد کل مصرف گاز جهان بوده است. ایران از نظر مصرف گاز، پس از امریکا و روسیه در رتبه سوم بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان گاز جهان قرار دارد<sup>۱</sup>. طی ده سال گذشته، مصرف گاز طبیعی در کشور از ۴۱/۷ میلیارد متر مکعب در سال ۱۹۹۷، به ۱۱۱/۸ میلیارد متر مکعب در سال ۲۰۰۷ افزایش یافته است، که این رشد بیش از ده درصدی ناشی از سیاست جایگزینی گاز طبیعی به جای سوخت‌های دیگر کشور از نظر ویژگی‌های خاص اقتصادی و زیست محیطی آن است. نکته قابل تأمل این است که در پایان سال ۲۰۰۵، ایران پس از کشورهای نیجریه و روسیه، با ۹۰/۱۲ و ۵۲۶/۶ میلیارد فوت مکعب، دارای بیش‌ترین مقدار گاز سوزانده شده بوده است<sup>۲</sup>.

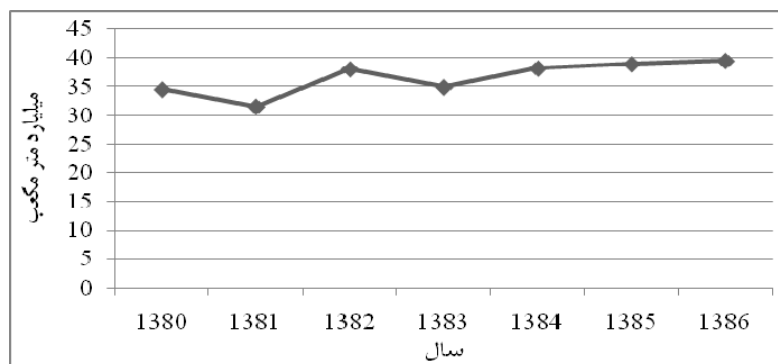
بر اساس اعلام بانک جهانی، میزان گازهای سوزانده شده در ایران برابر با ۴۵۹/۴ میلیارد فوت مکعب بوده است، که ۴۰/۴ درصد تولید گاز همراه نفت و ۸/۸ درصد کل تولید گاز غنی را تشکیل می‌دهد.

در میادین نفتی کشور، بخش قابل ملاحظه‌ای از گازهای همراه، به دلایل متفاوت، از جمله عدم وجود سامانه جمع‌آوری گاز، اقتصادی نبودن جمع‌آوری ناشی از پراکندگی و دور از دست بودن میادین نفتی یا کم بودن مقدار گاز تولیدی، پایین بودن فشار گاز، کیفیت گاز و همچنین عدم امکان مصرف محلی این گاز، سوزانده می‌شود. بخش عمده‌ای از گازهای همراه در مناطق خشکی کشور سوزانده می‌شود، اما با توجه به تولید قابل توجه نفت خام و به تبع آن گازهای همراه در این مناطق، گاز همراه سوزانده شده،

1 - BP Statistical Review of World Energy, June 2008

2 - www.worldbank.com

نسبت به گاز همراه تولید شده رقم پایین تری را در مقایسه با میادین دریایی در فلات قاره ایران نشان می دهد.

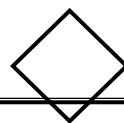


نمودار ۱- میزان گازهای سوزانده شده در ایران طی سال های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۶

ماخذ: ترازنامه انرژی ایران، ۱۳۸۶

هرچند در سال های اخیر استحصال گازهای همراه نفت در میادین نفتی مانع از سوزانده شدن بخشی از آن شده است، اما هنوز مقادیر زیادی گاز همراه (روزانه حدود ۴۰ میلیون متر مکعب) در کشور سوزانده می شود. بنابراین برنامه ریزی برای جمع آوری و جلوگیری از سوزانده شدن این منابع عظیم گازی، ضرورتی است که مانع از هدر رفتن این ثروت ملی می شود.

فن آوری تبدیل گاز به فرآورده های مایع (GTL)، علاوه بر این که راه حلی برای مشکل انتقال گاز طبیعی است، استفاده از گازهای همراه نفت، که بخش عظیمی از آن سوزانده می شود و نیز گاز مناطق دور افتاده، که به دلیل فاصله زیاد آن تا بازار مصرف، استفاده از آن از نقطه نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست را، امکان پذیر می کند. در این فن آوری، علاوه بر میادین گازی عظیم و مستقل، قابلیت استفاده از ذخایر گازی کوچک یا میادین دور افتاده و هم چنین گازهای همراه نفت نیز وجود دارد. در عین حال با توجه به کیفیت بالا و فواید زیست محیطی فرآورده های حاصل از این فرآیند نسبت به فرآورده های پالایشی، تولید فرآورده های GTL در ایران می تواند مورد عنایت ویژه برنامه ریزان و سیاست گذاران بخش انرژی کشور قرار گیرد.



### ۳- فن آوری تبدیل گاز به فرآورده‌های مایع

فن آوری تبدیل گاز به فرآورده‌های مایع، به فرآیندی اطلاق می‌شود که در آن گاز طبیعی به فرآورده‌های با ارزشی از جمله متانول، دی متیل اتر و سایر فرآورده‌های میان تقطیر، مانند بنزین، دیزل و نفت سفید، تبدیل می‌شود و فرآورده‌های آن در مقایسه با فرآورده‌های حاصل از پالایش نفت خام، از کیفیت بالاتر و آلاینده‌گی کم‌تری برخوردارند. فرآیند تبدیل گاز طبیعی به فرآورده‌های مایع شامل ۴ مرحله است (وطنی و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۵):

۱- خالص‌سازی گاز

۲- تولید گاز سنتز

۳- فرآیند فیشر- تروپش

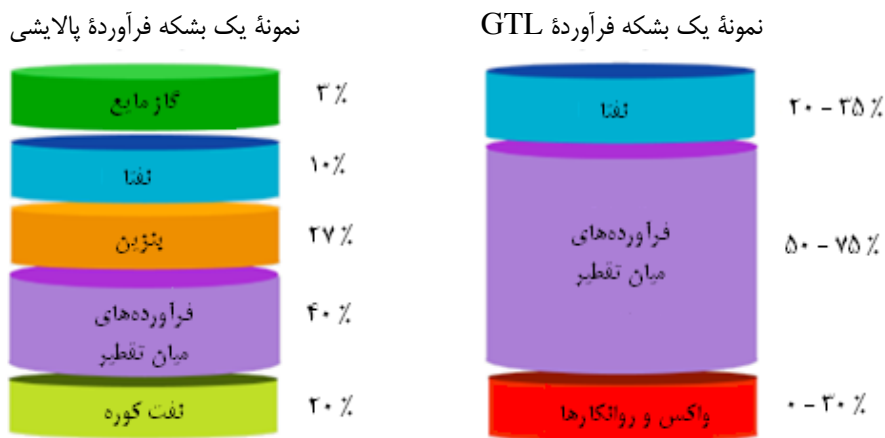
۴- ارتقا و بالابردن کیفیت محصول

محصولات اصلی حاصل از فرآیند GTL، شامل فرآورده‌های میان تقطیر، مانند دیزل و نفت سفید (سوخت جت)، فرآورده‌های پتروشیمیایی از جمله نفتا، گاز مایع<sup>۲</sup> و در ابعاد کوچک‌تر شامل محصولاتی خاص مثل حلال‌ها، واکس‌ها و روانکارها است، که این فرآورده‌ها عاری از سولفور هستند.

در فن آوری تبدیل گاز به فرآورده‌های مایع (GTL)، حجم گاز طبیعی مورد نیاز برای تولید یک بشکه GTL، در حدود ۱۰ هزار فوت مکعب است. فرآورده‌های تولیدی در این فرآیند، اساساً با محصولات تولیدی از یک واحد پالایش نفت خام متفاوت‌اند. در شکل ۴، یک بشکه فرآورده GTL و یک بشکه فرآورده حاصل از پالایش نفت خام به صورت درصد وزنی مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. البته این نکته را نیز باید مورد توجه قرار داد که فرآورده‌های GTL حاصل از فن آوری‌های مختلف مورد استفاده، متفاوت هستند.

1- Vatani et al.

2- Liquefied Petroleum Gas (LPG).

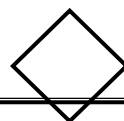


شکل ۲ - مقایسه یک بشکه فرآورده پالایشی و محصولات GTL  
(Source: Petroleum Economist (2005), Fundamentals of Gas to Liquids)

از نقطه نظر صرفه اقتصادی، تولید GTL از گازهای سوزانده شده، در رتبه نخست جای می‌گیرد و به دنبال آن تولید این فرآورده از گازهای طبیعی میادین بزرگ گازی دارای صرفه اقتصادی بیش‌تری است. هرچند استفاده از فن‌آوری GTL در سطح جهان گسترش زیادی نیافته است، لیکن سرمایه‌گذاری قابل توجه کشورهای صاحب منابع گاز، نظیر قطر برای استفاده از این فن‌آوری، نشان‌گر توسعه و سودآوری این فن‌آوری در آینده‌ای نزدیک است. در صورت اقتصادی بودن اجرای طرح‌های GTL در مقیاس‌های بالاتر، استفاده از این فن‌آوری به دلیل وجود ذخایر عظیم گازی در کشور، علاوه بر کسب درآمدهای فراوان، زمینه مساعد برای رشد و توسعه دانش فنی و ایجاد ارزش افزوده بیش‌تر نسبت به صدور نفت خام و گاز طبیعی را فراهم خواهد آورد.

#### ۴- بازار فرآورده‌های GTL

به منظور بررسی بازار، شناخت عرضه‌کنندگان و متقاضیان بالفعل و بالقوه، از ضرورت‌های اجتناب‌ناپذیر است. شناسایی و ارزیابی صاحبان اصلی فن‌آوری و عرضه‌کنندگان عمده فرآورده‌های GTL بخش عرضه و تقاضا، مصرف‌کنندگان بیش‌تر و نیز میزان تقاضای بالفعل و بالقوه فرآورده‌های حاصل از فن‌آوری GTL، شناخت بازار این محصولات را ممکن می‌کند.



اگرچه فن‌آوری تبدیل گاز به فرآورده‌های مایع (GTL) برای صاحبان عمده این فن‌آوری، از جمله شرکت‌های ساسول<sup>۱</sup>، شل<sup>۲</sup>، اکسون موبیل<sup>۳</sup> و سینترولیوم<sup>۴</sup> که در این زمینه فعالیت دارند، شناخته شده است، اما تعداد واحدهای بزرگ تجاری GTL در جهان بسیار محدود است و تنها فن‌آوری دو شرکت ساسول و شل در سطح تولید انبوه به اثبات رسیده است. این دو شرکت، با بهره‌برداری از واحدهای GTL خود در آفریقای جنوبی و مالزی، در زمینه تولید فرآورده‌های مایع از گاز طبیعی، پیش‌رو هستند. سایر شرکت‌ها تنها واحدهای آزمایشگاهی، نیمه‌صنعتی یا واحدهای نمایشی را با ظرفیت محدود و به منظور اهداف تحقیقاتی ایجاد کرده و فن‌آوری فیشر-تروپش<sup>۵</sup> را بر اساس انواع مختلف راکتورها و کاتالیست‌های اختصاصی خود توسعه داده‌اند، که از آن جمله می‌توان به شرکت‌های رنتک<sup>۶</sup>، شورون<sup>۷</sup> و کونوکوفیلیپس<sup>۸</sup> آمریکا، اشاره کرد. از دیگر شرکت‌های فعال در رابطه با فناوری GTL، که در زمینه انجام تحقیقات، مطالعات امکان‌سنجی، ارائه فن‌آوری‌های جدید و نیز خدمات طراحی و مهندسی تبدیل گاز طبیعی به فرآورده‌های مایع (GTL) فعالیت دارند، می‌توان به شرکت استات اویل<sup>۹</sup> نروژ، نروژ، بی پی<sup>۱۰</sup> و فاستر ویلر<sup>۱۱</sup> انگلیس، شرکت انی<sup>۱۲</sup> ایتالیا، آی‌اف‌پی<sup>۱۳</sup> فرانسه و نیز تگزاکو<sup>۱۴</sup> در آمریکا اشاره کرد.

#### - وضعیت پروژه‌های موجود و آتی در زمینه فن‌آوری GTL

به جز سه واحد صنعتی تجاری تبدیل ذغال سنگ به فرآورده‌های مایع<sup>۱۵</sup> با استفاده از روش فیشر-تروپش در آفریقای جنوبی، تنها دو واحد GTL در حال تولید تجاری

- 1- Sasol.
- 2- Shell.
- 3- ExxonMobil.
- 4- Synthroleum.
- 5- Fischer- Tropsch.
- 6- Rentech.
- 7- Chevron.
- 8- Conocophillips .
- 9- Statoil .
- 10- BP.
- 11- Foster Wheeler.
- 12- Eni .
- 13- IFP.
- 14- Texaco.
- 15- Coal to liquid (CTL).



فرآورده‌های خود هستند که عبارتند از:

➤ پروژه شل در بینتولوی مالزی

➤ پروژه پتروسا در موسل بای آفریقای جنوبی

هرچند دو پروژه فوق در مجموع کم‌تر از ۴۰ هزار بشکه در روز ظرفیت دارند و بیش‌تر برای توسعه فن‌آوری GTL مورد استفاده قرار گرفته‌اند، اما مزایای فرآورده‌های نهایی حاصل از این فرآیند در مقایسه با محصولات حاصل از پالایش نفت خام را نشان می‌دهند (جامیسون و مک مانوس<sup>۱</sup>، ۲۰۰۷).

در حال حاضر با توجه به پروژه‌های GTL در حال ساخت قطر، این کشور به‌زودی به پایتخت GTL جهان تبدیل خواهد شد. دولت قطر حمایت زیادی از توسعه این صنعت انجام داده و برای تبدیل آن به محیطی برای پیشرفت پروژه‌های GTL تلاش می‌کند. علاوه بر عوامل ذکر شده، زیرساخت‌های مناسب و خطر سرمایه‌گذاری پایین نیز از جمله عوامل تسهیل‌کننده سرمایه‌گذاری در قطر است (اسلاگتر<sup>۲</sup>، ۲۰۰۷).

تا سال ۲۰۰۴، برای اجرای حداقل ۸ پروژه جدید در سطح جهان برنامه‌ریزی انجام گرفته است، که ظرفیت آن‌ها در مجموع، بالغ بر ۵۰۰ هزار بشکه در روز است. برخی از این پروژه‌ها عبارتند از:

➤ پروژه ساسول، پروژه شل، پروژه اکسون موبیل، پروژه کونوکوفیلیپس و

پروژه ماراتون در قطر

➤ پروژه ساسول شورون در نیجریه (اسکراوس<sup>۳</sup>)

در اوایل سال ۲۰۰۷، برخی از این پروژه‌ها به تعویق افتاده یا منتفی شده‌اند و در حال حاضر تنها پروژه واحد صنعتی ساسول (اریکس<sup>۴</sup>) در قطر فعال می‌باشد، که در حال تکمیل است. واحد ۳۴ هزار بشکه‌ای ساسول شورون در اسکراوس نیجریه و واحد GTL شل (پرل<sup>۵</sup>) در قطر نیز به تازگی شروع به ساخت کرده‌اند (چدید و همکاران<sup>۶</sup>، ۲۰۰۷).

1 - Jamieson & McManus.

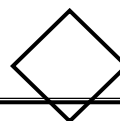
2 - Slaughter.

3- Escravos.

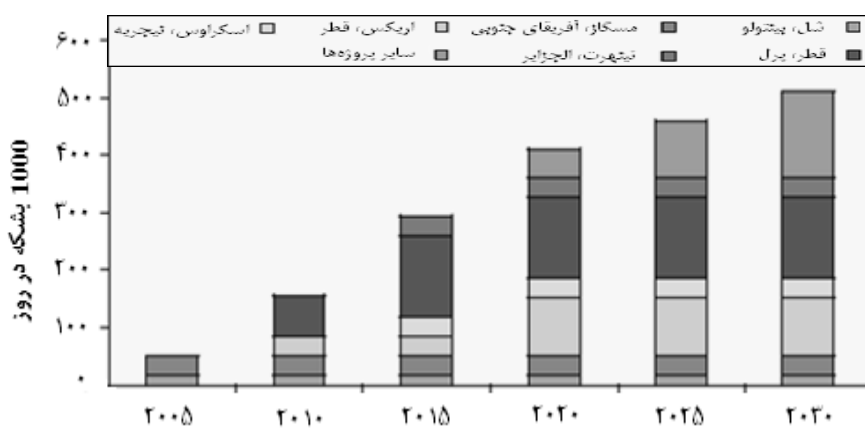
4- Oryx.

5- Pearl .

6 - Chedid et al.



با توجه به تحولات سال‌های اخیر، به نظر می‌رسد که دستیابی به مقادیر قابل توجهی از محصولات GTL، دیرتر و با حجم کمتر از پیش‌بینی‌ها ممکن باشد. نمودار ۳، چشم‌انداز عرضه فرآورده‌های GTL را تا سال ۲۰۳۰ نشان می‌دهد، که شامل ظرفیت‌های تعیین نشده و نیز پروژه‌هایی که هنوز اعلام نشده‌اند، اما امکان توسعه آن‌ها وجود دارد، نیز می‌باشد.



نمودار ۳ - وضعیت پروژه‌های موجود و در دست اجرای GTL در سطح جهان  
(Source: Slaughter. A (2007) Gas to Liquids (GTL), NPC Global Oil and Gas Study National Petroleum Council)

بر این اساس، تا سال ۲۰۰۵، تنها دو واحد شل و پتروسا به تولید تجاری می‌پردازند، ولی به تدریج با ساخت و بهره‌برداری از سایر واحدهای برنامه‌ریزی شده، ظرفیت پروژه‌های GTL در سال ۲۰۱۰ به حدود ۲۰۰ هزار بشکه در روز و در سال ۲۰۲۰ روزانه به بیش از ۴۰۰ هزار بشکه خواهد رسید.

در جدول ۱، واحدهای موجود، پروژه‌های در حال ساخت GTL و سایر پروژه‌های تبدیل گاز به فرآورده‌های مایع که در مراحل مختلف طراحی و مهندسی هستند، مطالعات امکان‌سنجی و نیز طرح‌های در حال مذاکره یا مزایده، مشاهده می‌شوند (فلیش و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۲) (رهمیم<sup>۲</sup>، ۲۰۰۳ و ۲۰۰۸).

1 - Fleisch et al.  
2 - Rahmim.

پروژه اریکس، در دسامبر سال ۲۰۰۶ به بهره‌برداری ابتدایی رسید و اولین محموله از فرآورده‌های آن در سال ۲۰۰۷ راهی بازار شد، اما به دلیل برخی مشکلات فنی، هنوز به ظرفیت کامل تولید نرسیده است. تولید این واحد طی سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸، روزانه کم‌تر از ۱۰ هزار بشکه بوده و قرار است در سال ۲۰۰۹ به ظرفیت کامل خود (۳۴ هزار بشکه در روز) برسد (رهمیم، ۲۰۰۸).

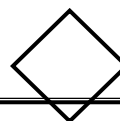
پروژه اکسون موبیل در قطر نیز به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین پروژه‌های GTL قرار بود با ظرفیت ۱۵۴۰۰۰ بشکه در روز به بهره‌برداری برسد، اما در فوریه ۲۰۰۷، دو شرکت تصمیم به عدم ادامه این پروژه گرفتند؛ علت این تصمیم، افزایش بیش از حد هزینه‌ها اعلام شده است. پروژه‌های کونوکوفیلیپس و ماراتون نیز توسط دولت قطر به حال تعلیق درآمده‌اند و انجام پروژه ساسول شورون در قطر نیز به تاخیر افتاده است.

علاوه بر این پروژه‌ها، بیش از ۵۵ پروژه GTL در نواحی مختلف جهان، از جمله کشورهای دارای ذخایر عظیم گازی نظیر جمله روسیه، قطر، ایران، نیجریه، امریکا، الجزایر، ونزوئلا و هم‌چنین مناطق دارای ذخایر گازی کوچک، دور افتاده یا گازهای همراه نفت، توسط شرکت‌های بین‌المللی فعال در زمینه نفت و گاز برای تولید فرآورده‌های مایع از گاز طبیعی، پیشنهاد شده‌اند<sup>۱</sup>.

به‌کارگیری فن‌آوری GTL در ایران برای تولید فرآورده‌های مایع، بسیار نوظاست و با وجود انجام کارهای تحقیقاتی انجام گرفته، تاکنون کم‌تر به آن پرداخته شده است. هرچند پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، پژوهشگاه صنعت نفت و واحد توسعه و تحقیقات<sup>۲</sup> سازمان گسترش و نوسازی صنایع ایران، اقدام به راه‌اندازی واحدهای کوچک، آزمایشگاهی و نیمه‌صنعتی GTL کرده‌اند، اما تا دستیابی به واحدهای صنعتی و تجاری GTL فاصله زیادی هست.

1 - Energy Information Administration, International Energy Outlook, 2008

2- Research & Development ( R&D).



جدول ۱- واحدهای موجود و پروژه‌های در دست اجرا در زمینه تولید فرآورده‌های مایع

زمان بهره‌برداری	خوراک	ظرفیت (بشکه در روز) <sup>۱</sup>	مکان	شرکت
<b>واحد موجود</b>				
۱۹۵۵	ذغال سنگ	۲۵۰۰	ساسولبرگ - آفریقای جنوبی	ساسول I
۱۹۸۰	ذغال سنگ	۸۵۰۰۰	سکوندا - آفریقای جنوبی	ساسول II
۱۹۸۲	ذغال سنگ	۸۵۰۰۰	سکوندا - آفریقای جنوبی	ساسول III
۱۹۹۲	گاز طبیعی	۲۲۵۰۰	موسل بای - آفریقای جنوبی	پتروسا
۱۹۹۳	گاز طبیعی	۱۴۷۰۰	بینتولو - مالزی	شل
<b>پروژه‌های در حال ساخت یا در مرحله ای پی سی<sup>۲</sup></b>				
۲۰۰۹	گاز طبیعی	۳۴۰۰۰	راس لافان - قطر	ساسول (اریکس)
۲۰۰۹	گاز طبیعی	۷۰۰۰۰	اسکراوس - نیجریه	ساسول شورون
۲۰۱۰	گاز طبیعی	۳۴۰۰۰	راس لافان - قطر	شل (پرل - فاز اول)
<b>پروژه‌های در مرحله طراحی و مهندسی</b>				
۲۰۱۱	گاز طبیعی	۱۵۴۰۰۰	راس لافان - قطر	اکسون موبیل
۲۰۱۱	گاز طبیعی	۱۶۰۰۰۰	راس لافان - قطر	کونوکوفیلیپس (فاز ۱ و ۲)
۲۰۱۲	گاز طبیعی	۷۰۰۰۰	راس لافان - قطر	شل (پرل - فاز دوم)
<b>پروژه‌های در مرحله مذاکره / مطالعات امکان‌سنجی</b>				
۲۰۱۲	گاز طبیعی	۶۶۰۰۰	استرالیا	ساسول شورون
۲۰۱۳	گاز طبیعی	۶۵۰۰۰	راس لافان - قطر	ساسول (توسعه اریکس)
۲۰۱۰	گاز طبیعی	۱۲۰۰۰۰	قطر	ساسول شورون
<b>پروژه‌های در مرحله مزایده / مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی</b>				
۲۰۱۲	گاز طبیعی	۶۵۰۰۰	الجزایر	تینهرت (در مرحله مزایده) <sup>۳</sup>
۲۰۱۳	گاز طبیعی	۱۲۰۰۰۰	قطر	ماراتون

Source: Journal of Natural Gas Chemistry, 11(2002)  
Oil & Gas Journal (March 2008), 106 (12)

1- barrel/day (b/d) .

2- Engineering, Procurement and Construction (EPC).

۳- شرکت‌کنندگان در مزایده عبارتند از شل، ساسول شورون و کنسرسیومی از شرکت‌های استات اویل، BHP Billiton و پتروسا.

### تقاضای فرآورده‌های GTL

از جمله مهم‌ترین عوامل به‌کارگیری فرآیند تبدیل گاز طبیعی به فرآورده‌های مایع به‌عنوان راه‌حلی برای درآمدزا کردن ذخایر عظیم گازی جهان، رشد تقاضای فرآورده‌های مایع در سراسر جهان است.

با تبدیل گاز به فرآورده‌های نفتی، می‌توان بسیاری از مشکلات موجود در زمینه انتقال گاز طبیعی به نقاط مصرف و یا بازاریابی آن را حل کرد. تعیین بازارهای هدف برای این فرآورده‌ها، به تحلیل عرضه منطقه‌ای و تقاضا برای این محصولات بر اساس قیمت‌های نسبی توسط عرضه‌کنندگان نواحی مختلف، بستگی دارد.

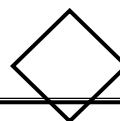
عوامل مؤثر در تعیین قیمت این فرآورده‌ها نیز عبارتند از: پیش‌بینی قیمت‌های معاملاتی برای فرآورده‌هایی چون دیزل و نفتا در بازارهای مربوطه، اختلاف قیمت فرآورده‌های GTL با فرآورده‌های پالایشگاهی بین‌المللی و نیز هزینه‌های حمل برای انتقال فرآورده‌ها از کشورهای تولیدکننده به بازارهای هدف (جامیسون و مک مانوس، ۲۰۰۷).

در 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 به‌همین دلیل برخی برای اجتناب از سرمایه‌گذاری‌های مذکور، به متقاضیان مهم فرآورده‌های GTL تبدیل شده‌اند. چگالی پایین، نداشتن ترکیبات آروماتیک و محتوای گوگرد پایین، از جمله مهم‌ترین ویژگی‌های فرآورده‌های GTL است و استفاده از فرآورده‌های حاصل از این فرآیند، نیاز به سرمایه‌گذاری پالایش‌گران نفت خام برای ساخت واحدهای ارتقادهنده محصولات را مرتفع می‌نماید.

پالایشگاه‌های اروپا که به‌دلیل وجود استانداردهای محدودکننده، ملزم به اجرای قوانین و مقررات اعمال شده هستند، مهم‌ترین مشتریان فرآورده‌های پاک حاصل از فرآیند GTL می‌باشند.

در جدول ۲، دیزل با محتوای گوگرد بسیار پایین<sup>۱</sup>، با دیزل حاصل از فرآیند GTL براساس استانداردهای سال ۲۰۰۹ اروپا، مورد مقایسه قرار گرفته است:

1- Ultra Low-Sulfur Diesel (ULSD).



جدول ۲ - مقایسه کیفی ULSD و دیزل حاصل از GTL

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

Source: Wood Mackenzie

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، دیزل حاصل از فرآیند GTL، به سبب محتوای گوگرد و پلی آروماتیک پایین‌تر و عدد ستان بالاتر، آلاینده‌گی کم‌تر و کیفیت بهتری دارد و این حق مرغوبیت سبب افزایش قیمت نسبی فرآورده خواهد شد.

مهم‌ترین مورد مصرف دیزل حاصل از GTL، در بخش حمل و نقل و کاربرد در بازار سوخت است. دیزل حاصل از GTL، می‌تواند با دیزل معمولی برای تولید فرآورده‌های با مرغوبیت بالاتر (به‌عنوان سوخت‌هایی با کارایی بسیار بالا)، ترکیب شود. شرکت شل، در اجرای این رویکرد در واحد GTL مالزی پیشگام است.

در حال حاضر، تقاضای جهانی دیزل در مقایسه با تقاضای جهانی نفت خام از سرعت بیشتری برخوردار است، که بیش‌تر به دلیل رشد تقاضای بخش حمل و نقل جاده‌ای و جایگزینی وسایل نقلیه دیزلی به جای خودروهای بنزین‌سوز، به‌ویژه در اروپاست. بالا بودن راندمان استفاده از گازوئیل و هم‌چنین ارزان‌تر بودن آن در مقایسه با بنزین سبب شده است که خودروهای دیزلی در این منطقه با اقبال روبه‌رو شوند، به‌طوری‌که در سال ۲۰۰۵، بیش از ۴۰ درصد خودروهای فروخته شده در اروپا با گازوئیل کار کرده‌اند<sup>۱</sup>.

در جدول ۳، میزان تقاضای جهانی فرآورده‌های نفتی چون اتان، گاز مایع، نفتا، بنزین، نفت سفید، گازوئیل و هم‌چنین پس‌ماندهایی چون نفت کوره و سایر فرآورده‌های حاصل از پالایش نفت خام به‌طور عمده شامل قیر، روانکارها و واکس‌ها و نیز سهم این فرآورده‌ها در کل تقاضای جهانی را در سال ۲۰۰۵ به‌صورت واقعی نشان می‌دهد و میزان تقاضا در سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۲۰ و ۲۰۳۰، پیش‌بینی شده است:

1 - Petroleum Economist (2005), Fundamentals of Gas to Liquids

جدول ۳ - میزان و سهم تقاضای جهانی فرآورده‌های نفتی

سهم در تقاضای کل (درصد)				میزان تقاضا (میلیون بشکه در روز)				سال فرآورده
۲۰۳۰	۲۰۲۰	۲۰۱۰	۲۰۰۵	۲۰۳۰	۲۰۲۰	۲۰۱۰	۲۰۰۵	
۱/۸	۲	۲	۲	۲/۲	۲	۱/۸	۱/۷	اتان
۸/۵	۸/۲	۷/۹	۷/۷	۱۰	۸/۵	۷/۱	۶/۴	گاز مایع
۸/۳	۷/۵	۶/۸	۶/۵	۹/۸	۷/۸	۶/۱	۵/۴	نفتا
۲۳/۶	۲۴/۳	۲۵/۳	۲۵/۷	۲۷/۸	۲۵/۱	۲۲/۷	۲۱/۴	بنزین
۷/۳	۷/۵	۷/۷	۷/۷	۸/۵	۷/۷	۶/۹	۶/۴	نفت سفید / سوخت جت
۳۲/۱	۳۰/۱	۲۷/۹	۲۶/۷	۳۷/۸	۳۱/۱	۲۵	۲۲/۲	گازوئیل / دیزل
۹/۷	۱۱	۱۲/۴	۱۳/۱	۱۱/۴	۱۱/۳	۱۱/۱	۱۰/۹	پسماندها <sup>۱</sup>
۸/۸	۹/۵	۱۰/۱	۱۰/۴	۱۰/۳	۹/۸	۹	۸/۷	سایر <sup>۲</sup>
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۱۷/۶	۱۰۳/۵	۸۹/۸	۸۳/۳	مجموع

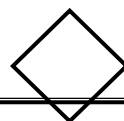
ماخذ: OPEC; World Oil Outlook, 2007

با توجه به جدول فوق، محصولات اصلی فرآیند GTL فرآورده‌های نفتی، شامل نفتا و گازوئیل/ دیزل هستند، که در مقایسه با سایر فرآورده‌های نفتی، سهم عمده‌ای را در کل تقاضای فرآورده‌های نفتی طی سال‌های آتی به خود اختصاص داده و در عین حال از افزایش تقاضای بیش‌تری نسبت به سایر فرآورده‌های نفتی برخوردارند بود. از ۳۴ میلیون بشکه در روز اضافه تقاضا در سال ۲۰۳۰، بیش از ۳۲ میلیون بشکه، آن متعلق به فرآورده‌های سبک و میان تقطیر است، که این حجم عظیم تقاضا بیش‌تر به دلیل افزایش تقاضا برای سوخت‌هایی چون دیزل، بنزین و نفتا می‌باشد.

با بررسی تقاضای بلندمدت فرآورده‌های نفتی، ملاحظه می‌شود که سهم نفتا از تقاضای فرآورده‌های نفتی از ۶/۵ درصد در سال ۲۰۰۵، به ۸/۳ درصد در سال ۲۰۳۰ افزایش یافته است، که در میان فرآورده‌های نفتی پس از گازوئیل/دیزل، با افزایش تقاضای ۵/۴ درصدی طی این مدت، بیش‌ترین افزایش سهم را داشته است، این در حالی است که بنزین، نفت سفید، اتان و پسماندها با کاهش سهم تقاضا مواجه شده‌اند.

۱- شامل نفت کوره.

۲- شامل قیر، روانکارها، واکس‌ها، کک، سولفور و ...



علاوه بر این، پیش‌بینی‌های انجام گرفته توسط دیگر شرکت‌ها و مؤسسات معتبر بین‌المللی از جمله EIA و IEA در زمینه تقاضای بلندمدت فرآورده‌های نفتی، همه مؤید رشد تقاضای این حامل‌ها طی سال‌های آتی است.

در طراحی مدل‌های برآورد تقاضا، شناخت پارامترها، فروض و متغیرهای تأثیرگذار بسیار ضروری بوده و مؤسسات معتبر بین‌المللی از مدل‌هایی برای پیش‌بینی استفاده می‌کنند که گاه از هزاران رابطه و معادله برخوردارند.

برای برآورد میزان واقعی تقاضای فرآورده‌های نفتی طی سال‌های آتی، علاوه بر تأثیر عواملی هم‌چون نرخ‌های رشد اقتصاد جهانی و مناطق عمده پیشرفته صنعتی یا کشورهای رو به رشد جدید، قیمت‌های نفت خام، قیمت فرآورده‌های نفتی و قیمت سایر حامل‌های انرژی، نظیر گاز طبیعی و سوخت‌های هیدروژنی بر تقاضای جهانی فرآورده‌ها، عوامل جهت دهنده دیگری نیز بر چگونگی شکل‌گیری روندهای آتی مصرف فرآورده‌ها مؤثرند، که از جمله آن‌ها الزام‌ها و تعهدهای کشورها، به‌ویژه کشورهای اروپایی نسبت به منشور قانون هوای تمیز است، که می‌تواند در جابه‌جایی و تجارت فرآورده‌ها نقش قابل توجهی داشته باشد. روند تحولات فن‌آوری در تولید و عرضه سوخت‌های جانشین از جمله فرآورده‌های سوختی گازی مانند GTL و آماده‌سازی زیرساخت‌های کلی اقتصاد کشورها در این راستا و تلاش جمعی برای مقرون به‌صرفه کردن استفاده از این سوخت‌ها را نیز باید از جمله دیگر عوامل مؤثر تلقی کرد.

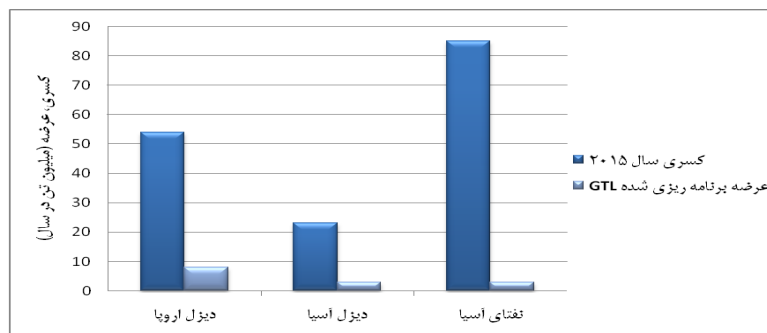
تقاضای جهانی دیزل و گازوئیل در سال ۲۰۰۷ به بیش از ۱/۱ میلیارد تن در سال افزایش یافته است و در صورت رشد حدود ۳ درصدی تقاضای جهانی، بیش‌ترین رشد تقاضا را در میان فرآورده‌های نفتی به خود اختصاص خواهد داد و در سال ۲۰۱۵، میزان تقاضای جهانی گازوئیل به ۱/۵ میلیارد تن در سال افزایش خواهد یافت. این میزان در سال ۲۰۲۰ به بیش از ۲ میلیارد تن در سال خواهد رسید.

در حال حاضر، تقاضای نفتا بیش از ۲۲۰ میلیون تن در سال است، که بیش‌تر به دلیل افزایش تقاضا برای مواد اولیه پتروشیمی است و پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که در سال ۲۰۱۵، میزان تقاضای نفتا به ۳۱۰ میلیون تن در سال افزایش یابد (جامیسون و مک مانوس، ۲۰۰۷).

پیش‌بینی می‌شود که با بهره‌برداری از پروژه‌های در حال توسعه GTL، حدود ۱۱ میلیون تن در سال، معادل ۲۵۰ هزار بشکه در روز دیزل، از این فرآیند حاصل می‌شود، که کم‌تر از ۱ درصد از تقاضای جهانی را تأمین خواهد کرد. این در حالی است که عرضه

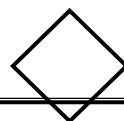


نفتای حاصل از GTL، در حدود ۴ میلیون تن در سال، معادل ۰/۱ میلیون بشکه در روز خواهد بود، که کم‌تر از ۲ درصد از کل تقاضای جهانی را تأمین خواهد کرد. مطابق نمودار (۴) هر سه منطقه دارای حجم زیاد تقاضای فرآورده‌های نفتی، شامل امریکای شمالی، اروپا و آسیا پسیفیک، تا سال ۲۰۱۵ با کمبود عرضه مواجه خواهند بود. کسری دیزل در اروپا و امریکای شمالی به ترتیب ۵۴ و ۱۴ میلیون تن در سال ۲۰۱۵ خواهد بود. هم‌چنین پیش‌بینی می‌شود که مجموع کسری دیزل و گازوئیل در آسیا به ۲۳ میلیون تن در سال برسد. بر اساس پیش‌بینی‌ها، دیزل تولیدی در کشورهای چون قطر، نیجریه و الجزایر، در اروپا به مصرف خواهد رسید. انتظار می‌رود عرضه حدود ۸ میلیون تن دیزل حاصل از GTL، کسری دیزل اروپا را در سال ۲۰۱۵ حدود ۱۵ درصد کاهش داده و به ۴۶ میلیون تن در سال برساند. عرضه ۳ میلیون تن باقی‌مانده اثر کم‌تری بر کسری آسیا پسیفیک خواهد داشت (جامیسون و مک مانوس، ۲۰۰۷).



نمودار ۴ - عرضه و تقاضای دیزل و نفتا در مناطق مختلف جهان

منطقه کلیدی تقاضا برای نفتا، آسیا پسیفیک است، که هم‌اکنون کسری آن به دلیل رشد تقاضا برای مواد اولیه پتروشیمی در حال افزایش است. این کسری، در سال ۲۰۱۵ به ۹۰ میلیون تن در سال خواهد رسید. پیش‌بینی می‌شود که سال ۲۰۱۵، اروپا و امریکای شمالی از نظر میزان عرضه و تقاضای نفتا در تعادل باشند. در مقایسه با دیزل، در بازارهای هدف نفتای حاصل از GTL، اختلاف وجود خواهد داشت. تولید بالقوه نفتا به میزان ۳ میلیون تن در سال در کشورهای قطر و استرالیا، در صورت صدور به آسیا، بر کسری قابل ملاحظه این منطقه، اثر حداقلی خواهد داشت.



امریکا نیز بازار هدف نفتای حاصل از GTL نیجریه خواهد بود و نفتای تولیدی از واحد GTL الجزایر به کشورهای مدیترانه‌ای اروپا صادر خواهد شد. به‌طور کلی، فرآورده‌های GTL، درصد کمی از تقاضای فرآورده‌های نفتی را در دهه آتی تأمین خواهند کرد و اثر دیزل و نفتای حاصل از فرآیند GTL بر تعادل عرضه و تقاضای منطقه‌ای، محدود خواهد بود.

هرچند دیزل وارداتی به اروپا حدود ۱۵ درصد از کسری این فرآورده را جبران خواهد کرد، اما باز هم حدود ۴۶ میلیون تن در سال کسری دیزل در اروپا در سال ۲۰۱۵ وجود خواهد داشت. عرضه نفتای حاصل از GTL به آسیا برای تأمین کسری این منطقه نیز قابل ملاحظه نخواهد بود (جامیسون و مک مانوس، ۲۰۰۷).

با توجه به بررسی بازار بالفعل و بالقوه فرآورده‌های حاصل از پالایش نفت خام و نیز فن‌آوری GTL، پروژه‌های موجود و در دست ساخت قطر، مانعی برای عرضه فرآورده‌های حاصل از فناوری GTL برای ایران نخواهند بود. با توجه به وجود مقادیر قابل توجه کمبود عرضه در بازار فرآورده‌هایی چون دیزل و نفتا، بازار بسیار وسیعی پیش روی ایران برای عرضه فرآورده‌های نفتی، به‌ویژه فرآورده‌های GTL به دلیل خواص برتر آن‌ها وجود خواهد داشت. ضمن این‌که نمی‌توان از بازار داخلی با حجم زیاد مصرف فرآورده‌های نفتی غافل شد.

در صورت اقتصادی بودن اجرای طرح‌های GTL در مقیاس‌های بالاتر، استفاده از این فن‌آوری، به‌دلیل وجود ذخایر عظیم گازی در کشور، علاوه بر کسب درآمدهای فراوان، زمینه‌ای مساعد برای رشد و توسعه دانش فنی و ایجاد ارزش افزوده بیش‌تر نسبت به صدور نفت خام و گاز طبیعی فراهم خواهد آورد. به همین منظور، در ادامه به ارزیابی اقتصادی یک واحد صنعتی تولید فرآورده‌های حاصل از تبدیل گاز به مایع (GTL) در ایران خواهیم پرداخت.

## ۵- ارزیابی اقتصادی

از جمله عوامل اثرگذار بر اقتصاد پروژه‌های GTL عبارتند از:

هزینه‌های سرمایه‌گذاری، هزینه‌های عملیاتی، هزینه گاز خوراک، نحوه تأمین مالی پروژه، مالیات، قیمت نفت خام، قیمت فرآورده‌های GTL، حق مرغوبیت فرآورده‌های GTL نسبت به فرآورده‌های عادی، امنیت تأمین گاز مورد نیاز پروژه، طول دوره بهره‌برداری، کیفیت گاز، نرخ تورم، دوره ساخت، استهلاک و هم‌چنین مدت زمان کارکرد سامانه.

با توجه به عوامل مؤثر بر اقتصاد پروژه‌های GTL، با استفاده از داده‌های مطابق با واقعیت، با احتمال تحقق زیاد و بر اساس آخرین اطلاعات پروژه‌های در حال انجام GTL، ابتدا سناریوی اصلی، طراحی شده و نتایج آن مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس با معرفی سایر سناریوها، به تفسیر نتایج حاصل از آن‌ها پرداخته می‌شود. در سناریوی اصلی، با استفاده از فروض جدول ۴، ارزیابی اقتصادی انجام می‌گیرد:

جدول ۴- مفروضات سناریوی اصلی مدل ارزیابی اقتصادی تولید فرآورده‌های GTL در ایران

۱	هزینه سرمایه‌ای	۷۰۰۰۰ \$/(bbl/d)
۲	هزینه‌های عملیاتی	۶ \$/(bbl/d)
۳	قیمت گاز خوراک	۱ \$/MMBtu <sup>۱</sup>
۴	استهلاک	۴ درصد
۵	استقراض	۵۰ درصد
۶	نرخ تورم	۲ درصد
۷	قیمت نفت خام	۵۰ \$/bbl
۸	اختلاف قیمت فرآورده‌های نفتی با نفت خام	+ ۹/۹۵ \$/bbl
۹	حق مرغوبیت فرآورده‌های GTL نسبت به فرآورده‌های عادی	۴ \$/bbl
۱۰	مالیات	۲۵ درصد

ماخذ: اطلاعات دریافتی و محاسبات انجام گرفته در این تحقیق

در این سناریو به‌عنوان محتمل‌ترین سناریوی تحقیق، مفروضات زیر در نظر گرفته شده است:

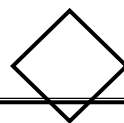
۱- هزینه سرمایه‌ای: ۷۰ هزار دلار برای ایجاد هر واحد ظرفیت (بشکه در روز)<sup>۲</sup>  
 ۲- در حال حاضر، برای واحد تولید GTL، هزینه‌های عملیاتی ۶ دلار به ازای هر بشکه در روز معادل ۳ درصد هزینه‌های سرمایه‌گذاری در نظر گرفته می‌شود.

۳- قیمت گاز خوراک: ۱ دلار به ازای هر میلیون بی‌تی‌یو  
 هزینه تولید گاز از بیش‌تر میدان‌های گازی ایران، کم‌تر از ۵۰ سنت به ازای هر میلیون بی‌تی‌یو است؛ قیمت گاز تحویلی به واحدهای پتروشیمی کشور در سال ۱۳۸۶، ۱۱۰ ریال به ازای هر متر مکعب، معادل ۳۰ سنت در هر میلیون بی‌تی‌یو بوده است<sup>۳</sup> و

۱- دلار به ازای هر میلیون بی‌تی‌یو.

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

۳- حسابداری فروش مدیریت مالی شرکت ملی گاز ایران.



در عین حال هزینه استحصال گازهای همراه میادین نفتی نیز ۲۰ سنت در هر میلیون بی‌تی‌یو است.<sup>۱</sup> در پروژه‌های مشابه GTL، از جمله پروژه‌های قطر نیز، قیمت گاز خوراک حداکثر ۷۵ سنت در هر میلیون بی‌تی‌یو در نظر گرفته شده است (چدید و همکاران، ۲۰۰۷)؛ بنابراین در سناریوی پایه، قیمت گاز خوراک برای واحدهای GTL، ۱ دلار به ازای هر میلیون بی‌تی‌یو در نظر گرفته می‌شود.

۴- در محاسبات، استهلاک واحد GTL به صورت خطی ۴٪، در طول سال‌های تولید لحاظ می‌شود؛ در پایان عمر پروژه، ارزش اسقاط، صفر در نظر گرفته شده است.

۵- تأمین مالی این پروژه به این صورت خواهد بود که نیمی از هزینه سرمایه‌گذاری توسط سهام‌داران تأمین و مابقی با نرخ بهره ۶ درصد (نرخ لایبر<sup>۲</sup> + ۱/۵ درصد) با مدت بازپرداخت ۴ ساله وام گرفته می‌شود و پس از یک دوره استراحت ۶ ماهه، از سال اول شروع تولید، بازپرداخت آغاز می‌شود.

۶- به دلیل تأمین بیش‌تر نیازهای واحدهای در حال اجرای GTL در سطح جهان از بازارهای بین‌المللی و با ارز خارجی، نرخ تورم بر اساس نرخ تورم بین‌المللی در حدود ۲ درصد در نظر گرفته می‌شود. این تورم در طی سال‌های عمر پروژه، بر هزینه‌های پروژه، اعتم از هزینه‌های سرمایه‌گذاری و عملیاتی اثر گذاشته است.

۷- از جمله مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر اقتصاد پروژه‌های GTL، قیمت نفت خام است. این عامل به دلیل تأثیرگذاری بر قیمت فرآورده‌های نفتی، بر درآمدهای حاصل از پروژه، تأثیر به‌سزایی دارد و به همین دلیل باید مورد مطالعه قرار گیرد. با توجه به نوسانات شدید قیمت نفت خام در سال‌های اخیر و پیش‌بینی مؤسسات معتبر بین‌المللی و به‌منظور به حداقل رساندن خطرپذیری تأثیر کاهش قیمت نفت بر اقتصاد پروژه، قیمت نفت خام ۵۰ دلار در هر بشکه در نظر گرفته شده است.

۸- به دلیل وجود چند فرآورده در یک بشکه GTL تولیدی، برای قیمت‌گذاری هر بشکه فرآورده، از روش قیمت‌گذاری ترکیبی (میانگین وزنی قیمت فرآورده‌ها) استفاده شده و فرآورده‌های تولیدی از واحدهای GTL، بر اساس محصولات پالایشی ارزش‌گذاری می‌شوند. از آن‌جاکه قیمت فرآورده‌های نفتی از قیمت نفت متأثر است و این فرآورده‌ها دارای اختلاف قیمتی نسبت به نفت خام هستند، بر اساس سهم

۱- بر اساس نظر کارشناسان صنعت نفت.

2- LIBOR.

محصولات تولیدی از این فرآیند، از اختلاف قیمت فرآورده‌های نفتی تولیدی از فرآیند GTL با نفت خام، میانگین وزنی گرفته می‌شود. براساس فن‌آوری‌های مختلف، هر بشکه فرآورده تولیدی از یک واحد GTL شامل حدود ۶۰ درصد گازوئیل، ۲۵ درصد نفتا و ۱۵ درصد سایر فرآورده‌هاست. قیمت گازوئیل در سه بازار بزرگ رتردام، سنگاپور و امریکا در فاصله سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۷ در نظر گرفته شده است، که طبق میانگین ۳۰ ماهه از نیمه دوم سال ۲۰۰۴، تا پایان سال ۲۰۰۶ که بازار نفت و فرآورده‌های نفتی روند طبیعی داشته، اختلاف قیمت گازوئیل با نفت خام ۱۴ دلار بوده است. در همین مدت، یعنی در فاصله زمانی سال‌های ۲۰۰۴ و ۲۰۰۶، میانگین اختلاف قیمت نفتا در بازار فرآورده‌های نفتی و نفت خام برنت، ۵/۰۹ دلار در هر بشکه بوده است.<sup>۱</sup> بنابراین در تحلیل هزینه-فایده، مازاد قیمت گازوئیل و نفتا نسبت به نفت خام به ترتیب ۱۴ و ۵ دلار و این تفاوت قیمت برای سایر فرآورده‌ها (از جمله گاز مایع، واکس و روانکارها)، ۲ دلار در نظر گرفته می‌شود. با توجه به متوسط سهم گازوئیل، نفتا و سایر فرآورده‌های GTL در فرآیندهای مختلف تولید، در تحلیل هزینه-فایده، میانگین وزنی که مازاد قیمت فرآورده‌های نفتی نسبت به نفت خام را نشان می‌دهد، ۹/۹۵+ دلار در هر بشکه در نظر گرفته می‌شود.

۹- برای فرآورده‌های GTL نسبت به فرآورده‌های عادی، به دلیل کیفیت بالاتر و آلاینده‌گی کمتر، حق مرغوبیتی در حدود ۳ تا ۵ دلار به ازای هر بشکه در نظر گرفته می‌شود، که این حق مرغوبیت برای محاسبه قیمت یک بشکه فرآورده GTL، به قیمت نفت خام و نیز میانگین وزنی تفاوت قیمت فرآورده‌ها با نفت خام، افزوده می‌شود.

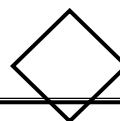
۱۰- بر اساس ماده ۱۳۲ اصلاح موادی از قانون مالیات‌های مستقیم، برای طرح‌های اجرایی با مرکزیت بندر عسلویه که جزء مناطق محروم به‌شمار می‌آید، معافیت مالیاتی ۱۰ ساله برای سرمایه‌گذاری وجود دارد و از سال یازدهم بهره‌برداری، نرخ مالیات بر فروش، سالانه ۲۵ درصد در نظر گرفته می‌شود.<sup>۲</sup>

به‌علاوه، نرخ تنزیل نیز در محاسبات، ۱۱٪ در نظر گرفته می‌شود.<sup>۳</sup>

1 - Petroleum Argus, Product spot prices: [www.argusmediagroup.com](http://www.argusmediagroup.com).

۲- ماده ۱۰۵ قانون مالیات‌های مستقیم .

۳- معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور؛ راهنمای تهیه گزارش توجیه فنی، مالی، اقتصادی و اجتماعی طرح؛ نشریه ۳۱۲۲ .



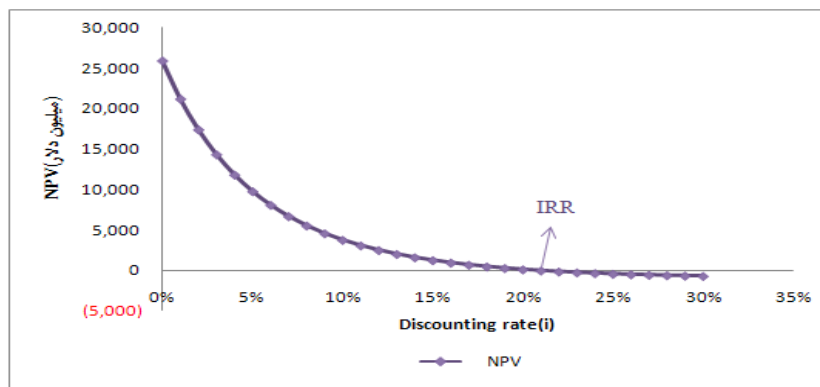
سایر ویژگی‌های واحد تولید GTL در جدول ۵ ملاحظه می‌شود:

جدول ۵ - ویژگی‌های واحد GTL

ظرفیت واحد	۷۵۰۰۰ بشکه در روز
فراآورده‌های واحد: دیزل نفثا گاز مایع و سایر فراآورده‌ها	۴۵۰۰۰ بشکه در روز ۱۸۷۵۰ بشکه در روز ۱۱۲۵۰ بشکه در روز
گاز خوراک مورد نیاز روزانه واحد	۷۰۰ MMscf ~ ۷۰۰۰۰۰ MMBtu
طول عمر پروژه	۲۵ سال (۳۵۰ روز کاری در سال)
گاز مورد نیاز پروژه در طول دوره بهره‌برداری	۲۴۵ Tcf ~ ۷ Tcm
کل هزینه سرمایه‌گذاری	۵/۴۰۹ میلیارد دلار
عملکرد	٪۹۵

مأخذ: اطلاعات دریافتی و یافته‌های حاصل از تحقیق

نتایج حاصل از انجام تحلیل هزینه-فایده:



نمودار ۶ - رابطه بین ارزش خالص فعلی پروژه (NPV) و نرخ بازده‌های مختلف

مأخذ: یافته‌های تحقیق

همان‌طور که در نمودار فوق نیز ملاحظه می‌شود، تحت مفروضات سناریوی اصلی، نرخ بازدهی داخلی پروژه (IRR)<sup>۱</sup>، ۲۱٪، ارزش حال پروژه (NPV)<sup>۲</sup> با توجه به درآمدها و

1- Internal Rate of Return.

2 - Net Present Value.

هزینه‌های طرح طی ۲۵ سال، ۳/۰۸۴ میلیارد دلار و نسبت ارزش حال به سرمایه، ۰/۷۴ خواهد بود. دوره بازگشت سرمایه نیز سال ششم بهره‌برداری است. نتیجه بررسی این که اجرای، پروژه تحت مفروضات سناریوی اصلی از توجیه اقتصادی لازم برخوردار است و بنابراین فرضیه تحقیق مبنی بر اقتصادی بودن تولید فرآورده‌های حاصل از تبدیل گاز به مایع (GTL) در ایران پذیرفته می‌شود.

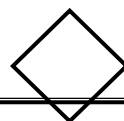
با ثابت بودن سایر شرایط، با افزایش قیمت گاز خوراک به بیش از ۳/۵ دلار در هر میلیون بی‌تی‌یو، نرخ بازده داخلی پروژه منفی شده و اجرای طرح در این شرایط و قیمت‌های بالاتر از آن، از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر نخواهد بود. با بررسی‌های انجام گرفته، به ازای قیمت‌های نفت خام کم‌تر از ۲۸/۵ دلار در هر بشکه نیز، به دلیل کاهش درآمد، طرح سودآور نخواهد بود. در عین حال، پروژه به ازای هزینه‌های سرمایه‌ای بیش‌تر از ۱۱۶/۹ هزار دلار به ازای هر بشکه در روز، دیگر اقتصادی نیست، اما در تمامی قیمت‌های کم‌تر از آن سودآور است.

### سایر سناریوها در ارزیابی اقتصادی به‌کارگیری فن‌آوری GTL در ایران

با تغییر مهم‌ترین عوامل اثر گذار بر اقتصاد پروژه‌های GTL، از جمله هزینه‌های سرمایه‌گذاری، قیمت گاز خوراک و نیز قیمت نفت خام، می‌توان سناریوهای مختلفی را تعریف و اثرات حاصل از تغییرات پارامترهای اصلی را بر نتایج مدل بررسی کرد. بر این اساس با هزینه سرمایه‌گذاری ۵۰، ۷۰، ۸۵ و ۱۰۰ هزار دلار برای ایجاد هر واحد ظرفیت<sup>۱</sup> (بشکه در روز)، قیمت‌های خوش‌بینانه و بدبینانه نفت خام (۴۰، ۵۰، ۷۰ و ۱۰۰ دلار در هر بشکه)<sup>۲</sup> و همچنین قیمت گاز خوراک ۰/۳ (قیمت تحویلی به پتروشیمی‌ها)، ۱ و ۲/۱ دلار به ازای هر میلیون بی‌تی‌یو، سناریوهایی مورد ملاحظه قرار گرفته و اثرات تغییر این عوامل را بر نتایج مدل (NPV و IRR) بررسی می‌شود. قیمت‌های در نظر گرفته شده برای گاز طبیعی در سناریوها به این دلیل است که بر اساس طرح هدفمند کردن یارانه‌ها، در صورت واقعی شدن قیمت حامل‌های انرژی، انتظار می‌رود قیمت فروش گاز طبیعی به ۷ برابر میزان کنونی (۳۰ سنت در هر میلیون بی‌تی‌یو) برسد. در صورت این افزایش برای قیمت گاز تحویلی به واحدهای پتروشیمی، قیمت به ۲/۱ دلار

۱- با توجه به پروژه‌های GTL موجود و پیش‌بینی کارشناسان صنعت گاز.

۲- با توجه به سناریوهای پایه، خوشبینانه و بدبینانه مؤسسات معتبر از جمله EIA در پیش‌بینی قیمت نفت خام



به ازای هر میلیون بی تی یو افزایش خواهد یافت و در این سناریو این قیمت به عنوان قیمت گاز خوراک واحدهای GTL در نظر گرفته می شود.

جدول ۶ - سناریوهای مختلف با تغییر مهم ترین عوامل اثر گذار بر اقتصاد پروژه های GTL

IRR (%)	NPV (میلیارد دلار)	قیمت نفت خام (b/d)	قیمت گاز خوراک (\$/MMBtu)	هزینه سرمایه ای (\$/(bbl/d))
۲۷/۴	۳/۸۲۵	۴۰	۰/۳	۵۰۰۰۰
۳۲/۵	۵/۲۵۹	۵۰		
۴۱/۴	۸/۱۲۸	۷۰		
۵۲/۵	۱۲/۴۳۱	۱۰۰	۱	
۲۴	۲/۹۶۵	۴۰		
۲۹/۳	۴/۳۹۹	۵۰		
۳۸/۷	۷/۲۶۸	۷۰	۲/۱	
۵۰/۳	۱۱/۵۷۱	۱۰۰		
۱۸/۲	۱/۶۱۴	۴۰		
۲۴	۳/۰۴۹	۵۰	۰/۳	
۳۴/۱	۵/۹۱۷	۷۰		
۴۶/۶	۱۰/۲۲۱	۱۰۰		
۱۹/۳	۲/۵۰۹	۴۰	۱	
۲۳/۵	۳/۹۴۴	۵۰		
۳۱	۶/۸۱۳	۷۰		
۴۰/۸	۱۱/۱۱۶	۱۰۰	۲/۱	
۱۶/۵	۱/۶۵۰	۴۰		
۲۰/۹	۳/۰۸۴	۵۰		
۲۸/۷	۵/۹۵۳	۷۰	۰/۳	
۳۸/۸	۱۰/۲۵۶	۱۰۰		
۱۲	-۰/۲۹۹	۴۰		
۱۶/۷	۱/۷۳۳	۵۰	۱	
۲۴/۹	۴/۶۰۲	۷۰		
۳۵/۶	۸/۹۰۵	۱۰۰		
۱۵/۳	۱/۵۲۳	۴۰	۲/۱	
۱۹	۲/۹۵۷	۵۰		
۲۵/۸	۵/۸۲۶	۷۰		
۳۴/۶	۱۰/۱۲۹	۱۰۰	۰/۳	
۱۲/۹	-۰/۶۶۳	۴۰		
۱۶/۸	۲/۰۹۸	۵۰		
۲۳/۷	۴/۹۶۷	۷۰	۱	
۳۲/۹	۹/۲۷۰	۱۰۰		
۹	-۰/۶۸۷	۴۰		
۱۳/۱	-۰/۷۴۷	۵۰	۲/۱	
۲۰/۴	۳/۶۱۶	۷۰		
۲۹/۹	۷/۹۱۹	۱۰۰		
۱۲/۳	-۰/۵۳۶	۴۰	۰/۳	
۱۵/۷	۱/۹۷۱	۵۰		
۲۱/۸	۴/۸۴۰	۷۰		



IRR (%)	NPV (میلیارد دلار)	قیمت نفت خام (b/d)	قیمت گاز خوراک (\$/MMBtu)	هزینه سرمایه ای (\$/(bbl/d))
۲۹/۹	۹/۱۴۳	۱۰۰	۱	۱۰۰۰۰۰
۱۰/۲	-۰/۳۲۳	۴۰		
۱۳/۷	۱/۱۱۱	۵۰		
۲۰	۳/۹۸۰	۷۰		
۲۸/۳	۸/۲۸۳	۱۰۰		
۶/۷	-۱/۶۷۴	۴۰	۲/۱	
۱۰/۴	-۰/۳۳۹	۵۰		
۱۷	۲/۶۲۹	۷۰		
۲۵/۷	۶/۹۳۳	۱۰۰		

مأخذ : محاسبات انجام گرفته در تحقیق

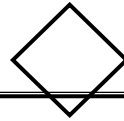
بر اساس جدول ۶، در خوش‌بینانه‌ترین حالت، اگر قیمت گاز خوراک را ۳۰ سنت به‌ازای هر میلیون بی‌تی‌یو در نظر بگیریم و قیمت نفت خام و میزان هزینه سرمایه‌ای برای هر بشکه در روز فرآورده GTL، به‌ترتیب ۱۰۰ دلار به‌ازای هر بشکه و ۵۰ دلار به‌ازای هر بشکه در روز باشد، آن‌گاه نرخ بازده داخلی پروژه برابر با ۵۲/۵ درصد و سال بازگشت سرمایه، سال دوم بهره‌برداری خواهد بود.

در بدبینانه‌ترین حالت، اگر قیمت گاز خوراک و قیمت نفت خام به‌ترتیب ۲/۱ دلار به‌ازای هر میلیون بی‌تی‌یو و ۴۰ دلار به‌ازای هر بشکه و میزان هزینه سرمایه‌ای برای هر بشکه در روز فرآورده GTL، ۱۰۰ دلار در نظر گرفته شود، آن‌گاه نرخ بازده داخلی پروژه برابر با ۶/۷ درصد و سال بازگشت سرمایه، سال سیزدهم بهره‌برداری خواهد بود.

#### ۶- تحلیل حساسیت

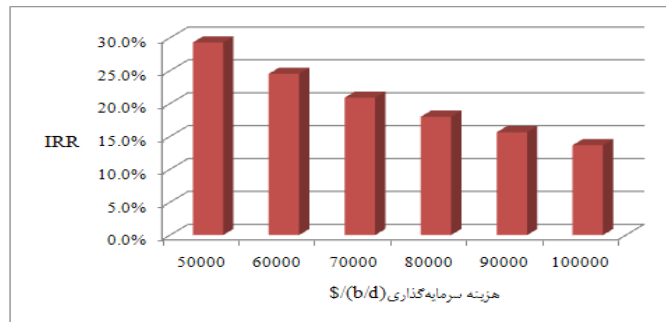
تحلیل حساسیت در واقع نوعی بازنگری به ارزیابی اقتصادی است، به‌این معنی که نتایج حاصل از ارزیابی اقتصادی به چه میزان به تغییر در پارامترهای اثرگذار بر اقتصاد پروژه حساس است. اگر با تغییر کوچکی در یک پارامتر، در نتایج، تغییر چشم‌گیری حاصل شود، گفته می‌شود که طرح نسبت به آن پارامتر حساسیت دارد و آن یک پارامتر حساس است. در تحلیل حساسیت می‌توان دو دسته عوامل را در نظر گرفت که با اثر بر درآمدها یا هزینه‌های طرح، بر اقتصاد پروژه اثرگذارند و بنابراین تصمیم‌گیری برای سرمایه‌گذاری را تحت تأثیر قرار می‌دهند.

از جمله عوامل مؤثر بر اقتصاد پروژه‌های GTL که بر هزینه‌های طرح اثر گذارند، می‌توان به هزینه‌های سرمایه‌ای و نیز قیمت گاز خوراک اشاره کرد، که با افزایش این هزینه‌ها، نرخ بازده داخلی پروژه و هم‌چنین نسبت ارزش حال به سرمایه کاهش می‌یابد.



برای بررسی و تعیین اثرات تغییر این پارامترها بر نتایج حاصل از سناریوی اصلی، به تحلیل حساسیت می پردازیم:

### ■ تغییر در هزینه های سرمایه گذاری



نمودار ۷- حساسیت نرخ بازدهی داخلی پروژه به تغییر در هزینه های سرمایه گذاری

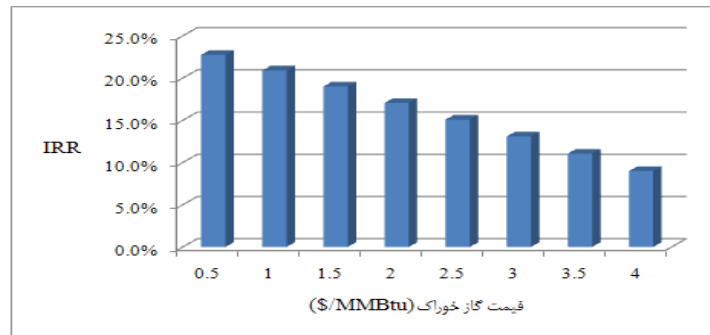
مأخذ: یافته های این تحقیق

نمودار ۷، تغییرات در IRR را به ازای هر ۱۰ هزار دلار تغییر در هزینه های سرمایه ای نشان می دهد. افزایش در هزینه های سرمایه گذاری، نرخ بازده داخلی پروژه، ارزش حال خالص و نیز سودآوری پروژه را کاهش می دهد.

### ■ تغییر در قیمت گاز خوراک

افزایش در قیمت گاز خوراک نیز با اثر بر هزینه پروژه های GTL، نرخ بازده داخلی و نیز ارزش حال خالص پروژه را کاهش می دهد.

به طور کلی به ازای هر ۰/۵ دلار تغییر در قیمت گاز خوراک، نرخ بازدهی داخلی پروژه حدود ۲ درصد نوسان خواهد داشت.

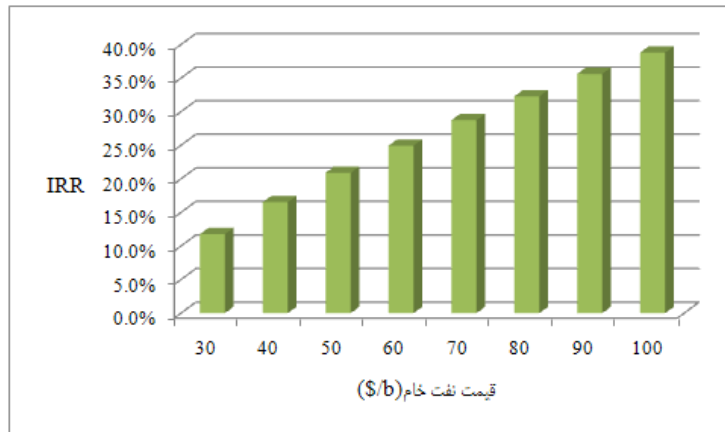


نمودار ۸- حساسیت نرخ بازدهی داخلی پروژه به تغییر قیمت گاز خوراک

مأخذ: یافته های این تحقیق

### ■ تغییر در قیمت نفت خام

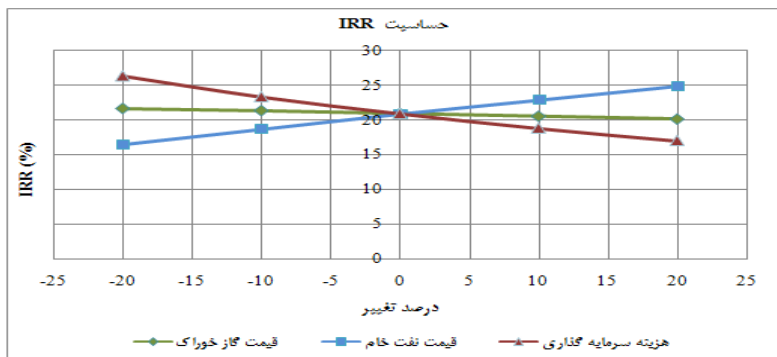
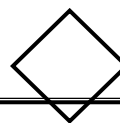
از دیگر عوامل مهم اثرگذار بر اقتصاد پروژه‌های GTL که با اثر بر قیمت یک بشکه فرآورده GTL، بر درآمد طرح و در نتیجه بر نرخ بازده داخلی و نیز دوره بازگشت سرمایه اثرگذار است، قیمت نفت خام می‌باشد.



نمودار ۹- حساسیت نرخ بازدهی داخلی پروژه به تغییر قیمت نفت خام

مأخذ: یافته‌های این تحقیق

افزایش قیمت نفت خام با اثر بر درآمدهای پروژه، نرخ بازدهی داخلی و ارزش حال خالص پروژه را افزایش می‌دهد. برای بررسی میزان حساسیت پروژه به پارامترهای اصلی مؤثر بر اقتصاد پروژه، از نمودار حساسیت<sup>۱</sup> استفاده می‌شود و تأثیر 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 (اسکونژاد، ۱۳۶۸).



نمودار ۱۰ - مقایسه حساسیت نرخ بازدهی داخلی به تغییر در مهم ترین عوامل اثرگذار بر اقتصاد پروژه (مأخذ: یافته‌های این تحقیق)

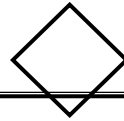
در نمودار ۱۰، اثرات افزایش و کاهش در قیمت گاز خوراک، قیمت نفت خام و همچنین هزینه‌های سرمایه‌گذاری بر نرخ بازده داخلی پروژه، مورد مقایسه قرار می‌گیرد. مشاهده می‌شود که حساس‌ترین پارامتر، هزینه سرمایه‌گذاری است؛ چرا که تغییر در آن، بیش‌ترین تغییر را در نتایج داشته است و پس از آن، قیمت نفت خام و گاز خوراک به ترتیب بیش‌ترین اثر را بر اقتصاد پروژه دارند. در این موارد، برای پیش‌بینی شرایط آینده باید دقت بیش‌تری داشت.

#### ۷- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

- کشور ایران به‌عنوان دومین دارنده بزرگ ذخایر گاز دنیا و با در اختیار داشتن حدود ۱۵/۷ درصد از ذخایر گازی جهان، چهارمین تولیدکننده و سومین مصرف‌کننده عمده گاز طبیعی جهان محسوب می‌شود؛ بخش قابل ملاحظه‌ای از تولید گاز طبیعی در ایران به مصرف داخلی می‌رسد. ضمن این‌که ایران از لحاظ میزان گازهای سوزانده شده، پس از کشورهای نیجریه و روسیه در رتبه سوم قرار دارد که این میزان ۸/۸ درصد از تولید گاز غنی، ۴۰/۴ درصد از کل تولید گازهای همراه نفت را تشکیل می‌دهد.
- برای استفاده از گاز ایران، گزینه‌های متفاوتی وجود دارد، که از جمله آن می‌توان به مصرف داخلی، تزریق به مخازن نفتی و نیز صادرات به‌وسیله خط لوله یا استفاده از سایر فن‌آوری‌های تبدیلات گازی، مانند تبدیل به گاز طبیعی مایع

شده، هیدرات گازی یا از طریق تبدیلات شیمیایی، شامل تبدیل به فرآورده‌های با ارزش چون متانول، دی متیل اتر، زوج شدن اکسایشی متان یا تبدیل گاز به مایع اشاره کرد.

- فن آوری تبدیل گاز به فرآورده‌های مایع به فرآیندی اطلاق می‌شود که در آن گاز طبیعی به فرآورده‌های با ارزشی از جمله متانول، دی متیل اتر و سایر فرآورده‌های میان تقطیر مانند بنزین، دیزل و نفت سفید تبدیل می‌شود و فرآورده‌های آن در مقایسه با فرآورده‌های حاصل از پالایش نفت خام از کیفیت بالاتر و آلاینده‌گی کم‌تری برخوردارند.
- از آن‌جا که در تبدیل گاز به فرآورده‌های مایع (GTL)، علاوه بر میادین گازی عظیم و مستقل، از جمله میدان گازی پارس جنوبی با ۷/۳ ذخایر گازی جهان، قابلیت استفاده از ذخایر گازی کوچک یا میادین دورافتاده و هم‌چنین گازهای همراه نفت نیز که بخش قابل توجهی از آن‌ها در کشور سوزانده می‌شود، وجود دارد؛ لذا در این تحقیق پتانسیل به‌کارگیری فن آوری GTL با توجه به بازارهای بالفعل و بالقوه، فرآورده‌های حاصل از این فن آوری مورد ارزیابی اقتصادی قرار گرفته است.
- فن آوری GTL، نیازمند طیف وسیعی از تجهیزات، دانش فنی و نیروی انسانی ماهر است، که خود می‌تواند محرکی برای توسعه صنعت و اقتصاد کشور تلقی شود. بهره‌برداری اقتصادی از این ذخایر موجب توسعه منطقه‌ای می‌شود و در عین حال با تبدیل حجم قابل ملاحظه گازهای سوزانده شده در کشور به فرآورده‌های GTL، ضمن کاهش آلودگی هوا، ارزش افزوده نیز ایجاد می‌شود.
- از جمله دلایل شکل‌گیری تمایلات به ایجاد واحدهای GTL و توسعه این پروژه‌ها، به‌ویژه در مقیاس‌های صنعتی طی سال‌های اخیر عبارتند از:
  - درآمدزا کردن ذخایر گازی دورافتاده در کشورهایی که بازار گازی کوچکی دارند.
  - جلوگیری از سوزانده شدن گازهای همراه نفت و یافتن راهی برای استفاده اقتصادی از این گازها
  - پیش‌بینی افزایش تقاضای فرآورده‌های نفتی با کیفیت بالا و آلاینده‌گی کم، به‌ویژه در اروپا و کشورهای در حال توسعه آسیا



- برخی ویژگی‌های سازگار با محیط زیست فرآورده‌های حاصل از فرآیند GTL. به‌عنوان مثال، دیزل حاصل از این فرآیند دارای مزیت‌هایی چون از عاری بودن از گوگرد و آروماتیک، عدد ستان بالا و دانسیته پایین‌تر نسبت به فرآورده‌های پالایشگاهی است، این خصوصیات سبب می‌شود که بتوان از دیزل حاصل از روش GTL به‌عنوان عاملی افزودنی برای افزایش کیفیت مقادیر زیادی دیزل استاندارد استفاده کرد.

■ با بررسی بازارهای بالفعل و بالقوه فرآورده‌های GTL، با توجه به وجود مقادیر قابل توجه کمبود عرضه در بازار فرآورده‌هایی چون دیزل و نفتا، بازار بسیار وسیعی از جمله اروپا و آسیا در پیش روی ایران برای عرضه فرآورده‌های نفتی، به‌ویژه فرآورده‌های GTL به دلیل خواص برتر آن‌ها، وجود خواهد داشت.

■ از آن‌جا که انجام ارزیابی اقتصادی پیش از اجرای هر طرح از جمله به‌کارگیری فن‌آوری‌های جدید در صنعت نفت و گاز که از بعد ملی نیز ارزش قابل ملاحظه‌ای دارند، ضروری به نظر می‌رسد؛ در این تحقیق به‌کارگیری فن‌آوری تبدیل گاز به فرآورده‌های مایع در ایران مورد بررسی قرار گرفته و بر اساس نتایج حاصل از سناریوی اصلی، تولید فرآورده‌های حاصل از فن‌آوری GTL در ایران از توجیه اقتصادی لازم برخوردار است.

■ بر اساس بررسی‌های انجام گرفته، عوامل مؤثر بر اقتصاد پروژه‌های GTL که بر هزینه‌های طرح اثرگذارند، شامل هزینه‌های سرمایه‌ای و نیز قیمت گاز خوراک هستند، که با افزایش این هزینه‌ها، نرخ بازده داخلی پروژه و هم‌چنین نسبت ارزش حال به سرمایه کاهش می‌یابد. افزایش قیمت نفت خام نیز با اثر بر قیمت یک بشکه فرآورده GTL، درآمد طرح و در نتیجه نرخ بازده داخلی و نیز ارزش خالص فعلی پروژه را افزایش می‌دهد.

■ برای شناسایی حساس‌ترین پارامتر در این پروژه، تأثیر تغییرات مساوی در پارامترهای اصلی بر نرخ بازدهی داخلی پروژه سنجیده شده است و بر اساس نتایج به‌دست آمده از تحلیل حساسیت، حساس‌ترین پارامتر، هزینه سرمایه‌گذاری است و پس از آن، قیمت نفت خام و گاز خوراک به‌ترتیب بیش‌ترین اثر را بر اقتصاد پروژه دارند. در این موارد، برای پیش‌بینی شرایط آینده باید بیش‌تر دقت شود.

- با توجه به این که در استفاده از میادین مشترک عواملی چون زمان و تولید بیش تر باید مورد توجه قرار گیرند، برای استفاده از میدان مشترک پارس جنوبی، می توان با احداث واحدهای GTL، فرآورده های فوق پاک تولید کرد. با این کار ضمن برداشت از میدان مشترک و ایجاد ارزش افزوده، ذخیره، قابل ملاحظه ای فرآورده نفتی خواهیم داشت که با صادرات آن ها درآمد سرشاری نصیب کشور می شود؛ این قابلیت برای سایر تبدیلات گازی از جمله گاز طبیعی مایع شده محدودیت هایی را در بر دارد.
- استفاده از منابع صندوق ذخیره ارزی، برای تأمین مالی بخشی از هزینه سرمایه گذاری پروژه، پیشنهاد می شود. با توجه به این که صندوق ذخیره ارزی یک ثروت بین نسلی و متعلق به همه مردم ایران است، منابع آن باید برای استفاده در پروژه هایی مانند پروژه مورد نظر با حداکثر نرخ بازده داخلی و ارزش خالص فعلی، صرف شود.

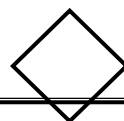
### تقدیر و تشکر

نویسندگان این مقاله از مسئولان محترم شرکت ملی گاز ایران به دلیل حمایت های همه جانبه در این تحقیق، کمال تشکر و قدردانی را دارند.

### فهرست منابع

- ابراهیمی، ایلناز (۱۳۸۶) صادرات گاز ایران، فرصت ها و تهدیدها، چاپ اول، مؤسسه تحقیقاتی تدبیر اقتصاد، تهران.
- اسکونژاد، محمدمهدی (۱۳۶۸) اقتصاد مهندسی یا ارزیابی اقتصادی طرح های صنعتی، چاپ اول، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.
- تحولات ماهانه بازار فرآورده های نفتی (سپتامبر، اکتبر و نوامبر ۲۰۰۸) مؤسسه مطالعات بین المللی انرژی.

ترازنامه انرژی ایران، سال ۱۳۸۵



پیمان خواه، صادق (۱۳۸۵) ارزیابی تکنولوژی GTL بر مبنای مدل رقابتی پورتر، رساله کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، گرایش مدیریت انرژی، دانشگاه صنعت آب و برق، تهران

مجموعه مقالات دومین همایش ملی تبدیل گاز طبیعی در ایران (۱۳۸۷)، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران

BP Statistical Review of World Energy, June 2008

Chedid. R, Kobrosly. M, Ghajar. R. (2007) The potential of gas-to-liquid technology in the energy market: The Case of Qatar, *Energy Policy*, 35(2007): 4799-4811

Energy Information Administration, International Energy Outlook, 2008

Fleisch. T.H, Sills. R.A, Briscoe. M.D (2002), Emergence of the GTL Industry: a Review of Global GTL Developments; *Journal of Natural Gas Chemistry*, 11(2002):1-14

International Energy Agency, Natural Gas Market Review, 2007

Jamieson. A, McManus. G. (March 2007) GTL Production Will Partially Ease Regional Diesel, Naphtha Imbalances, *Oil & Gas Journal*

Kessel. I.B (2006), Efficiency of GTL Industry Construction in Gazprom, 23<sup>rd</sup> World Gas Conference, Amsterdam

OPEC; World Oil Outlook, 2007

Petroleum Argus, Product spot prices: [www.argusmediagroup.com](http://www.argusmediagroup.com)

Petroleum Economist (2005), Fundamentals of Gas to Liquids

Rahmim. I.I. (2003), Gas-to-Liquid Technologies: Recent Advances, Economics, Prospects; 26<sup>th</sup> IAEE Annual International Conference, Prague

Rahmim. I.I. (March 2008) Special Report: GTL, CTL finding roles in global energy supply, *Oil & Gas Journal*, 106 (12)

Slaughter. A. (2007) Gas to Liquids (GTL), NPC Global Oil and Gas Study, National Petroleum Council

Smith. R.M (2004), Options to Monetize Natural Gas Where Fischer-Tropsch GTL Fits In, *Process Economics Program*, SRI Consulting; Chemical Week Conference

Vatani. A, Nazeri. M, Alizadeh. I, Rahmani. H. (2005) Comparison Between Several GTL Production Processes in Iran, 18<sup>th</sup> World Petroleum Congress, South Africa

[www.worldbank.com](http://www.worldbank.com)



پیوست ها

