

# ارزیابی مقایسه‌ای انواع سوخت‌های جایگزین در بخش حمل و نقل

سیدمهدی میرفتاح<sup>۱</sup> - علیرضا صالح<sup>۲</sup>

## چکیده

اگرچه فناوری امروزه، به ظاهر زندگی انسان را آسان نموده ولی از سوی دیگر بشر را به چالشی عظیم فراخوانده است. کاهش ذخایر انرژی فسیلی و افزایش روزافزون آلاینده‌ها به بحران عصر حاضر بدل گشته است و در این میان خودروها به عنوان منابع عظیم مصرف‌کننده انرژی و تولیدکننده آلودگی به حساب می‌آیند. بنابراین یافتن راهکاری که بتواند آلودگی خودروها را به حداقل برساند، ضروری می‌نماید. از آنجا که تقریباً تمام آلودگی هوای ناشی از خودروها، در اثر مصرف سوخت‌های فسیلی می‌باشد، استفاده از سوخت جایگزین به‌عنوان یکی از راهکارهای سخت‌افزاری کاهش آلودگی هوا دنبال می‌شود.

در این نوشتار ضمن توصیف آلاینده‌گی و خصوصیات سوخت‌های جایگزین و در نظر گرفتن توانایی‌های تولید کشور به یک ارزیابی مقایسه‌ای پرداخته‌ایم.

نتایج نشان می‌دهد که با توجه به ذخایر عظیم گاز در کشور، سوخت گاز طبیعی فشرده و مایع می‌تواند در اولویت فهرست جایگزین‌ها قرار گیرد. البته با توجه به تقاضای رو به رشد سوخت‌های جایگزین، سرمایه‌گذاری جهت سایر سوخت‌ها نظیر

۱. کارشناس اقتصاد انرژی، mmirfattah@yahoo.com

۲. دکتری اقتصاد و معاونت برنامه‌ریزی استانداری اصفهان (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی سابق استان اصفهان)، A\_Saleh@Mpo-Es.Ir

اتانول، متانول و دی‌متیل اتر و استفاده از توان تولید و صادرات کشور در این رابطه ضروری به نظر می‌رسد.

## واژه‌های کلیدی: سوخت جایگزین، حمل و نقل، اتانول، متانول، گاز طبیعی، دی‌متیل اتر

### مقدمه

در دنیای امروز جابجایی و حمل و نقل، جزء اجتناب‌ناپذیر زندگی بشر است و این جابجایی مستلزم مصرف انرژی است، بیش از یک قرن از اختراع موتورهای درون‌سوز می‌گذرد که با حضور آنها، تحولی شگرف در حمل و نقل و جابجایی بشر ایجاد شد. گسترش سرمایه‌گذاری، توسعه ارتباطات، گسترش فرهنگها و تبادل افکار و آراء از جمله ارمان این تحول بزرگ بوده است، لیکن در گذر زمان این خدمت بزرگ معضلاتی را نیز ایجاد کرد. افزایش انفجاری وسایل نقلیه و به تبع آن روند افسار گسیخته افزایش تقاضای انرژی در جهان، انسان را از تنفس سالم و آرامش خاطر، محروم ساخته است.

متأسفانه مشکل آلودگی هوا و ترس از اتمام ذخایر نفتی (که بخش اعظم انرژی وسایل نقلیه را تأمین می‌کند) به عنوان دو معضل اصلی، جهان را در تنگنا قرار داده است، به طوری که کاهش طول عمر و افزایش مرگ و میر و... به عنوان اصلی‌ترین هزینه‌های اجتماعی آن خودنمایی می‌کند.

استفاده از سوخت‌های جایگزین و فرار از انحصار مصرف دو سوخت بنزین و دیزل، از جمله راهکارهای مواجهه با این دو معضل عمده یعنی آلودگی و کاهش منابع نفتی است. در این مقاله سعی کرده‌ایم با معرفی سوخت‌های جایگزین و انجام یک ارزیابی مقایسه‌ای، گزینه برتر را از میان آنها با توجه به شرایط کشور معرفی نماییم. اما باید دانست که ممکن است همین سوخت‌های جایگزین نیز به‌نحوی آلاینده محیط‌زیست و عرصه حیات باشند.

### ۱. گاز طبیعی فشرده<sup>۱</sup> (CNG)

گاز طبیعی حاصل تجزیه مواد ارگانیک در لایه‌های زیرزمینی است و در مخازن عظیم

1. Compressed Natural Gas

هیدروکربنی زیرزمین تشکیل و تجمع می یابد. گاز طبیعی حاوی بیش از ۸۰ درصد متان، کمتر از ۱۲ درصد اتان و مواد دیگر نظیر پروپان، بوتان و... می باشد. حالت گازی این سوخت سبب افزایش حجم مورد نیاز برای ذخیره سازی می شود و جهت حفظ تناسب مخازن ذخیره سوخت، این گاز لزوماً به صورت فشرده استفاده می شود و در مخازن وسیله نقلیه با فشار ۲۰۰ تا ۲۵۰ بار متراکم می گردد. سوخت گاز طبیعی متراکم نظیر سایر سوختها خواص ویژه خود را داراست که از جمله آن عدد اکتان برتر می باشد. جدول ۱ خواص این سوخت را نشان می دهد.

جدول ۱. مشخصات سوخت گاز طبیعی فشرده<sup>۱</sup>

عدد اکتان	دمای احتراق خودبه خود	نقطه انجماد F°	دمای جوش F°	وزن مخصوص	فرمول شیمیایی
۱۱۹	۱۰۰۴	-۲۹۶	-۲۵۹	۰/۴۲۴	CH <sub>۴</sub>

استفاده از گاز طبیعی به عنوان سوخت به سال ۱۹۲۰ باز می گردد. با بروز دو شوک نفتی در سال های ۱۹۷۴ و ۱۹۷۹، اقبال شدیدی به خودروهای گازسوز به وجود آمد. علاوه بر این، توجه به مسائل زیست محیطی و طرح مباحثی چون توسعه پایدار همراه با رشد دانش بشری و کشف ضرر و زیان ناشی از آلاینده های سوخت های فسیلی، بر اهمیت استفاده از سوخت های پاک چون گاز طبیعی فشرده افزوده است. گاز طبیعی بعد از هیدروژن، پاکترین سوخت جایگزین محسوب می شود و میزان آلاینده های خودروهای گازسوز بسیار کمتر از خودروهای مشابه دیزلی و بنزینی است. جدول ۲ میزان آلاینده های سوخت گاز طبیعی فشرده را در مقایسه با بنزین و گازوئیل نشان می دهد.

در حال حاضر آرژانتین در زمینه گازسوز کردن خودروها بسیار موفق بوده و یکی از کشورهای پیشتاز این صنعت محسوب می شود. از جمله مشکلات موجود در زمینه خودروهای گازسوز به ویژه خودروهای سنگین، تفاوت فاحش میان محتوای انرژی یک لیتر گاز طبیعی فشرده و یک لیتر گازوئیل است. همچنین با توجه به اینکه موتورهای گازسوز، جرقه ای هستند ولی موتور دیزل فاقد این سیستم و شمع الکتریکی می باشد،

۱. اطلاعات مقایسه ای سوخت های جایگزین، [www.iteo.org](http://www.iteo.org)

جدول ۲. مقایسه آلاینده‌های ناشی از سوخت‌های مختلف<sup>۱</sup>

(گرم بر کیلومتر)

نوع سوخت	منواکسیدکربن	هیدروکربن‌ها	اکسید نیتروژن	ذرات معلق	دی‌اکسیدکربن	اکسید گوگرد
بنزین	۶/۳۴	۰/۸۵	۰/۷۸	۰/۰۱	۲۲۰	۰/۰۸
نفت گاز	۱/۰۶	۰/۳۱	۱/۰۸	۰/۱۳	۲۱۰	۰/۳۱
CNG	۲/۲۲	۰/۰۶	۰/۲۶	۰/۰۰۳	۱۶۳	۰/۰۰۲

لذا ماهیت موتور سنگین باید تغییر کند و سطح تغییرات موتور سنگین بسیار فراتر از تغییراتی است که در موتورهای سبک بنزینی صورت می‌گیرد. این تغییرات باعث می‌شود قیمت وسایل نقلیه سنگین گازسوز نسبت به مشابه دیزلی خود ۲۰ الی ۳۰ درصد گرانتر باشد. نکته دیگر که در مورد موتورهای گازسوز باید مورد توجه قرار گیرد، برد کوتاه این نوع وسایل نقلیه است. در این سیستمها گاز طبیعی در مخازن خاص و با فشار بسیار بالا ذخیره می‌گردد و برای جبران کاهش مسافت و افت ذخایر انرژی موتور، لازم است حجم مخازن افزایش یابد. در مورد خودروهای سواری معمولاً فضای در دسترس برای این منظور محدود به بخشی از فضای صندوق عقب خودرو است و حداکثر حجم مخازن گاز یک خودروی سواری حدود ۸۰ لیتر است.

با چنین حجمی حداکثر برد خودرو به ازای هر بار سوختگیری به ۲۰۰ کیلومتر می‌رسد. در خودروهای خدمات عمومی همچون اتوبوسهای شهری به دلیل فضای زیاد در دسترس به خصوص در بالای سقف خودرو، حجم قابل توجهی از مخازن گاز استوانه‌ای شکل می‌تواند در خودرو نصب شود و تا حدودی مشکل محدودیت برد خودرو را مرتفع سازد. اما، از طرف دیگر مخازن حجیم در سقف اتوبوسها باعث افزایش وزن اتوبوس شده و افزایش مصرف انرژی در هر کیلومتر را در پی خواهد داشت. سازندگان مخازن گاز طبیعی فشرده کوشش می‌کنند تا با استفاده از تکنولوژی و فناوری نوین، مخازنی با حجم فعلی ولی بسیار سبک‌تر به بازار عرضه کنند. سوخت گاز طبیعی فشرده نسبت به سایر سوختها، پیچیده‌ترین جایگاه سوخت‌گیری را دارد و

۱. نیما یزدان‌پناه، بررسی جایگاه گاز طبیعی فشرده به عنوان سوخت خودروها، اولین همایش بهینه‌سازی مصرف انرژی در بخش حمل و نقل، سازمان بهینه‌سازی مصرف کشور ۱۳۸۳، ص ۷۷۲.

برخلاف جایگاه سوخت دیزل که بسیار ساده می‌باشد، جایگاه گاز طبیعی دارای ادوات و تجهیزات زیاد جهت فشرده‌سازی و تزریق گاز به درون مخازن می‌باشد. وجود ادوات و لوازم زیاد برای تأسیس جایگاه سوخت گاز باعث گردیده تفاوت فاحشی میان هزینه تأسیس این نوع جایگاهها با هزینه تأسیس جایگاههای سوخت دیزل به‌وجود آید به‌گونه‌ای که در حال حاضر هزینه تأسیس یک جایگاه CNG حدود ۱۰ برابر بیشتر است.<sup>۱</sup>

سوخت گاز طبیعی با توجه به خصوصیات شیمیایی، عدد اکتان و میزان آلاینده‌گی کمتر نسبت به سایر سوخت‌ها، بسیار مرغوب‌تر است. همچنین با در نظر گرفتن اینکه کشور ما رتبه دوم ذخایر گاز جهان را دارد و امکان توسعه و گسترده‌گی شبکه گازرسانی در مناطق مختلف کشور نیز وجود دارد، می‌توان گاز طبیعی را به‌عنوان یک جایگزین مناسب در نظر گرفت. وفور ذخایر گاز ایران، قیمت‌های فعلی گاز در مقایسه با بنزین و دیزل، و وجود محدودیتهای صادراتی، این سوخت را بسیار ارزان و در دسترس جلوه می‌دهد. امید می‌رود که معضلات این سوخت در بلندمدت منتفی گردد، بدین معنا که هزینه تولید وسیله نقلیه و هزینه احداث جایگاه رو به‌کاهش گذارد. مشکل برد کوتاه خودروهای گازسوز را نیز می‌توان با استفاده از مخازن سبک و فناوریهای جدید برطرف کرد. تمایل به گازسوز کردن موتورهای سنگین به‌دلیل بازده بهتر موتورهای دیزلی و داشتن عمر مفید بیشتر و همچنین هزینه زیاد موتورهای سنگین گازسوز، اندک است و اغلب کشورهای دنیا، ناوگان حمل و نقل سبک خود را در اولویت تبدیل قرار داده‌اند. کشور ما نیز که اکنون با چالش جدی در کمبود بنزین و آلاینده‌گی عظیم ناشی از کارکرد خودروهای سبک مواجه است، از این مسئله مستثنی نبوده است.

## ۲. گاز طبیعی مایع شده<sup>۲</sup>

گاز طبیعی مایع شده یا به‌طور اختصار LNG همان گاز طبیعی معمولی است که تا دمای تقریباً منفی ۲۶۰ درجه فارنهایت یا منفی ۱۶۲ درجه سانتی‌گراد سرد و به مایع

۱. سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور، ناوگان اتوبوسهای گازسوز، تهران: نشر ذره، ۱۳۸۲، ص ۳۰.  
2. Liquefied Natural Gas

تبدیل شده است. این گاز از متان تشکیل شده و در آن مقادیر کمی اتان، پروپان و سایر هیدروکربن‌های سنگین‌تر نیز وجود دارد. طی مراحل تبدیل گاز طبیعی به مایع، اکسیژن، دی‌اکسیدکربن، آب و ترکیبات گوگرد از آن جدا می‌شوند و مقدار متان موجود در حالت مایع تقریباً به ۱۰۰ درصد می‌رسد.<sup>۱</sup> این سوخت غیرسمی، بی‌رنگ، بی‌بو و با حداقل آلاینده‌گی می‌باشد و فقط زمانی قابلیت انفجار پیدا می‌کند که با هوا مخلوط و یا تبخیر شده و غلظت آن در هوا به ۵ الی ۱۵ درصد برسد. این سوخت از لحاظ حجمی و انرژی مشابه گازوئیل است و در حال حاضر در دنیا بیشتر در خودروهای سنگین نظیر تریلر، اتوبوس و لوکوموتیو و در مسافت‌های طولانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در دمای منفی ۱۶۰ درجه فارنهایت بخار LNG در هوا منتشر و به سرعت در فضا پراکنده می‌شود. در حال حاضر فرآیند مایع‌سازی گاز طبیعی، یا تولید LNG، در بسیاری از کشورهای جهان از جمله قطر، اندونزی، الجزایر و مالزی که در صدر کشورهای صادرکننده LNG قرار دارند، صورت می‌پذیرد. کشورهای آسیای جنوب‌شرقی، اروپا و آمریکا نیز از مصرف‌کنندگان عمده LNG محسوب می‌شوند. روند رو به‌رشد تعداد اتومبیل‌هایی که با گاز طبیعی مایع‌شده کار می‌کنند در آمریکا بیش از خودروهای گاز طبیعی فشرده بوده است، به طوری که متوسط نرخ رشد سالانه خودروهای با سوخت گاز طبیعی مایع‌شده ۲۰/۱ درصد بوده است که حدود ۸ درصد فراتر از متوسط نرخ رشد سالانه خودروهای با سوخت گاز طبیعی فشرده می‌باشد.<sup>۲</sup>

ویژگی‌های شاخص LNG عبارتند از:

۱. چگالی بالا: از آنجا که LNG به صورت مایع است، می‌توان مقدار زیادی از آن را در فضایی کوچک ذخیره نمود. باید توجه داشت که در خودروها، عواملی چون وزن سبک‌تر سوخت و مسافت پیموده شده بیشتر در هر گالن، از مزایای سوخت محسوب می‌شوند.

۲. سرعت سوختگیری: زمان سوختگیری کامیون‌های بزرگ با سوخت LNG حدود ۴ الی ۶ دقیقه است و میزان خلوص متان در این سوخت باعث عملکرد منظم و صحیح سیستم سوخت‌رسانی و موتور خودروها می‌شود.

۱. سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت، مصرف انرژی از چرخ تا چاه، تهران: نشر ذره، ۱۳۸۲، ص ۶۴.

2. Estimated Number Of Alternative -Fueled Vehicles In Use In The United States, [www.Afdc.Gov](http://www.Afdc.Gov).

۳. قابلیت حمل و نقل: سوخت LNG را می‌توان در مخازن بسیار حجیم روی تریلرها، واگن‌های قطار یا روی کامیونهای کوچکتر از جایی به جای دیگر منتقل نمود.

۴. عدم کاهش کارایی موتور و شباهت به سوخت‌های فعلی: جدای از مسائل اقتصادی، انگیزه و مشوق اصلی صاحبان و مدیران ناوگان حمل و نقل جاده‌ای برای تبدیل سوخت خودروها به گاز طبیعی مایع شده شباهت این سوخت به سوخت‌های متعارف فعلی می‌باشد.

این سوخت علیرغم محاسن موجود مشکلاتی را نیز در پی دارد از جمله می‌توان به این موارد اشاره کرد:

۱. دمای بسیار پائین: یکی از عواملی که باعث شده LNG کمتر از سوخت‌های گازی مورد استقبال قرار گیرد دمای بسیار پائین آن است،
  ۲. مراحل سوختگیری: رانندگان و صاحبان شرکتهای حمل و نقل متقاضی سوختی هستند که مراحل سوختگیری آن کوتاه‌تر و آسان‌تر از گازوئیل و بنزین باشد، حال آنکه در سوخت LNG رعایت بسیاری از نکات در زمان سوختگیری لازم است. به عنوان مثال، در اکثر مواقع لوله‌ها، شیرها، تجهیزات اندازه‌گیری و شلنگها قبل از شروع عملیات باید خنک شود.
  ۳. میزان سوختگیری: یک مخزن ذخیره‌سازی سوخت که تحت دمای بسیار پائین است، به طور کامل پر نمی‌شود و باید فضایی را برای گازهای تبخیر شده خالی نگه داشت. لذا امروزه، سیستم‌های سوختگیری LNG طوری طراحی شده‌اند که هنگام پر شدن حجم معینی از مخزن به طور خودکار، عمل سوختگیری را متوقف می‌کنند.
- نکته حائز اهمیت دیگر این است که، LNG به عنوان یک سوخت مناسب جهت خودروهایی که توقف طولانی دارند توصیه نشده است. زیرا این توقفهای طولانی سبب تبخیر سوخت به مرور زمان خواهد شد. با توجه به این نکته استفاده از این سوخت در ناوگان اتوبوس شهری به علت توقفات متعدد جای تردید دارد. در مجموع اگر چه LNG سوختی بسیار مرغوب و ارزان در مقایسه با دیزل محسوب می‌شود، ولی هزینه‌های سرمایه‌گذاری برای گازسوز کردن وسایل نقلیه و جایگاه سوختگیری و توقف‌های متعدد اتوبوسهای درون‌شهری موانعی را در این راه ایجاد می‌کند و باعث برتری CNG نسبت به LNG شده است.

## ۳. متانول

متانول که نام دیگر آن متیل الکل است یک سوخت مایع و از خانواده الکلها می باشد. این سوخت در سال ۱۹۶۰ به صورت مستقیم و در سالهای اخیر به صورت غیرمستقیم یعنی به عنوان منبع تأمین هیدروژن پیل‌های سوختی در بخش حمل و نقل مورد استفاده قرار می گیرد. خودروهای پیل سوختی امروزی که نمونه‌های اولیه آن هستند از یک مبدل با سیستم بخار آب برای شکستن ملکول متانول و تولید هیدروژن لازم برای پیل سوختی استفاده می کنند که سبب تولید برق و حرکت خودرو می شود. طبق برآورد مؤسسه متانول آمریکا تا سال ۲۰۱۰ حداقل دو میلیون خودروی پیل سوختی متانولی در سطح جهان توسط سازندگان خودرو به فروش می رسد و تا سال ۲۰۲۰ تعداد خودروهای پیل سوختی متانولی تقریباً به ۳۵ میلیون دستگاه خواهد رسید، چنانچه این فناوری توسعه یابد، سرعت نفوذ این خودروها به بازار، سریع تر و بیشتر خواهد شد.<sup>۱</sup> متانول را می توان از منابع کربنی تهیه کرد. موادی نظیر چوب، زغال سنگ، زباله های شهری و کشاورزی و فاضلابها منابع غنی تأمین متانول هستند. امروزه گاز طبیعی به عنوان منبع عمده تولید متانول محسوب می شود. متانول سوختی را با نام اختصاری  $M_n$ <sup>۲</sup> نشان می دهند. امروزه استفاده از متانول به صورت خالص ( $M_{100}$ ) در بخش حمل و نقل کاملاً منسوخ شده است.

متانول علاوه بر مصارف سوختی در بخشها و صنایع مختلف نیز کاربردی وسیع و گسترده یافته است و در کشور ما نیز به علت وفور منابع غنی گاز و توسعه مجتمع های پتروشیمی، تولید این محصول در حال افزایش است. این سوخت الکیلی نیز نظیر دیگر سوختها خواص شیمیایی و فیزیکی منحصر به فردی دارد که از آن جمله می توان به سمی بودن و قابلیت اشتعال آن اشاره کرد. اثرات حاد آن بر بدن شامل تهوع، درد معده، استفراغ، سردرد، گیجی، اختلال دید و کوری و مرگ می باشد. با توجه به قابلیت اشتعال شدید باید این سوخت در جای خنک، دارای تهویه مناسب، دور از منابع جرقه و حرارت و مواد ناسازگار نگهداری شود. جدول ۳ مشخصات شیمیایی این سوخت را نشان می دهد.

۱ . [www.Methanol.Org](http://www.Methanol.Org)

۲ . حرف M علامت اختصاری متانول و عدد N درصد متانول موجود در سوخت را نشان می دهد. مثلاً  $M_{85}$  یعنی سوخت موجود حاوی ۸۵ درصد متانول و ۱۵ درصد سایر مواد می باشد.



جدول ۳. مشخصات شیمیایی متانول<sup>۱</sup>

نقطه انجماد F°	قابلیت انحلال در آب	دمای احتراق خود به خود °F	عدد اکتان	دمای جوش °F	وزن مخصوص	فرمول شیمیایی
۱۴۳/۵	%۱۰۰	۸۶۷	۱۰۷	۱۴۹	۰/۷۹۶	CH <sub>3</sub> OH

متانول از اواخر دهه ۸۰ توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا با توجه به پتانسیل‌هایی که برای کاهش آلاینده‌گی خودرو داشت، شدیداً مدنظر قرار گرفت. علاوه بر این دولت محلی کالیفرنیا نیز در قوانین حمایتی خود سوخت متانول را مورد تشویق قرار داد. بعدها به دلیل معایب و مشکلات این سوخت، استفاده از متانول به عنوان سوخت موتورهای احتراق داخلی به شدت افول کرد به طوری که متوسط نرخ رشد سالانه خودروهای متانولی تا سال ۲۰۰۴ به ۱۴/۳- درصد رسید.<sup>۲</sup>

البته همراه با این نرخ منفی استفاده از سوخت متانول، شاهد رشد سریع و رو به گسترش خودروهای پیل سوختی هستیم که منبع اصلی تغذیه آنها متانول می‌باشد. دانشگاه‌های آمریکا به مدت ۱۴ سال نقش اصلی در توسعه پیل‌های سوختی متانولی برای اتوبوس‌های درون شهری داشته‌اند و تاکنون اتوبوس‌هایی در انواع مختلف برای ناوگان حمل و نقل درون شهری آمریکا طراحی شده‌اند که منبع اصلی تغذیه آنها پیل سوختی متانولی است. در حال حاضر آمریکا تقریباً یک چهارم متانول جهان را تولید می‌کند.

تجارت جهانی متانول بر اقتصاد جهان اثر قابل ملاحظه‌ای دارد و بیش از ۱۲ میلیارد دلار در سال فعالیت اقتصادی ایجاد می‌کند. یعنی طبق برآوردها ۱۰۰ هزار فرصت شغلی به طور مستقیم یا غیرمستقیم با این کالای جهانی در ارتباط است.<sup>۳</sup> خصوصیات شیمیایی متانول، سمی بودن آن و شرایط نگهداری این سوخت که مستلزم

۱. اطلاعات مقایسه‌ای سوخت‌های جایگزین، [www.leco.org](http://www.leco.org)

2. Estimated Number Of Alternative – Fuel Vehicles In Use In The United State. [www.afdc.gov](http://www.afdc.gov)

۳. سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور، نگاهی فراتر از موتور درون‌سوز، تهران، نشر ذره، ۱۳۸۲، ص ۲۰.

محیط و رعایت استانداردهای ویژه است، تأثیر عمده‌ای بر هزینه مصرف آن گذاشته است. هزینه تبدیل جایگاه‌های بنزینی به متانولی بیش از ۴۵ هزار دلار آمریکا برآورد می‌شود و قیمت سوخت متانول نیز دائماً در حال نوسان و رو به افزایش بوده است. در حال حاضر کالیفرنیا با ۱۰۰ جایگاه سوختگیری و ۱۵ هزار خودروی متانولی دارای تجارب بسیار مفید در مصرف متانول است. متانول سوخت بسیار پاک در مقایسه با دیزل محسوب می‌شود لیکن با توجه به محتوای انرژی و ماهیت سوخت، لازم است تغییرات اساسی در موتورهای سنگین ایجاد شده و حجم سیستم سوخت‌رسانی، به دو برابر افزایش یابد.

در نهایت می‌توان گفت با وجود منابع غنی گاز در کشور و ظرفیتهای بلااستفاده در بازار متانول باید در صنعت پتروشیمی و تولید متانول سرمایه‌گذاری جدی صورت پذیرد و ایران سهم شایسته خود را در بازار عرضه متانول کسب کند. همچنین علی‌رغم آلاینده‌گی اندک سوخت متانول نسبت به گازوئیل با در نظر گرفتن موانع جدی مصرف این سوخت در خودروهای سنگین از قبیل هزینه تغییرات در وسیله نقلیه، هزینه احداث جایگاه، هزینه سوخت و حمل و نقل آن و نبود فن‌آوری لازم در کشور، استفاده از این سوخت چندان توصیه نمی‌شود. آنچه آمارها و واقعیات فعلی منعکس می‌کند، این است که سهم خودروهای پیل سوختی در دنیا رو به افزایش است و در آینده باید متانول مورد نیاز این قبیل موتورها تأمین شود. لذا تقاضای فزاینده‌ای برای متانول و تولید این موتورها ایجاد خواهد شد که کشور ما باید از این فرصت مناسب بهره جوید.

#### ۴. اتانول

اتانول که به آن اتیل الکل هم می‌گویند، سوختی مایع و از خانواده الکلهاست. امروزه از این سوخت الکلی به صورت ترکیب با یک سوخت دیگر در حمل و نقل استفاده می‌شود و با نام اختصاری  $E_{85}$ <sup>۱</sup> نشان داده می‌شود. فرمول شیمیایی اتانول  $C_2H_5OH$  است و وجود اتمهای کربن، اکسیژن و هیدروژن، مزیت‌های خاصی به این سوخت داده است. از

۱. حرف E علامت اختصاری اتانول و عدد N درصد اتانول موجود در سوخت را نشان می‌دهد. برای مثال  $E_{85}$  یعنی سوخت موجود ۸۵ درصد اتانول و ۱۵ درصد سایر مواد سوختی نظیر بنزین و... را همراه دارد.

## بررسی های اقتصاد انرژی

ویژگیهای بارز اتانول تنوع روشهای تولید می باشد. جدول ۴ مشخصات شیمیایی این سوخت را نشان می دهد.

اتانول را می توان از گندم، ذرت، برنج، سیبزمینی، آب پنیر، مواد زائد و زباله شهری و همچنین خرده های کاغذ، مواد زائد دامداریها، نیشکر، جلبکها و دیگر مواد زائدی که حاوی سلولز باشند تهیه کرد. از نفت خام هم می توان برای تهیه اتانول استفاده نمود. کشاورزانی که الکل اتانول را تولید می کنند به آن مهتاب می گویند و این شاید به خاطر فواید و رنگ روشن آن باشد. اتانول خالص به مواد پلاستیکی صدمه می زند و به صورت خالص در موتورها مورد استفاده قرار نمی گیرد. علاوه بر این به دلیل اینکه عدد اکتان اتانول بالاتر از سوخت های معمول اتومبیلها می باشد، لازم است در زمان جرقه زنی و سیستم برق اتومبیل ها، تغییراتی به وجود آید. همچنین برای تغییر دادن سوخت اتومبیل به اتانول، سیستم کاربراتور بزرگتری مورد نیاز است (پنجاه درصد بزرگتر) چون محتوای انرژی این سوخت نسبت به گازوئیل و بنزین کمتر است لذا باید مخازن و سیستم سوخت رسانی حجیم باشد زیرا فضای بیشتری نسبت به مشابه دیزلی و بنزینی خود اشغال می کند.

استفاده از اتانول به عنوان سوخت کامل، یا سوخت ترکیبی یا بنزین امروزه در جهان با سرعت زیادی رو به گسترش است و اتانول با عدد اکتان بالاتر از بنزین یک سوخت بسیار مرغوب از نظر میزان آلاینده گی محسوب می شود.<sup>۱</sup>

جدول ۴. مشخصات شیمیایی اتانول<sup>۲</sup>

نقطه انجماد F°	قابلیت انحلال در آب	دمای احتراق خود به خود F°	عدد اکتان	دمای جوش F°	وزن مخصوص	فرمول شیمیایی
-۱۷۳	%۱۰۰	۷۹۳	۱۰۸	۱۷۲	۰/۷۹۶	C <sub>۲</sub> H <sub>۵</sub> OH

۱. رضا جعفرآبادی، چشم انداز استفاده از اتانول، پنجمین همایش ملی انرژی (۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ۸۴)، لوح فشرده، تهران: وزارت نیرو، ۱۳۸۴.

۲. اطلاعات مقایسه ای سوخت های جایگزین. [www.leco.org](http://www.leco.org).

کشورهای برزیل، آمریکا و روسیه در زمینه اتانول، تحقیقات گسترده‌ای انجام داده‌اند و برزیل در حال حاضر پیشتاز صنعت خودروه‌های الکلی در جهان است. کشورهای نظیر آمریکا با اهدافی چون تعدیل تراز تجاری و کاهش واردات نفت، توسعه بخش کشاورزی، ایجاد اشتغال، امنیت انرژی و... در زمینه بسط و توسعه این سوخت سرمایه‌گذاری کرده‌اند. برای حمل و نقل اتانول نیز نظیر سایر سوخت‌های مایع از خطوط لوله، تانکر و پایانه‌های مخزنی استفاده می‌شود.

هم‌اکنون استفاده از این سوخت با سرعت چشمگیری در آمریکا رو به افزایش است به طوری که متوسط نرخ رشد سالانه وسایل نقلیه‌ای که با اتانول ۸۵ درصد کار می‌کرده‌اند تا سال ۲۰۰۴ تقریباً به نرخ ۷۹ درصد رسیده است و بیشترین رشد را در مقایسه با سایر سوختها به خود اختصاص داده است.<sup>۱</sup> زیرساخت توزیع و سوخت‌رسانی اتانول مشابه بنزین است و اجزای اصلی آن نظیر تانکرها، ترمینالها، کامیونها و مخازن، شبیه به هم هستند. تنها اختلاف اساسی این است که دانسیته (چگالی) انرژی اتانول کمتر است و به همین دلیل، قیمت توزیع اتانول بالاتر خواهد بود. برآورد هزینه تبدیل جایگاه‌های دیزلی به الکلی ۴۵ هزار دلار آمریکا برای هر جایگاه است که این برای جایگاهی به ظرفیت ۱۱۰۰ خودروی اتانولی در روز می باشد. بیشتر اتوبوسهای مسافبری اتانولی، اکسید نیتروژن کمتری در مقایسه با مشابه گازوئیلی خود تولید می‌کنند.

اتوبوسهای اتانولی اصلاح شده هم اکنون در شهر نیویورک در حال فعالیت هستند و هیدروکربن و منواکسیدکربن کمتری نسبت به مشابه گازوئیلی خود و یا اتوبوسهای قدیمی‌تر با سوخت الکل منتشر می‌کنند. در کشور ما با توجه به منابع بالقوه و مواد اولیه جهت تولید اتانول حاصل از ملاسهای نیشکری و چغندری، مواد نشاسته دار مانند ذرت و گندم، ضایعات چوب، ضایعات کشاورزی و کاغذ بازیافتی از زباله و... امکان تولید اتانول فراهم است و در صورت ایجاد بازار مصرف و سرمایه‌گذاری مناسب می‌توان سالانه بیش از ۲ میلیون تن اتانول در کشور تولید کرد.

استفاده از سوخت اتانول عموماً با ترکیب ۱۰ درصد اتانول و ۹۰ درصد بنزین در دنیا رایج شده که به نام سوخت E۱۰ معروف شده است. این سوخت یکی از رایج‌ترین

1. Estimated Number Of Alternative - Fueled Vehicles In Use In The United State, [www.afdc.gov](http://www.afdc.gov)

سوخته‌های موجود آمریکا می‌باشد. در برزیل این ترکیب شامل ۲۰ تا ۲۵ درصد اتانول و در سوئد ۵ درصد اتانول است. رقیب اصلی اتانول ترکیبات اکسیژن‌دار یعنی MTBE است. مصرف این ماده به طور معمول در سالیان گذشته بیش از اتانول بوده است لیکن با توجه به گزارش‌های متعدد در زمینه آلودگی آب‌های زیرزمینی توسط MTBE، ادامه استفاده از این ماده در بسیاری از کشورها با تردید مواجه است.

مطالعات انجام شده در زمینه استفاده از اتانول به همراه بنزین نشان داده است که تا اختلاط ده درصد نیاز به تغییر موتور و یا سیستم سوخت‌رسانی نمی‌باشد. افزودن این ماده به بنزین، باعث افزایش شش درصدی قیمت بنزین می‌شود که با توجه به اثرات سوء MTBE این هزینه موجه است.<sup>۱</sup>

استفاده از اتانول در موتورهای سنگین با موانع و محدودیتهای جدی روبه‌روست، زیرا باید ماهیت موتورهای دیزلی تغییر کرده و ساختار آن به موتور جرقه‌ای تبدیل شود. همچنین افزایش حجم مخازن، سرمایه‌گذاری در جایگاهها و وابستگی این سوخت به محصولات کشاورزی و نزولات جوی، از جمله محدودیتهای محسوب می‌شود.

### ۵. دی‌متیل اتر (DME)

جنبه‌های تجاری گاز طبیعی در آخرین دهه قرن بیستم چنان گسترش یافت که منجر به فناوریهای نوین در قرن جدید شده، که در این میان می‌توان به فناوری DME اشاره کرد. این ماده در سالهای اخیر توجهات زیادی را به خود جلب کرده است. دی‌متیل اتر یک انرژی چند منظوره، پاک و تمیز برای محیط زیست می‌باشد. این ماده با فرمول شیمیایی  $\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_3$  یک ترکیب تمیز، بی‌رنگ، غیرسمی، و بی‌ضرر برای محیط‌زیست است که در حال حاضر اساساً به عنوان ماده پیش‌ران در رنگهای افشان، موادشیمیایی کشاورزی و بهداشتی به مصرف می‌رسد. DME ترکیبی نسبتاً خنثی، بدون خوردگی، غیرسرطان‌زا و غیرسمی است. عمر این ماده در اتمسفر کوتاه است و ظرف کمتر از یک روز به  $\text{CO}_2$  و آب تجزیه می‌شود، در دما و فشار محیط به سادگی تبخیر شده و در حالت گازی، سنگین‌تر از هواست و با شعله قابل رؤیت می‌سوزد. وزن

۱. انجمن صنفی تولیدکنندگان الکی، تولید اتانول سوختی و امکان استفاده از آن در سوخت اتومبیلها در ایران، اولین همایش بهینه‌سازی مصرف انرژی در بخش حمل و نقل، پیشین، ص ۱۳۷.

ملکولی DME پایین بوده و مولکول آن حاوی نسبت هیدروژن به کربن بالایی می‌باشد ( $H/C_{DME} = 3$  در مقابل  $H/C_{Diesel} = 1/8$ ) که این خود منجر به تولید مقدار کمتری  $CO_2$  در هنگام احتراق می‌گردد. DME به واسطه پایین بودن نقطه جوش، به‌عنوان یک گاز مایع مورد استفاده قرار می‌گیرد. نقطه جوش این ماده زیر صفر و نزدیک به نقطه جوش LPG است و به‌راحتی قابل تبدیل شدن به مایع و ذخیره کردن است. بنابراین، زیرساخت‌های موجود LPG نظیر تانکرها و سردکننده‌ها می‌توانند برای DME استفاده شوند. درجه ستان DME به درجه ستان نفت‌گاز خیلی نزدیک است، بنابراین DME به راحتی می‌تواند در موتورهای دیزلی استفاده شود. همچنین خاصیت خورندگی ندارد. در هر صورت نکته مهم این است که با کمترین اصلاحات در زیرساخت‌های موجود در واحدهای تولید LPG می‌توان از آنها در جهت تولید DME استفاده نمود. مطالعات انجام شده در ژاپن نشان می‌دهد، یک کارخانه بزرگ DME از کارخانه LPG و LNG اقتصادی‌تر است.<sup>۱</sup> جدول ۵ ویژگی‌های این سوخت را در مقایسه با دیزل و سوخت‌های گازی نشان می‌دهد.

جدول ۵. مقایسه ویژگی‌های DME با سایر سوختها<sup>۲</sup>

Diesel	DME	LPG	LNG	خصوصیات سوخت
$C_{10}H_{22}$	$C_2H_6O$	$C_3H_8$	$CH_4$	فرمول شیمیایی
۱۸۰-۳۶۰	-۲۵	-۴۲	-۱۶۱	نقطه جوش ( $e^\circ$ )
۳۸-۵۳	۵۵-۶۰	-	-	درجه ستان
۰/۶۶۸	۰/۱۸۸	۰/۵۴۰	-	چگالی مایع ( $kg/L^\circ$ )
۷۴/۲	۶۷/۵	۶۳/۸	-	انتشار $CO_2$ ( $g^2/MJ$ )

اترهای سنگین‌تر نظیر دی‌اتیل اتر نیز به عنوان سوخت پیشنهاد گردیده‌اند. این سوختها در شرایط محیط مایع بوده و خواص آنها مشابه DME می‌باشد. اترهای سنگین‌تر نیز در سیستم‌های بسته باید ذخیره شوند زیرا بخارهای آنها با هوا می‌تواند

۱. زهرا جلیلود، روش‌های جدید تولید و صرفه‌های اقتصادی دی متیل اتر، شبکه اینترنتی تحلیلگران تکنولوژی، [www.Itan.Net](http://www.Itan.Net)، ۱۳۸۱.

۲. همان.

تولید مخلوط‌های قابل انفجار کند، به علاوه از نظر اقتصادی این اترها قابل رقابت با DME نیستند. در حال حاضر دو روش آبیگری متانول و استفاده مستقیم از گاز جهت تولید DME وجود دارد. در روش اول ابتدا گاز طبیعی به متانول تبدیل می‌شود و سپس متانول تولیدی آبیگری شده و محصول نهایی (DME) در کنار آب تولید می‌گردد.

اگرچه آبیگری متانول فرآیند نسبتاً ساده‌ای است اما برای تولید DME در مقیاس بالا دو اشکال عمده وجود دارد اولاً، DME تولید شده از این روش گرانتر از متانول است، ثانیاً ظرفیت تولید آن در هر خط پایین می‌باشد. به منظور اقتصادی بودن پروژه تولید DME به عنوان یک سوخت ارزان لازم است تولید در حجم بالا صورت پذیرد به این منظور روش دوم یعنی استفاده مستقیم از گاز طبیعی در جهت تولید این ماده شکل می‌گیرد. این روش توسط یک شرکت دانمارکی به نام Tops توسعه داده شد. در این فرآیند تولید متانول از گاز طبیعی و سپس تبدیل آن به DME در یک بخش فرآیندی ادغام شده است و بدین ترتیب نیازی به جداسازی و تخلیص متانول به عنوان ماده واسطه وجود ندارد. تولید روزانه بیش از ۷۵۰۰ تن DME در یک خط تولید امکان‌پذیر است و این روش از نظر اقتصادی کاملاً قابل توجیه است و در مقایسه با تولید LNG نیز هزینه کمتری دارد. جدول ۶ هزینه‌های یک واحد تأسیسات تولید LNG را در مقایسه با DME نشان می‌دهد.

اگرچه DME به عنوان یک سوخت نوین مطرح است ولی روز به روز بر توسعه و مقیاس تولید آن افزوده می‌شود به طوریکه بازارهای مصرف زیر را می‌توان برای این سوخت پیش‌بینی کرد.

جدول ۶. مقایسه DME و LNG<sup>۱</sup>

(میلیون دلار)

واحد LNG	واحد DME	هزینه‌های DME
۸۰۰	۵۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری پایین‌تر
۱۰۰	۱۵	هزینه درون ساحلی کمتر
۳۰۰	۱۰۰	هزینه برون ساحلی کمتر

۱. افشین جوان، معرفی تکنولوژی‌های نوین در صنعت گاز: دی‌متیل اتر DME، شبکه اینترنتی تحلیلگران تکنولوژی [www.Itan.Net](http://www.Itan.Net)

## ۵-۱. سوخت نیروگاه‌ها

در حال حاضر از LNG، LPG، نفت خام، و زغال سنگ به عنوان سوخت نیروگاه‌ها در ژاپن استفاده می‌شود. از این میان نفت خام و زغال سنگ هر دو آلوده‌کننده محیط زیست هستند و برای استفاده از آنها باید اقدامات جبرانی جهت کاهش آلودگی هوا صورت گیرد. در مقابل LPG و LNG سوخت‌های پاک محسوب می‌شوند، اما هزینه‌های بالای سرمایه‌گذاری LNG و عرضه محدود LPG خاورمیانه به آسیای جنوب شرقی و کشورهای خاور دور از جمله موانع استفاده از این سوخت‌هاست. در مقابل DME یک سوخت پاک است و کل هزینه‌های سرمایه‌گذاری آن به خاطر وجود زیرساخت‌های LPG که با اندک تغییری برای DME قابل استفاده هستند، مقرون به صرفه می‌باشد. منابع DME محدود به منطقه و کشور خاصی نیست و ذخایر کوچک گاز طبیعی با هزینه اندکی قابل استفاده برای تولید DME هستند، همچنین در مقایسه با نفت کوره و دیزل زمان دسترسی عملیاتی مناسبتر و هزینه‌های تعمیر و نگهداری ۵ تا ۳۰ درصد کاهش می‌یابد. مشاهدات و آزمون‌های احتراق حاکی از آن است که کارایی انرژی DME از گاز طبیعی بالاتر است و مقدار برق ایجاد شده توسط DME و گاز طبیعی، در مقادیر یکسان، بالاتر است. بنابراین به نظر می‌رسد که DME سوخت آینده نیروگاه‌ها باشد.

## ۵-۲. سوخت جایگزین در حمل و نقل

مطالعه بر روی موتورهای DME به عنوان جایگزین موتورهای دیزلی آغاز شده است، البته عرضه تجاری این موتورها مدتی طول می‌کشد، اما در حال حاضر مطالعات وسیعی بر روی سلول‌های سوختی در مراکز تحقیقاتی و دانشگاهی در حال انجام است. البته هنوز پیشرفت‌های بیشتری مورد نیاز است تا DME بتواند با سایر سوخت‌های مورد استفاده نظیر گازوئیل و متانول قابل رقابت شود. استفاده از DME به عنوان سوخت اتومبیل برای اولین بار در سال ۱۹۹۵ مطرح شد، نظریه استفاده از DME به عنوان سوخت خالص در بدو امر عجیب به نظر می‌رسید، لیکن با اثبات اینکه DME را می‌توان در مقیاس تجاری تولید نمود، منجر به پذیرش این نظریه و شروع آزمایش‌های عملی در آزمایشگاه‌های دنیا شد. استفاده و نگهداری این سوخت شبیه LPG می‌باشد و در شرایط محیطی به صورت گاز است. در فشار متوسط (شش بار) قابل ذخیره‌سازی به صورت مایع می‌باشد. چگالی انرژی این سوخت حدود نصف گازوئیل است و برای طی



یک مسافت یکسان نیاز به مخزن سوخت بزرگتری در خودرو می‌باشد. برای محتوای انرژی یکسان، مخزن DME نسبت به بنزین ۶۶ درصد حجم بیشتر و ۴۷ درصد وزن بیشتری دارد. ذخیره این سوخت در خودرو مشابه LPG است و در آزمایشها مخزنی با فشار ۹ بار مورد استفاده قرار گرفته است. عدد ستان بالا (۶۰-۵۵) در مقایسه با عدد ستان حدود ۴۵ برای سوختهای دیزل حاصل از نفت خام و نقطه جوش پایین در حدود  $25^{\circ}\text{C}$  - باعث اختلاط سریع سوخت و هوا می‌شود. همچنین شروع کارکرد سریعتر موتور در دماهای پایین موجب شده است تا DME به عنوان یک سوخت مناسب و قابل رقابت با گازوئیل مطرح شود. علاوه بر موارد مذکور محتوای اکسیژن (۳۵ درصد وزنی) سبب احتراق DME بدون دود می‌شود و در مقایسه با سوخت دیزل، سر و صدای کمتری در موتور ایجاد می‌کند. برای استفاده از DME در موتورهای دیزلی نیازی به تغییرات اساسی نیست ولی به دلیل فشار بخار نسبتاً بالای این ماده، نیاز به محفظه سوخت جدید و یک سیستم تزریق سوخت جدید است. تحقیقات وسیعی در اروپا، آمریکا و ژاپن در این زمینه در حال انجام است. از آنجا که DME به تازگی به عنوان سوخت خودرو معرفی شده است، داده‌های مربوط به انتشار آلاینده‌ها در آن کم است ولی بر پایه برخی آزمایشها، این سوخت در مقایسه با گازوئیل دارای مزیت حدود ۱۰۰ درصد کاهش اکسیدهای گوگرد، ۹۸ درصد کاهش هیدروکربن‌ها، ۵۰ درصد کاهش مونواکسید کربن و بیش از ۶۰ درصد کاهش اکسیدهای نیتروژن است. این سوخت با اینکه سمی نیست ولی چشم و دستگاه تنفس را تحریک می‌کند. DME گران‌تر از بنزین است و احتمالاً همانطور باقی خواهد ماند اما در دراز مدت ممکن است به لحاظ قیمت با گازوئیل قابل رقابت باشد.

### ۵-۳. جایگزینی در مصارف خانگی و تجاری

تقاضا برای LPG در ژاپن، چین، هند و آسیای جنوب شرقی در حال افزایش است. استفاده عمده LPG در ژاپن در بخشهای خانگی و تجاری است. میزان اختلاف عرضه و تقاضای LPG در آینده بستگی به طرحهای پتروشیمی در خاورمیانه خواهد داشت. در هر صورت به نظر می‌رسد که قیمت LPG به لحاظ افزایش تقاضا برای آن در آینده افزایش یابد. بنابراین بازارهای خانگی، تجاری و سایر بازارها برای LPG یکی از بازارهای بالقوه DME در آینده خواهد بود.

#### ۴-۵. حمل و ذخیره‌سازی DME

چون خواص فیزیکی DME بسیار مشابه گاز مایع یا LPG است می‌توان از تجربیات وسیع و تکنولوژی موجود در ارتباط با حمل و ذخیره سازی LPG در این مورد بهره گرفت. ذخیره‌سازی DME می‌تواند به صورت مایع سرد در دمای  $25^{\circ}\text{C}$  - و در مخازن متداول LPG با اندک اصلاحاتی (که عمدتاً مرتبط با سیستم‌های آب‌بندی است)، انجام شود. در ارتباط با حمل و نقل دریایی می‌توان از تانکرهای معمولی حمل LPG استفاده نمود. در این حالت برخلاف LPG که می‌تواند به صورت فشرده، نیمه فشرده، و سرد حمل شود، DME باید به صورت مایع سرد و در محموله‌های ۳۵، ۵۴ و یا ۷۸ هزار مترمکعبی حمل شود. از آنجا که این ماده بی‌بوست، به لحاظ ایمنی لازم است از یک افزودنی نظیر اتیل‌مرکاپتان جهت بودار کردن آن استفاده شود. این ماده به واسطه سابقه تاریخی استفاده آن در گاز مایع و همچنین نزدیکی نقطه جوش به DME با غلظتی در حدود ۲۰ واحد در میلیون<sup>۱</sup> استفاده می‌شود.

#### ۵-۵. تولیدکنندگان

در حال حاضر تولید DME در واحدهای کوچک نیمه صنعتی صورت می‌گیرد. کشورهای نظیر ژاپن و هند طرح‌های تولید انبوه DME را به عنوان جایگزین منابع سوختی خود، مورد بررسی قرار داده‌اند. طرح تولید این محصول به عنوان یک سوخت چندمنظوره در هند توسط شرکت BP و سه شرکت نفتی هند،<sup>۲</sup> شرکت GAIL و مؤسسه نفت هند<sup>۳</sup> در مراحل بررسی نهایی است.<sup>۴</sup> مکان احداث آن هنوز مشخص نشده ولی احتمالاً خاورمیانه خواهد بود. ظرفیت این واحد تولید DME حدود ۱/۸ میلیون تن در سال پیش‌بینی شده است. چند شرکت ژاپنی نیز با همکاری یکدیگر، شرکت سهامی DME ژاپن را تشکیل داده‌اند و در حال حاضر مشغول مطالعات امکان‌سنجی احداث واحد DME با سرمایه‌گذاری حدود ۶۰۰-۵۰۰ میلیون دلار در غرب استرالیا می‌باشند. شرکت ملی نفت ایران نیز مطالعاتی را در زمینه به کارگیری

1. Ppm

2. Iocl

3. Iip

4. [www.Dmeforpower. Net/Pg-Faet](http://www.Dmeforpower.Net/Pg-Faet)

فناوری DME در کشور مورد توجه قرار داده است. در حال حاضر مطالعه فنی طرح در حال پیگیری است که با توجه به منابع عظیم گاز ایران، در صورت احراز توجیه اقتصادی برای فناوری های نوین، کشور ما می تواند به عنوان پیشتاز چنین طرح هایی مطرح شود.

### ۶. جمع بندی

اکنون در ناوگان حمل و نقل دنیا، سوخت دیزل و بنزین با توجه به ویژگی های خاص خود و داشتن برخی مزایا، بیشترین میزان استفاده را دارد. با در نظر گرفتن عواملی چون فراوانی منابع، قیمت های جهانی، هزینه های سرمایه ای، مرغوبیت و دوام سوخت و سپس انجام تحلیل های مقایسه ای، سوخت های متانول، اتانول، و دی متیل اتر، جایگزین های مناسبی در کوتاه مدت برای بنزین و دیزل محسوب نمی شوند. لیکن سوخت گاز طبیعی فشرده در مقایسه با دیزل و بنزین، ارزانتر و مرغوبتر است ولی نیازمند هزینه های سرمایه ای بیشتر می باشد. البته دوام این سوخت در مقایسه با گازوئیل و بنزین بسیار کمتر است و باعث تعدد دفعات سوخت گیری می شود. برخی کشورها با استفاده از گاز طبیعی مایع شده مشکل تعدد دفعات سوخت گیری را مرتفع ساخته اند ولی هزینه های جاری و سرمایه ای بیشتری را پذیرفته اند. البته با توجه به توقف متعدد اتوبوس های شهری که منجر به تبخیر سوخت گاز طبیعی مایع شده و تحمیل هزینه اضافی می گردد، استفاده از این سوخت به عنوان جایگزین در رتبه بعد از گاز طبیعی فشرده قرار دارد. لیکن در ناوگان حمل و نقل سبک، گاز طبیعی اولویت اولین جایگزین را به خود اختصاص داده است. در مجموع می توان دو حالت برای سرمایه گذاران تصور کرد، تلاش در جهت کاهش آلاینده گی ناشی از سوخت دیزل و بنزین صرف نظر از کاهش و تجدیدناپذیری منابع نفتی، و یا استفاده از گاز به عنوان سوخت جایگزین همراه با تحقیقات در جهت کاهش مشکلاتی نظیر هزینه های سرمایه ای و تعدد دفعات سوخت گیری. از طرف دیگر آمارها نشان می دهند که، تقاضا برای سوخت هایی نظیر متانول، اتانول، LPG و DME روز به روز در حال افزایش است. ذخایر عظیم گاز طبیعی کشورمان به عنوان ماده اولیه این سوخت های جایگزین، تأکیدی بر لزوم استفاده از ظرفیت بالای صادراتی سوخت های جایگزین و تلاش برای کسب سهم حقیقی ایران در بازار جهانی است. لذا، با توجه به ظرفیت های مراکز تحقیقاتی، تاسیس کارخانه های

سوخت جایگزین با تکیه بر ذخایر گاز طبیعی کشور باید در اولویت برنامه‌های سیاستگذاران بخش انرژی کشور قرار گیرد.

### منابع و مآخذ

۱. انجمن صنفی تولیدکنندگان الکلی، تولید اتانول سوختی و امکان استفاده از آن در سوخت اتومبیل‌ها، مجموعه مقالات اولین همایش بهینه‌سازی مصرف انرژی در بخش حمل و نقل، ۱۳۸۳، ص ۱۳۷.
۲. جعفرآبادی، رضا، چشم‌انداز استفاده از اتانول، مجموعه مقالات پنجمین همایش ملی انرژی، تهران، ۱۳۸۴.
۳. جلیوند، زهرا، روش‌های تولید دی‌متیل اتر، شبکه تحلیل‌گران تکنولوژی، ( WWW./fan, net )، ۱۳۸۱.
۴. جوان، افشین، معرفی تکنولوژی‌های نوین در صنعت گاز، شبکه تحلیل‌گران تکنولوژی، ( WWW./fan, net )، ۱۳۸۲.
۵. دفتر برنامه‌ریزی انرژی، معاونت امور انرژی، وزارت نیرو، ترازنامه انرژی، سال‌های مختلف.
۶. سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت، مصرف انرژی از چرخ تا چاه، تهران: نشر ذره، ۱۳۸۲.
۷. سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت، ناوگان اتومبیل‌های گازسوز، تهران، نشر ذره، ۱۳۸۲.
۸. سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت، نگاهی فراتر از موتور درون‌سوز، تهران: نشر ذره، ۱۳۸۲.
۹. یزدان‌پناه، نیما، بررسی جایگاه گاز طبیعی فشرده به‌عنوان سوخت خودروها، مجموعه مقالات اولین همایش بهینه‌سازی مصرف انرژی در بخش حمل و نقل، ۱۳۸۳، ص ۷۷۲.

10. Diego , Golden , A.NGV Integration in latin America. www. iangV. org

11. European Natural Gas Vehicle Association , Government Policy Making for NGV , : A survey of Europe and Selected countries. www. Engva. Org.

12. Estimated number of Alternative – Fueled Vehicles in use in the united state. www. afdc. Gov.
13. www. epa. gov.
14. www. iea. org.
15. www. methanol.org.
16. Perman , Roger at el. ( 1999). Natural Resource and Enviromental Economics. Second Edition , London , Prentice Hall

