



## فن آوری LNG و وضعیت واردات و صادرات آن در ایران و جهان

حمیدرضا زارع<sup>۱</sup>، زهرا جمشیدنژاد<sup>۲</sup>، امین عبادی<sup>۳</sup>

منطقه پنج عملیات انتقال گاز فارس شیراز- کمربندی احمد آباد ۹۱۷۳۱۳۵۷۳۱ و ۰۷۱۱-۸۴۰۳۸۰۰

### چکیده

فن آوری تولید و انتقال گاز طبیعی مایع، پیشرفته، بسیار گران و نیاز امروز جامعه جهانی بخصوص ایران است. هزینه بالای آن باعث شده کشورها کمتر ریسک سرمایه گذاری در آن را بپذیرند. هزینه تولید و انتقال گاز طبیعی مایع نسبت به استخراج و انتقال نفت به طرز قابل توجهی بالاتر است. با این حال با پیشرفتهایی که در زمینه تولید و انتقال گاز طبیعی مایع صورت گرفته و به دلیل مزایای استفاده از گاز طبیعی، سهم LNG در بازار جهانی هر ساله رشد دارد. با توجه به اینکه ایران از نظر منابع گاز طبیعی رتبه دوم بعد از روسیه را در جهان دارد، ضرورت دارد که هر چه سریعتر از این فن آوری استفاده کند تا از دیگر کشورها و بازار جهانی عقب نماند. اما ایران برای وارد شدن به این بازار با مشکلات فراوانی روبه رو است. در این مقاله در مورد این فن آوری و مشکلات ایران برای پیوستن به بازار جهانی گاز طبیعی مایع بحث شده است.

### ۱- مقدمه

تولید و میعان گاز طبیعی برای اولین بار توسط فاراده، هنگامی که آزمایشهایی درباره میعان گازهای مختلف و از جمله گاز طبیعی انجام داد (قرن ۱۹ میلادی) صورت گرفت. اولین سیستم تبرید فشرده را لینده در مونیخ در سال ۱۸۷۳ ساخت و بالاخره در سال ۱۹۶۴ با راه اندازی کارخانه تولید LNG در الجزایر، کشور انگلستان به عنوان اولین وارد کننده و الجزایر به عنوان اولین صادر کننده گاز طبیعی مایع در آمدند.

۱- کارشناسی ارشد مهندسی برق-قدرت

۲- کارشناسی مهندسی شیمی

۳- کارشناسی مهندسی مکانیک

از آن زمان تاکنون تولید کنندگان و مصرف کنندگان چندی وارد این بازار شده اند. از جمله تولیدکنندگان جنوب شرق آسیا برونئی ۱۹۷۲، اندونزی ۱۹۷۲، اندونزی ۱۹۷۷ و مالزی ۱۹۸۳ وارد این بازار شدند.

یکی از مهمترین خصوصیات و ویژگیهای LNG، هزینه های بالای آن در سرتاسر زنجیره تولید تا عرضه در بازار است. این هزینه ها به طرز قابل توجهی از هزینه های استخراج و مراحل پالایش تا عرضه نفت به بازار بالاتر است. هزینه های بالا و انعطاف ناپذیری بازار گاز باعث شده که استفاده از قراردادهای طولانی مدت به عنوان یک اصل در تجارت جهانی گاز بیشتر باب شود. امروزه فروش جهانی LNG بالغ بر ۱۲۰ میلیون تن در سال است. این مقدار حدود ۲۵ درصد تجارت بین المللی گاز را تشکیل می دهد و بقیه تجارت گاز از طریق خط لوله انجام می شود. در شرایط جدید با پیشرفتهایی که انجام شده بتدریج سهم LNG در حال فزونی است بصورتی که بازار جهانی آن حدود ۷ تا ۱۰ درصد در سال رشد دارد.

## ۲- معرفی LNG

گاز طبیعی مایع (Liquefied Natural Gas) مایعی است بی بو، شفاف، غیر سمی با وزن مخصوص حدود ۰/۴۵ گرم بر سانتی متر مکعب که با تبرید و میعان سازی گاز طبیعی در حدود ۱۶۰- درجه سانتی گراد، در حدود فشار یک اتمسفر تولید می شود. این دما نزدیک به دمای جوش متان ۱۶۱/۴۹- درجه سانتی گراد است. با میعان سازی گاز طبیعی، حجم آن ۶۰۰ برابر کاهش می یابد و به همین دلیل توجیه کافی برای حمل و نقل گاز طبیعی بصورت مایع وجود دارد. این نسبت کاهش حجم برای LPG حدود ۲۵۰ و در مورد CNG حدود ۲۰۰ است.

## ۳- مراحل تولید و انتقال LNG

مراحل اصلی زنجیره تولید و انتقال عبارتند از مایع سازی، حمل با کشتی و تبدیل مجدد به گاز. طی سالهای اخیر پیشرفتهای انجام شده در فن آوری و طراحی در هر مرحله باعث صرفه جویی های مهمی در هزینه ها و ارتقا بازدهی شده است و این امر به توسعه تجارت LNG کمک کرده است.

### ۳-۱- مایع سازی

در فرایند مایع سازی ابتدا گاز تحت فشار زیاد مایع می شود و سپس به اندازه ای سرد می شود که در فشار اتمسفر هم به صورت مایع باقی بماند. فرایند مایع سازی بسیار گران قیمت است، اما چهار دهه توسعه و پیشرفت در فن آوری باعث شده هزینه مایع سازی تا ۵۰ درصد کاهش یابد. اندازه قابل قبول یک واحد مایع سازی از حدود ۱/۵ میلیون تن در سال به حدود ۵ میلیون تن در سال افزایش یافته و در حال حاضر توسعه تا ۸ میلیون تن در سال در حال بررسی است. در حال حاضر هزینه تقریبی هر واحد حدود ۲۵۰ دلار در هر تن در سال برآورد می شود. هزینه واحد دوم فقط تا ۲۰۰ دلار در هر تن در سال می رسد. با توجه به پیشرفت های فراوان در طراحی و مهندسی و تسریع در نصب و ساخت وسایل، در حال حاضر نصب و

راه‌اندازی هر واحد حدود سه سال بطول می‌انجامد. پیش‌بینی برای کاهش بیشتر هزینه‌های تولید تا ۲۰ درصد از طریق پیشرفت‌های فنی، زمان کوتاه‌تر ساخت و ساز و افزایش تولید واحدها در حال به وقوع پیوستن است.

### ۳-۲- حمل و نقل با کشتی

LNG با کشتی‌های خاص که به این منظور ساخته شده حمل می‌شود تا هزینه‌ها حداقل و ایمنی حداکثر باشد. ظرفیت یک کشتی معمولی ۱۴۵ هزار متر مکعب است که قیمت تقریبی آن در حدود ۱۷۰ تا ۱۹۰ میلیون دلار می‌باشد. کشتی‌هایی با ظرفیت ۱۶۰ تا ۲۰۰ متر مکعب در حال ساخت هستند. تعداد کشتی‌های مورد نیاز برای یک پروژه صادرات LNG بستگی به فاصله مرکز تولید و بازار مصرف دارد. یک نکته قابل‌تامل در حمل و نقل LNG یکسره بودن آن است به عبارتی در مسیر برگشت خالی است. اگر حداقل در قسمتی از مسیر برگشت خالی نبودند سود بیشتری به صاحبان خود می‌رساندند و در نتیجه تمایل به سرمایه‌گذاری در این بخش بیشتر می‌شد. هم‌اکنون (۲۰۰۶ میلادی) حدود ۱۹۳ کشتی مخصوص حمل LNG در دنیا موجود است.

### ۳-۳- تبدیل مجدد به گاز

این بخش شامل تخلیه کشتی‌ها، ذخیره‌سازی و تبدیل مجدد به گاز می‌باشد که هزینه‌های آن به طرز قابل‌توجهی پایین‌تر از مراحل مایع‌سازی است. کاهش بیشتر هزینه‌ها از طریق زمان کوتاه‌تر ساخت و ساز، ایجاد واحد‌های بزرگ‌تر ذخیره‌سازی و فن‌آوری‌های ایجاد شده در بخش طراحی قابل‌انجام است.

## ۴- مقایسه‌ای بین صادرات گاز از طریق خط لوله و از طریق LNG

اغلب تولیدکنندگان گاز این امکان را ندارند که میان LNG و خط لوله هر دو را برای صادرات انتخاب کنند. به دلیل موقعیت جغرافیایی کشورها یکی را انتخاب می‌کنند. اما ایران به دلیل موقعیت جغرافیایی خاص امکان صادرات از هر دو روش را دارد. خط لوله زمانی استفاده می‌شود که منبع محصور در خشکی باشد و یا دریا‌های اطراف یخ‌زده باشند (مانند منبع گازی سیبری در روسیه) و LNG زمانی استفاده می‌شود که تجارت میان قاره‌ها صورت پذیرد.

در حال حاضر مقایسه بین این دو روش را به این صورت می‌توان پذیرفت که در مسافت‌های کمتر از ۳۰۰۰ کیلومتر در خشکی حمل با خط لوله به شرط نبودن مشکلات و اختلاف‌های سیاسی بین کشورهای مسیر خط لوله و امکان مصرف در نقاط مسیر نسبت به LNG مقرون به صرفه‌تر است. انتقال از طریق دریا به علت هزینه‌های بالاتر احداث خطوط لوله، در مسافت‌های کمتر از ۱۰۰۰ کیلومتر، انتقال از طریق خط لوله نسبت به LNG مقرون به صرفه‌تر است. اما در مسیرهای طولانی‌تر دریایی حمل از طریق LNG با صرفه‌تر است.

باید توجه داشت که هزینه‌ها تنها عامل تعیین‌کننده انتخاب میان LNG و خط لوله نیستند و عوامل دیگری نیز دخیل می‌باشند. از جمله اینکه خطوط لوله ممکن است از کشورهای بسیاری عبور کند در حالی

که LNG تنها شامل کشور صادرکننده و واردکننده می‌شود. عدم نیاز به انجام مذاکرات و تعهدها در مورد عبور و پرداخت هزینه بالا برای ترانزیت توسعه پروژه‌های LNG را سرعت می‌بخشد. جنبه‌های حفاظتی نیز خود مشکل بزرگی است. تنوع عرضه نیز خود جنبه دیگری از موضوع است. به عنوان مثال اگر یک بازار نتواند محموله‌ای را تحویل بگیرد کشتی می‌تواند به یک پایانه دیگر هدایت شود در صورتی که در مورد خط لوله اغلب این امکان وجود ندارد.

#### ۵- مقایسه‌ای بین صادرات نفت و صادرات LNG

هزینه‌های استخراج و تولید نفت و رساندن آن به بازار تنها کسری از هزینه‌های معادل آن برای LNG است. این هزینه‌ها به همراه انعطاف ناپذیری زنجیره گاز (یعنی تعداد محدود خریداران، پایانه‌ها و کشتی‌ها) باعث می‌شود که شرکت‌های خصوصی و بعضاً دولت‌ها (در کشورهایی مثل ایران) در وارد شدن به پروژه‌های LNG خطر و ریسک بسیار بزرگتری نسبت به نفت را احساس کنند. در این موارد شرایط حمایتی بیشتری برای پروژه‌ها موردنیاز است مانند تولید همزمان نفت و انگیزه‌های مالیاتی از طرف دولت.

نکته قابل توجه دیگر اینکه بر خلاف نفت هیچ‌گونه بازار جهانی برای LNG وجود ندارد. بازارهای لحظه‌ای و منطقه‌ای در حال توسعه هستند اما آنها تنها درصد کوچکی از حجم کلی را تشکیل می‌دهند. برای رسیدن به یک ثبات اقتصادی، تولیدکننده LNG نیاز دارد تا اطلاعات صحیح و عمیقی از بازارهای بالقوه و خاص گاز، آمادگی خریداران این بازارها برای خرید طولانی مدت و چگونگی دسترسی به تاسیسات زیربنایی محلی را هنگام آغاز سرمایه‌گذاری در اختیار داشته باشد.

لازم به ذکر است که این مسایل در پروژه‌های نفت اصلاً، این شکل موردنیاز نیست. بنابراین قراردادهای طولانی مدت میان تولیدکنندگان و خریداران LNG یکی از راههایی است که قابلیت اطمینان را بالا برده و از سوی کشور تولیدکننده و همچنین بازار مصرف‌کننده‌های لازم را فراهم می‌آورد.

#### ۶- وضعیت کنونی بازار گاز طبیعی مایع در جهان

بازار LNG جهانی، پرشور و حرارت است و دورنمای قابل ملاحظه‌ای برای رشد دارد و می‌تواند در تامین تقاضای در حال رشد کشورها سهم مهمی داشته باشد. گاز طبیعی مایع جایگاه معتبری در تجارت بین‌المللی گاز طبیعی کسب کرده است. LNG حدود ۲۵ درصد تجارت بین‌المللی گاز را تشکیل می‌دهد که از این میزان ۲۵ درصد آن در اتحادیه اروپا و ۷۵ درصد باقیمانده در بازارهای آسیا-اقیانوس آرام به فروش می‌رود. کره، چین و ژاپن به عنوان واردکننده گاز به شدت به منابع LNG در کشورهای صادرکننده جنوب شرقی آسیا از جمله برونی، اندونزی و مالزی وابسته هستند واردات LNG نزدیک به تمام گاز مصرفی در ژاپن و کره و ۹۵ درصد گاز مصرفی چین را شامل می‌شود. در ناحیه آسیا-اقیانوس آرام به دلیل دور بودن از مراکز تولید گاز، و عدم امکان احداث خط لوله، LNG از یک موقعیت مستحکم بهره می‌برد. در حالی که در اروپا و آمریکا به دلیل احداث خطوط لوله در گذشته، LNG باید با انتقال گاز از طریق خط لوله رقابت کند. هم

اکنون ژاپن بزرگترین وارد کننده و اندونزی بزرگترین صادر کننده LNG می باشد. تولید LNG جهان در دهه گذشته دوبرابر شده و حدود ۶ درصد کل گاز مصرفی را به خود اختصاص داده است. پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۳۰ بیش از ۵۰ درصد تجارت بین منطقه‌ای گاز طبیعی جهان از طریق تولید LNG باشد. در حال حاضر حدود ۱۷ پایانه صادراتی و ۴۳ پایانه وارداتی در جهان وجود دارد. پیش‌بینی می‌شود در آینده خاورمیانه بزرگترین متقاضی سرمایه‌گذاری در بخش LNG باشد و بیشترین تولید از این منطقه باشد، در حالی که روسیه و کشورهای تازه استقلال یافته بزرگترین جذب‌کننده سرمایه برای احداث خطوط لوله انتقال خواهند بود. کشور قطر با برنامه‌ریزی‌ها و سرمایه‌گذاری‌هایی که انجام می‌دهد قصد دارد به بزرگترین صادرکننده LNG در جهان تبدیل شود. این کشور قصد دارد تا سال ۲۰۱۰ صاحب بزرگترین ناوگان حمل LNG از یک مبدأ با حدود ۹۰ کشتی شود.

#### ۷- دورنمای عرضه LNG در اروپا

اتحادیه اروپا یکی از مهمترین بازارهای عرضه LNG می‌باشد. در حال حاضر ۱۵ کشور اتحادیه اروپا به صورت قراردادهای بلندمدت از کشورهای الجزایر، نیجریه، لیبی و ترینیداد LNG وارد می‌کنند و همچنین از منابع کوتاه مدتی مانند عمان، قطر و ابوظبی نیز واردات دارند. کل عرضه LNG در سال ۲۰۰۱ حدود ۲۱ میلیون تن در سال یا به عبارتی ۷ درصد کل بازار گاز اروپا بوده است. قرار است تا سال ۲۰۱۰ حدود ۱۶ الی ۱۸ میلیون تن در سال از دیگر منابع طولانی مدت و فعلی خاورمیانه مانند قطر و عمان و از منابع جدیدی مثل نروژ و مصر به اتحادیه اروپا وارد شود. (تاکنون اتحادیه اروپا هیچ تصمیم خاصی برای واردات طولانی مدت از ایران را ندارد چون این کشور شرایط صادرات را فراهم نکرده است.) بدین ترتیب سهم LNG در کل بازار گاز اروپا به حدود ۱۰ الی ۱۲ درصد در سال ۲۰۱۰ افزایش خواهد یافت. کشورهای مصر، نیجریه و قطر توانایی زیادی برای صادرات LNG به اروپا دارند.

#### ۸- وضعیت صادرات LNG در ایران

مجموع ذخایر گاز شناخته شده در جهان در سال ۲۰۰۲ معادل ۵۵۰/۱/۵ تریلیون فوت مکعب تخمین زده شده است. از این مقدار روسیه حدود ۳۰ درصد، ایران ۱۵ درصد و قطر با حدود ۱۰ درصد از ذخایر گاز طبیعی رتبه‌های اول تا سوم را از آن خود کرده‌اند. این درحالی است که در زمینه تولید، روسیه کماکان رتبه اول را دارد و ایران به رغم ذخایر عظیم خود در میان پنج تولیدکننده عمده گاز جهان جایی ندارد. ایران برای تبدیل شدن به یک قطب مهم در عرصه صادرات در بازار فعلی با مشکلات فراوانی روبه‌رو است. و تاکنون هیچ سهمی از صادرات گاز مایع نداشته است. طرح توسعه میدان پارس جنوبی فازهای ۱۱ و ۱۲ و ۱۳ با هدف تولید سالانه دست‌کم ۲۷ تا ۳۵ میلیون تن LNG در حال پیگیری است تا ۶ خط تولید با ظرفیت تولید و صادرات ۴/۵ میلیون تن در سال فراهم شود. برای محقق شدن این آرزو باید زمینه‌های آن شامل ساخت تاسیسات و ناوگان کشتی حمل LNG فراهم گردد. شرکت فرانسوی توتال نقش بسزایی در ساخت تاسیسات LNG در ایران دارد و با وجود فشارها و تحریم‌های آمریکا در این عرصه فعال است. اگرچه ایران در

مناقشه فروش ۲/۵ میلیون تن در سال LNG به کره جنوبی به دلیل بالا بودن قیمت از سایر رقیبان شکست خورد، موفقیت‌هایی نیز به دست آورده است. توافق ۲۲ میلیارد دلاری بین ایران و هند برای فروش سالانه ۵ میلیون تن در سال این کشور از جمله این موفقیت‌ها است. قراردادی که ظرفیت‌های بسیاری پیش روی کشور می‌گشاید.

تعداد سازندگان کشتی‌های حمل LNG در دنیا محدود هستند. سه شرکت کشتی‌سازی هیوندای، سامسونگ و دوو آمادگی خود را برای پذیرش سفارش اعلام کرده‌اند. پیش‌بینی می‌شود ایران در چهار سال آینده ایران ۲۸ فروند کشتی ویژه حمل LNG داشته باشد. در آخرین جلسه شورای اقتصاد در دولت خاتمی اعطای تسهیلات ۱۹۳ میلیون دلاری به منظور ساخت کشتی‌های ویژه حمل LNG به شرکت صدرا به تصویب رسید. به نظر می‌رسد با پایان یافتن ساخت تاسیسات گاز مایع در پارس جنوبی و در اختیار گرفتن تجهیزات و وسایل حمل و نقل از سال ۲۰۰۹ به بعد ضمن بهره‌برداری بیشتر و بهتر از میدان مشترک با قطر، ایران به یکی از رقیبان اصلی اندونزی، الجزایر و مالزی در صادرات گاز مایع تبدیل شود.

کشور قطر به عنوان همسایه و شریک ایران در میدان پارس جنوبی برداشت از ذخایر این میدان را سالها پیش از ایران آغاز کرده است و برنامه‌های مدونی برای توسعه فعالیت‌های خود دارد. از جمله، فعالیت‌های خود را در بخش LNG از دو سال پیش آغاز کرده است و هم‌اکنون بیش از ۴۰ فروند کشتی حمل LNG در حال ساخت دارد.

طبق مطالعات انجام شده بر روی کشورهای صادرکننده و واردکننده LNG در آسیا می‌توان به این جمع‌بندی کلی رسید که اگر ایران به ورود به بازار LNG ایران تمایل دارد، تنها بین سالهای ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۷ این شانس را دارد و این زمانی است که اضافه تقاضایی در بازار شکل گرفته است. این در حالی است که با توجه به تحریم ایران توسط آمریکا و استفاده از فن‌آوری‌های قدیمی به جای فن‌آوری‌های مدرن - که بسیار ارزان‌تر هستند - کار ایران برای ورود به بازار گاز طبیعی مشکل شده است.

بعد از سال ۱۹۹۵ و به خصوص بعد از ورود کشورهای آنگولا، مصر و نروژ به جمع صادرکنندگان LNG به بازار اروپا، این بازار دچار اضافه عرضه شده است. این مازاد عرضه می‌تواند باعث کاهش قیمت‌ها شود. لذا به وضوح شانس و جایگاهی برای ورود ایران به بازار LNG اروپا وجود ندارد.

تنها راه کار اجرایی که ممکن است ایران را در صادرات گاز مایع در زمره رقیبان قدرتمند خود قرار دهد این است که کشورهایمانند ژاپن و کره و یا کشورهای اروپایی که مایل به سرمایه‌گذاری در پروژه‌های نفت و گاز هستند را در این پروژه‌ها سهام کنند و لذا این راه هم به سرمایه‌گذاری مناسبی دست یابد و همه بازارهای خوبی را برای خود تضمین کند.

## مراجع

۱- نشریه ندای گاز شماره های ۱۴، ۱۵، ۲۰، ۲۱ و ۲۵

- 2- [www.iies.org](http://www.iies.org)
- 3- [www.energyshop.com](http://www.energyshop.com)
- 4- [www.eia.doe.gov](http://www.eia.doe.gov)
- 5- [www.naturalgas.org](http://www.naturalgas.org)