ضرورت توجه به تولید گاز هلیوم در ایران
(بررسی ظرفیت ایران در این زمینه)

کد موضوعی: ۳۱۰
شماره مسلسل: ۱۵۹۲۲
تیرماه ۱۳۹۷

معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی
دفتر: مطالعات انرژی، صنعت و معدن

به‌نام خدا

فهرست مطالب

چکیده ۱
مقدمه ۱
۱. هلیوم و مصارف آن ۳
۱-۱. سرمازایی در ام.آر.آی ۴
۱-۲. گاز بالابرنده ۵
۱-۳. جوشکاری ۵
۱-۴. نشتی‌یابی ۵
۱-۵. انتقال حرارت در نیروگاه‌های هسته‌ای ۵
۱-۶. گاز پاک‌کننده ـ تخلیه‌کننده ۶
۱-۷. تحقیق و توسعه ۶
۱-۸. تجزیه و تحلیل بازآوایی (رزونانس) مغناطیسی هسته‌ای اِن.اِم.آر ۶
۲. اقتصاد هلیوم ۷
۲-۱. قیمت هلیوم در دهه گذشته ۷
۲-۲. عرضه و تقاضا (وضعیت کنونی و چشم‌انداز) ۹
۲-۳. جمع‌بندی شرایط بازار ۱۵
۳. وضعیت ایران در حوزه هلیوم ۱۶
۳-۱. مقایسه منابع گازی تولید هلیوم در جهان و ایران ۱۶
۳-۲. سهم ایران در تولید و مصرف هلیوم و بررسی طرح‌های موجود ۱۷
۴. استخراج هلیوم در ایران ۱۸
۴-۱. بررسی سناریوهای استخراج هلیوم در ایران ۱۸
۴-۲. بررسی اقتصادی احداث واحد تولید هلیوم مایع براساس نیاز داخلی ۱۸
نتیجه‌گیری ۲۱
منابع و مآخذ ۲۲

ضرورت توجه به تولید گاز هلیوم در ایران
(بررسی ظرفیت ایران در این زمینه)

چکیده

امروزه وسعت کاربردهای هلیوم در جهان رو به افزایش است و ازاین‌رو می‌توان از هلیوم به‌عنوان عنصری استراتژیک نام برد. با بررسی و مقایسه شاخص قیمتی مواد مختلف ازجمله طلا، نقره، پلاتین، نفت خام و گاز طبیعی با شاخص قیمتی هلیوم، مشاهده می‌شود که رشد قیمت هلیوم در دهه گذشته، بیشتر از سایر مواد پرکاربرد بوده است. در دهه گذشته تقاضای هلیوم از عرضه آن بیشتر بوده و این موضوع منجر به افزایش قیمت این ماده شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در آینده تقاضای هلیوم از عرضه آن بالاتر خواهد بود و این موضوع اهمیت سرمایه‌گذاری در این حوزه را بیان می‌کند. میدان گازی پارس جنوبی بزرگ‌ترین منبع گازی دنیا است، اما غلظت هلیوم موجود در این حوزه گازی، بالا نیست. با این حال حجم بالای گاز موجود در پارس جنوبی موجب شده است که ایران ظرفیت تبدیل شدن به قطب هلیوم (حدود ۲۷ درصد هلیوم تولیدی جهان) را داشته باشد. این در حالی است که هم‌اکنون تولید هلیوم ایران صفر است و ایران واردکننده هلیوم می‌باشد. میزان پیشنهادی تولید هلیوم در ایران براساس نیاز داخلی و بدون صادرات، ۲۳/۷ کیلوگرم در ساعت (۰/۵ تن در روز) و یا یک‌ونیم میلیون لیتر در سال است. محاسبات اقتصادی براساس تولید به میزان نیاز داخل، نشان از نرخ بازده داخلی بالای طرح و توجیه‌پذیری اقتصادی مناسب آن دارد. با توجه به محاسبات اقتصادی، نرخ بازده داخلی واحد ۱/۵ میلیون لیتر (نیاز داخل) در سال برای سناریوهای بدبینانه، نرمال و خوشبینانه به‌ترتیب برابر با ۲۱، ۳۴ و ۶۷ درصد است. اعداد ذکر شده حکایت از مناسب بودن طرح از لحاظ اقتصادی دارد. علاوه‌بر این، با توجه به مشترک بودن مخزن گازی حاوی هلیومِ ایران با قطر و تشدید استخراج این عنصرِ استراتژیک توسط قطر با احداث واحد سوم (سالانه ۴۰۰ میلیون فوت مکعب معادل روزانه حدود ۵ تن و ۱۰ برابر نیاز داخلی ایران) در سال ۲۰۱۸، ضرورت دارد تا به‌سرعت گام‌های لازم در ارتباط با تولید هلیوم در ایران برداشته شود.

مقدمه

هلیوم با توجه به خواص منحصربه‌فرد خود مانند نقطه جوش بسیار پایین (منفی ۲۶۸/۹ سانتیگراد)، واکنش‌ناپذیری، حلالیت در آب، رسانش حرارتی بالا و... دارای کاربردهای فراوانی در تصویربرداری با

تشدید مغناطیسی (ام.آر.آی)، جوشکاری، انتقال حرارت در نیروگاه‌های هسته‌ای، بالن‌های بالارونده، صنایع الکترونیکی، ابر رساناها، صنایع نظامی، کیسه هوای خودرو و بسیاری از موارد دیگر است. در دهه گذشته تقاضای هلیوم از عرضه آن بیشتر بوده و این موضوع به افزایش قیمت این ماده منجر شده است. شایان ذکر است که قیمت هلیوم در دهه گذشته تقریباً دوبرابر شده است. دو کشور ایالات متحده آمریکا و قطر، عمده هلیوم جهان را تأمین می‌کنند، ازاین‌رو سیاست‌های مرتبط با عرضه هلیوم این کشورها نقش تعیین‌کننده‌ای در قیمت هلیوم خواهد داشت. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در آینده تقاضای هلیوم از عرضه آن بالاتر خواهد بود و این موضوع اهمیت سرمایه‌گذاری در این حوزه را بیان می‌کند. در حال حاضر تقاضا برای هلیوم به رشد سالانه ۳ درصد رسیده است و مصرف سالانه هلیوم ۶ میلیارد فوت مکعب به ارزش اقتصادی بیش از ۶ میلیارد دلار محاسبه شده است. بررسی عرضه هلیوم قطر از این جهت که منبع تولید و استخراج هلیوم آن، مخزن مشترک گازی با ایران یعنی پارس جنوبی است، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ترکیب گازی و درصد هلیوم مخازن قطر و ایران تقریباً با یکدیگر برابر هستند، لذا مدل‌های اقتصادی استخراج و تولید هلیوم در این دو کشور دارای اشتراکات زیادی است. در صورت فعالیت هر دو واحد ۱ و ۲ در قطر (با ظرفیت‌های ۹ و ۱۷ تن هلیوم مایع در روز)، هر هفته بین ۳۵ تا ۴۰ تریلر هلیوم مایع از قطر خارج می‌شود. این مقدار در سال (۲۰۱۷) به ۱۹۰۰ تریلر می‌رسد. میزان تفکیک شده فوق به‌صورت ۶۰۰ تریلر از واحد ۱ و ۱۳۰۰ تریلر از واحد ۲ است. با توجه به اینکه انتقال هلیوم قطر از مرز این کشور با عربستان سعودی صورت می‌پذیرد، هرگونه اختلال در تردد از این مرز، به بروز اشکال در فرآیند تولید و تحویل هلیوم قطر به دنیا منجر خواهد شد. پس از بروز اختلاف بین قطر و کشورهای عرب متحد با عربستان سعودی و بسته شدن تنها مرز خشکی قطر، تولید هلیوم قطر تقریباً متوقف شده است. با ادامه این وضعیت، احتمال افزایش ناگهانی قیمت هلیوم بسیار زیاد خواهد بود. مشتری‌های هلیوم ایران می‌توانند کشورهایی باشند که به آنها گاز از طریق خط لوله صادر می‌شود. شرق آسیا نیز به‌دلیل اینکه مهد صنایع الکترونیکی در دنیا به‌حساب می‌آیند، در حال حاضر مشتری اصلی هلیوم قطر هستند. همچنین این کشورها به‌دلیل نیاز به امنیت وارداتشان می‌توانند مشتری هلیوم ایران هم باشند. علاوه‌بر این، با توجه به مشترک بودن مخزن گازی حاوی هلیومِ ایران با قطر و تشدید استخراج این عنصرِ استراتژیک توسط قطر با احداث واحد تولید هلیوم سوم (سالانه ۴۰۰ میلیون فوت مکعب معادل روزانه حدود ۵ تن و ۱۰ برابر نیاز داخلی ایران) در سال ۲۰۱۸، ضرورت دارد تا به‌سرعت گام‌های لازم در ارتباط با تولید هلیوم در ایران برداشته شود.

۱. هلیوم و مصارف آن

هلیوم پس از هیدروژن بیشترین فراوانی را در جهان داشته و در اثر فعالیت‌های رادیواکتیو درون زمین تشکیل می‌شود. این ماده، بی‌بو، بی‌رنگ و بی‌مزه بوده و از لحاظ جرمی سبک‌تر از هواست. ازاین‌رو به‌راحتی وارد جو شده و از دسترس خارج می‌شود. در مکان‌هایی که امکان خروج هلیوم از سطح زمین وجود نداشته باشد، این عنصر وارد ترکیب گاز طبیعی می‌شود. هلیوم یکی از ۶ گاز نجیب موجود در طبیعت بوده و عنصری واکنش‌ناپذیر است. این عنصر در آب حل شده و دارای رسانش حرارتی بالایی می‌باشد. هلیوم نقطه جوش (منفی ۲۶۸/۹ سانتیگراد) و ذوب (منفی ۲۷۲/۲ سانتیگراد) بسیار پایینی داشته و از این بابت، کاربردهای فراوانی برای این ماده در نظر گرفته می‌شود. هلیوم مایع با کاهش دما به جامد تبدیل نمی‌شود و تا دمای صفر مطلق (و فشار استاندارد) در حالت مایع باقی می‌ماند. چگالی هلیوم (گازی) در فشار اتمسفر برابر ۰/۱۷۸۶ گرم بر لیتر است، درحالی‌که چگالی هلیوم مایع (در نقطه ذوب) برابر ۱۲۵ گرم بر لیتر می‌باشد. این ماده با توجه به خواص منحصربه‌فردی که بیان شد در حال حاضر یک ماده استراتژیک در دنیا به‌حساب می‌آید. هلیوم در زمینه‌های مختلفی همچون تصویربرداری با تشدید مغناطیسی (ام.آر.آی)،[1] جوشکاری، انتقال حرارت در نیروگاه‌های هسته‌ای، بالن‌های بالارونده، ابر رساناها، صنایع نظامی و... کاربرد دارد.

جدول ۱ خواص منحصربه‌فرد هلیوم و کاربردهای متناظر با آن و نمودار ۱، درصد فراوانی هریک از این کاربردها را در جهان و در حال حاضر نشان می‌دهد.

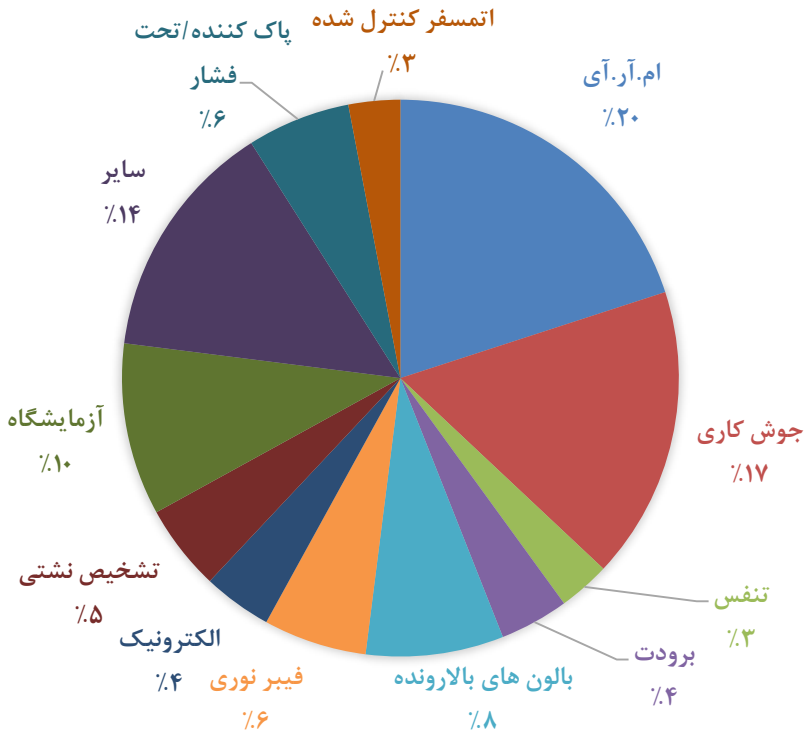
جدول ۱. کاربردهای متناظر با خواص منحصربه‌فرد هلیوم

خاصیت منحصربه‌فرد	کاربرد
دمای جوش پایین	خنک‌سازی در دستگاه‌های ام.آر.آی و دستگاه‌های تحقیقات هسته‌ای
	مایع‌سازی اکسیژن و هیدروژن برای سوخت موشک‌ها
	پاک‌سازی مخازن سوخت موشک‌ها
رسانش گرمایی بالا	انتقال حرارت در نیروگاه‌های هسته‌ای
	انتقال حرارت در فرآیندهای نیازمند سردسازی فوری مانند فرآیندهای متالوژیکی
عدم واکنش‌پذیری	استفاده در فرآیندهای نیازمند محیط بی‌اثر (تولید نیمه‌هادی‌ها)
	جوشکاری آلومینیم، فولاد ضدزنگ و ورقه‌های منیزیم برای جلوگیری از اکسیداسیون
چگالی پایین و سبک‌تر بودن از هوا و عدم اشتعال‌پذیری	استفاده وسیع در بالن‌های تحقیقاتی (هواشناسی) و نظامی
	استفاده در کشتی‌های هوایی و تجهیزات ستاره‌شناسی
اندازه مولکولی کوچک	نشتی‌یابی در خطوط لوله و شیرها

مأخذ: جمع‌آوری شده از مقالات و مراجع مرتبط.

1. Magnetic Resonance Imaging

نمودار ۱. درصد استفاده از هلیوم در صنایع و کاربردهای مختلف



Source: Helium One. "Helium One Investor Presentation: for the technology of today and the future", 30 May, 2017.

در ادامه جزئیات بیشتر مربوط به برخی از کاربردهای مهم هلیوم ارائه می‌شود.

۱-۱. سرمازایی در ام.آر.آی

هلیوم دارای نقطه ذوب و جوش پایین است و این خاصیت باعث می‌شود تا هلیوم از توانایی سرد کردن ابر رساناها و آهن‌رباهای دما ـ پایین در دمای نزدیک صفر مطلق برخوردار باشد. ازاین‌رو با به‌کارگیری هلیوم، امکان کاهش مقاومت الکتریکی به‌طور ناگهانی تا مقادیر نزدیک صفر وجود دارد. مقاومت الکتریکی بسیار پایین موجب فراهم شدن میدان‌های بسیار قوی مغناطیسی می‌شود. دلیل استفاده از هلیوم در ام.آر.آی نیز به این علت است، زیرا هرچه میدان مغناطیسی در این دستگاه قوی‌تر باشد، جزئیات تصویربرداری‌های رادیولوژی نیز بیشتر خواهد بود. به‌عبارت دیگر در فرآیندهای سردسازی با سرمای بسیار بالا (زیر ۱۷ کلوین)، جایگزین مناسبی برای هلیوم وجود ندارد و این موضوع، ارزش این ماده را روشن می‌سازد.[1]

1. Altesa, T., Johnson, M., and Fidlerb, M., Use of hyperpolarized helium-3 MRI to assess response to ivacaftor treatment in patients with cystic fibrosis. Journal of Cystic Fibrosis. 16(2) (2017) 267-274.

۲-۱. گاز بالابرنده

هلیوم سبک‌ترین عنصر (بعد از هیدروژن) در طبیعت بوده و از هوا سبک‌تر است. با توجه به آتش‌زا بودن هیدروژن از یک‌سو و واکنش‌ناپذیری هلیوم ازسوی دیگر، در صنایع بالابرنده همچون بالن‌ها، کشتی‌های فضایی و بالن‌های هواشناسی به‌طور گسترده از گاز هلیوم استفاده می‌شود.[۱]

۳-۱. جوشکاری

به‌علت پتانسیل یونیزاسیون بالای هلیوم، از این ماده به‌صورت گاز محافظ در جوشکاری‌های قوسی و پلاسما استفاده می‌شود. فضای محافظت شده توسط هلیوم در اطراف جوش، مانع اکسیداسیون فلز در حالت مذاب می‌شود. پتانسیل یونیزاسیون بالای هلیوم موجب فراهم شدن شرایط جوشکاری قوسی پلاسمای فلزهایی نظیر تیتانیوم، زیرکنیوم، منیزیم و آلیاژهای آلومینیم در کاربردهایی نظیر ساخت‌وساز، صنایع هوافضا و ساخت کشتی می‌شود.[۲و۳]

۴-۱. نشتی‌یابی

هلیوم دارای اندازه مولکولی کوچکی است و این خصوصیت فیزیکی موجب استفاده از این گاز در نشتی‌یابی لوله‌ها و شیرها شده است. به بیان دیگر هلیوم به‌سادگی از نشتی‌های هرچند کوچک نیز عبور کرده و موجب شناسایی نشتی در ابعاد بسیار کوچک می‌شود. از این ویژگی هلیوم در یافتن نشتی در موشک‌ها، مخازن سوخت، مبدل‌های حرارتی، خطوط گاز، تیوب‌های تلویزیون و سایر وسایل الکترونیکی استفاده می‌شود.[۴]

۵-۱. انتقال حرارت در نیروگاه‌های هسته‌ای

از هلیوم به‌عنوان محیط (مدیوم) انتقال حرارت در راکتورهای هسته‌ای نسل جدید استفاده می‌شود. علت انتخاب هلیوم به‌عنوان محیط انتقال حرارت، گرمای ویژه بسیار بالا (پنج برابر هوا) و هدایت حرارتی بالای آن است. علاوه‌بر این، هلیوم فاقد ایزوتوپ‌های رادیواکتیو بوده و این امر نیز در انتخاب این گاز جهت انتقال حرارت در نیروگاه‌های هسته‌ای، نقش بسزایی دارد.[۵]

---

1. Moorhouse, L.S. The world's biggest aircraft: Giant airship gets closer to take-off, 2015. http://edition.cnn.com/2015/03/10/tech/airlander-10-biggest-aircraft/index.html.
2. Leiden, K. The importance of helium for welding. 2015. http://askzephyr.com/the-importance-of-helium-for-welding.
3. Toropchin, A., Frolov, V., Pipa, A.V., Kozakov, R., and Uhrlandt, D., Influence of the arc plasma parameters on the weld pool profile in TIG weldin. Journal of Physics: Conference Series 550 (2014).
4. Kakuste, S.B., Bhujbal, U.B., and Devkar, S.V., Review Paper on Leak Detection. International Journal of Engineering Research and General Science. 2(3) (2014).
5. Cameco Corporation. Types of Reactors: Non-Water Cooled Reactors. 2017.

۱-۶. گاز پاک‌کننده ـ تخلیه‌کننده

از آنجایی که هلیوم در دماهای بسیار پایین می‌تواند در حالت گازی باقی بماند، به‌عنوان یک گاز پاک‌کننده در تانکرهای سوخت و سیستم‌های سوخت‌رسانی که با مایعات بسیار سرد مانند هیدروژن مایع پر می‌شوند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. مقادیر قابل توجهی از هلیوم توسط ناسا و وزارت دفاع ایالات متحده آمریکا جهت پاک کردن سیستم‌های پیشرانش موشک‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. همواره در مواقع اضطرار، تزریق جریانی از هلیوم به درون این سیستم‌ها جهت اطفای حریق استفاده می‌شود.[۱]

۱-۷. تحقیق و توسعه

یکی از کاربردهای هلیوم در دنیا، در زمینه فعالیت‌های آزمایشگاهی در مراکز علمی در رشته‌های مختلف است که در ادامه به چند عنوان از این فعالیت‌ها اشاره می‌شود:[۲]

- گداخت هسته‌ای و فیزیک ذرات
- فیزیک دما پایین
- ذخیره‌سازی انرژی ابر رسانا
- مواد ابر رسانا و سنسورها
- تحقیقات مواد در دماهای پایین
- تست مواد

۱-۸. تجزیه و تحلیل بازآوایی (رزونانس) مغناطیسی هسته‌ای اِن.اِم.آر[۳]

دستگاه اِن.اِم.آر یکی از مهمترین دستگاه‌ها برای انجام تحقیقات در علم شیمی تلقی شده و برای شناسایی مواد شیمیایی بعد از سنتز، براساس هسته‌های مولکول‌های آنها استفاده می‌شود. روش کاری این دستگاه مشابه دستگاه اِم.آر.آی است با این تفاوت که برای شناسایی مواد شیمیایی به‌کار می‌رود.[۴]

---

https://www.cameco.com/uranium_101/electricity-generation/types-of-reactors./

1. Hermsen, R.J.G., Cryogenic propellant tank pressurization: Practical investigation on the tank collapse factor for small, high-pressure, cryogenic rocket propellant tanks. To obtain the degree of Master of Science at the Delft University of Technology (2017).

2. Fydrych, J. and Pietrowicz, S., Numerical analysis of temperature stratification in a subatmospheric cold helium line. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 171 (2017) 012-023.

3. Nuclear Magnetic Resonance (NMR)

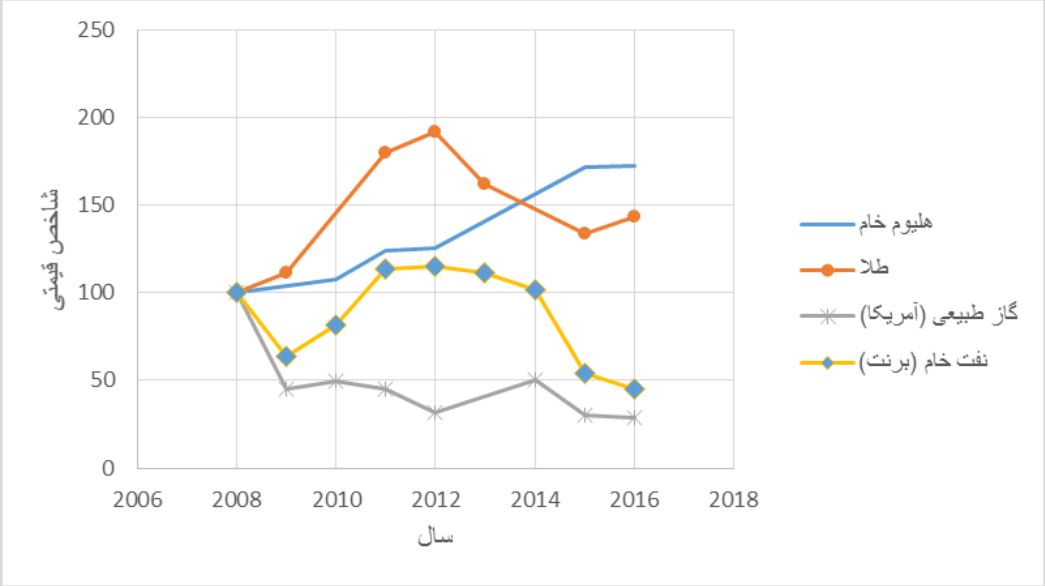
4 . Sealy Center for Structural Biology and Molecular Biophysics. Nuclear Magnetic Resonance (NMR) Spectroscopy, 2017.
https://scsb.utmb.edu/resources/nmr_spec.asp#tab-2.

۲. اقتصاد هلیوم

۲-۱. قیمت هلیوم در دهه گذشته

با توجه به کاربردهای وسیع هلیوم در صنایع مختلف ازجمله کاربردهای پزشکی و نظامی، روزبه‌روز تقاضا برای این عنصر استراتژیک افزایش یافته است. در نمودار ۲ شاخص قیمتی مواد مختلف ازجمله طلا، نقره، پلاتین، نفت خام و گاز طبیعی با شاخص قیمتی هلیوم مقایسه شده است. محور عمودی این نمودار، شاخص قیمتی (قیمت بدون بُعد برای مقایسه کالاها) برای مواد پرطرفدارِ مصرفی در بازار جهانی است. شایان ذکر است که شاخص قیمتی برای سال ۲۰۰۸ برابر میزان بدون بُعد ۱۰۰ ثابت شده‌اند (به‌همراه اصلاح سالانه تا سال ۲۰۱۶) و قیمت‌ها به‌طور نسبی با یکدیگر مقایسه شده‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، رشد قیمت هلیوم در دهه گذشته، بیشتر از سایر مواد پرکاربرد بوده است.

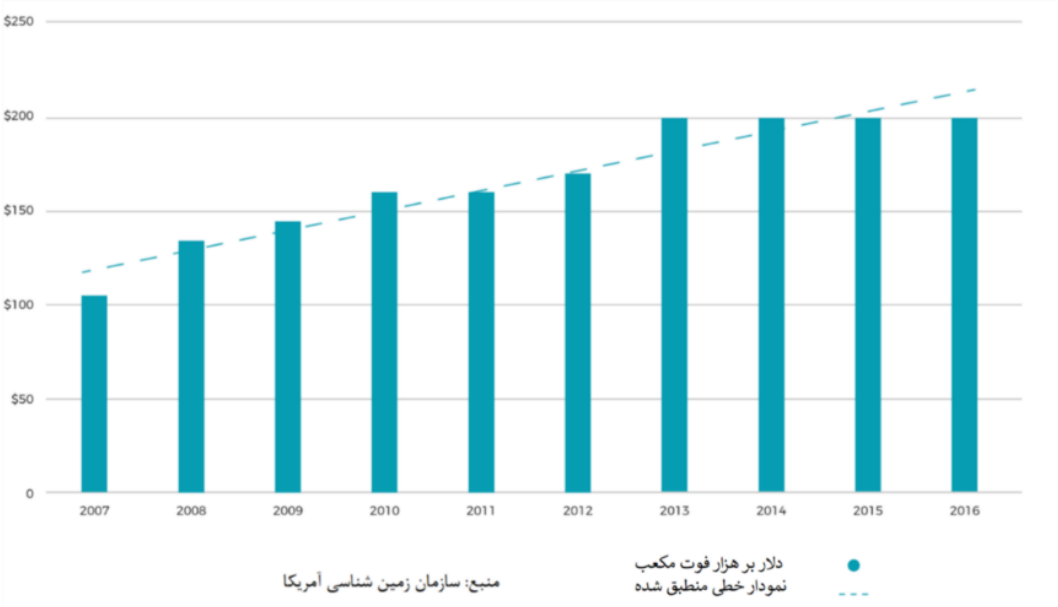
نمودار ۲. مقایسه رشد قیمت هلیوم به نسبت سایر مواد پرکاربرد



مأخذ: آمار بانک جهانی و سازمان زمین‌شناسی آمریکا.

نمودار ۳ نیز به بیانی دیگر، افزایش قیمت هلیوم مایع (فروش عمده) در دهه گذشته را نمایش می‌دهد.

نمودار ۳. قیمت هلیوم (فروش عمده) در دهه گذشته

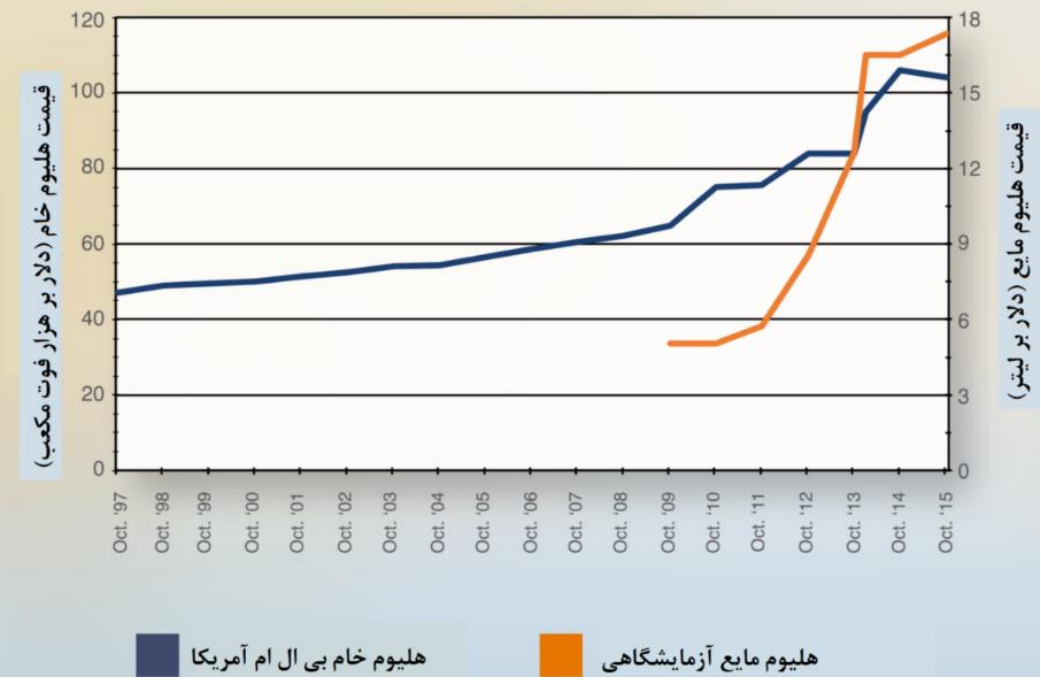


مأخذ: همان.

روند تغییرات قیمت هلیوم مایع به‌صورت غیرِعمده به نسبت تغییرات قیمت هلیوم خام و یا گرید آ (هلیوم با درصد خلوص ۹۹/۹۹۷ درصد یا بالاتر) به‌صورت عمده، متفاوت است. نمودار ۴ این واقعیت را به تصویر می‌کشد. علاوه‌بر این، قیمت هلیوم مایع جهت امور آزمایشگاهی و یا مصارف جزء، در مکان‌های مختلف، از هم متفاوت است. مشاهدات نشان می‌دهد که هیچ ارتباط مشخص و واضحی مابین قیمت و میزان تقاضای هلیوم در مصارف جزئی وجود ندارد.[1] علت این امر نیز محدود بودن عرضه‌کنندگان آن است.

1. Helium One. "Helium One Investor Presentation: for the technology of today and the future", 30 May, 2017.

نمودار ۴. مقایسه روند تغییرات قیمت هلیوم مایع (آزمایشگاهی) به نسبت هلیوم خام



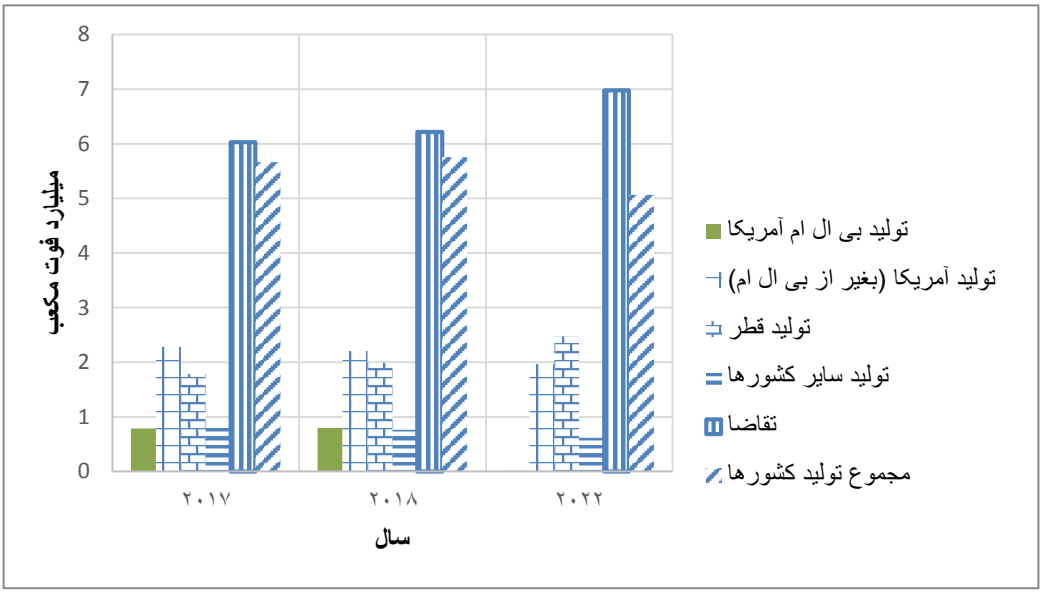
مأخذ: جامعه فیزیک آمریکا، ۲۰۱۶.

۲-۲. عرضه و تقاضا (وضعیت کنونی و چشم‌انداز)

در دهه گذشته، تقاضای هلیوم از عرضه آن بیشتر بوده و این موضوع به افزایش قیمت آن منجر شده است. پس از پایان یافتن دوره کمبودِ هلیوم با شروع به کارِ واحد ۲ هلیوم قطر، تقاضا مجدداً به مقدار قبلی افزایش پیدا نکرد. علت این امر نیز فراگیری روش‌های کاهش مصرف هلیوم همچون بازیافت هلیوم توسط مصرف‌کنندگان و محققان بوده است.[1] توضیحات بیشتر در قسمت‌های بعد آورده شده است، به هرحال آنچه قابل رؤیت است، قیمت بالای هلیوم حتی پس از سال‌های فراوانی هلیوم است. دو کشور ایالات متحده و قطر، عمده هلیوم جهان را تأمین می‌کنند. ازاین‌رو سیاست‌های مرتبط با عرضه هلیوم توسط این کشورها، نقش تعیین‌کننده‌ای در قیمت هلیوم خواهد داشت. شایان ذکر است که ایالات متحده علاوه‌بر عرضه هلیوم، بخشی از آن را ذخیره می‌کند و حتی واردکننده هلیوم نیز است. این مسئله ناشی از سیاست ایالات متحده برای تنظیم بازار در سال‌های آینده است. نمودار ۵ عرضه و تقاضای هلیوم را در حال حاضر و آینده به تفکیک کشورها نشان می‌دهد. همان‌طور که اشاره شد، قطر و آمریکا دو تولیدکننده عمده هلیوم در جهان هستند.

1. Kornbluth, P. "Helium in 2016 – Brisk sourcing activity, despite ample supply", 1 September 2016.

نمودار ۵. عرضه و تقاضای هلیوم به تفکیک کشورها (وضعیت کنونی و چشم‌انداز)

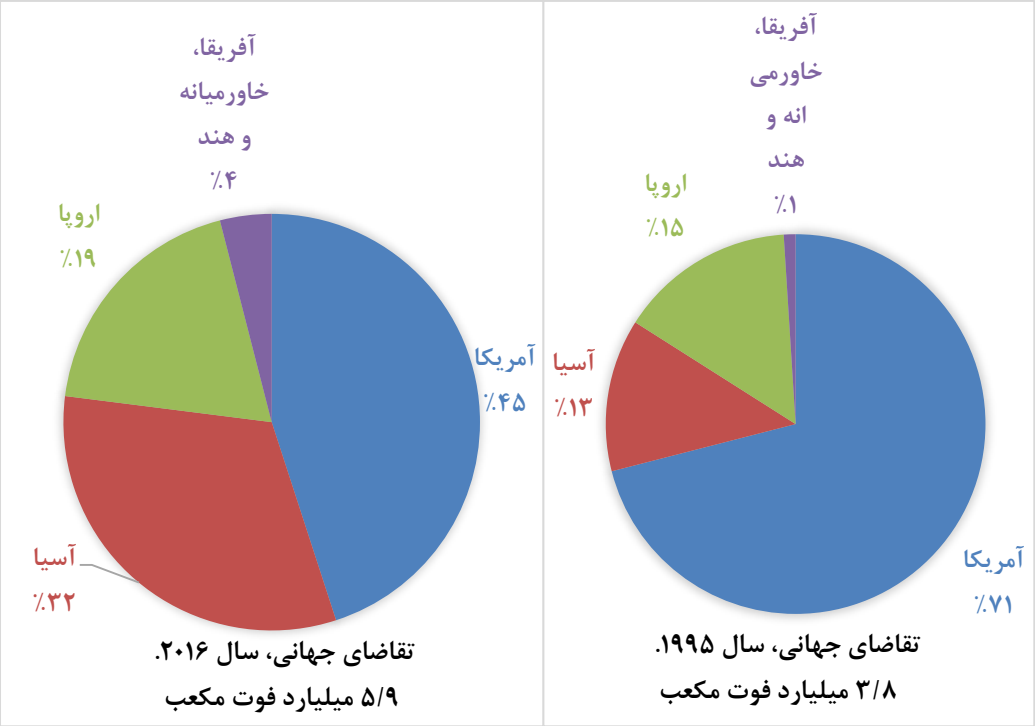


مأخذ: سازمان زمین‌شناسی آمریکا.

همان‌طور که در شکل بالا دیده می‌شود، در آینده نیز تقاضا بالاتر از عرضه خواهد بود و این موضوع اهمیت سرمایه‌گذاری در این حوزه را بیان می‌کند. درحال حاضر تقاضا برای هلیوم به رشد ۳ درصد در سال رسیده است و سالانه در جهان ۶ میلیارد فوت مکعب به ارزش اقتصادی بیش از ۶ میلیارد دلار مصرف می‌شود. قیمت هلیوم مایع (خرید فله) در دهه گذشته تقریباً دوبرابر شده است. در نمودار ۶ تقاضای هلیوم در سال‌های ۱۹۹۵ و ۲۰۱۶ به تفکیک قاره‌ها آورده شده است.[1]

1. Hamak, J.E. "Helium: A Stable Element. A Stable Market?" World Energy Conference, Amarillo Field Office. 12 April 2017. https://www.blm.gov/programs/energy-and-minerals/helium.

نمودار ۶. مقایسه تقاضای جهانی هلیوم در سال‌های ۱۹۹۵ و ۲۰۱۶



مأخذ: کنفرانس انرژی جهان، ۲۰۱۷.

همان‌طور که در نمودار ۶ دیده می‌شود، سهم تقاضای جهانی برای هلیوم در آسیا، هند و خاورمیانه در سال‌های اخیر افزایش یافته و سهم آمریکا و اروپا در تقاضای هلیوم کاهش پیدا کرده است. نکته دیگر افزایش ۵۵ درصدی تقاضای هلیوم در فاصله زمانی ذکر شده است. در ادامه به بررسی عرضه جهانی هلیوم می‌پردازیم.

جدول ۲ میزان تولید هلیوم و حجم ذخایر موجود در کشورهای مختلف را در دو سال گذشته نشان می‌دهد.

جدول ۲. تولید هلیوم و ذخایر آن در جهان در دو سال گذشته (میلیون مترمکعب)

تولید و ذخیره کشورهای جهان	تولید ۲۰۱۵	تولید ۲۰۱۶	ذخایر
ایالات متحده آمریکا (استخراجی از گاز طبیعی)	۶۶	۶۳	۳,۹۰۰
ایالات متحده آمریکا (استخراجی از میدان کلیفساید)	۲۲	۲۲	در ذخایر کل آمریکا (۳۹۰۰) لحاظ شده
الجزایر	۱۰	۱۰	۱,۸۰۰
استرالیا	۴	۴	-
کانادا	۱>	۱>	-
چین	-	-	-
لهستان	۲	۲	۲۵

تولید و ذخیره کشورهای جهان	تولید ۲۰۱۵	تولید ۲۰۱۶	ذخایر
قطر	۴۹	۵۰	–
روسیه	۳	۳	۱,۷۰۰
سایر کشورها	–	–	–
مجموع	**۱۵۶**	**۱۵۴**	–

مأخذ: سازمان زمین‌شناسی آمریکا.

در جدول ۳. نیز آماری از منابع موجود و طول عمر ذخایر موجود با فرض میزان تولید کنونی کشورهای مختلف نشان داده شده است.

جدول ۳. ذخایر باقی‌مانده هلیوم در جهان

کشور	تولید سالانه (میلیون فوت مکعب)	منابع باقی‌مانده فعلی (میلیارد مترمکعب)	منابع باقی‌مانده فعلی (میلیارد فوت مکعب)	سال‌های باقی‌مانده
آمریکا	۳,۲۰۰	۲۰/۶	۷۸۳/۶	۲۴۴
قطر (واحدهای ۱، ۲ و ۳)	۲,۳۰۰	۱۰/۱	۳۸۴/۲	۱۶۷
الجزایر	۱,۲۰۰	۸/۲	۳۱۱/۹	۲۵۹
روسیه	۱۰۰	۶/۸	۲۵۸/۷	۲,۵۸۶
کانادا	۱۲	۲	۷۶/۰	۶,۳۴۰

مأخذ: همان.

همان‌طور که در جدول‌های بالا مشاهده می‌شود، ایالات متحده آمریکا و قطر بزرگ‌ترین تولیدکننده و دارنده منابع هلیوم در جهان هستند. ازاین‌رو در ادامه به بررسی وضعیت دو کشور آمریکا و قطر که بیشترین عرضه هلیوم و به‌تبع آن بیشترین تأثیر را بر روی بازار جهانی هلیوم دارند، پرداخته می‌شود.

۱-۲-۲. آمریکا

در سال ۲۰۱۶ ارزش هلیوم گرید آ (درصد خلوص ۹۹/۹۹۷ یا بالاتر) استخراج شده توسط صنایع خصوصی ایالات متحده آمریکا برابر ۶۵۰ میلیون دلار تخمین زده شده است. در سال ۲۰۱۶ مصرف تخمینی هلیوم گرید آ در داخل ایالات متحده آمریکا برابر ۴۷ میلیون مترمکعب (۱/۷ میلیارد فوت مکعب) بوده است. سیاست‌های ایالات متحده آمریکا پیرامون عرضه هلیوم تأثیر بسزایی بر بازار جهانی هلیوم خواهد گذاشت. اهرم این تأثیرگذاری، سازمان مدیریت زمین آمریکا (بی.ال.ام)[1] است. بی.ال.ام سازمانی در وزارت کشور ایالات متحده آمریکاست که مسئولیت مدیریت ۲۴۷/۳ میلیون هکتار زمین

1. Bureau of Land Management (BLM)

عمومی را در این کشور برعهده دارد. این سازمان مسئول مدیریت و بهره‌برداری از یک مخزن ذخیره، واحد غنی‌سازی و خطوط لوله در آماریلو (تگزاس) است که به‌وسیله آن، بی.ال.ام حدود ۴۰ درصد تقاضای داخلی هلیوم آمریکا را تأمین می‌کند. علاوه‌بر این، بی.ال.ام مسئول تأمین هلیوم خام به شرکت‌های خالص‌سازی هلیوم جهت فروش است. به‌عبارتی استخراج و عرضه هلیوم ایالات متحده آمریکا، وابسته به تصمیم‌گیری این سازمان است. مطابق قانون نظارت بر هلیوم در سال ۲۰۱۳،[۱] بی.ال.ام مسئول مدیریت برنامه فدرال هلیوم آمریکاست و ملزم به حراج سالانه هلیوم خام ذخیره‌شده میدان کلیفساید است. حراج سال ۲۰۱۹ آخرین حراج توسط این سازمان خواهد بود، زیرا پس از این حراج، میزان هلیوم در میدان کلیفساید به میزان ۸۳ میلیون مترمکعب و یا ۳ میلیارد فوت مکعب خواهد رسید. مطابق با برنامه فدرال هلیوم آمریکا، پس از رسیدن سطح ذخایر بی.ال.ام به این مقدار، هلیوم حاصله از میدان کلیفساید دیگر به تولیدکنندگان خصوصی فروخته نخواهد شد. در سال ۲۰۱۶ بی.ال.ام سومین حراج خود پس از قانون ۲۰۱۳ را برگزار کرده و هلیوم را به قیمت ۱۰۴ دلار در هر هزار فوت مکعب (حدود نصف قیمت جهانی) حراج کرده است. این قیمت در حراج‌های سال ۲۰۱۷ به ۱۰۷/۱ دلار در هر هزار فوت مکعب رسیده است. حراج سال مالی[۲] ۲۰۱۸ حراج ماقبل آخر بوده و در آن، هلیوم خام به قیمت ۱۱۹/۳۱ دلار در هر هزار فوت مکعب فروخته خواهد شد که حکایت از رشد ۱۱/۴ درصدی به نسبت حراج سال ۲۰۱۷ دارد. در این حراج ۵۰۰ میلیون فوت مکعب هلیوم خام فروخته شده است و شرکت ایرپروداکت[۳] با ۳۸۵ میلیون فوت مکعب پیشتاز این حراج بوده است.[۴] هدف اصلی برنامه فدرال هلیوم در آمریکا، تأمین مستمر و بدون نوسان هلیوم مورد نیاز صنایع داخلی است و براساس این برنامه، پس از سال ۲۰۱۹ (یا ۲۰۲۱) فروش هلیوم توسط بی.ال.ام، تنها محدود به خریداران فدرال خواهد بود.[۵]

۲-۲-۲. قطر

بررسی عرضه هلیوم قطر از این جهت که منبع تولید و استخراج هلیوم آن، مخزن گازی مشترک با ایران یعنی پارس جنوبی است، اهمیت ویژه‌ای دارد. همچنین ترکیب گازی و درصد هلیوم مخازن قطر و ایران تقریباً با یکدیگر برابر است و از این منظر، مدل‌های اقتصادی استخراج و تولید هلیوم در این دو کشور دارای اشتراکات زیادی است.

1. US Government Information, PUBLIC LAW 113–40—OCT. 2, 2013. HELIUM STEWARDSHIP ACT OF 2013. Congress.gov.
2. Fiscal Year
3. Airproduct
4. Kornbluth, P. "BLM completes FY 2018 crude helium auction", 20 July 2017. https://www.gasworld.com/blm-completes-fy-2018-crude-helium-auction/2013150.article.
5. US Senate (energy). "Helium Stewardship Act of 2013, Background and Need for Action", July 24, 2017. https://www.energy.senate.gov/public/index.cfm/files/serve?File_id=494b2f9e-c8f5-4a44-962d-de4e83397d6b.

مطالعات امکان‌سنجی واحد تولید هلیومِ ۱ قطر، در سال ۲۰۰۰ توسط شرکت راس‌گاز[1] صورت گرفت. عامل اصلی و محرک قطر برای احداث این واحد، وجود کارخانجات مختلف ال.ان.جی در شهرک صنعتی راس‌لافان[2] بوده است. در سال ۲۰۰۳ قراردادی مابین قطر و شرکت‌های ایرلیکوئید[3] و گروه بی.او.سی (زیرمجموعه لینده)[4] بسته شد و در سال ۲۰۰۵، واحد ۱ قطر شروع به تولید هلیوم مایع کرد. در سال ۲۰۰۸ تولید هلیوم این واحد به میزان طراحی شده آن که برابر با ۷۰۰ میلیون فوت مکعب در سال و یا ۹ تن در روز است، رسید. دومین واحد تولید هلیوم قطر نیز در سال ۲۰۱۳ و در شهرک صنعتی راس‌لافان احداث شده است و سالانه ۱/۳ میلیارد فوت مکعب و یا ۱۷/۳ تن در روز توان تولید هلیوم مایع این واحد است. هزینه سرمایه‌گذاری قطر در این واحد، ۵۰۰ میلیون دلار بوده است.

قطر در آینده نزدیک و در سال ۲۰۱۸ در نظر دارد تا واحد تولید هلیوم دیگری با نام هلیوم ۳ را احداث کند و پیش‌بینی می‌شود تا سالانه ۴۰۰ میلیون فوت مکعب (روزانه حدود ۵ تن) هلیوم مایع از این واحد استخراج شود. راس‌گاز قرارداد خرید و فروش[5] را با شرکت ایرپروداکت[6] و قرارداد مهندسی، تدارکات و ساخت[7] را با شرکت کیودا المنا[8] منعقد کرده است. ظرفیت این واحد کمتر از دو واحد قبلی است، اما گام مهمی پیرامون استفاده قطر از ظرفیت حوزه مشترک با ایران محسوب می‌شود.[9]

۳-۲-۲. عرضه هلیوم قطر قبل از اختلافات رخ داده با عربستان و متحدانش

در صورت فعالیت هر دو واحد یک و دو، هر هفته بین ۳۵ تا ۴۰ تریلر هلیوم مایع از قطر خارج می‌شود، که این مقدار در سال به ۱,۹۰۰ تریلر می‌رسد. میزان تفکیک شده فوق به‌صورت ۶۰۰ تریلر از واحد یک و ۱,۳۰۰ تریلر از واحد دو است.

۴-۲-۲. عرضه هلیوم پس از اختلافات رخ داده با عربستان و متحدانش

با توجه به اینکه انتقال هلیوم قطر از مرز این کشور با عربستان سعودی انجام می‌گیرد، هرگونه اختلال در تردد از این مرز، به بروز اشکال در فرآیند تولید و تحویل هلیوم قطر به دنیا می‌انجامد. پس از بروز اختلاف بین قطر و کشورهای عرب متحد با عربستان سعودی و بسته شدن تنها مرز خشکی قطر، تولید هلیوم قطر تقریباً متوقف شده است. البته قطر به دنبال ایجاد مسیر جایگزین دریایی برای دور زدن این

1. RasGas
2. Ras Laffan Industrial City
3. Air Liquide
4. BOC Group ,Part of the Linde Group
5. Sales and Purchase (SPA)
6. Air Products
7. Engineering, Procurement, and Construction (EPC)
8. Chiyoda Almana
9. Cockerill, R. "RasGas awards two major contracts for Qatar III project, Air Products secures helium supply agreement", 28 October 2015. https://www.gasworld.com/air-products-secures-contract-for-qatar-iii-helium-plant/2009484.article.

مشکل است. شایان ذکر است که وجود ذخایر هلیوم در کشورها، موجب به تأخیر انداختن تأثیر این کمبود خواهد بود و بازار هلیوم در کوتاه‌مدت دچار تغییر محسوسی نخواهد شد. با ادامه این وضعیت، احتمال افزایش ناگهانی قیمت هلیوم (همچون کمبود هلیوم در سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۳) بسیار زیاد خواهد بود.

۳-۲. جمع‌بندی شرایط بازار

به‌علت کمبود هلیوم در سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۳ و افزایش شدید قیمت در این دوره، مصرف‌کنندگان هلیوم، شیوه مصرف بهینه همچون بازیافت هلیوم را به‌کار گرفتند. برطرف شدن کمبود هلیوم توسط راه‌اندازی واحد دوم قطر در سال ۲۰۱۳ افزایش عرضه هلیوم را به‌دنبال داشت، اما برخلاف انتظار، نرخ تقاضا افزایش نیافت و مازاد عرضه به‌وجود آمد. با پیشی گرفتن عرضه از تقاضا، تولیدکنندگان نیز تصمیم گرفتند که تولید هلیوم را کاهش دهند و یا متوقف کنند. به‌عنوان مثال چند مجموعه در ایالات متحده آمریکا، تولید خود را متوقف کرده و حتی هلیوم خام را به مخازن بی.ال.ام برگردانده و بعضاً از قطر نیز هلیوم وارد کردند. چنین اقداماتی به تعادل جدید قیمتی در بازار هلیوم در سال‌های اخیر منجر شده است. بااین‌حال و با بیشتر شدن عرضه از تقاضا در سال‌های اولیه پس از دوران کمبود، همچنان تلاش‌ها برای استخراج هلیوم در واحدهای جدید دیده می‌شود. افزایش قیمت هلیوم در طی دوران کمبود، کاهش حجم خط لوله و مخزن بی.ال.ام آمریکا و قیمت پایین نفت و گاز از عوامل اصلی اقبال بازار به تولید و اکتشافات جدید پیرامون هلیوم است. اولین علت تمایل فعالان حوزه هلیوم به استخراج‌های جدید، بالا بودن قیمت هلیوم (باقی‌مانده از آثار کمبود هلیوم) حتی پس از دو سال فراوانی است. هرچه قیمت هلیوم بالاتر باشد، تمایل به احداث واحدهای جدید نیز بیشتر می‌شود. علاوه‌بر این، امروزه هزینه تولید هلیوم از حوزه‌های با غلظت پایین نیز کاهش یافته و به‌عبارتی، اقتصادی شده است و بعضاً استخراج هلیوم مستقل از تولید ال.ان.جی، یک صنعت پرسود به‌حساب می‌آید. ازاین‌رو حوزه‌های جدیدی همچون راکوا[1] در تانزانیا (مستقل از اِل.اِن.جی) در حال سرمایه‌گذاری هستند.[2]

کاهش مخازن بی.ال.ام، در پی تخلیه ذخیره فدرال طبق قانون مربوطه در آمریکا، عامل بعدی افزایش تمایل به تولید هلیوم است. از این جهت واحدهای متصل به بی.ال.ام و سایر خریداران هلیوم خام، به‌دنبال جایگزین‌های مناسب هستند. همچنین استفاده از ظرفیت حوزه‌های متغیر و عدم تمرکز بر یک یا چند عرضه‌کننده محدود هلیوم خام، از ریسک اقتصادی شرکت‌های فعال می‌کاهد. ازاین‌رو در آینده تمایل به احداث واحدهای جدید و افزایش تولید، منطقی خواهد بود. علاوه‌بر دو مورد ذکر شده،

1. Rukwa
2. Domasa, S., "Tanzania: Hands Off Helium, Tanzania Petroleum Development Company Advised". Tanzania Daily News (Dar es Salaam), 18 APRIL 2017.

قیمت پایین نفت و گاز به نسبت هلیوم، موجب افزایش تمایل به استخراج هلیوم در حوزه‌های گازی دارای این عنصر شده است. در حال حاضر کشورهای جدیدی همچون تانزانیا نیز برای تولید هلیوم اقداماتی انجام داده‌اند. پروژه هلیوم وان[1] در راکوا با معرفی خود به‌صورت سرمایه‌گذاری بدون ریسک، به‌دنبال جذب سرمایه جهت اکتشاف هلیوم در تانزانیا است. هلیوم وان مدعی وجود ۹۸/۹ میلیارد فوت مکعب (استاندارد) با غلظت ۸ تا ۱۰/۲ درصد در راکوای تانزانیا می‌باشد. شایان ذکر است که هلیوم وان به‌همراه دانشکده زمین‌شناسی آکسفورد مدعی ریسک پایین این پروژه از لحاظ اقتصادی هستند و این موضوع بار دیگر اهمیت سرمایه‌گذاری در زمینه استخراج هلیوم را نشان می‌دهد.[2]

۳. وضعیت ایران در حوزه هلیوم

۳-۱. مقایسه منابع گازی تولید هلیوم در جهان و ایران

میدان گازی پارس جنوبی بزرگ‌ترین منبع گازی دنیاست، اما غلظت هلیوم موجود در این حوزه گازی، بالا نیست. بااین‌حال حجم بالای گاز موجود در پارس جنوبی موجب شده است که ایران ظرفیت تبدیل شدن به قطب هلیوم (حدود ۲۷ درصد هلیوم تولیدی جهان) را داشته باشد. شاهد این ادعا کشور قطر است که از حوزه مشترک با ایران، توانسته به رتبه دوم تولید هلیوم در دنیا تبدیل شود. غلظت هلیوم مخازن گاز نقاط مختلف جهان در جدول ۴ آمده است.

جدول ۴. غلظت مولی[3] هلیوم در حوزه‌های گازی جهان

مخزن	غلظت (درصد)
ایران (پارس جنوبی)	۰/۰۴ تا ۰/۰۵
قطر (میدان شمالی)	۰/۰۴ تا ۰/۰۵
الجزایر (حاسی الرمل)	۰/۱۸
الجزایر (سکیکده)	۴ تا ۶/۴
استرالیا	۶
آمریکا (آریزونا)	۸/۳
آمریکا (کانزاس)	۱/۴

مأخذ: اطلاعات جمع‌آوری شده از مقالات و منابع مرتبط.

1. Helium one
2. Helium One. "Helium One Investor Presentation: for the technology of today and the future", 30 May, 2017.
۳. در شیمی غلظت مولی (C_i) به‌صورت تعداد جزء n_i در حجم مخلوط (V) تعریف می‌شود $Z.\ Ci = \frac{ni}{V}$.

علاوه‌بر پارس جنوبی، ایران میدان‌های گازی مختلفی دارد که باید امکان وجود هلیوم با غلظت بالاتر در آنها بررسی شود. این میادین عبارتند از:

میدان گازی آرش، میدان گازی آغاجاری، میدان گازی آغار، میدان گازی پارس شمالی، میدان گازی تابناک، میدان گازی تنگ بیجار، میدان گازی خانگیران، میدان گازی خیام، میدان گازی دالان، میدان گازی رهام، میدان گازی سرخون، میدان گازی سردار جنگل، میدان گازی سفید باغون، میدان گازی سلمان، میدان گازی شانول، میدان گازی فارو، میدان گازی فردوسی، میدان گازی فرزاد آ، میدان گازی فرزاد ب، میدان گازی کمانکوه، میدان گازی کنگان، میدان گازی کیش، میدان گازی گشوی جنوبی، میدان گازی گلشن، میدان گازی گورزین، میدان گازی لاوان، میدان گازی مبارک، میدان گازی مختار، میدان گازی مدار، میدان گازی نار، میدان گازی هالگان، میدان گازی هامون، میدان گازی هما، میدان گازی هنگام، میدان گازی وراوی.

۲-۳. سهم ایران در تولید و مصرف هلیوم و بررسی طرح‌های موجود

به‌رغم بهره‌مندی از منابع عظیم هلیوم، ایران درحال حاضر واردکننده این ماده استراتژیک است و به‌عبارتی سهم ایران در تولید هلیوم، صفر است. در ایران سالانه تنها حدود ۲۶۰ هزار لیتر هلیوم مایع برای مصارف بیمارستانی و دستگاه‌های ام.آر.آی استفاده می‌شود. مصارف هلیوم در ایران شامل کاربردهای پزشکی همچون ام.آر.آی، نظامی، نیروگاه هسته‌ای، جوشکاری، صنایع سردسازی سریع، جوشکاری و همچنین مصارف آزمایشگاهی و دانشگاهی است. به‌عنوان مثال ۱۵ دستگاه ان.ام.آر در دانشگاه‌های ایران موجود است که هشت عدد از آنها به‌دلیل نبود هلیوم در دوران کمبود از کار افتاده‌اند. شایان ذکر است که در زمان تحریم‌ها، اختلال شدیدی در فعالیت‌های دستگاه‌های ام.آر.آی رخ داد و ایران مجبور به خرید گرانقیمت هلیوم از روسیه شد.

براساس گزارش وزارت بهداشت در اواخر سال ۱۳۹۴، این وزارتخانه هر لیتر هلیوم مایع را ۶۵,۰۰۰ تومان خریداری کرده است. با فرض هر دلار برابر با ۴,۱۲۷ تومان، به‌عبارتی ایران هر لیتر هلیوم را با قیمت ۱۵/۷ دلار خریداری کرده است. درحالی‌که قیمت خریداری شده در زمان تحریم به بیش از ۶۰ دلار در هر لیتر رسیده است.[۱]

ازجمله طرح‌های موجود در کشور پیرامون تولید هلیوم می‌توان به پروژه امکان‌سنجی گلیماش اشاره کرد. در راستای امکان‌سنجی استخراج هلیوم از پارس جنوبی، در سال ۲۰۰۹ قراردادی بین ایران و شرکت گلیماش روسیه به ارزش ۵۰۴ هزار یورو منعقد شد. در بخش‌های بعدی، از اطلاعات این قرارداد استفاده شده است.

---

۱. مصاحبه با آقای دمیرچلی، عضو سابق کمیته هلیوم وزارت نفت و آقای جلال شکوهی رئیس انجمن رادیولوژی ایران در دوران تحریم.

۴. استخراج هلیوم در ایران

۴-۱. بررسی سناریوهای استخراج هلیوم در ایران

براساس بررسی‌های انجام شده، توسط شرکت گلیماش، از ۱۲ نقطه در منطقه پارس جنوبی نمونه‌گیری به‌عمل آمد که آنالیزِ نمونه‌ها نشانگر وجود بیشترین میزان هلیوم در پایین‌دست پالایشگاه‌ها، به مقدار ۵۴۰ پی.پی.ام بوده است. با توجه به محل‌های نمونه‌گیری و آنالیزهای انجام شده، مقدار ۵۲۰ پی.پی.ام به‌عنوان میزان هلیوم موجود در گاز خوراک کارخانه استحصال هلیوم، مبنای مطالعات و محاسبات قرار گرفت. مطالعات امکان‌سنجی تولید هلیوم گاز پارس جنوبی با پیگیری دو سناریو بررسی شده است:

۱. امکان‌سنجی استحصال هلیوم از واحد بازیافت اتان،[1]

۲. امکان‌سنجی استحصال هلیوم از کارخانه تولید LNG.

براساس نتایج ارائه شده، هزینه احداث واحد هلیوم برای سناریو ۲ کمتر از سایر گزینه‌هاست، ولی ذکر این نکته ضروری است که عدم تعیین تکلیف کارخانه مایع‌سازی گاز ایران[2] و نیز هزینه ثابت بالای تولید ال.ان.جی، باید مدنظر قرار گیرد.

دو سناریو بیان شده در بالا، هرکدام دارای سه واحد بوده که عبارتند از:

الف) تولید هلیوم خام گازی،

ب) واحد خالص‌سازی هلیوم گازی تا درصد خلوص ۹۹/۹۹۵ درصد،

ج) واحد مایع‌سازی هلیوم گازی.

نکته‌ای که باید مورد توجه قرار بگیرد این است که در نگاه سنتی به هلیوم، استحصال هلیوم از گاز طبیعی هنگامی صرفه اقتصادی دارد که در ادامه کارخانه تولید گاز طبیعی مایع یا همان ال.ان.جی باشد. اما در سال‌های اخیر به‌دلیل رکود در بازار ال.ان.جی، کشورها به‌دنبال روشی هستند که بدون تولید ال.ان.جی، هلیوم گاز طبیعی را استحصال کنند و در نتیجه اقتصاد هلیوم از اقتصاد ال.ان.جی جدا شود.

۴-۲. بررسی اقتصادی احداث واحد تولید هلیوم مایع براساس نیاز داخلی

آمار اقتصادی کشور قطر در واحد دوِ این کشور حکایت از سرمایه‌گذاری ۵۰۰ میلیون دلاری در سال ۲۰۱۰ برای تولید روزانه ۱۷ تن در روز و یا ۶,۰۰۰ تن هلیوم مایع در سال دارد. استفاده از این عدد با توجه به گذشت هفت سال نیاز به بازنگری داشته و از این جهت در ادامه بررسی اقتصادی احداث واحد تولید هلیوم در ایران با آمار به‌روز شده مورد توجه قرار گرفته است. محاسبات اقتصادی براساس خروجی

1. Ethane Recovey
2. Iran LNG

نرم‌افزار تخصصی طراحی هایسیس[1] صورت پذیرفته است. مصرف داخلی ایران برابر با ۱/۵ میلیون لیتر در سال و معادل نیم تن در روز است. به‌عبارت دیگر، میزان تولید هلیوم براساس نیاز داخلی و بدون صادرات، ۲۳/۷۳ کیلوگرم در ساعت و یا ۱/۵ میلیون لیتر در سال است. شایان ذکر است که وزارت بهداشت، هر لیتر هلیوم مورد نیاز خود را به قیمت ۱۵/۷ دلار در شرایط عادی و حدود ۶۰ دلار در زمان تحریم‌ها خریداری کرده است.

براساس این نیاز و قیمت خریداری شده توسط وزارت بهداشت (۱۵/۷ دلار در هر لیتر)، محاسبات زیر صورت گرفته است. در این بخش و به‌منظور ارزیابی اقتصادی، سه سناریو بدبینانه، معمولی (نرمال) و خوشبینانه در نظر گرفته شده‌اند. این سناریوها براساس روند تغییرات قیمتی در دهه گذشته، وضع کنونی و آینده بازار هلیوم انتخاب شده‌اند.

۴-۲-۱. سناریو بدبینانه

همان‌طور که اشاره شد، وزارت بهداشت، هلیوم مورد نظر خود را به قیمت ۱۵/۷ دلار در هر لیتر خریداری می‌کند. ازاین‌رو در صورتی که سیاست فروش به‌گونه‌ای باشد که هلیوم جهت مصرف داخلی، نصف قیمت خرید حال حاضر وزارت بهداشت از خارجِ کشور باشد (جهت حمایت از مصرف‌کنندگان داخلی)، قیمت هلیوم در این سناریو برابر با ۸/۵ دلار در هر لیتر (تقریباً نصف قیمت) در نظر گرفته می‌شود. علاوه‌بر این در اینجا نرخ افزایش قیمت هلیوم برابر با صفر در نظر گرفته شده است. به‌عبارت‌دیگر قیمت هلیوم طی سال‌های مختلف عرضه واحد تولید هلیوم تغییری نخواهد کرد.

۴-۲-۲. سناریو نرمال

در این سناریو نیز همانند سناریو بدبینانه، قیمت فروش هلیوم جهت مصرف داخلی برابر با ۸/۵ دلار در هر لیتر است. با این تفاوت که با توجه به افزایش ۱۰۰ درصدی قیمت هلیوم در ۱۰ سال گذشته، که معادل حدود ۸ درصد رشد در هر سال است، نرخ افزایش قیمت هلیوم برای این سناریو طی سال‌های عرضه هلیوم برابر با ۸ درصد در نظر گرفته شده است.

۴-۲-۳. سناریو خوشبینانه

با توجه به افزایش ناگهانی قیمت هلیوم در سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۳ به‌علت کمبود هلیوم، قیمت این ماده استراتژیک در طی این دو سال، افزایش شدیدی را تجربه کرده است. بنابراین در این سناریو فرض می‌شود که این بحران در دهه آینده رخ بدهد. این احتمال به‌علت مناقشات بین قطر و همسایگان عربی و شرایط خاص منطقه خاورمیانه، دور از ذهن نخواهد بود. ازاین‌رو در این سناریو، قیمت فروش هلیوم جهت مصرف داخلی برابر با ۱۵/۷ دلار در هر لیتر و نرخ رشد، همان ۸ درصد در نظر گرفته می‌شود.

1. HYSYS

شایان ذکر است که در این سناریو، قیمت افزایش یافته (۱۵/۷ دلار بر لیتر) برای مصرف‌کننده داخلی، برابر با قیمت حال حاضر جهت خرید از خارج کشور است. بدین معنا که قیمت ۱۵/۷ دلار (هر لیتر) در نظر گرفته شده در سناریو خوشبینانه، بالاتر از قیمت حال حاضر خرید از خارج کشور نخواهد بود، بلکه بالاتر از قیمت سناریو نرمال بوده که نصف قیمت جهانی (۸/۵ دلار در هر لیتر) است.

خروجی سه سناریو بالا در جدول زیر آورده شده است:

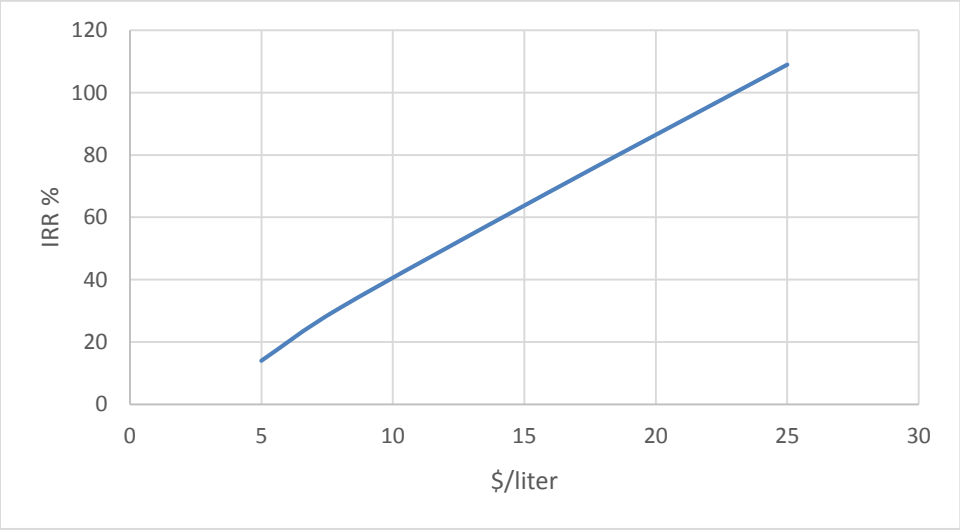
جدول ۵. محاسبات اقتصادی برمبنای نیاز داخلی و بدون صادرات

سناریو	قیمت هر لیتر (دلار)	قیمت فعلی خرید از خارج کشور (دلار)	نرخ افزایش قیمت در سال (درصد)	IRR%
بدبینانه	۸/۵	۱۵/۷ - ۶۰ (۶۰ دلار در زمان تحریم)	۰	۲۱
نرمال	۸/۵	۱۵/۷ - ۶۰ (۶۰ دلار در زمان تحریم)	۸	۳۴
خوشبینانه	۱۵/۷	۱۵/۷ - ۶۰ (۶۰ دلار در زمان تحریم)	۸	۶۷

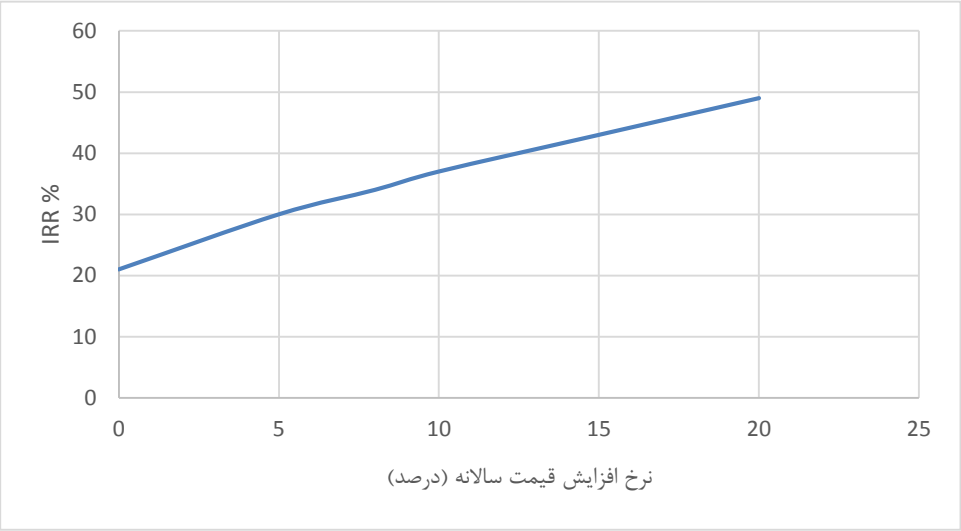
مأخذ: محاسبات پژوهشگر.

به‌منظور بررسی حساسیت نرخ بازده داخلی و توجیه‌پذیری اقتصادی طرح به پارامترهای اساسی، تأثیرات قیمت فروش هلیوم و همچنین نرخ افزایش سالانه آن در نمودارهای زیر بررسی شده است. پایه نمودارهای زیر، برمبنای سناریو نرمال در نظر گرفته شده است.

نمودار ۷. تأثیر قیمت فروش هلیوم بر نرخ بازده داخلی



نمودار ۸. تأثیر نرخ افزایش قیمت سالانه هلیوم بر نرخ بازده داخلی



همان‌طور که مشاهده می‌شود، حساسیت نرخ بازده داخلی به قیمت هلیوم بالاتر از حساسیت به نرخ رشد قیمت سالانه هلیوم است. با توجه به نتایج جدول ۵ و نمودارهای ۷ و ۸، نرخ بازده داخلی برای سناریوهای بدبینانه، نرمال و خوشبینانه به‌ترتیب برابر با ۲۱، ۳۴ و ۶۷ درصد است. اعداد ذکر شده حاکی از مناسب بودن طرح از لحاظ اقتصادی است.

نتیجه‌گیری

خواص منحصربه‌فرد هلیوم موجب استفاده‌های فراوان از این عنصر استراتژیک در کاربردهایی همچون تصویربرداری با تشدید مغناطیسی (ام.آر.آی)، جوشکاری، انتقال حرارت در نیروگاه‌های هسته‌ای، بالن‌های بالارونده و بسیاری از موارد دیگر شده است. قیمت بالا رفته هلیوم در دوران کمبود، کاهش حجم خط لوله و مخزن بی.ال.ام آمریکا، قیمت پایین نفت و گاز (به نسبت هلیوم) و توسعه صنایع الکترونیکی به‌خصوص در شرق آسیا ازجمله عوامل اقبال به تولید و اکتشافات جدید پیرامون هلیوم است. در حال حاضر ایران به‌رغم بهره‌مندی از منابع عظیم هلیوم، واردکننده این ماده استراتژیک است. به‌عبارتی سهم ایران در تولید هلیوم، صفر است. این در حالی است که تقریباً تمام گزارش‌های مراکز آینده‌پژوهی دنیا در رابطه با هلیوم، نشان از افزایش تقاضا و قیمت آن درحال حاضر و آینده دارد. هلیوم نه‌تنها خود یک ماده استراتژیک و مولد اقتصادی است، بلکه تکنولوژی استحصال و تولید آن نیز یک تکنولوژی استراتژیک در دنیا به‌حساب می‌آید، به‌طوری که این تکنولوژی در اختیار فقط چند کشور و یا شرکت است. جمهوری اسلامی ایران ازآنجاکه دارای میادین فراوان گازی است به‌خصوص میدان گازی پارس جنوبی که مشترک با کشور قطر است، باید با بهره‌گیری از دانش نخبگان، در راستای اهداف

اقتصاد مقاومتی، به سمت کسب دانش تولید هلیوم مایع از گاز طبیعی و در نهایت تولید و حضور در بازارهای جهانی حرکت کند. بدیهی است که تولید این ماده استراتژیک در داخل کشور، نه‌تنها باعث ایجاد ارزش‌افزوده برای گاز طبیعی و جلوگیری از هدررفت این ماده ارزشمند می‌شود، بلکه باعث یک تحول در صنایع مختلف استراتژیک در کشور خواهد شد. پیرامون دانش فنی احداث و بهره‌برداری از واحد تولید هلیوم باید اشاره کرد که با توجه به فعالیت‌های در حال انجام در مراکز تحقیقاتی کشور همانند دانشگاه صنعتی شریف به‌زودی شاهد دستیابی ایران به این فناوری مهم خواهیم بود. ارزیابی اقتصادی احداث واحد تولید هلیوم در ایران، حکایت از سودده بودن این طرح و بازگشت سرمایه مناسب آن دارد. در این پروژه محاسبات اقتصادی برمبنای نیاز داخل و جلوگیری از واردات هلیوم صورت پذیرفته است که طبق آن، پیشنهاد احداث واحد تولید هلیوم مایع با ظرفیت حدود ۲۳/۷ کلیوگرم در ساعت (۰/۵ تن در روز) و معادل ۱/۵ میلیون لیتر در سال داده شده است. ارزیابی اقتصادی طرح مورد نظر، دارای نرخ بازده داخلی بالا بوده که حکایت از توجیه‌پذیری بسیار مناسب این طرح دارد. علاوه‌بر این، با توجه به مشترک بودن مخزن گازی حاوی هلیومِ ایران با قطر و تشدید استخراج این عنصر استراتژیک توسط قطر با احداث واحد سوم در سال ۲۰۱۸، ضرورت دارد تا به‌سرعت گام‌های لازم در ارتباط با تولید هلیوم در ایران برداشته شود.

منابع و مآخذ

1. Helium One. "Helium One Investor Presentation: for the technology of today and the future", 30 May, 2017.
2. Altesa, T., Johnson, M., and Fidlerb, M., *Use of hyperpolarized helium-3 MRI to assess response to ivacaftor treatment in patients with cystic fibrosis.* Journal of Cystic Fibrosis. 16(2) (2017) 267-274.
3. Moorhouse, L.S. *The world's biggest aircraft: Giant airship gets closer to take-off*. 2015. http://edition.cnn.com/2015/03/10/tech/airlander-10-biggest-aircraft/index.html.
4. Leiden, K. *The importance of helium for welding*. 2015. http://askzephyr.com/the-importance-of-helium-for-welding./
5. Toropchin, A., Frolov, V., Pipa, A.V., Kozakov, R., and Uhrlandt, D., *Influence of the arc plasma parameters on the weld pool profile in TIG weldin.* Journal of Physics: Conference Series 550 (2014).
6. Kakuste, S.B., Bhujbal, U.B., and Devkar, S.V., *Review Paper on Leak Detection.* International Journal of Engineering Research and General Science. 2(3) (2014).
7. Cameco Corporation. *Types of Reactors: Non-Water Cooled Reactors*. 2017. https://www.cameco.com/uranium_101/electricity-generation/types-of-reactors./
8. Hermsen, R.J.G., *Cryogenic propellant tank pressurization: Practical investigation on the tank collapse factor for small, high-pressure, cryogenic*

rocket propellant tanks. To obtain the degree of Master of Science at the Delft University of Technology (2017).
9. Fydrych, J. and Pietrowicz, S., *Numerical analysis of temperature stratification in a subatmospheric cold helium line.* IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 171 (2017) 012-023.
10. Sealy Center for Structural Biology and Molecular Biophysics. *Nuclear Magnetic Resonance (NMR) Spectroscopy*. 2017. https://scsb.utmb.edu/resources/nmr_spec.asp#tab-2.
11. A SCIENCE POLICY REPORT ISSUED BY: American Physical Society, Materials Research Society, and American Chemical Society. "The U.S. Research Community's Liquid Helium Crisis, An Action Plan to Preserve U.S. Innovation", 2016.
12. Kornbluth, P. "Helium in 2016 – Brisk sourcing activity, despite ample supply", 1 September 2016. http://www.kornbluthheliumconsulting.com/images%5Cbrisk.pdf.
13. Hamak, J.E. *"Helium: A Stable Element. A Stable Market?" World Energy Conference, Amarillo Field Office*. April 12, 2017. https://www.blm.gov/programs/energy-and-minerals/helium.
14. United States Geological Survey. *"USGS Minerals Information: Helium"*. 2017. https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/helium/mcs-2017-heliu.pdf.
15. US Government Information, *PUBLIC LAW 113–40—OCT. 2, 2013* . *HELIUM STEWARDSHIP ACT OF 2013.* Congress.gov.
16. Kornbluth, P. "BLM completes FY 2018 crude helium auction", 20 July 2017. https://www.gasworld.com/blm-completes-fy-2018-crude-helium-auction/2013150.article.
17. US Senate (energy). "Helium Stewardship Act of 2013, Background and Need for Action", July 24,2017. https://www.energy.senate.gov/public/index.cfm/files/serve?File_id=494b2f9e-c8f5-4a44-962d-de4e83397d6b.
18. Cockerill, R. "RasGas awards two major contracts for Qatar III project, Air Products secures helium supply agreement", 28 October 2015. https://www.gasworld.com/air-products-secures-contract-for-qatar-iii-helium-plant/2009484.article.
19. Domasa, S., "Tanzania: Hands Off Helium, Tanzania Petroleum Development Company Advised". Tanzania Daily News (Dar es Salaam), 18 APRIL 2017.

مرکز پژوهش‌ها
مجلس شورای اسلامی

شناسنامه گزارش	شماره مسلسل: ۱۵۹۲۲

عنوان گزارش: ضرورت توجه به تولید گاز هلیوم در ایران (بررسی ظرفیت ایران در این زمینه)

نام دفتر: مطالعات انرژی، صنعت و معدن (گروه انرژی)

تهیه و تدوین‌کنندگان: علی آرام، حمیدرضا ساوالانپور اردبیلی، امین آزادی

همکار: سیده‌مریم موسوی

مدیر مطالعه: فریدون اسعدی

ناظران علمی: حسین افشین، مهدی فقیهی

متقاضی: معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی

ویراستار تخصصی: ـــــ

ویراستار ادبی: ـــــ

واژه‌های کلیدی: ـــــ

تاریخ انتشار: ۱۳۹۷/۴/۱۲