فصل‌نامه مطالعات اقتصاد انرژی/ سال بیستم / شماره ۸۲/ پاییز ۱۴۰۳ / صفحات ۱۸۶-۱۴۹

ارزیابی طرح تبدیل متانول به بنزین(MTG) عبور از بحران مازاد متانول و ناترازی بنزین

سید سعید دانشی[۱]
دانشجوی دکتری مدیریت قراردادهای بین‌المللی نفت و گاز، دانشگاه علامه طباطبایی،
daneshi_s@pgre.iust.ac.ir

حسین دستخوان
عضو هیات علمی گروه مهندسی مالی، دانشکده علوم مالی، دانشگاه خوارزمی،
hdastkhan@khu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۰۶

چکیده

طبق برآوردها، مجموع ظرفیت پیش‌بینی شده تولید متانول کشور در افق ۱۰ ساله بالغ بر۴۰,۲۹۲ میلیون‌تن خواهد بود. عمده بازار صادرات متانول ایران بصورت نسبتاً انحصاری به کشور چین اختصاص یافته‌است و عدم تنوع در اهداف صادراتی، ریسک جدی بازار را برای متانول ایران به همراه خواهد داشت. در این پژوهش کاربردی، به منظور ارائه راه حل برای این چالش، راهکار تغییر کاربری متانول و تبدیل آن به بنزین طی فرآیند MTG مورد بررسی قرار گرفته است. چنین رویکردی چالش ناترازی بنزین در کشور که در سال‌های آتی نمود بیشتری خواهد یافت را نیز تحت‌الشعاع قرار می‌دهد و به نوعی راهکاری دوگانه برای حل مسائل این دو حوزه بر شمرده می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که با قیمت‌های فعلی متانول و سبد محصولات طرح، این طرح از نتایج اقتصادی جذابی برخوردار نمی‌باشد. آنالیز حساسیت اقتصاد طرح MTG بیانگر این موضوع است که در روندهای افزایشی قیمت نفت، اقتصاد این طرح بهبود یافته و می‌توان MTG را به‌عنوان یکی از گزینه‌های موجود اقتصادی برای رفع معضل مازاد متانول مدنظر قرار داد. در عین‌حال با توجه به شرایط تحریم‌های بین‌المللی و نیز محدودیت تکنولوژیکی، توجیه‌پذیری توسعه این فناوری محل بحث بوده و اطمینان از دستیابی به تکنولوژی و ارزیابی دقیق‌تری از آینده قیمت نفت و گاز و بازار متانول و منابع تامین مالی در روشن نمودن ابعاد سرمایه‌گذاری در یک طرح MTG در ایران حیاتی می‌باشد.

طبقه‌بندی JEL: Q40، O14، M21.

کلیدواژه‌ها: زنجیره‌ارزش، متانول، فرآیند MTG، بنزین، ارزیابی فنی و اقتصادی.

---

۱. نویسنده مسئول

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]

۱- مقدمه

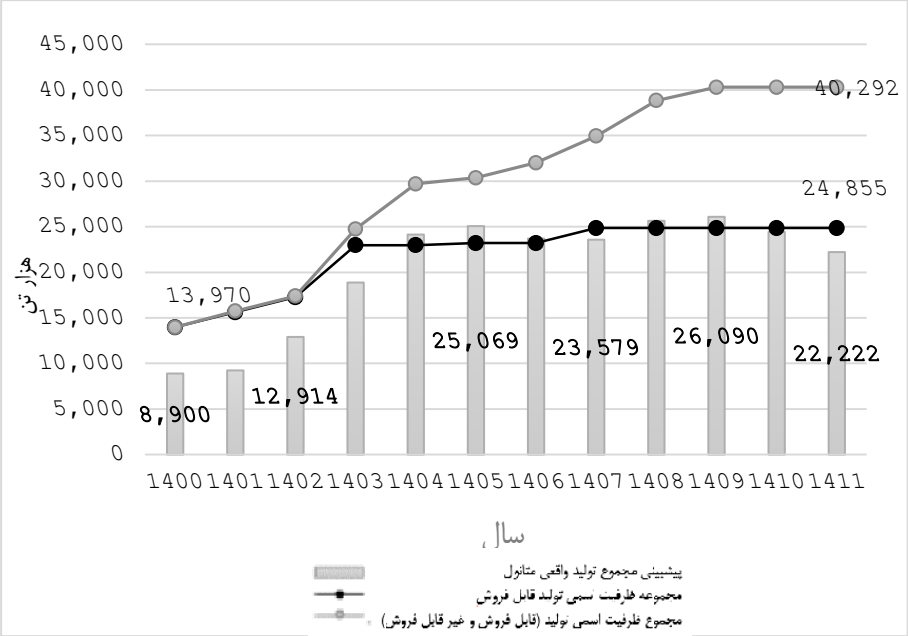
ظرفیت تولید متانول ایران تا پایان برنامه ششم توسعه (۱۴۰۱) بالغ بر ۱۵,۷ میلیون تن بوده‌است. با تعریف طرح‌های جدید بر پایه محصول متانول، تا پایان برنامه هفتم توسعه ۱۶,۳ میلیون تن به این ظرفیت افزوده خواهد شد و پیش‌بینی می‌گردد تا پایان برنامه هشتم در سال ۱۴۱۱ بالغ بر۸,۳ میلیون تن دیگر به ظرفیت تولید متانول کشور افزوده شود. بدین ترتیب مجموع ظرفیت پیش‌بینی شده در افق ۱۰ ساله اعم از طرح‌های با محصول نهایی متانول و طرح‌هایی که متانول به‌عنوان محصول میانی مورد استفاده قرار می‌دهند بالغ بر۴۰,۲۹۲ میلیون‌تن خواهد بود (داده‌های شرکت ملی صنایع پتروشیمی). در حال حاضر تولید واقعی متانول کشور بالغ بر ۱۲,۹ میلیون‌تن بوده که تا اواسط برنامه هشتم توسعه این مقدار به حدود ۲۶ میلیون‌تن می‌رسد. بر اساس مجوز شرکت ملی صنایع پتروشیمی، متانول تولیدی واحدهای دارای زنجیره پایین‌دستی قابلیت فروش نداشته و لزوماً می‌بایست به‌عنوان خوراک ورودی در پایین دست مورد استفاده قرارگیرد؛ که البته محتمل است تا آماده شدن زنجیره پایین دستی، بصورت موقت بین دو تا سه سال اول تولید در بازار عرضه شوند. شواهد نشان داده است که توسعه زنجیره پایین دستی متانول تا کنون در کشور رخ نداده و در حال حاضر عمده متانول تولیدی کشور بصورت خام و عموماً به مقصد چین صادر می‌گردد. طرح‌های در دست اجرای متانولی که با مجوز MTO^{+}[1] GTO^{2+} و MTP^{3+}/GTP^{4+} عملیات اجرایی آن‌ها آغاز گردیده‌است نیز در خصوص توسعه زنجیره از این مسیر با توجه به ارزیابی‌های اقتصادی صورت گرفته مردد هستند.

در کنار رشد ظرفیت تولیدی متانول کشور، مساله تقاضای قابل اتکا برای این میزان تولید بالقوه اهمیت دو چندان می‌یابد. نظر به شکاف عرضه همانگونه که در نمودار ۱ نشان داده شده‌است، تا سال ۱۴۰۲ ازحدود ۱۷,۴ میلیون تن مجموع ظرفیت اسمی تولید، به همین میزان قابلیت فروش محصول در بازارهای صادراتی وجود دارد. به تدریج و با در مدار قرار گرفتن پروژه‌های جدید، مجموع ظرفیت اسمی تولید صعودی

1. Methanol To Olefin
2. Gas To Olefin
3. Methanol To Propylene
4. Gas To Propylene

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]

بوده و به بیش از ۴۰,۲ میلیون تن خواهد رسید؛ در حالی که ظرفیت اسمی تولید قابل فروش تا پایان سال ۱۴۱۱ تقریباً ثابت و حدود ۲۵ میلیون‌تن خواهد بود. همچنین تولید واقعی که به واسطه راندمان عملیاتی و قطعی مقطعی خوراک گاز در فصول سرد سال طبیعتاً از تولید اسمی پایینتر خواهد بود؛ از عدد ۱۲,۹ میلیون تن در سال ۱۴۰۲ به ۲۲,۲ میلیون تن در سال ۱۴۱۱ می‌رسد (دستخوان، ۱۴۰۲).



نمودار ۱. پیش‌بینی ظرفیت تولید متانول کشور در افق ۱۴۱۱ (IHS ۲۰۲۱، محاسبات محقق)

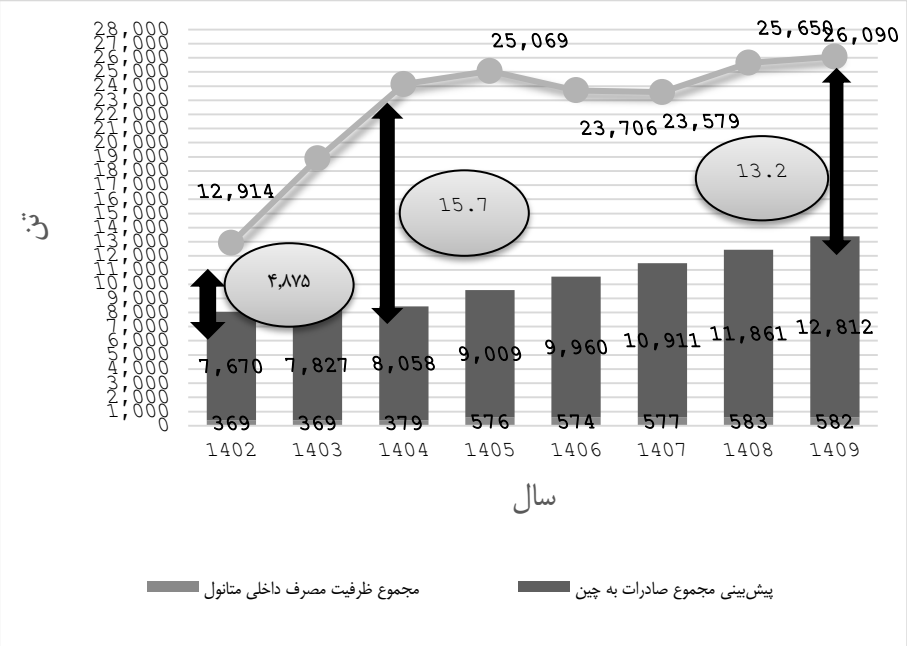
در نمودار ۲ روند پیش‌بینی سهم بازار کشورهای مختلف از بازار وارداتی متانول چین- به‌عنوان بزرگترین مصرف کننده متانول و هدف اول و انحصاری صادرات ایران- نشان داده شده‌است. همانگونه که ملاحظه می‌گردد، در سال ۱۴۰۲ بالغ بر ۶۰ درصد واردات متانول چین(حدود ۷,۷ میلیون تن در سال) از ایران تامین می‌گردد و این رویه کم و بیش تا بازه ۱۴۰۹ پیوسته و از لحاظ وزنی صعودی پیش‌بینی می‌گردد (۲۰۲۱ IHS،).

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]

نمودار ۲. پیش‌بینی مبادی واردات متانول چین در افق ۱۴۰۹ (IHS-۲۰۲۱، محاسبات محقق)

با توجه به موارد ذکر شده، عمده بازار صادرات متانول ایران بصورت انحصاری به کشور چین اختصاص یافته‌است و این مساله با توجه به حرکت چین به سمت خودکفایی در تامین محصولات پایه پتروشیمی از جمله متانول و تلاش در جهت کاهش سهم واردات از سبد تامین خود در افق پیش رو از یک‌سو و نبود تنوع در اهداف صادراتی متانول ایران از سوی‌دیگر، ریسک جدی بازار قابل اتکا برای متانول ایران را در پی خواهد داشت. این مساله ضمن بلااستفاده نمودن ظرفیت‌های تولید، عملاً تضعیف اقتصاد پروژه‌های متانول از جهت سطح تولید و نیز رقابت نزولی قیمت به واسطه نبود متقاضی را به‌دنبال خواهد داشت. در نمودار ۳ برآورد شکاف عرضه متانول ایران و پتانسیل صادرات به چین در افق ۱۴۰۹ نمایش داده شده‌است (دستخوان، ۱۴۰۱). با بررسی بازه ۸ ساله مورد اشاره و با لحاظ نمودن پروژه‌های توسعه زنجیره‌ارزش در شرف بهره‌برداری در این بازه، ملاحظه می‌گردد که شکاف عرضه و صادرات متانول ایران به چین از عدد ۴,۸۷۵ هزارتن در سال ۱۴۰۲ با رشد بیش از ۳ برابری به عدد ۱۵,۷۰۶ هزارتن در سال ۱۴۰۴ خواهد رسید. پس از آن با توجه به ثبات نسبی در تولید واقعی متانول(در صورت بهره‌برداری از طرح‌های زنجیره‌ارزش) و افزایش صادرات به چین، شکاف عرضه متانول و صادرات به چین در بازه ۱۵-۱۲ میلیون‌تن نوسان خواهد داشت که عدد بسیار قابل توجهی می‌باشد.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]



نمودار ۳. شکاف عرضه متانول ایران و صادرات متانول به چین در افق ۱۴۰۹

(IHS-۲۰۲۱، محاسبات محقق)

ظرفیت بالای تولید متانول کشور از یک‌سو و انحصار بازار تقاضای متانول صادراتی ایران به چین از سوی‌دیگر، ریسک‌های قیمتی و بازار را پیش‌روی فعالان این صنعت قرار داده‌است و اقتصاد پروژه‌ها را با مسائل جدی روبرو نموده‌است. راهکارهای پیش رو برای خروج از بحران مازاد متانول تولیدی کشور را می‌توان در موارد زیر خلاصه نمود:

۱) توسعه بازار فروش متانول:

علاوه بر ضرورت لحاظ استراتژی نفوذ در بازار فعلی (گرفتن سهم بیشتر از بازار چین)، ضروری‌است تا استراتژی توسعهٔ بازار (ورود به بازارهای جدید) نیز مد نظر قرارگیرد. در کنار چین، از مهترین بازارهای متانول بازار اروپا و هند هستند. هرچند پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که حضور در این بازارها، به تنهایی مشکل متانول کشور را در سالهای آتی حل نخواهدکرد (همان). علاوه بر این، شرایط بین‌المللی و اعمال تحریم‌های تجاری عملاً استراتژی توسعه بازار متانول خام را با موانع جدی روبرو نموده است.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]

۲) توسعه زنجیره‌ارزش متانول:

در خصوص توسعه زنجیره‌ارزش، مصرف متانول بسیاری از محصولات زنجیره‌ارزش همانند اسید استیک، پلی‌استال و فرمالدهید نسبت به ابعاد تولید کشور بسیار پایین می‌باشد؛ لذا پروژه‌های کلان تری همچون MTP/MTO می‌تواند پاسخ مناسب‌تری به عرضه روزافزون متانول کشور باشد. با این حال حجم سرمایه‌گذاری در این پروژه‌ها نسبتاً بالا می‌باشد و از همه مهمتر اقتصاد این پروژه‌ها به شدت به توسعه لایه‌های پایین زنجیره وابسته‌است و طبق بررسی‌ها، اقتصادی شدن یک واحد متانول ۱,۶۵۰ هزار تنی مبتنی بر MTO به سرمایه‌گذاری حدود ۱ میلیارد دلاری نیاز دارد.

۳) تغییر کاربری متانول:

در راهکاری نوآورانه و برای اولین بار در کشور، با توجه به محدودیت بازار متانول و همچنین محدودیت‌هایی که در توسعه زنجیره‌ارزش متانول بیان گردید، ارزش افزایی از متانول از طریق تغییر کاربری این ماده پایه صنعت پتروشیمی به‌عنوان سناریوی مکمل مد نظر قرار گرفته‌است. مصداق بارز تغییر کاربری متانول، موضوع این پژوهش یعنی تبدیل این ماده به بنزین[1](MTG) می‌باشد. ناترازی سوخت علی الخصوص بنزین در کشور بیش از پیش در حال خود نمایی بوده و با توجه به الگوی مصرف پیش رو و نیز ظرفیت‌های پالایشی موجود به نظر می‌رسد ریسک تامین پایدار سوخت حمل و نقل یک تهدید قابل تامل برای کشور و یک بازار تقاضای احتمالی برای محصول بنزین باشد.

با تشریح وضعیت بازار متانول کشور، در ادامه ضمن مروری بر ادبیات تحقیق و روش شناسی پژوهش، به بررسی ابعاد فنی، اقتصادی و بازار طرح MTG برای بهره‌برداری از تمام محصول یک پلنت ۱,۶۵۰ هزار تنی متانول در قالب یافته‌های پژوهش پرداخته خواهد شد. نهایتاً در خصوص طرح احداث یک واحد MTG با ظرفیت تولید سالانه ۶۰۰ هزارتن بنزین با در نظر گرفتن جمیع ابعاد این طرح جمع‌بندی و نتیجه‌گیری صورت می‌پذیرد.

1. Methanol To Gasoline

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]

۲- مروری بر ادبیات موضوع

از منظر تاریخی و متاثر از شوک‌های اول و دوم نفتی(۱۹۷۳ و ۱۹۷۹)، توازن بازار نفت دستخوش تغییراتی گردید و قیمت نفت به طرز بی سابقه‌ای رشد نمود. افزایش قیمت و کاهش عرضه نفت، کشورهای غربی را با بحران انرژی روبرو نمود. در چنین شرایطی به منظور جبران بخشی از نیاز انرژی مصرفی، موضوع تبدیل متانول به بنزین و توسعه فرآیند MTG به منظور تامین بخشی از سبد سوخت مورد توجه جدی تری قرار گرفت. لکن از آنجا که فرآیند MTG یک فرآیند مرسوم نبوده و در مقاطعی به منظور کاهش التهابات بازار در بحرانهای نفتی توسعه یافته است؛ علیرغم تحقیقات در حوزه فنی، منظر اقتصادی چنین طرحی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در واقع توسعه MTG صرفا در شرایط بحرانی (همچون شوک بزرگ نفتی) توجیه پذیر بوده است. علی‌ایحال در این بخش از پژوهش به مطالعات انجام شده روی زنجیره ارزش گاز طبیعی و متانول بطور کلی و مشخصاً فرآیند MTG و پژوهش‌های مرتبط با فرآیند GTL[1] بعنوان یک فن آوری نزدیک به MTG پرداخته خواهد شد. نکته قابل توجه آن که با توجه به نوسانات قیمت نفت در مقاطع مختلف و شرایط سیاسی و اقتصادی مکان اجرای پروژه، نتایج مطالعات قابل تعمیم به یکدیگر نمی باشد.

مارتینز۲ و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی بهینه‌یابی کاتالیزورهای مبتنی بر زئولیت HZSM-5 در یک راکتور بستر سیال برای فرآیند MTG را مورد بررسی قرار دادند. نسبت‌های مختلف یک چسب (بوهمیت و بنتونیت) و آلومینا آزمایش شدند و در نهایت کاتالیزور حاوی بوهمیت به عنوان بایندر با ترکیب ۵۰ درصد وزنی HZSM5، ۳۰ درصد وزنی بوهمیت و ۲۰ درصد وزنی آلومینا از منظر عدم سیال شدن و کمترین کنش پذیری نسبت به دورن و سرعت مناسب تشکیل کک به عنوان مناسب ترین کاتالیزور انتخاب شد. آپاه۳ و همکاران (۲۰۱۷) ارزیابی فرآیند MTG را برای بسط زنجیره ارزش گاز طبیعی مورد بررسی قرار دادند. آنالیز حساسیت در این مطالعه نشان داد که که فرآیند MTG در ۲۰ سال اول زمانی سودآور خواهد بود که قیمت گاز طبیعی ۵۰۰ دلار در MMscf کاهش یابد. همچنین زمانی که نرخ بهره ۵ درصد کاهش یابد یا زمانی که

1. Gas To Liquid
2. Martínez
3. Appah

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]

نرخ تورم به بالای ۲۰ درصد برسد اقتصاد این طرح توجیه پذیر خواهد بود. یکی از دلایل عدم جذابیت این طرح در شرایط پیشفرض، توزیع حجمی آب به هیدروکربن است که آب ۵۳,۳۲ درصد و بنزین ۴۶,۶۸ درصد حجمی محصول را به خود اختصاص داده اند. محمدی[1] و همکاران (۲۰۲۳) توسعه زنجیره ارزش متانول از مسیر فرآیند MTO را مورد بررسی قرار داده اند. نتایج این پژوهش نشان داد که تبدیل متانول به الفین برای سرمایه گذاری جذاب تر از فروش متانول خام است. همچنین توسعه واحدهای متانول به الفین نسبت به ساخت واحد گاز جدید به اتیلن، پلی اتیلن و پروپیلن به دلیل هزینه‌های سرمایه گذاری کمتر مقرون به صرفه تر است. الصبحی و همکاران (۲۰۲۱) موضوع پردازش گاز طبیعی را مورد بررسی قرار دادند و بر گزینه گاز به متانول با در نظر گرفتن مسیر تولید متانول به بنزین (MTG) در مقایسه با فرآیند و محصولات GTL متمرکز شدند. نتایج حاکی از بازده کلی بالاتر برای فرآیند MTG با ارزش خالص اقتصادی حدود ۵۶۸ دلار به ازای هر تن بنزین تولیدی و ۰,۲ تن CO2-e منتشر شده به ازای هر تن محصول می‌باشد. بهروزسرند و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی به شبیه سازی و تحلیل حساسیت فرآیند GTL پرداخته اند. نتایج نشان داد که افزایش نسبت گاز بازیافتی تأثیر منفی بر بهره‌وری مدل SMR داشته و تأثیر مثبتی بر بهره‌وری مدل TMR دارد. همچنین روند کاهشی نرخ تولید گاز سنتز در SMR بسیار شدیدتر و با شیب بیشتری نسبت به افزایش نرخ تولید گاز سنتز در TMR بود. چدید۲ و همکاران (۲۰۰۷) با هدف مطالعه تاثیر بالقوه فن‌آوری GTL بر بازار انرژی، به بررسی GTL در قطر (با توجه به پیش‌بینی‌قیمت نفت توسط‌آژانس‌بین‌المللی انرژی در سال ۲۰۰۵) پرداخته و به این نتیجه‌رسیده اندکه با افزایش قیمت نفت، سود آوری پروژه افزایش می‌یابد. آدوتا[3] و همکاران (۲۰۰۷) با ارزیابی اقتصادی تولید سوخت از گاز طبیعی در کشور بولیوی، به این نتیجه رسیدند که چنین طرحی ضمن تامین نیاز سوختی کشور در حوزه حمل و نقل و اشتغال زایی در این حوزه، بواسطه سازگار بودن سوخت تولیدی با استانداردهای زیست محیطی عملاً در کنترل آلودگی

1. Mohammadi
2 . Chedid
3. Udaeta

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]

هوا نیز تاثیر گذار است. لی و هان[1] (۲۰۰۹) با تمرکز برتأثیرقیمت‌های مختلف گـازطبیعـی (خوراک) بر سودآوری تولیدات GTL در کره جنوبی، دریافتند که با تغییر در هزینه خوراک، سودآوری این پروژه‌ها تحت تاثیر قرار گرفته و با رشد بازار مصرف، محصول دیزل سودآوری بیشتری داشته و با محدود شدن بازار مصرف، محصول میانی دی متیل اتر سودآور تر می‌شود. بالوگان[2] و همکاران (۲۰۰۹)، به بررسی اقتصادی GTLدر نیجریه پرداختند. نتایج تحقیق بیان میکند که هنگامی که قیمت نفت بیش از ۳۵ دلار و و قیمت گاز خوراک در حدود ۰/۲۵ تا ۱/۵ دلار به ازای هر میلیونBTU باشد تولید گازوئیل اقتصادی است. همچنین با قیمت گاز خوراک در حدود ۰/۲۵ تا ۰/۵ دلار به ازای هر میلیون BTUتولید متانول اقتصادی است. هچ[3] (۲۰۱۱) در مطالعات خود مهم‌ترین مؤلفه‌های مؤثر در اقتصادطرح تولید مایعات از گاز طبیعی را به ترتیب اهمیت شامل قیمت نفت خام، قیمت گاز و هزینه سرمایه‌گذاری معرفی نموده است. چِن[4] و همکاران(۲۰۱۴) در مقاله خود تحت عنوان «استراتژی بحث برانگیز سوخت متانول در چین و ارزیابی آن» یکی از کابردهای جدید متانول به عنوان سوخت را بررسی نموده‌اند. ایشان در این تحقیق به توسعه‌های سوختی متانول، برنامه ریزی برای دستیابی به این کاربرد و استفاده از آن در کشور چین توجه نموده اند. باتوجه به موضوعات آلودگی محیط زیستی و سوختهای فسیلی به مسئله نگریسته اند و کاربرد متانول به عنوان سوخت جایگزین بنزین را انقلابی در کاهش گازهای گلخانه‌ای مطرح نموده اند. گوگاتی[5] (۲۰۱۹) در مقاله خود تحت عنوان "فناوری پروسه متانول به الفین: آمار موجود و چشم انداز آینده" ابتدا به کشف و توسعه این فرآیند پرداخته و سپس به تجاری سازی این فرآیند توسط شرکتهای فعال این حوزه متمرکز شده است و در نتیجه شرکت‌هانیول یو او پی، به عنوان شرکت فعالتر این واحدها در مقیاس بزرگتر در کشور چین مطرح کرده است؛ درحالیکه حرکت به سمت واحدهای تبدیل متانول به الفین را در سایر مناطق جهان از جمله خلیج فارس، ایالات متحده و آسیا و اقیانوسیه را کند برشمرده است.

1. Lee & Han
2. Balogan
3. Hatch
4. Chen Hao
5. Gogate

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]

مطالعات داخلی نیز در خصوص توسعه زنجیره ارزش گاز طبیعی و متانول و تولید سوخت انجام شده است که به برخی از مهمترین آنها پرداخته خواهد شد. دستخوان (۱۴۰۱) در مقاله‌ای به ارزیابی فنی-اقتصادی فناوری تولید پروپیلن از متانول و مقایسه آن با فناوری‌های جایگزین با تکیه بر ظرفیت قانون حمایت از صنایع پایین دستی پتروشیمی پرداخته است؛ نتایج حاصل از مقایسه طرح‌ها نشان می‌دهد که طرح تولید متانول در سطح متانول سی اف آر بالاتر از ۲۶۰ تا ۲۸۰ دلار، با فرض هزینه حمل و نقل ۶۰ دلار برای هر تن به مقصد چین، اقتصادی خواهد بود. از جهت دیگر، درصورتی‌که اختلاف قیمت محصولات پایین دستی از نرخ متانول افزایش یابد، طرح‌های پایین دستی در نرخ‌های بالاتر از ۴۰۰ دلار برای هر تن متانول نیز اقتصادی خواهند بود. صادقی شاهدانی و همکاران (۱۴۰۰) با استفاده از روش ارزیابی اقتصادی، به بررسی تأثیر تأسیس واحدهای تبدیل متانول به الفین و پلی الفین پرداخته اند. نتایج حاصل از ارزیابی اقتصادی، بیان کننده کاربردی و سودآوردن بودن این واحدها برای کشور در چشم‌انداز ده ساله بوده و یکی از فرصت‌های برون رفت از خام فروشی متانول کشور می‌باشد که موجب ایجاد امنیت و اطمینان در آینده صنعت پتروشیمی کشور شده و نگرانی ناشی از مازاد تولید و صادرات ارزان متانول را برطرف می‌نماید. حمادی و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهشی به بررسی تابع عرضه جهانی صنعت تبدیل گاز به فرآورده‌های مایع پرداخته‌اند. نتایج مدل نشان داد که در سالهای مورد بررسی، وقفه متغیر لگاریتم عرضه GTL تأثیر مثبت و معنی دار بر میزان لگاریتم عرضه GTL داشته و ضریب آن برابر با ۰,۰۱ واحد می‌باشد. همچنین، نتایج نشان می‌دهد که وقفه اول متغیر لگاریتم تولید ناخالص نفت و گاز ۰,۲۵ واحد بر میزان لگاریتم عرضه GTL تاثیر دارد و لگاریتم قیمت گاز طبیعی نیز با ضریب ۰,۰۹ تاثیر مثبت و معنی‌داری بر لگاریتم عرضه GTL دارد. با توجه به نتایج بدست آمده، افزایش مازاد تولید گاز از طریق بهبود و کاهش هدررفت در مصرف از یکسو و سرمایه‌گذاری برای افزایش تولید از طرف دیگر، پیشنهاد گردید. توانپور و همکاران (۱۳۸۷)، احداث واحدهای GTL را در ایران مورد ارزیابی قرار داده و دریافتند که احداث واحد GTL از نظر اقتصادی کاملاً توجیه پذیر است، بطوریکه صادرات محصولات تولیدی از حیث منافع ملی نسبت به صادرات

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]

گاز طبیعی از طریق خط لوله یا LNG جذاب تر می‌باشد. مصطفی سلیمی فر و سید حامد حسینی (۱۳۹۱) به ارزیابی احداث چنین واحدی در منطقه پارس جنوبی وبه‌صورت با پالایشگاه و بدون پالایشگاه پرداخته و به این نتیجه رسیدند که در مجموع احداث واحد GTL با توجه به اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها دارای توجیه اقتصادی است. خلیلی عراقی و همکاران (۱۳۸۸) در مقاله‌ای دیگر به ارزیابی اقتصادی فنآوری تبدیل گاز به فرآورده‌های مایع با استفاده از تکنیک هزینه فایده و نرم افزار اکسل پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که فنآوری GTL و تولید فرآورده‌های حاصل از آن در ایران از نقطه نظر اقتصادی مقرون به صرفه است و کاهش هزینه‌های سرمایه گذاری، افزایش قیمت نفت خام و همچنین دسترسی به گاز خوراک ارزان تر، از جمله گازهای همراه مناطق نفتی، می‌تواند سودآوری پروژه را افزایش دهد.

۳- روش‌شناسی پژوهش

این تحقیق درصدد پاسخگویی و ارائه راهکار برای چالش متانول کشور از یکسو و ناترازی بنزین از سوی دیگر می‌باشد. در میان راه کارهای پیش رو، طرح MTG به عنوان راهکار منتخب مورد بررسی قرار گرفته است. در حال حاضر ایران برای طرح‌های موجود و طرح‌های در دست اجرای متانولی، مسیر فروش حداکثری را در پی گرفته است و موضوع خلق ارزش افزوده از این ماده مورد غفلت قرار گرفته است. برای یافتن راه حلی برای خلق ارزش حداکثری، در ابتدا و با بیان مساله و یافته‌های پژوهش، ادبیات خام فروشی و فرآورده فروشی و تکمیل زنجیره ارزش با رویکرد توصیفی-تحلیلی بر مبنای مطالعات نظری و کتابخانه‌ای گردآوری شده و به گزارش‌های تخصصی موجود داخلی و خارجی این حوزه رجوع شده‌است. بدین منظور ابتدا به ارزیابی وضعیت فعلی صنعت متانول و ناترازی بنزین در کشور پرداخته و وضعیت بازار محصول و تکنولوژی واحدهای MTG مورد بررسی قرار گرفته است.

بخش دوم و اصلی این پژوهش مبتنی بر امکانسنجی فنی، مالی و اقتصادی احداث واحد نمونه تبدیل متانول به بنزین می‌باشد. مبتنی بر استانداردهای امکانسنجی طرح‌های سرمایه گذاری، این بخش شامل سه منظر مطالعات بازار، مطالعات فنی و ارزیابی اقتصادی می‌باشد.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]

از منظر مطالعات بازار، ابتدا بازار خوراک و محصولات طرح مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این بخش به تحلیل وضعیت تولید و تجارت متانول بعنوان خوراک طرح و همچنین وضعیت بازار جهانی، منطقه‌ای و داخلی محصول اصلی طرح یعنی بنزین پرداخته شده است.

در منظر دوم امکانسنجی، به بررسی ابعاد فنی تولید با تمرکز بر تکنولوژی‌های مطرح پرداخته شده است. در این بخش فرآیندهای MTG و GTL جهت تولید محصولات متنوع سوختی تشریح و درنهایت مبتنی بر شاخص دسترسی به تکنولوژی، نسبت به انتخاب و توصیف تکنولوژی منتخب پرداخته شده است.

منظر سوم امکانسنجی، بررسی اقتصاد طرح می‌باشد. دلیل اهمیت ارزیابی اقتصادی آن است که این بخش اساساً برای تخصیص مناسب و عادلانه منابع در موقعیت تصمیم گیری و کمبود منابع است. هدف از ارزیابی اقتصادی، فراهم ساختن برآوردی از هزینه‌ها و منافع حاصل از هر پروژه در طول زمان، برای تصمیم گیران است و نتیجه آن ممکن است به ادامه پروژه به شکل موجود و بدون هرگونه اصلاح و یا ادامه پروژه با اصلاحات مورد انتظار و یا لغو پروژه منتهی شود. به منظور ارزیابی اقتصادی طرح مورد نظر در این مقاله از دو شاخص ارزش فعلی خالص NPV[1] و نرخ بازده داخلی- IRR[2] استفاده خواهد شد. شاخص ارزش فعلی خالص تفاوت بین ارزش فعلی جریانات نقدی ورودی و ارزش فعلی جریان نقدی خروجی است. ارزش فعلی خالص مثبت نشان می‌دهد که درآمد محاسبه شده‌ای که از پروژه یا سرمایه گذاری به دست می‌آید از هزینه‌های پیش بینی شده فراتر می‌رود .عموماً سرمایه گذاری با NPV مثبت سودمند خواهد بود و سرمایه گذاری با NPV منفی منجر به زیان خالص خواهد شد و از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$NPV = \sum_{t=1}^{T} Ct/(1+r)\text{^}t \qquad \text{رابطه ۱)}$$

که در این رابطه، C_t معادل خالص جریانات نقدی ورودی و خروجی در زمانهای ۱ تا T و r معادل نرخ تنزیل مورد نظر سرمایه‌گذار است.

1. Net Present Value
2.Internal Rate Of Return

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]

شاخص نرخ بازدهی داخلی، نرخ تنزیلی است که ارزش فعلی خالص(NPV) تمام جریان‌های نقدی یک پروژه خاص را برابر با صفر می‌کند. برای محاسبه IRR ، باید NPVرا برابر با صفر قرار داد و برای نرخ تنزیل (r)، آن را حل کرد. هنگامی که NPV یک طرح برابر صفر است، این سرمایه گذاری از لحاظ اقتصادی سر به سر است، زیرا نه ارزشی ایجاد شده و نه از بین رفته است. بر این اساس، IRR برابر با نرخ بازدهی است که به واسطه آن طرح وارد فضای سوددهی خواهد شد. بنابراین، در صورتی که نرخ بازدهی مورد انتظار سرمایه گذار از این نرخ کمتر باشد، طرح دارای شرایط اقتصادی مناسبی خواهد بود.

در نهایت در این بخش، تمامی بررسی‌های قبلی در قالب اعداد و ارقام مالی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. شایان ذکر است، در این مرحله به کمک یک مدل مالی و اقتصادی میزان حساسیت شاخص‌های اقتصادی طرح به درآمدها، هزینه‌های تولید و حجم سرمایه‌گذاری مورد ارزیابی قرار می‌گیرد تا توجیه‌پذیری اقتصادی طرح به درستی بررسی شود. به منظور ارائه شاخص‌های اقتصادی و تحلیل نتایج مبتنی بر آن‌ها با توجه به لزوم انعطاف پذیری و پویایی در ابزار، از نرم افزار اکسل بهره گرفته شده است.

۴- مطالعه بازار محصولات طرح

همانگونه که در ادامه به آن پرداخته خواهد شد، محصولات تولیدی این طرح علاوه بر بنزین شامل گاز مایع (LPG)، هیدروکربن‌های سبک و سنگین و گاز سوخت می‌باشد. لکن با توجه به سهم حدود ۸۰ درصدی بنزین از سبد محصولات و به جهت اختصار صرفاً بازار بنزین و تا حدی گاز مایع مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۴-۱- بازار جهانی و منطقه‌ای بنزین

مصرف بنزین در تمام مناطق دنیا تابعی از متغیرهایی چون تولید ناخالص داخلی، جمعیت، نوع خودروها، مساحت، توسعه حمل و نقل و سوخت‌های جایگزین می‌باشد و تولید بنزین نیز بیشتر وابسته به ظرفیت پالایشی مستقر در آن مناطق و نه لزوماً ذخایر هیدروکربوری است. در جدول ۱ ظرفیت پالایشی بزرگترین کشورهای پالایشگر دنیا نمایش داده شده است.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]

جدول ۱. ظرفیت‌های پالایشی کشورها (BP-۲۰۲۲)

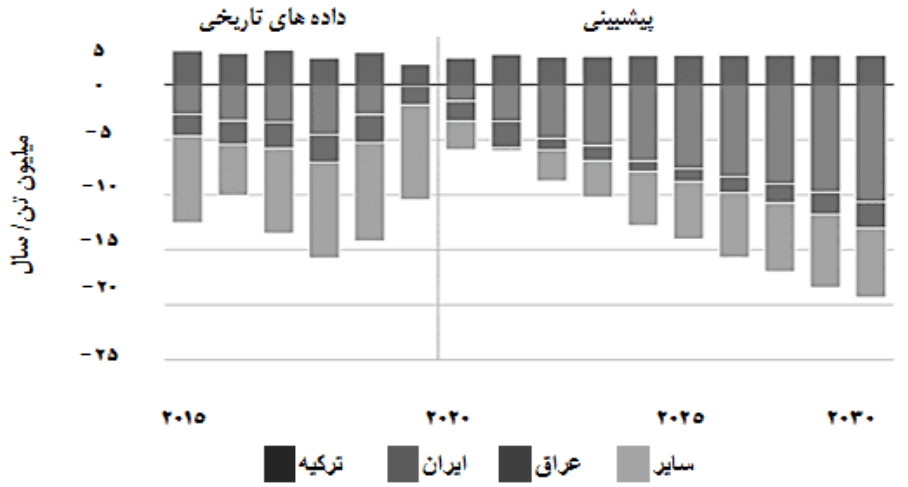
ردیف	کشور	ظرفیت پالایشی (هزار بشکه در روز)
۱	آمریکا	۱۷۹۴۱
۲	چین	۱۶۹۹۰
۳	روسیه	۶۸۶۱
۴	هند	۵۰۱۸
۵	کره جنوبی	۳۵۷۲
۶	ژاپن	۳۲۸۵
۷	عربستان	۲۹۰۵
۸	ایران	۲۵۰۸

از نظر مناطق، اروپای غربی اگرچه ذخایر نفت و گاز قابل توجهی ندارد، اما ۱۲٪ ظرفیت پالایشی دنیا معادل ۱۲ میلیون بشکه در روز را در اختیار دارد. به خاطر توسعه دیزل محوری حمل و نقل حتی خودروهای شخصی در اروپا، این منطقه بزرگترین صادرکننده بنزین با صادرات نزدیک به ۴۰۰ میلیون لیتر در روز در سال ۲۰۲۲ بوده است. آمریکای شمالی و آسیا-اقیانوسیه به ترتیب با ۲۰۰ و ۱۵۰ میلیون لیتر در روز صادرات در پله‌های بعدی قرار دارند. در سمت دیگر، سه منطقه آفریقا، آمریکای جنوبی و خاورمیانه به ترتیب با ۴۷۰، ۳۰۰ و ۳۵ میلیون لیتر در روز خالص واردات، مناطق واردکننده بنزین در دنیا هستند (Nexant).

تراز محصول بنزین در خاورمیانه و مشخصاً ایران، عراق و ترکیه در نمودار ۴ برگرفته از مطالعات بازار شرکت Nexant تا افق ۲۰۳۰ آورده شده‌است. ترکیه اگرچه ظرفیت پالایشی پایینتری نسبت به سایر کشورهای خاورمیانه دارد لکن بواسطه تنوع سبد سوخت حمل و نقل، این کشور بصورت تاریخی و با ثبات نسبی در دوره پیشبینی یک صادر کننده مطلق بنزین می‌باشد و در سال ۲۰۳۰ حدود ۲,۷ میلیون تن صادرات خواهد داشت. در مطالعات Nexant با در نظر گرفتن الگوی رشد مصرف فعلی در ایران و محدودیت‌های افزایش ظرفیت این کشور، رشد فزاینده مازاد تقاضا و رسیدن به ۱۰ میلیون تن واردات در سال ۲۰۳۰ نمایش داده شده است.کشور عراق کماکان وارد کننده محدود بنزین خواهد بود و واردات خالص این کشور در پایان دوره پیشبینی ۲,۴

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]

میلیون تن خواهد بود که می‌تواند یکی از مقاصد مستقیم صادراتی در نظر گرفته شود. سایر کشورهای خاورمیانه نیز با رشد واردات تا انتهای دوره پیشبینی حدود ۶,۳ میلیون تن واردات خواهند داشت.

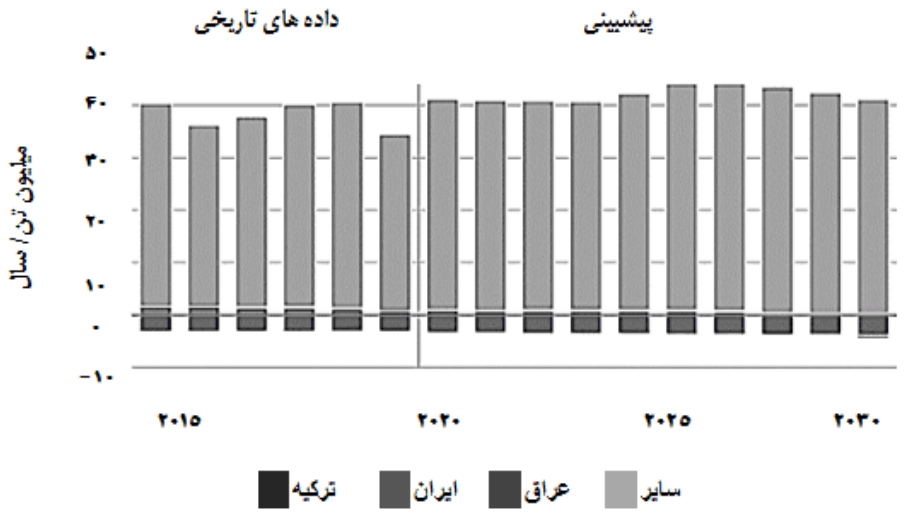


نمودار ۴. تراز تجاری بنزین در خاورمیانه -میلیون‌تن در سال (۲۰۲۱-Nexant)

همچنین با توجه به اینکه حدود ۲۰٪ از سبد محصولات طرح به LPG اختصاص دارد، در نمودار ۵ تراز تجاری LPG در خاورمیانه نمایش داده شده است. خاورمیانه علیرغم طرح‌ها و پروژه‌های توسعه زنجیره، در مجموع صادر کننده LPG بوده است که مقادیر صادراتی کشورهای صادر کننده تحت عنوان سایر کشورها نشان داده شده است. ترکیه به واردات این محصول به منظور عموماً مصارف سوختی اقدام می‌نماید. در خصوص ایران نیز همانگونه که برای بنزین اشاره شد با فرض ثبات رویه مصرف و محدودیت‌های افزایش ظرفیت در نظر گرفته شده، در یک تراز شکننده تجاری قرار گرفته است. شایان ذکر است عمده موارد مصرف LPG در مصارف خانگی، کراکرهای خوراک مایع و طرح‌های PDH[1] متعدد تعریف شده در کشور می‌باشد.

1. Propane Dehydrogenation Plant

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]



نمودار ۵. تراز تجاری LPG در خاورمیانه -میلیون‌تن در سال (Nexant-۲۰۲۱)

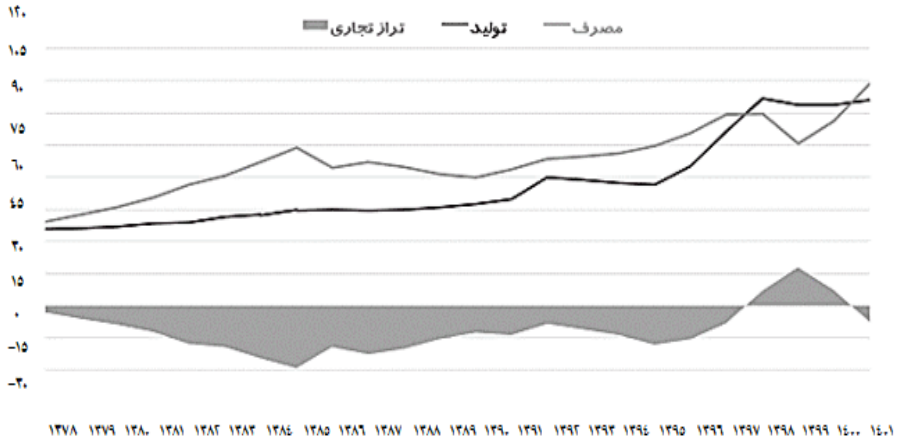
در خصوص بحث تجارت و بازار صادراتی مواد سوختی با توجه به بررسی‌هایی که پیش از این صورت گرفته‌است؛ کشورهای همسایه مانند عراق، افغانستان و پاکستان پتانسیل خوبی جهت جذب تولیدات این طرح دارند. همچنین با توجه به دسترسی پلنت احتمالی MTG به آب‌های جنوب کشور، ظرفیت مناسبی برای صادرات محصول به آفریقا علی الخصوص شرق قاره آفریقا شامل کشورهای سومالی، اتیوپی، اریتره، کنیا و تانزانیا و ... وجود دارد. با ارزیابی‌های اقتصادی مبتنی بر هزینه‌های حمل، بازار صادراتی آمریکای جنوبی نیز می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد. از طرفی باز صادرات محصول از خاورمیانه به سایر مناطق نیز از سناریوهای توسعه بازار محصول طرح می‌باشند. اگرچه به نظر می‌رسد در نمودارهای فوق ظرفیت طرح‌های جدید پتروپالایشی تعریف شده در ایران در نظر گرفته نشده‌است که در این صورت ایران در افق پیش رو از حجم زیادی از واردات بی نیاز می‌گردد. علی‌ایحال بر اساس آمار منتشر شده، خاورمیانه در بازه ۲۰۲۲-۲۰۱۵ واردکننده بنزین بوده‌است و این روند تا پایان دوره پیش‌بینی ادامه خواهد داشت.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]

۴-۲- بازار داخلی بنزین

در خصوص بازار داخلی محصول تولیدی، با توجه به نمودار ۶ در دوره منتهی به سال ۱۳۹۸ همواره واردات بنزین به کشور در دستور کار قرار داشته است و در سال ۹۸ با بهره برداری از پالایشگاه میعانات گازی خلیج فارس و اضافه شدن روزانه حدود ۳۷ میلیون لیتر بنزین به تولید کشور، برای اولین بار تولید از تقاضای بنزین پیشی گرفت. همان طور که مشخص است در صورت تحقق افت تولید از میدان گازی پارس جنوبی مطمئناً میزان تولید میعانات گازی در کشور به صورت جدی کاهش پیدا خواهد کرد و این افت تولید در حلقه‌های بعدی منجر به کاهش تولید بنزین پالایشگاه‌های میعانات گازی خواهد شد، لذا این مهم منجر به تشدید ناترازی بنزین در کشور خواهد شد. مصرف فزاینده بنزین از یک طرف و عدم تحقق طرح‌های افزایش تولید از سویی دیگر سبب خواهد شد که تقاضای بالفعل و بالقوه‌ای برای بنزین و کالاهای جایگزین این برش هیدروکربوری در کشور ایجاد گردد. در پایان سال ۱۴۰۱ و در طول سال ۱۴۰۲ تراز شکننده‌ای در خصوص تولید و مصرف بنزین کشور حول ۱۰۰ میلیون لیتر در روز بنزین رقم خورده است و بعضاً واردات محدودی نیز اتفاق افتاده است. البته با تعریف و شروع عملیات اجرایی طرح‌های پتروپالایشگاهی ذیل قانون "حمایت از توسعه صنایع پایین دستی نفت خام و میعانات گازی با استفاده از سرمایه گذاری مردمی" مصوب ۱۳۹۸ مجلس شورای اسلامی، در صورت توفیق حتی ۱ مورد از این طرح‌های عظیم که بعضاً بالغ بر ۳,۵ میلیون‌تن در سال بنزین تولید می‌نمایند (طرح‌های پتروپالایشی با ظرفیت ۳۰۰ هزار بشکه‌ای در روز که توسط بخش خصوصی و یا با مشارکت دولت ساخته می‌شوند همچون پتروپالایشگاه شهید سلیمانی یا پالایشگاه ۱۲۰ هزار بشکه‌ای میعانات گازی مهر خلیج فارس با حدود ۴۵ درصد پیشرفت فیزیکی)، عملاً بازار داخل کاملاً رقابتی و سهم بازار قابل اتکایی برای بنزین متانول نمی‌توان متصور بود (گزارش امکانسنجی پتروپالایشگاه، ۲۰۲۲). علی‌ایحال در شرایط فعلی و محدودیت منابع، عملیاتی شدن پالایشگاه نفت با ظرفیت ۳۰۰ هزار بشکه در افق ۱۰ساله چندان متصور نمی باشد. لذا برای سوخت علی‌الخصوص بنزین، ناترازی پیش‌بینی شده و در صورت ادامه روند کنونی، حرکت کشور به سمت واردات این محصول استراتژیک رقم خواهد خورد.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]



نمودار ۶. روند تولید، مصرف و تراز تجاری بنزین (شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی ایران)

۵- ارزیابی فنی طرح تبدیل متانول به بنزین (MTG)

شرح فرآیند تبدیل متانول به بنزین در راکتور بستر ثابت

تکنولوژی تبدیل متانول به بنزین در راکتور بستر ثابت پیشنهاد اولیه شرکت اکسون موبیل است (دهه ۷۰ میلادی) که از طریق تبدیل متانول به DME[1] و در ادامه تبدیل آن به بنزین طراحی شده‌است (مارتینز و همکاران، ۲۰۲۲). بر اساس بررسی‌های اولیه، تقریباً می‌توان گفت که تمامی طرح‌های موجود در چین، که مدعی بهره‌برداری هستند، در قالب این تکنولوژی تعریف می‌شوند(مانند طرح Shanxi Jincheng Coal با ظرفیت ۱۰۰ هزارتن بنزین در سال). MTG با بستر سیال مبتنی بر تبدیل مستقیم متانول به بنزین است و لایسنس آن از طریق مشارکت اکسون‌موبیل و ساینوپک چین توسعه یافته‌است. از نظر هزینه بر بودن، به دلیل تک راکتور بودن فرایند بستر سیال، کاهش تعداد تجهیزات فرآیندی و لوله کشی و کاهش جریان گازی برگشتی به راکتور، فرایند بستر سیال هزینه سرمایه گذاری و هزینه عملیاتی پائین تری دارد. از نظر عملیاتی فرآیند بستر سیال پایدارتر، انتشار کربن دی اکسید کمتر و انرژی کمتری نسبت به فرایند بستر ثابت مصرف میکند. همچنین وجود راکتورهای متعدد و شیرکنترل‌ها و

1. Dimethyl ether

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]

مبدل‌ها و کمپرسورهای بزرگتر، هزینه سرمایه گذاری فرایند بستر ثابت را نسبت به فرایند بستر سیال افزایش می‌دهد. فشار عملیاتی در فرایند بستر سیال نسبت به بستر ثابت تقریبا ۴,۵ برابر است. بر اساس نتایج ارائه شده، راندمان این تکنولوژی در مقایسه با تکنولوژی بستر ثابت بالاتر گزارش شده‌است(WWW. ExxonMobil.Com). لکن بر اساس بررسی‌های اولیه، با وجود تعریف چند پروژه MTG با این تکنولوژی در چین، به نظر نمی‌رسد تاکنون پروژه‌ای با این تکنولوژی به مرحله بهره‌برداری رسیده باشد. بر این اساس در این پژوهش نیز به بررسی تکنولوژی MTG با بستر ثابت پرداخته شده است.

در سینتیک واکنش تولید بنزین در فناوری بستر ثابت، متانول ابتدا در نتیجه واکنش آبزدایی به دیمتیل اتر(DME) تبدیل می‌شود. مخلوط تعادلی تولید شده حاوی متانول، DME و آب است. سپس الفینهای سبک از مخلوط تعادلی متانولDME -به دست می‌آیند. الفینهای سبک تحت واکنش پلیمریزاسیون تراکمی و آلکیلاسیون به الفینهای سنگین، پارافینها و آروماتیک تبدیل میشوند. به طور کلی واکنش MTG غالباً با استفاده از کاتالیست‌های زئولیت نوع ZSM-5 انجام می‌شود. این کاتالیست به دلیل خواص ویژه، در فرآیندهای زیادی نظیر تولید الفینها، آروماتیکها نیز به کار برده می‌شود. با این حال در نتیجه رسوب کک در سطوح فعال ZSM-5[1] به دلیل ساختار میکرو و مسیر طولانی نفوذ مولکول‌های واکنش دهنده، فعالیت کاتالیست به سرعت کاهش می‌یابد. بنزین خام MTG حاوی مقادیر قابل توجهی دورن (۱،۲،۴،۵- تترمتیل بنزن) است که غلظت بیش از حد آن می‌تواند باعث مشکلاتی در رانندگی شود. بخش سنگین‌تر بنزین حاوی مقادیر بیشتر دورن تولید شده است که در واحد تصفیه بنزین سنگین (HGT) حذف می‌شود. بنزین سنگین تصفیه شده با سایر اجزای بنزین ترکیب می‌شود تا مشخصات ترکیب بنزین نهایی شود. شایان ذکر است فرآیند HGT هیچ تاثیری بر بازده یا اکتان بنزین ندارد(کرون و ملکونیان، ۱۹۸۸).

معادله واکنش تبدیل متانول به دی متیل اتر و سپس سایر مشتقات متانول به شرح معادله ۲ می‌باشد:

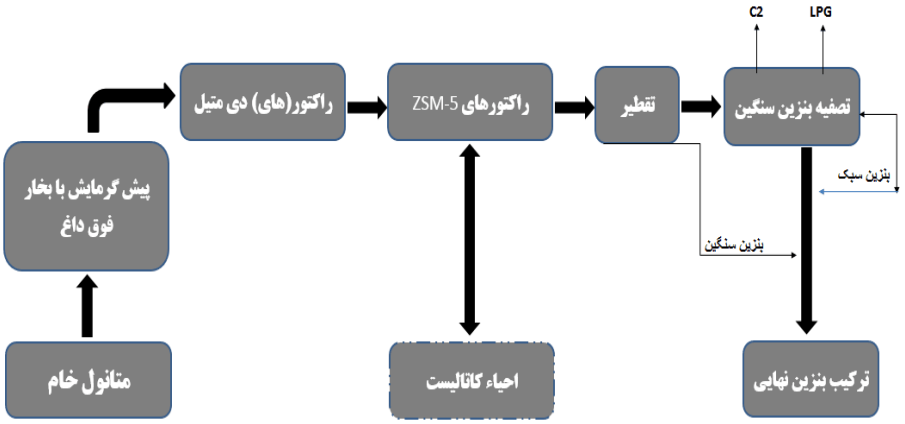
$$CH3OH \rightarrow DME \rightarrow \text{Light Olefins} \rightarrow \text{Higher Olefins \& Paraffins \& Aromatics}$$ معادله۲)

1. Zeolite Socony Mobil–5

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]

واکنش آب زدایی

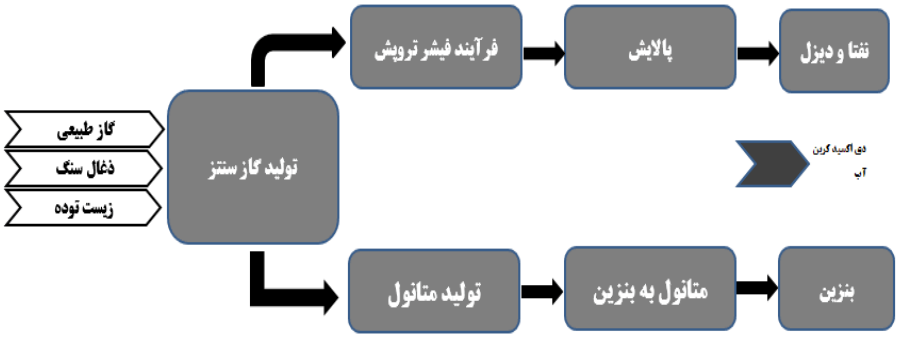
در شکل زیر دیاگرام تبدیل متانول به بنزین در راکتورهای بستر ثابت نمایش داده شده است:



شکل ۱. فرآیند مبتنی بر راکتورهای بستر ثابت در تولید بنزین(کرون و ملکونیان، ۱۹۸۸)

معرفی تکنولوژی‌های مطرح

فرآیند تبدیل گاز به مایع، فرآیندی برای تبدیل گاز طبیعی به هیدروکربن‌های با زنجیره طولانی‌تر مانند بنزین یا سایر محصولات سوخت مایع است. به‌طورکلی دو مسیر فنی در این خصوص وجود دارد:



شکل۲. فرآیند تبدیل گاز به مایع (گلیبووا، ۲۰۱۳)

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]

تولید دیزل و سایر محصولات سوختی از گاز سنتز(GTL) از طریق فرآیند فیشر-تروپش

مایعات تولید شده در فناوری GTL به دلیل نداشتن ترکیبات آروماتیکی و نفتنیکی و نیز پایین بودن درصد گوگرد از منظر مسائل زیست‌محیطی، نسبت به مایعات تولیدی در پالایشگاه‌های نفتی دارای سازگاری بهتری هستند، لیکن به علت دانسیته پایین از کیفیت سوخت و روغن‌کاری کمتری برخوردارند (نیک‌آذر و کی‌نژاد، ۱۳۹۱). در حال حاضر شرکت‌های مختلفی در حوزه تبدیل گاز به مایع در مقیاس بزرگ فعال هستند که مهم‌ترین آنها شرکت‌های ساسول و شل می‌باشند. شرکت ساسول تجربیات زیادی در زمینه تبدیل زغال سنگ به سوخت‌های هیدروکربنی(CTL) داشته و فرآیند GTL این شرکت بر مبنای همین فرآیند CTL طراحی شده‌است، با این تفاوت که واحد تولیدکننده گاز سنتز آن تغییر یافته تا بتواند گاز طبیعی را به گاز سنتز تبدیل نماید. فرآیند GTL شرکت شل نسبت به فرآیند شرکت ساسول، طراحی آن به گونه‌ای است که نفت سفید مرغوب‌تر و گازوئیل بیشتری تولید می‌کند(گلوبوا[1]، ۲۰۱۳)

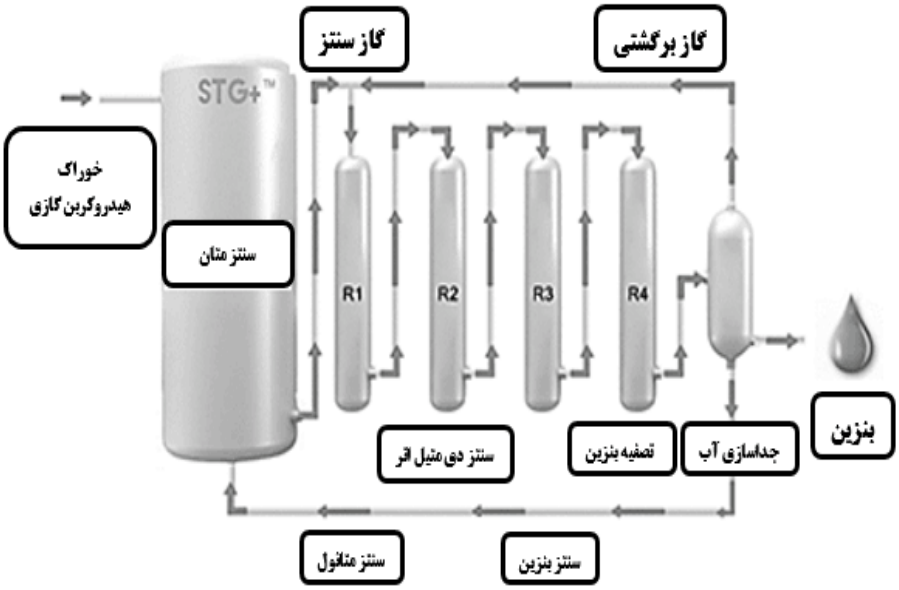
فرآیند تولید بنزین از گاز سنتز

که در قالب دو تکنولوژی زیر معرفی شده‌است:

اول) فرآیند (STG -گاز سنتز به بنزین) مانند تکنولوژی+Primus STG™ که به طور مستقیم گاز طبیعی را به بنزین تبدیل می‌کند (این تکنولوژی هنوز نابالغ بوده و در ابعاد بزرگ، تجاری سازی نشده‌است). فناوری +Primus STG™ گاز طبیعی را از طریق یک فرآیند ترموشیمیایی کاتالیزوری اختصاصی به سوخت مایع تبدیل می‌کند که پیچیدگی را به حداقل می‌رساند، کیفیت محصول را بهبود می‌بخشد و بازده را افزایش می‌دهد. فناوری+Primus STG™، ۷۰درصد گاز طبیعی را به صورت جرمی به سوخت مایع تبدیل می‌کند و۳۰درصد دیگر گاز و آب است که به سیستم بازیافت می‌شود (گال[2] و همکاران، ۲۰۱۵). شکل ۲شماتیک کلی این فرآیند را نشان می‌دهد.

1. Glebova
2. Gal

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]



شکل۳. شماتیک فرآیند Primus STG™+ (الی گال و همکاران، ۲۰۱۵).

دوم) فرآیند(MTG- متانول به بنزین) - یک مسیر کارآمد که از متانول به‌عنوان واسطه‌استفاده می‌کند. بر اساس داده‌های در دسترس این فرآیند به طور کلی در قالب ۴ فن آوری زیر عرضه شده‌است :

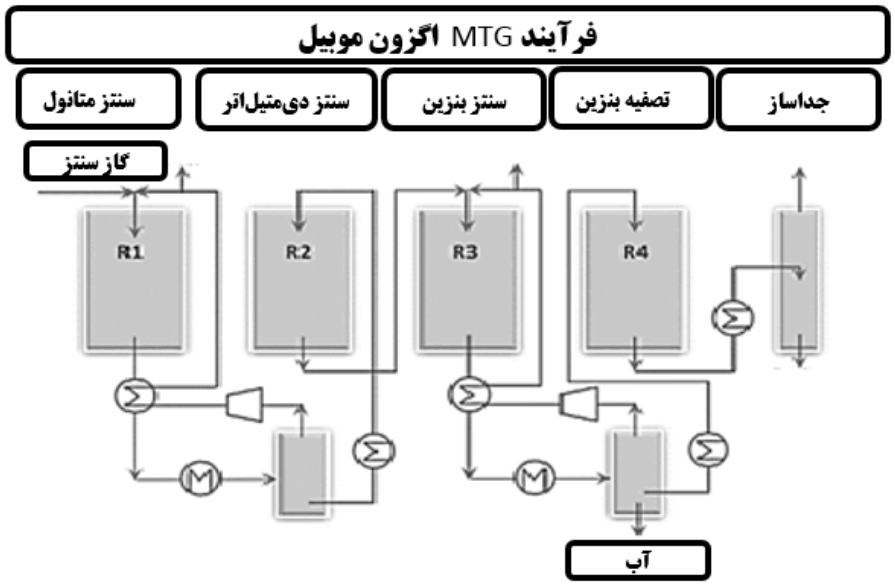
الف) فن آوری TIGAS Haldor Topsoe

که در آن با ورود گاز طبیعی به فرآیند، به صورت پیوسته تولید گاز سنتز، متانول و در نهایت بنزین انجام می‌گیرد. در حال حاضر، واحدهای بسیار محدودی از این تکنولوژی برای تولید بنزین استفاده کرده‌اند. به‌عنوان مثال، بر اساس گزارش‌های بین‌المللی در ژوئن ۲۰۱۹، ترکمنستان یک پلنت تبدیل گاز به بنزین مبتنی بر این فناوری پیشرفته را در استان آحال افتتاح کرده‌است(www.topsoe.com).

ب) فن آوری ExxonMobil MTG

که در آن متانول به‌عنوان ورودی این تکنولوژی به محصول بنزین تبدیل می‌شود. در شکل ۳ شماتیک کلی تکنولوژیExxonMobil MTG نمایش داده شده‌است.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]



شکل۴. شماتیک فرآیند ExxonMobil MTG (الی گال و همکاران، ۲۰۱۵)

ج) فناوری شرکت Chengdu Tiancheng Carbon One Chemical (TC)

فناوری سوم به شرکت (TC) در کشور چین تعلق دارد. این فناوری از نوع دو مرحله‌ای است. به نحوی که در راکتور اول، متانول به دی‌متیل‌اتر و در راکتور دوم، مخلوط دی‌متیل‌اتر و متانول، به بنزین تبدیل می‌شود.

د) فناوری شرکت Shanxi Institute of Coal Chemistry (فن آوری منتخب)

فناوری چهارم به شرکت Shanxi در کشور چین تعلق دارد. نظر به شرایط بین المللی و تحریم‌های اعمال شده به کشور در سالیان اخیر، عملاً دسترسی به لایسنس‌های اروپایی و آمریکایی در بسیاری از زمینه‌های صنعتی امکانپذیر نمی باشد. لذا مبتنی بر شاخص دسترسی و اطلاعات در اختیار از تکنولوژی شرکت Shanxi، این تکنولوژی به عنوان مبنا تجزیه و تحلیل شده و نظر به توسعه راکتورهای بستر ثابت در این فرآیند، این نوع راکتورها مبنای عملیاتی طرح قرار گرفته اند. در ادامه به معرفی بیشتر این تکنولوژی پرداخته خواهد شد:

این فناوری مشابه با فناوری ارائه شده توسط TC است؛ به نحوی که در راکتور اول، متانول به دی متیل اتر و در راکتور دوم، مخلوط دی متیل اتر و متانول، به بنزین

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]

تبدیل می‌شود. این فناوری با توسعه کاتالیست توسط دو کمپانی Saiding Engineering وShanxi Zeolite Technology انجام شده است. این فرایند بخشی یا تمام گاز در گردش را در پیش راکتور مرحله اول توزیع میکند. این تغییر میتواند نرخ تبدیل متانول را در مرحله اول افزایش دهد و گرمای بیشتری ایجاد کند. همچنین میتواند دمای گاز در گردش را کاهش دهد. فرایند دو مرحله‌ای جدید میتواند نسبت گاز در گردش به خوراک متانول را ۳,۵ تا ۵ برابر کاهش دهد.

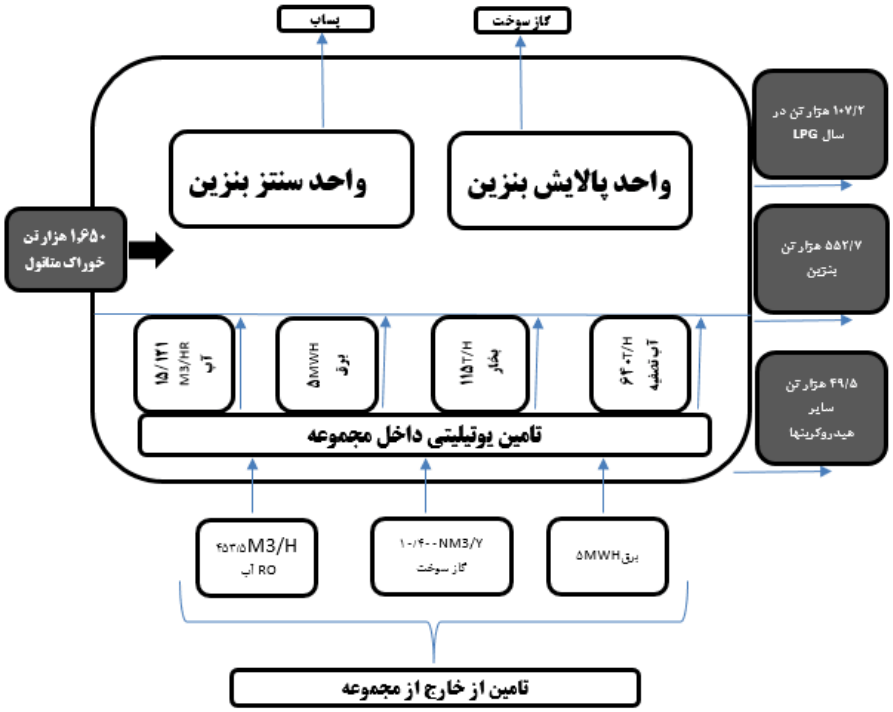
قبل از خوراک دهی متانول به واحد سنتز هیدروکربنهای سبک، بخشی از متانول تبخیر شده و سپس به سیال فوق گرم تبدیل می‌شود. بیشتر متانول با استفاده از فرایند کاتالیستی آبزدایی شده و به مواد هیدروکربنی تبدیل می‌شود و در عین حال گرمای حاصل از واکنش، از طریق پیشگرمایش و فوق گرم کردن متانول خام با استفاده از جریان خروجی از راکتور اصلی بازیابی می‌شود .فاز گازی هیدروکربنهای سنتز شده به راکتور برگردانده می‌شود و بخش مایع به واحد جداسازی هیدروکربنها فرستاده می‌شود. واحد سنتز شامل بخش تبخیر متانول، گرمایش فوق گرم، سنتز هیدروکربن، خنکسازی و جداسازی بنزین خام و جداسازی مقدار اندک کاتالیست است.

واحد جداسازی هیدروکربنهای سبک (پالایش) به منظور تقطیر و جداسازی هیدروکربنهای سبک خام خروجی از واحد سنتز به کار برده میشود. مخلوط هیدروکربنی حاصل از واحد سنتز شامل مقداری هیدروژن محلول، مخلوط گاز هیدروکربنی سبک ، CO2،C1~C2 و همچنین اجزای C3~C4 و هیدروکربنهای سنگینC10 + میباشد. این واحد این مواد را از طریق تقطیر با استفاده از سه برج جدا میکند تا محصولات هیدروکربنی سبک پایدار و مطابق با استانداردها و همچنین محصولات LPG و هیدروکربنی سنگین بدست آیند. واحد جداسازی هیدروکربن سبک متشکل از یک برج دی اتانایزر، یک برج دی بوتانایزر، یک برج جدا کننده تثبیت کننده و یک برج جذب است(مرکز مطالعات زنجیره ارزش نفت و گاز مهام).

در شکل ۵ شمایی کلی از بخشهای فرایندی و سرویسهای جانبی پروژه آورده شده است. بر اساس دادههای گزارش شده در پیشنهاد فنی اولیه شرکت Shanxiبه عنوان شرکت صاحب فناوری منتخب مورد استفاده در این طرح، برای تولید سالانه حدود ۵۵۲ هزار و ۷۰۰ تن بنزین به عنوان محصول اصلی، ۱ میلیون و ۶۵۰ هزار تن متانول به

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]

عنوان خوراک اصلی مصرف میشود. در این طرح علاوه بر بنزین، سالانه ۱۰۷ هزار و ۲۰۰ تن گاز مایع (LPG) و ۴۹ هزار و ۵۰۰ تن برشهای سبک و سنگین هیدروکربنی (عمدتا ترکیبات ۱۰ کربنه و بیشتر) و همچنین ۷۸۶ نرمال متر مکعب در ساعت جریان گازی (شامل ۵۰% متان)به عنوان محصول نهایی تولید میشود.



شکل ۵. موازنه خوراک و محصولات تولیدی MTG (مرکز مطالعات زنجیره ارزش نفت و گاز مهام)

۶- نتایج اقتصادی طرح MTG

از آنجا که بخش قابل توجهی از پلنت‌های متانول کشور با ظرفیت ۱,۶۵۰ هزارتن طراحی شده‌اند؛ لذا بنای بررسی‌ها در این پژوهش مبتنی بر استفاده از تمام محصول یک پلنت متانول با این ظرفیت و فرآیند تبدیل متانول آن به بنزین می‌باشد. با لحاظ نمودن ۳۵ روز توقف مجاز لحاظ شده در ظرفیت اسمی پلنت متانول، نرخ بهره برداری از یک پلنت متعارف متانول حدود ۹۰ درصد در نظر گرفته شده‌است. مبتنی بر ارزش حرارتی متانول و بنزین و بر اساس محاسبات صورت گرفته مطابق شکل ۵، به ازای

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]

ظرفیت ذکر شده برای پلنت متانول، سالانه قابلیت تولید حدود ۵۵۳ هزارتن بنزین و ۱۰۷ هزارتن LPG و حدود ۵۰ هزار تن هیدروکربن‌های سبک و سنگین وجود خواهد داشت. در محاسبات صورت گرفته قیمت خوراک و محصول بر اساس استعلام از شرکت ملی صنایع پتروشیمی و مبتنی بر الگوی ۸ ساله FOB خلیج فارس معادل ۲۲۰ ، ۷۸۳ و ۵۱۱ دلار به ازای هر تن به ترتیب برای متانول، بنزین و LPG مورد استفاده قرار گرفته است(داده‌های شرکت ملی صنایع پتروشیمی).

در ادامه ابتدا ضمن بیان مفروضات طرح، کل هزینه‌های سرمایه گذاری طرح، هزینه‌های سالیانه تولید و درآمدهای طرح با روش‌ها و معیارهای مطرح شده در مراجع معتبر نظیر برآوردهای IHS و گزارش‌های PEP، ضرائب تعدیل ظرفیت و موقعیت سرمایه گذاری و شاخص‌های هزینه برآورد گردیده و به محاسبه و تحلیل شاخص‌های مالی-اقتصادی نیز پرداخته شده است.

به منظور بهره‌گیری طرح از معافیت‌های مالیاتی، منطقه آزاد چابهار و سواحل مکران به عنوان محل اجرای طرح در نظر گرفته شده‌است. با توجه به تعریف پلنت‌های متانولی با مجوز MTO^{+} در این منطقه، در حالت بدبینانه دسترسی محلی به خوراک امکانپذیر نبوده و می‌بایست خوراک متانول طرح از پلنت‌های متانولی در منطقه عسلویه حمل و در چابهار تخلیه گردد. با در نظر گرفتن هزینه حمل از عسلویه به چابهار به میزان ۱۰ دلار به ازای هر تن متانول، قیمت تمام شده برای تامین متانول طرح ۲۳۰ دلار به ازای هر تن برآورد می‌گردد. بر این اساس مفروضات طرح پیشنهادی به شرح جدول ۲ است:

جدول ۲. مفروضات طرح

ردیف	موضوع	توضیحات
۱	دوران ساخت	۴ سال
۲	دوران بهره برداری	۱۵ سال
۳	ارزش قراضه	٪۱۵
۴	زمین مورد نیاز	حدود ۱۵ هکتار
۵	نرخ تنزیل سرمایه گذاری	٪۱۵ ارزی
۶	درصد تولید (نسبت به ظرفیت طراحی)	سال اول، دوم و سوم به ترتیب ٪۸۰، ٪۹۰، ٪۱۰۰

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]

ردیف	موضوع	توضیحات
۷	قیمت فروش محصول طرح	بر مبنای ۸ ساله FOB خلیج فارس معادل ۷۶۳ و ۵۱۱ دلار به ازای هر تن به ترتیب برای بنزین و LPG
۸	قیمت خوراک	بر مبنای ۸ ساله FOB خلیج فارس معادل ۲۲۰ دلار به ازای هر تن متانول بعلاوه ۱۰ دلار هزینه حمل
۹	نحوه توزیع هزینه‌های سرمایه‌ای	سال اول: ۱۰٪، سال دوم:۳۰٪، سال سوم ۴۰٪، سال چهارم ۲۰٪
۱۰	مالیات طرح و تورم	بدون مالیات (قرارگیری واحد در منطقه آزاد) بدون تورم (تورم دلاری معادل صفر)

همچنین هزینه‌ها و درآمدهای اساسی طرح مذکور در جدول ۳ بیان گردیده است:

جدول ۳. هزینه‌ها و درآمدهای اساسی طرح

ردیف	موضوع	توضیحات
۱	هزینه‌های سرمایه گذاری ثابت	۴۱۲/۲ میلیون دلار
۲	هزینه‌های مالی طرح	۴۵/۶ میلیون دلار
۳	هزینه راه اندازی اولیه واحد	۳/۲ میلیون دلار
۴	هزینه‌های سرمایه در گردش	۲۹/۶ میلیون دلار
۵	هزینه‌های تولید سالیانه (مستقیم و غیر مستقیم)	۴۴۶/۲ میلیون دلار
۶	درآمد کل فروش سالیانه محصولات	۵۰۳/۸ میلیون دلار

منبع: مطالعات زنجیره ارزش نفت و گاز مهام (VCM)، ۱۴۰۲- محاسبات محقق

محاسبه شاخص‌های مالی طرح

در ادامه با استفاده از نرم افزار اکسل ارزیابی مالی و اقتصادی طرح مورد نظر صورت گرفته و نتایج مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند. همچنین آنالیز حساسیت برای نرخ بازده داخلی در صورت تغییر پارامترهای اصلی از جمله تغییر در درآمد حاصل از فروش، تغییر در سرمایه‌گذاری ثابت و در هزینه‌های تولید مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. ذیلاً به شاخص‌های اصلی ارزیابی پروژه شامل IRR وNPV پرداخته خواهدشد و در ادامه تحلیلی از رابطه اقتصاد پروژه با قیمت نفت ارائه می‌شود.

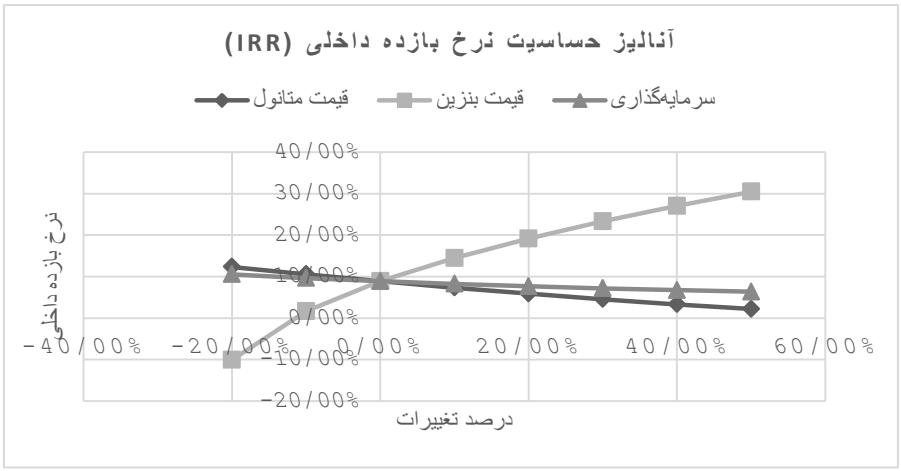
[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]

جدول ۴. شاخص‌های اقتصادی طرح

شاخص	مقدار
نرخ بازده داخلی (IRR)	٪۸,۹۸
ارزش‌فعلی خالص (NPV)	۱۲۷,۲۹- میلیون دلار

منبع: محاسبات محقق

در طرح مورد نظر نرخ بازده داخلی بر اساس کل سرمایه ۸/۹۸ درصد برآورد شده است. نرخ تنزیل برگرفته از مطلوبیت فرضی سرمایه گذار و مبتنی بر طرح‌های اجرا شده در حوزه‌های پتروشیمی و پالایشی ۱۵درصد در نظر گرفته شده است؛ پس میتوان نتیجه گرفت که از منظر شاخص نرخ بازده داخلی، طرح در شرایط بررسی شده دارای توجیه اقتصادی نمی باشد. چنانچه ارزش فعلی خالص (NPV) بزرگتر از صفر باشد، پروژه اقتصادی بوده و اگر NPV کوچکتر از صفر باشد، پروژه غیر اقتصادی خواهد بود. ارزش فعلی خالص طرح برای نرخ تنزیل ۱۵٪ برابر NPV= -۱۲۷/۲۹ میلیون دلار خواهد بود و بنابراین، طرح از منظر این شاخص نیز از توجیه اقتصادی خوبی برخوردار نمی‌باشد. در ادامه آنالیز حساسیت نرخ بازده داخلی طرح بر اساس متغیرهای قیمت خوراک، قیمت محصول و میزان سرمایه گذاری ارائه شده است. مطابق ارزیابی‌های اقتصادی صورت گرفته (نمودار۷)، اقتصاد طرح MTG بیشترین وابستگی را به ترتیب نسبت به قیمت بنزین، قیمت متانول و نهایتاً میزان سرمایه گذاری دارد.



نمودار ۷. آنالیز حساسیت اقتصاد طرح‌های MTG نسبت به متغیرهای کلیدی (محاسبات محقق)

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]

نظر به حساسیت بالای پروژه به قیمت بنزین و متانول، ذیلاً جدول آنالیز حساسیت ترکیبی نرخ بازده داخلی طرح نسبت به این دو متغیر نمایش داده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌گردد با فرض ثبات شرایط و مفروضات و تنها با تغییر قیمت بنزین به بیش از ۸۲۵ دلار به ازای هر تن، طرح MTG از منظر اقتصادی توجیه‌پذیر خواهد بود. همچنین در صورت کاهش قیمت متانول بعنوان خوراک طرح به کمتر از۲۱۰ دلار به ازای هر تن فوب چابهار(حدود۲۵۲ دلار به نرخ CFRچین) و با فرض ثبات سایر شرایط، طرح مذکور حداقل نرخ بازده داخلی ۱۵ درصدی را تامین می‌نماید. از طرفی طبیعتاً بازده طرح با میزان سرمایه‌گذاری نسبت عکس داشته و با کاهش سرمایه گذاری به حدود ۳۴۷ میلیون دلار، طرح MTG با ظرفیت مورد اشاره اقتصادی خواهد شد. شایان ذکر است در صورت بهره مندی طرح از مزایای قانونی توسعه زنجیره ارزش گاز طبیعی و اعمال تخفیف۲۰٪ در خوراک گاز طبیعی، هزینه تمام شده متانول این طرح حدود ۲۰۰ دلار به ازای هر تن خواهد بود و متناسب با این نرخ، نرخ بازده داخلی معادل ۱۷,۶۴ درصد خواهد بود. در صورتی که تخفیف پلکانی خوراک تا ۳۰٪ اعمال شود، هزینه تمام شده متانول حدود ۱۸۵ دلار به ازای هر تن خواهد بود و متناسب با این نرخ، نرخ بازده داخلی معادل ۲۱,۳ درصد خواهد بود. در جدول ۵ آنالیز حساسیت ترکیبی اقتصاد طرح نسبت به خوراک و محصول نمایش داده شده است.

جدول ۵. آنالیز حساسیت ترکیبی نسبت به نرخ خوراک و محصول

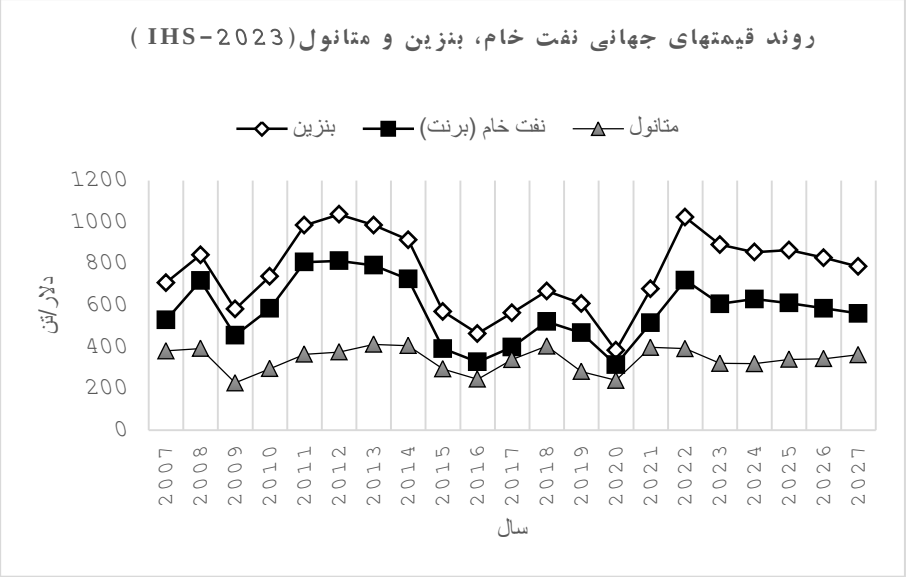
		قیمت بنزین						
		۶۵۰	۷۰۰	۷۶۳	۸۵۰	۹۵۰	۱۰۵۰	۱۱۵۰
قیمت متانول	۱۸۵	۱۱,۷۸٪	۱۶,۳۱٪	۲۱,۳۱٪	۲۷,۳۲٪	۳۳,۳۶٪	۳۸,۷۴٪	۴۳,۶۳٪
	۱۹۰	۱۰,۲۳٪	۱۴,۹۶٪	۲۰,۱۲٪	۲۶,۲۹٪	۳۲,۴۵٪	۳۷,۹۳٪	۴۲,۸۸٪
	۲۰۰	۶,۸۵٪	۱۲,۰۸٪	۱۷,۶۴٪	۲۴,۱۶٪	۳۰,۵۹٪	۳۶,۲۵٪	۴۱,۳۶٪
	۲۱۰	۳,۰۳٪	۸,۹۲٪	۱۴,۹۸٪	۲۱,۹۲٪	۲۸,۶۵٪	۳۴,۵۳٪	۳۹,۷۹٪
	۲۲۰	-۱,۴۴٪	۵,۴۰٪	۱۲,۱۲٪	۱۹,۵۶٪	۲۶,۶۴٪	۳۲,۷۵٪	۳۸,۱۸٪
	۲۳۰	-۶,۹۱٪	۱,۳۷٪	۸,۹۸٪	۱۷,۰۵٪	۲۴,۵۳٪	۳۰,۹۰٪	۳۶,۵۲٪
	۲۴۰	-۱۳,۹۵٪	-۳,۴۱٪	۵,۴۸٪	۱۴,۳۶٪	۲۲,۳۲٪	۲۸,۹۸٪	۳۴,۸۱٪
	۲۵۰	-	-۹,۳۷٪	۱,۴۸٪	۱۱,۴۵٪	۱۹,۹۹٪	۲۶,۹۹٪	۳۳,۰۴٪
	۲۶۰	-	-	-۳,۲۴٪	۸,۲۶٪	۲۴,۹۰٪	۲۴,۹۰٪	۳۱,۲۱٪
	۲۷۰	-	-	۹,۰۹٪	۴,۶۹٪	۱۴,۸۸٪	۲۲,۷۲٪	۲۹,۳۱٪

منبع: محاسبات محقق

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]

۶-۱- رابطه اقتصاد طرح با قیمت نفت

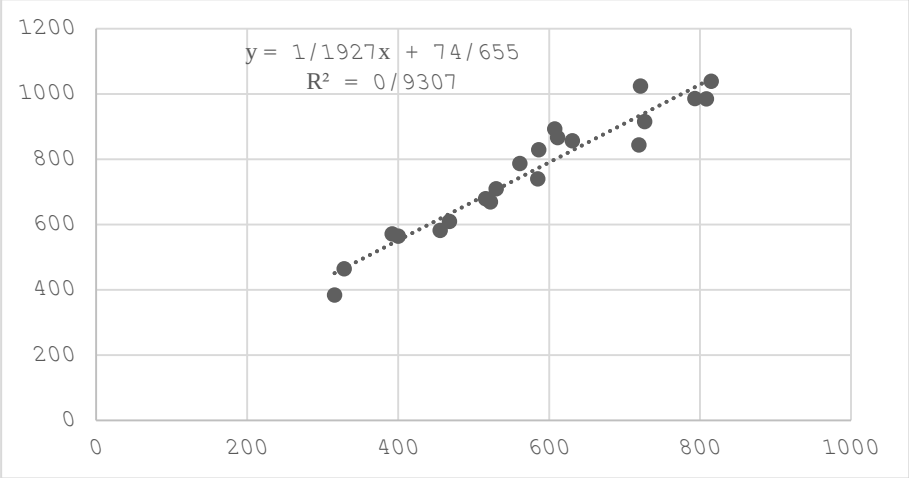
با توجه به مسائل پیش گفته و نظر به تاثیر مستقیم و عمیق قیمت بنزین به عنوان اثر گذار ترین پارامتر در اقتصاد پروژه از یکسو و نیز تاثیر پذیری قیمت بنزین از قیمت نفت به عنوان یک متغیر کلان در اقتصاد بین الملل که بصورت زنجیروار تاثیرات عمیقی بر اقتصاد صنایع پایین دستی نفت دارد از سویی دیگر، در ادامه با لحاظ قراردادن رابطه همبستگی بین قیمت نفت و قیمت بنزین (متغیر اصلی در اقتصاد MTG)، تلاش می‌گردد یک قیمت مبنا برای قیمت نفت تخمین زده شود. انتظار می‌رود در این قیمت و بالاتر از آن بتوان طرح MTG را در رقابت با طرح‌های پالایشی به عنوان طرحی جذاب و سودآور معرفی نمود. بدین منظور اطلاعات قیمتی نفت و بنزین برگرفته از داده‌های نشریه IHS احصاء و در قالب نمودار ۸ نمایش داده شده است و همانگونه که ملاحظه می‌گردد در یک دوره ۲۰ ساله، قیمت بنزین و متانول به عنوان متغیرهای وابسته، رفتاری نسبتاً مشابه با روند قیمتی نفت در دوره‌های صعودی و نزولی داشته اند.



نمودار ۸. روند قیمت‌های جهانی نفت خام، بنزین و متانول (IHS-۲۰۲۳)

در نمودار ۹ رابطه قیمت بنزین با قیمت نفت خام در سالیان گذشته تا به امروز نمایش داده شده است. ضریب تعیین R^2=۰,۹۳ بیانگر رابطه قوی همبستگی بین دو متغیر وابسته (قیمت بنزین) و مستقل(قیمت نفت خام) است.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]



نمودار ۹. همبستگی قیمت بنزین با نفت خام در بازه زمانی ۲۰۲۷-۲۰۰۷

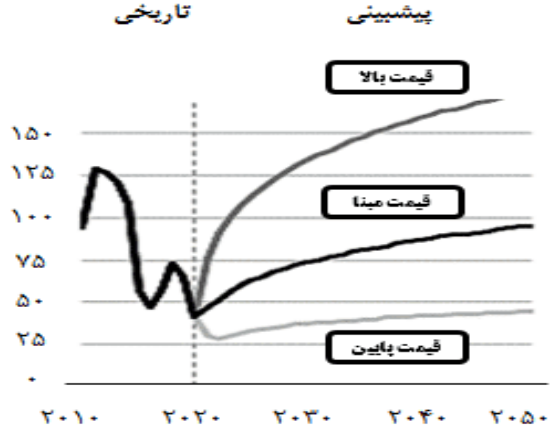
منبع: پیش‌بینیIHS- محاسبات محقق

قیمت نفت به‌تنهایی به عنوان کلان داده اقتصادی و در دسترس می‌تواند نقشه راه قابل اتکایی برای جهت گیری‌ها و تدوین راهبردهای توسعه‌ای در پایین دست منابع هیدروکربوری مد نظر قرار گیرد. از طرفی ضریب همبستگی، یکی از معیارهای مورد استفاده در تعیین همبستگی دو متغیر بوده و شدت رابطه و همچنین نوع رابطه (مستقیم یا معکوس) را نشان می‌دهد. با توجه به همبستگی بالای قیمت بنزین با قیمت نفت خام، می‌توان قیمت نفت را معیار مناسبی برای بررسی روند و پیشبینی اقتصاد پایین دستی ملاک عمل قرار داد. با بهره گیری از رابطه همبستگی بدست آمده با قیمت نفت و همچنین نرخ بنزین برای دستیابی به حداقل بازده مورد انتظار که پیش از این ۸۲۵ دلار به ازای هر تن تخمین زده شده است و با فرض ثبات در سایر شرایط و مفروضات، قیمت نفت برای رسیدن به نرخ بازده مطلوب طرح MTG حداقل ۶۱۷ دلار به ازای هر تن (حدود ۸۵ دلار به ازای هر بشکه) تخمین زده می‌شود و در قیمت‌های بالاتر از آن، یک طرح MTG از جذابیت بیشتری برخوردار خواهد بود. خلاصه موارد در جدول زیر آمده است:

قیمت بنزین$/T (حداقل نرخ جذاب)	رابطه همبستگی	قیمت نفت$/T (حداقل نرخ جذاب)
۸۲۵	y = ۱.۱۹۲۷ x + ۷۴.۶۵۵	۶۱۷

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]

همچنین براساس مطالعات Nexant، محصولات MTG/GTL در قیمت نفت پایین‌تر از ۷۰ دلار توان رقابت با محصولات پالایشگاه‌های نفتی را ندارند و در قیمت حدود ۱۰۰ دلار بسیار رقابت‌پذیر می‌باشند (Nexant، ۲۰۱۷). با افزایش قیمت نفت، به توسعه‌دهندگان پلنت‌های MTG فضای بیشتری برای سودآوری ارائه می‌شود و اساساً اقتصاد طرح‌های تبدیل گاز به مایعات نفتی در شرایط افزایش قیمت نفت و فرآورده‌های آن جذابتر خواهد بود. بر این اساس با توسعه واحدهای MTG، بنزین متانول ایران نیز با افزایش قیمت‌های جهانی نفت می‌تواند در عرصه رقابت با فرآورده‌های پالایشگاهی وارد شود و اقتصاد چنین پروژه‌هایی را توجیه نماید. با توجه به تأثیرپذیری شدید اقتصاد MTG از قیمت نفت و اقتصادی نبودن آن در قیمت‌های پایین نفت، به نظر می‌رسد در سناریوهای ۳ گانه قیمت نفت که در سال ۲۰۲۱ و تا افق ۲۰۴۰ توسط EIA[1] ارائه گردیده‌است، در صورت تحقق سناریوی قیمت بالای نفت و تا حدودی سناریوی قیمت مبنا، اجرای پروژه‌های MTG از این منظر توجیه‌پذیرباشد.



نمودار ۱۰. پیش‌بینی قیمت نفت تا افق ۲۰۴۰ (EIA)

منطبق بر این استدلال، به دلیل عدم صرفه اقتصادی و قیمت پایین نفت، شرکت ساسول به‌عنوان یکی از پیشتازان تکنولوژی GTL در سال ۲۰۱۷ تصمیم گرفت از پروژه‌های MTG/GTL در سراسر جهان (خاصه پروژه آمریکا) خارج شود (Reuters،۲۰۱۷).

1. Energy Information Administration

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]

۷- تجزیه و تحلیل نتایج

با توجه به بحران مازاد متانول از یکسو و ناترازی بنزین در کشور از سویی دیگر، طرح تبدیل متانول مازاد به بنزین به عنوان راهکاری برای رفع چالش‌های دوگانه مطرح گردید. بدین منظور در این پژوهش ارزیابی این طرح از سه منظر تکنولوژی، بازار محصولات و اقتصاد طرح مورد ارزیابی قرار گرفته است.

از منظر تکنولوژی، نتایج نشان می‌دهد که ریسک تامین تکنولوژی پروژه‌های MTG را تهدید می‌نماید. به نظر می‌رسد فرآیند تولیدیTIGAS Haldor Tapsoe که طی آن گاز طبیعی به متانول و سپس به بنزین تبدیل می‌شود با توجه به راندمان بالاتر، عدم تولید حجم قابل توجه آب و پیوسته بودن فرآیند از جذابیت بیشتری برخوردار خواهد بود. با این وجود، با توجه به مسئله مازاد متانول موجود در کشور، انتخاب تکنولوژی MTG (بر پایه خوراک متانول) تنها گزینه منطقی پیش‌رو است. مبنای محاسبات در این پژوهش و مبتنی بر شاخص دسترسی به تکنولوژی، فن آوری شرکت Shanxi چین می‌باشد. نظر به محدودیت‌های بین‌المللی در دسترسی به تکنولوژی‌های برتر، می‌توان گفت ریسک دسترسی به تکنولوژی بهینه و با راندمان بالا در خصوص طرح MTG قابل توجه بوده و می‌بایست در بررسی‌های آتی مورد تدقیق قرار گیرد.

از منظر بازار، محصول بنزین تولیدی با مازاد تقاضای داخلی در افق میان مدت روبرو است. همچنین بررسی مقاصد صادراتی علی‌الخصوص کشورهای همسایه بیانگر این مهم است که از منظر بازار صادراتی برای محصول طرح مشکل خاصی وجود ندارد.

از منظر اقتصادی، طرح در شرایط بررسی شده دارای توجیه اقتصادی نمی باشد(IRR=٪ ۸,۹۸). اقتصاد پلنت MTG تأثیرپذیری شدیدی از قیمت محصول بنزین (متاثر از قیمت نفت) و خوراک متانول(متاثر از گاز طبیعی) دارد. با بهره گیری از رابطه همبستگی بدست آمده با قیمت نفت و همچنین نرخ بنزین برای دستیابی به حداقل بازده مورد انتظار، قیمت نفت برای رسیدن به نرخ بازده مطلوب طرح MTG حداقل ۶۱۷ دلار به ازای هر تن (حدود ۸۵ دلار به ازای هر بشکه) تخمین زده می‌شود.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]

۸- پیشنهادات

ملاحظه جدی، موضوع وجود انحصار در بخش مشتریان محصول طرح و حضور دولت به عنوان تنها خریدار عمده محصول بنزین و صد البته نحوه و ساز و کار تسویه حساب با سرمایه گذاران طرح‌های MTG خواهد بود. مطمئناً این مهم نیازمند طراحی ساز و کارهای موثر از سمت دولت (وزارت نفت و سازمان برنامه و بودجه) جهت رفع نگرانی‌های سرمایه‌گذاران می‌باشد. لذا تاب‌آوری طرح پیشنهادی نسبت به دوره وصول مطالبات مساله مهمی‌است که می‌بایست در محاسبات مالی-اقتصادی طرح مورد توجه قرار گیرد. البته در صورتی که بتوان موضوع صادرات مستقیم بنزین متانولی را به عنوان یک اولویت و امتیاز برای توسعه این تکنولوژی به متقاضیان این طرح در نظر گرفت؛ یا تسویه مطالبات را در قالب اوراق تسویه دولتی به منظور تهاتر با هزینه خوراک گاز واحد متانولی گنجاند؛ با توجه به کوتاه شدن دوره وصول مطالبات انتظار می‌رود ریسک‌های وصول مطالبات طرح تا حدودی تعدیل گردد.

نظر به آنالیز حساسیت صورت گرفته، نرخ بنزین و هزینه‌های سرمایه‌گذاری به عنوان متغیرهای غیرکنترلی شناسایی می‌شوند. در حالت خوشبینانه و با توجه به مزایای حاکمیتی اجرای این طرح، در صورتی که بتوان به تعدیل نرخ خوراک متانول (متاثر از نرخ گاز پتروشیمی) دست یافت؛ می‌توان به اقتصاد طرح MTG کمک شایانی نمود. با استناد به موضوع تخفیف‌های پلکانی نرخ خوراک موضوع جزء (۳) تبصره ذیل بند (الف) ماده (۱) قانون الحاق برخی مواد به قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت (۲) که اعلام می‌دارد:

«اعمال تخفیف پلکانی تا سی درصد (٪۳۰) با انعقاد قرارداد بلندمدت برای واحدهایی که بتوانند جهت تأمین مواد اولیه واحدهای پتروشیمی داخلی که محصولات میانی و نهایی تولید می‌کنند و زنجیره ارزش افزوده را افزایش دهند. در این قرارداد بنگاه‌هایی که در مناطق کمترتوسعه یافته راه اندازی می‌شوند، از تخفیف بیشتری برخوردار می‌گردند.»

در صورتی که تبدیل متانول به بنزین ذیل توسعه زنجیره ارزش گاز طبیعی تعریف گردد می‌توان از مشوق‌های این ماده قانونی به منظور دریافت تخفیف تا ۳۰٪ در نرخ خوراک گاز طرح MTG بهره برد. با اعمال تخفیف۲۰٪ در خوراک گاز طبیعی، نرخ

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]

بازده داخلی معادل ۱۷,۶۴ درصد بوده و در صورتی که تخفیف پلکانی خوراک تا ۳۰٪ اعمال شود، نرخ بازده داخلی معادل ۲۱,۳ درصد خواهد بود. در این راستا مجلس شورای اسلامی در جریان بررسی جزئیات لایحه برنامه هفتم توسعه، با بند (چ) ماده ۴۸ این لایحه که اعلام می‌دارد:

«به وزارت نفت اجازه داده می‌شود تخفیف‌های پلکانی نرخ خوراک موضوع جزء (۳) تبصره ذیل بند (الف) ماده (۱) قانون الحاق برخی مواد به قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت (۲) را با استفاده از اوراق تسویه مبتنی بر خوراک، در طول زنجیره ارزش صنایع پایین‌دستی نفت و گاز به سرمایه‌گذاران دارای قراردادهای بلندمدت تخصیص دهد. این اوراق صرفاً با ارزش اسمی و بدون قابلیت مبادله برای تسویه هزینه خوراک قابل استفاده خواهد بود» موافقت کرده است.

در مجموع به‌واسطه هزینه سرمایه‌گذاری پایین‌تر نسبت به پالایشگاه‌های نفتی و طرح‌های زنجیره‌ارزش متانول مانند MTO/MTP و با روند افزایشی کنونی قیمت نفت و رسیدن میانگین قیمتی به بالای ۹۰ دلار در هر بشکه (IHS Price ،2023 Forecasting)، می‌توان MTGرا به‌عنوان یکی از گزینه‌های توسعه زنجیره‌ارزش متانول در ایران مد نظر قرار داد. بحران متانول و ناترازی بنزین در کشور نیز مزید علت بوده و بر ضرورت بررسی جدی‌تر چنین پروژه‌ای تاکید می‌نماید. لکن با توجه به شرایط تحریم‌های بین‌المللی و نیز پیچیدگی‌های تکنولوژیکی، توجیه‌پذیری توسعه این فناوری محل تردید می‌باشد. اقتصاد طرح متاثر عامل قیمت متانول با تحقق حمایت‌های قانونی کاهش نرخ خوراک از مسیر توسعه زنجیره ارزش، افق روشنی را پیش روی اقتصاد طرح باز می‌کند.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]

منابع

- آیین‌نامه اجرایی ماده (۱) قانون الحاق برخی مواد به قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت (۲) مصوب ۱۳۹۵ هیات وزیران.
- پرتال شرکت ملی صنایع پتروشیمی، برنامه ریزی کلان و راهبردی، طرح‌های برنامه هفتم و هشتم توسعه.
- توانپور، مصطفی و همکاران (۱۳۸۷)، ارزیابی فنی- اقتصادی احداث واحدهای تولید فرآورده‌های GTL در کشور، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال چهارم، شماره ۱۵، صفحات ۱۶۶-۱۴۳.
- حمادی، محمد علی و همکاران (۱۴۰۱)، بررسی تابع عرضه جهانی صنعت تبدیل گاز به فرآورده‌های مایع، فصلنامه علمی-پژوهشی اقتصاد صنعتی، سال ششم، شماره ۲۰، صفحات ۸۶ـ۷۵.
- خلیلی عراقی، منصور و همکاران (۱۳۸۷)، ارزیابی اقتصادی تولید فرآوردههای حاصل از فناوری تبدیل گاز به مایع (GTL) در ایران، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال پنجم، شماره ۱۸، صفحات ۳۴-۱.
- دستخوان، حسین(۱۴۰۲)، پیش‌بینی وضعیت تولید متانول ایران در ۱۰ سال آتی، گزارش داخلی شرکت سرمایه گذاری تجاری شستان.
- دستخوان، حسین(۱۴۰۱)، ارزیابی فنی-اقتصادی فناوری تولید پروپیلن از متانول و مقایسه آن با فناوری‌های جایگزین با تکیه بر ظرفیت قانون حمایت از صنایع پایین دستی پتروشیمی، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال هجدهم، شماره ۷۳، صفحات ۲۳۶-۱۹۷.
- زنجیره ارزش نفت و گاز مهام (۱۴۰۲)، مطالعات اولیه امکانسنجی فنی و اقتصادی طرح تبدیل متانول به بنزین MTG.
- سلیمی فر مصطفی، حسینی، سید حامد(۱۳۹۱)، ارزیابی اقتصادی احداث واحد تبدیل گاز به فرآورده‌های مایع پس از اجرای قانون هدفمندی رایانه‌ها در ایران، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال نهم، شماره ۳۲ ، صفحات ۲۴-۱.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]

- صادقی شاهدانی، مهدی، سیفی، وحید (۱۴۰۰)، ارزیابی اقتصادی تکمیل زنجیره ارزش گاز طبیعی: واحدهای تبدیل متانول به الفین و پلی الفین‌ها در چشم انداز ۱۰ ساله کشور، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال هجدهم، شماره ۷۲ ، صفحات ۱۲۰-۸۹ .
- قانون «حمایت از توسعه صنایع پایین دستی نفت خام و میعانات گازی با استفاده از سرمایه گذاری مردمی» مصوب ۱۳۹۸ مجلس شورای اسلامی.
- عظیمی‌فر، محمدصادق و باقری‌بایگی، امیرحسین(۱۳۹۷)، تبدیل گاز طبیعی به مایع(GTL)؛ مروری بر تکنولوژی، پروژه‌ها، اقتصاد و آینده، ماهنامه علمی- ترویجی اکتشاف و تولید نفت و گاز، شماره ۱۵۵.
- نیک‌آذر، منوچهر و کی نژاد، کامران، (۱۳۹۱)، نفت و گاز؛ پیدایش- پالایش، تهران، انتشارات علوم کاربردی.
- Al-Sobhi, S et al (2021), "Techno-economic and environmental assessment of Gasoline produced from GTL and MTG processes", Computer Aided Chemical Engineering.
- Baliban, R. C et al, (2013). " Novel Natural Gas to Liquids Processes: Process Synthesis and Global Optimization Strategies" ،AIChE Journal, 59, 505-531.
- Balogan, O et al, (2009). "Economic Viability of Gas to liquids In Nigeria" Paper presented at the Nigeria Annual International Conference and Exhibition, Abuja, Nigeria.
- Behroozsarand, A et al (2022). "GTL Process Simulation and Sensitivity Analysis: Zero CO2 Emission and Productivity Improvement" ،Chemical Process Design.
- BP-Stats-Review of World Energy(2022), Full-Report.
- Chedid, R et al (2007). "The Potential of Gas-to-Liquid Technology in the Energy Market : The Case of Qatar", American University of Beirut, Energy Policy (35),4799 4811.
- Chen Hao et al (2014). "The controversial fuel methanol strategy in China and its evaluation" , Journal of Energy Strategy Reviews 4: 28-33.
- Dulu, A, et al (2017). "Study of the Viability of a Methanol-To-Gasoline Process for the Monetization of Stranded Natural Gas", Saudi Journal of Engineering and Technology.
- EIA(2021) , International Energy Outlook.
- EIA (2013),Gas-To- Liquid (GTL) Technology Assessment.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]

- Gal, E, et al (2015). “Comparison Of STG+™ With Other GTLTechnologies”, Primus Green Energy Inc.
- Glebova, O (2013). “Gas to Liquids: Historical Development and Future Prospects”, The Oxford Institute for Energy Studies.
- Gogate, M. R. (2019). “Methanol-to-olefins process technology: current status and future prospects”, Petroleum Science and Technology, 37(5), 559-565.
- Hatch (2011). “Gas -to-Liquids Economics Feasibility study”, report Final.
- https://adi-analytics.com/ mtg too much risk to be commercially viable (2015).
- https://www.topsoe.com/blog/ worlds only natural gas to gasoline plant in operation in Turkmenistan, June 28, (2019).
- https://www.trade.gov/country commercial guides/turkmenistan oil and natural gas refining, (2022).
- https://www.Platts.com
- https://www. ExxonMobil.Com/ ExxonMobil’s Methanol conversion to gasoline technology Report.
- https://www. Topsoe.Com, The World’s Only Natural Gas-To-Gasoline Plant In Operation In Turkmenista (2019).
- IHS (2021). World Analysis - Methanol – Report.
- IHS (2023). Price Forecasting.
- Krohn, D.E. , Melconian M.G (1988). “The First Fixed-Bed Methanol-to-Gasoline (MTG) Plant: Design and Scale-Up Considerations”, studies in surface science and catalysis .
- Lee. C. J, C. Han (2009), "Optimal Economic Decision Making for Gas-toLiquid Product Selection in Market Dynamics Considering Competition", Computer Aided Chemical Engineering, 27,1881 1886A.
- Mohammadi, R et al (2023)." Methanol to Olefin (MTO) Value Chain Management, New Applied Studies in Management, Economics & Accounting.
- Nexant Ltd and E4tech)UK (Ltd (2017). Prospective for Non - Crude Liquids.
- Petro Refinry Conceptual Engineering and Feasibility Study (2021).
- Sanz-Martínez, A et al, (2022). ”Methanol to Gasoline (MTG): Preparation, Characterization and Testing of HZSM-5 Zeolite-Based Catalysts to Be Used in a Fluidized Bed Reactor”, Catalysts, 12, 134.
- Sasol pulls plug on $13-$15 bln US GTL project, to divest from Canadian shale, reuters, November (2017).

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-08]