فصلنامه پژوهش‌های سیاستگذاری و برنامه‌ریزی انرژی
سال سوم/ شماره ۷/ تابستان ۱۳۹۶/ صفحات ۱۰۴-۷۹

بهینه‌سازی حجم ذخیره‌سازی گاز طبیعی ایران با رویکرد برنامه‌ریزی خطی

علیرضا رسول نژاد
کارشناس ارشد رشته برنامه‌ریزی سیستم‌های اقتصادی
دانشگاه صنعتی شاهرود
mrnalireza@yahoo.com

مجتبی غیاثی
استادیار دانشگاه صنعتی شاهرود
mog@shahroodut.ac.ir

مطالعه حا ضر، بهینه سازی حجم ذخیره سازی گاز طبیعی در ایران برای سال‌های ۱۴۱۰-۱۳۹۲ با ا ستفاده از روش برنامه‌ریزی خطی اســت که با نرم‌افزار لینگو حل شــده اســت. داده‌های مورد نیاز از ترازنامه انرژی، وزارت نفت و شــرکت ذخیره‌ســازی گاز طبیعی جمع‌آوری شــد. بر اســاس اولویت وزارت نفت، مقدار تخصــیص به مصــرف خانگی، تزریق به مخازن نفت، صــادرات و ذخیره‌ســازی مشــخص شــد. مقدار حجم ذخیره‌سازی گاز طبیعی بر اساس مخازن کشف شده و در حال ارزیابی، در سه سناریو بررسی شد. در حالت ســناریو پایه مقدار حجم ذخیره ســازی ۸ درصــد کل مصــرف داخلی شــد که بهبود مناســبی در وضــعیت ذخیره سازی کشور ا ست. این امر اهمیت روزافزون ذخیره سازی گاز در کشور ایران را رو شن می‌کند، بنا براین باید با سرمایه گذاری و افزایش توان فنی به فرآیند ذخیره‌سازی در ایران کمک شود.

واژه‌های کلیدی: ذخیره سازی، گاز طبیعی، بهینه‌سازی، لینگو

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۵/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۴/۱۹

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

۱.مقدمه

اقتصاد، علم تخصیص بهینه منابع کمیاب است[1]. تخصیص بهینه بر اساس نظریه‌های مختلفی صورت می‌گیرد که در اقتصاد خرد، کلان، سیاسی، بین الملل، انرژی و بخصوص در اقتصاد منابع طبیعی وجود دارد. اقتصاد منابع طبیعی تخصیص بهینه منابع طبیعی برای برآورده ساختن احتیاجات انسان را پی‌گیری می‌کند (داسگوپتا[2]،۱۹۹۳).

درحال حاضر، گاز طبیعی نزدیک به ۲۵ در صد انرژی جهان را تأمین می‌کند و در سالهای اخیر به عنوان مهم‌ترین گزینه برای سوخت جایگزین نفت مطرح است. ایران یکی از بزرگ‌ترین کشورهای گازخیز دنیاست که توان تولید آن از نیاز تزریق به مخازن نفتی و مصرف داخلی بیشتر است. گاز می‌تواند ماده اولیه تولید مواد پتروشیمیایی و پالایشی باشد و یا به صورت مایع شده یا با خطوط لوله صادر شود. تزریق گاز[3] به مخازن نفتی می تواند با افزایش ضریب بازیافت[4] از مخازن نفتی، علاوه بر افزایش ظرفیت تولید نفت در کشور، گاز مخازن مشترک را ذخیره و نگهداری کند (بون[5]،۱۹۹۷).

ذخیره سازی گازطبیعی برای ایران به عنوان کشوری که اولین ذخایرگازی دنیا را دراختیار دارد، موضوعی مهم و حیاتی است. با توجه به این احساس نیاز، خوشبختانه گام‌های قابل قبولی بویژه در چند سال گذشته در این زمینه برداشته شده است. با افزایش واردات گاز در کشور و کاهش محسوس مصرف آن در فصل‌های گرم سال در تمام بخش‌ها، فرصت طلایی برای ذخیره‌سازی گاز برای صنعت نفت ایران پیش آمده است (اصغری، ۱۳۹۳). در برخی از کشورها مجموع ۳۰-۲۰

1.Begg, David; Stanley Fischer; and Rudiger Dornbusch; Economics; 9th Edition; London: McGraw-Hill, 2008, pp. 8-11
2.Dasgupta
3.Gas injection
4.Increase of Oil Recovery (IOR)
5.Bunn

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

درصد از مصرف گاز سالانه از طریق ذخیره سازی زیرزمینی گاز تأمین می شود (پلات،۲۰۰۹) ، اما این عدد در ایران کمتر از ۱ درصد است که با تلاش مسئولان باید افزایش یابد.

چن[1] (۲۰۱۲) به بررسی بهینه سازی ازدیاد برداشت نفت و ذخیره سازی گاز پرداخت و نشان داد با افزایش نرخ مالیات بر انتشار گاز دی اکسید کربن، ذخیره‌سازی اهمیت بیشتری خواهد داشت.

بوژان و استوجان[2] (۲۰۱۱) بهینه‌سازی هزینه یک ذخیره‌سازی گاز زیرزمینی با روش برنامه‌ریزی غیرخطی است. مدل شامل تابع هدف هزینه‌ای است که دارای محدودیت‌های ژئومکانیکی و طراحی است.

نتایج حاصل از تحقیق لی و دیگران[3] (۲۰۱۰) تطابق بین الگوهای تخصیص منابع انرژی و خدمات، فرموله کردن سیاست‌های محلی با توجه به مصرف انرژی و تحلیل توازن بین هزینه‌های سیستمی، درجه رضایت و ملزومات زیست- محیطی تحت شرایط چندگانه عدم اطمینان می باشد.

دی یونگ و والت[4] (۲۰۰۳) بیان کردند که تغییرات در نوسانات و متوسط برگشت تأثیر زیادی بر ارزش ذخیره‌سازی دارد.

مژر و همکاران[5] (۱۹۹۸) مدل تخصیص منابع انرژی به مصرف‌کنندگان نهایی در بخش خانگی لبنان را با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی چند هدفه توسعه دادند.

محقر و همکاران (۱۳۸۹) با شناسایی شاخص‌های مهم اولویت‌بندی مصرف گاز و تعیین وزن نسبی آنها و با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند شاخصه تاپسیس[6] به اولویت‌بندی تخصیص گاز به بخش‌های مختلف مصرف پرداختند و سپس با بهره‌گیری از روش برنامه‌ریزی آرمانی، سهم بهینه بخش‌های مختلف مصرف را مشخص کردند.

1.Shengnan Chen
2.Bojan Žlender and Stojan Kravanja
3.Li, et al
4.De Jong and Walet
5.Mezher, et al
6.Technique for Order-Preference by Similarity to Ideal Solution.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

شاه‌حسینی (۱۳۸۸) تخصیص گاز طبیعی به حوزه‌های مختلف مصرف شامل خانگی- تجاری و عمومی، صنعتی، نیروگاهی، صادرات و تزریق گاز به مخازن نفتی را مورد مطالعه قرار داد.

جدول ۱. خلاصه پیشینه تحقیق

سال	نویسندگان	موضوع	نتیجه	دلیل عدم استفاده
۲۰۱۵	دی یانگ	بهینه‌سازی قیمت ذخیره‌سازی گاز طبیعی	ذخیره‌سازی تزریق گاز روزانه تا قیمت تعادلی تنظیم شود.	نبود بازار رقابتی قیمت انرژی در ایران
۲۰۰۷	ژولیانگ چن و پتر	تابع بهینه سازی قیمت ذخیره سازی گاز	تنظیم قیمت گاز در بهره‌برداری بهینه از امکانات ذخیره‌سازی	قیمت، محصول ایجاد تعادل در بازارهای جزئی
۲۰۰۶	جو واین	کیمنه‌سازی تابع سود ذخیره‌سازی گاز	تزریق و خروج گاز موثر در ذخیره‌سازی	نبود هزینه تزریق و برداشت در ایران
۱۹۹۱	ویلیامز و رایت	چارچوبی برای مدل ناپیوسته ذخیره‌سازی	الگویی برای مدیریت بر مخازن ذخیره سازی و سیاست بهینه	بهینه‌سازی مخزن بر اساس روابط فنی نه اقتصادی
۱۳۹۲	حسینی و یونس آرا	چالش ها و راهکارهای پیشبرد ذخیره‌سازی گاز	گاز اگر در لوله‌ها باشد در زمان پیک با کمبود مواجه می‌شویم.	مدل ریاضی ندارد و توصیفی است.
۱۳۹۲	دوراندیش و چاکری	راهبرد توسعه ذخیره سازی گاز طبیعی	مشخص نمودن مراکز ثقل ذخیره سازی گاز طبیعی در ایران	بهینه‌یابی حجم گاز طبیعی محاسبه نشده است.
۱۳۹۱	کاظمی و دیگران	مدل برنامه‌ریزی خطی چندهدفه برای تخصیص بهینه منابع انرژی ایران	پیش‌بینی تقاضای انرژی در بخش‌های مختلف با توجه به طرح هدفمندکردن یارانه‌ها	کلی بودن مدل مورد استفاده و همچنین چند هدفه بودن مدل

مأخذ: ساینس دایرکت، پژوهشکده علوم انسانی، جهاد دانشگاهی و سیویلیکا

در ادامه، مبانی نظری تحقیق مطرح و سپس مواد و روش‌ها و شرح مدل بیان می شود و پس از آن، تحلیل نتایج بهینه‌سازی ارائه و در انتها، نتایج و پیشنهادها بیان می‌شود.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

۲. مبانی نظری

برای دست‌یابی به توسعه پایدار لازم است مجموع منافع نسل‌های حاضر و آینده بیشینه گردد. عملکرد نسل حاضر خواه ناخواه بر میزان دارایی ها و منابع نسل‌های آینده اثر خواهد گذاشت. به عبارت دیگر، گاز طبیعی یک انرژی پایان‌پذیر محسوب می شود که باید در تولید، مصرف و حتی ذخیره‌سازی بهینه باشد تا ثبات سیاسی و اقتصادی و نقش راهبردی جمهوری اسلامی ایران در منطقه و جهان در زمان حال و آینده حفظ شود (ملکی،۱۳۹۰). در این بخش، بهینه سازی در مورد ذخیره‌سازی گاز طبیعی بیان می‌گردد.

۲-۱. بهینه‌سازی با روش حداکثرسازی جریان و قیمت گاز طبیعی تاسیسات ذخیره‌سازی

با استفاده از این مدل، هدف به حداکثر رساندن جریان‌های حجم گاز درگیر مورد انتظار از تاسیسات ذخیره‌سازی، تحت اندازه‌گیری ریسک تنظیم شده است. این ریسک به نام متغیر کنترل در مدل وارد می‌شود. نیاز به سرمایه‌گذاری اضافی در تاسیسات ذخیره‌سازی گاز و بهره‌برداری بهینه از این زیرساخت‌ها بسیار مهم است. چهار عامل تاثیرگذار وجود دارد که ظرفیت گاز پایه و درگیر، دهش[1]، ظرفیت تزریق، و چرخه این مراحل می‌باشد.

گاز پایه مقدار گاز مورد نیاز برای حفظ فشار مخزن است و به طور کلی، هرگز حذف نمی‌شود در حالی که ظرفیت گاز درگیر مقدار گاز موجود برای تولید و فروش است. دهش اشاره به سرعتی دارد که در آن مخزن می‌تواند گاز را از ذخایر خود آزاد کند. بالاترین دهش زمانی است که مخزن نزدیک به حداکثر ظرفیت خود و کمترین دهش زمانی است که مخزن تقریبا خالی است. ظرفیت تزریق به سرعتی اشاره دارد که در آن گاز طبیعی را می‌توان به تاسیسات ذخیره‌سازی فرستاد. برعکس دهش، دبی تزریق در پایین‌ترین حالت آن زمانی است که مخزن در حداکثر ظرفیت و در بالاترین حد خود زمانی است که مخزن خالی است. چرخه، تعداد دفعاتی است که حجم گاز کار را می‌توان در یک سال تزریق و خارج کرد (تامسون[2] و دیگران،۲۰۰۹).

1.Deliverability
2.Thompson

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

$$max_{c(P,I,t)}\ E[\int_0^T e^{-\rho T}\big(c - a(I,c)\big)P\ dt] \qquad (۱)$$

$$c_{min}(I) \le c \le\ c_{max}(I \qquad (۲)$$

P قیمت فعلی در هر واحد از گاز طبیعی، I مقدار فعلی موجودی گاز درگیر تا منافع گاز ذخیره‌شده در حال و آینده باید بهینه شود، c متغیر کنترل است که نشان‌دهنده مقدار گاز منتشرشده (c >0) یا تزریق (c<0) برای ذخیره‌سازی است. I_{max} حداکثر ظرفیت ذخیره‌سازی می باشد. $c_{max}(I)$ حداکثر نرخ دهش، حداکثر سرعت که در آن گاز را می‌توان از تاسیسات ذخیره سازی به سطح زمین منتشر کرد. $c_{min}(I)$ نرخ حداکثر تزریق، یعنی حداکثر سرعت که در آن گاز را می‌توان به تاسیسات ذخیره سازی تزریق کرد. $a(I,c)$ مقدار گاز واحد c که منتشر یا تزریق شده است (آلن[1]،۲۰۰۷). با توجه به اینکه تقریبا تمام حامل های انرژی در ایران را دولت عرضه می کند و فرض بازار تعادلی در مورد آنها صدق نمی کند، لذا شرکت‌های خصوصی در تعیین قیمت گاز ذخیره‌سازی شده دخیل نیستند و نمی‌توان از این مدل استفاده کرد.

۲-۲. بهینه‌سازی با روش حداکثرکردن سود ذخیره‌سازی گاز طبیعی

ذخیره‌سازی گاز دارای دو مولفه با ارزش قابل بحث است که به ارزش درونی و بیرونی تقسیم می‌شود. این ارزش‌گذاری بیشتر در نمونه کارهای انجام شده با روش مونت کارلو است. ارزش درونی حداکثر ظرفیت ذخیره‌سازی، نرخ تزریق و خروج و هزینه‌ها را شامل شده و ارزش بیرونی مربوط به محدودیت‌های بازار مانند شکاف قیمت پیشنهادی خرید و فروش در بازار و هزینه‌های معامله است (کارتوا[2] و دیگران، ۲۰۱۴). روش مونت کارلو تکرار مجموعه‌ای از گزینه‌های روزانه تعبیه شده در گزینه ذخیره‌سازی است. این ارزیابی دو مرحله می‌شود که بهینه‌سازی خطی در مرحله اول، مورد استفاده برای تعیین خرید و فروش کالای فیزیکی با محدودیت حجم است که به اصطلاح معاملات بازار و ایجاد تعادل جدید نامیده می‌شود. بهینه‌سازی خطی صورت گرفته در این مدل حداکثرسازی سود است. چرخه مرحله دوم بر سر نتایج مرحله اول و محاسبه سهم حاشیه‌ای از

1.Alan
2.Álvaro Cartea

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

تغییرات در نمونه کارها ست. از ویژگی های مهم در مورد ذخیره سازی این ا ست که راه‌حلی خطی یا غیر خطی همیشه برای محدودیت‌های مرزی بالا یا پایین خواهد بود (جو واین[1]،۲۰۰۶).

$$\text{Max profit}= \sum_{s=1}^{N}\left(P_s^{Bid} \times w_s + P_s^{Ask} \times i_s - cost_{si}^{i} - cost_s^{w}\right) \times e^{-r\times(s-T_l)} \qquad (۳)$$

N تعداد دوره قرارداد برای تمام طول عمر امکانات ذخیره‌سازی است، T_L شاخص زمانی از تاریخ علامت (ارزش فعلی) به تاریخ موعد قرارداد ذخیره سازی ا ست. پارامتر برآورد حجم خروج، w_s و حجم تزریق i_s که بر سر هر یک دوره قرارداد به جلو برآورد شده‌است. متغیرهای $cost_s^j$ تزریق و برداشت هزینه برای مدت زمان s مرتبط با تزریق و یا حجم خروج می‌باشد. در مدل جو واین در تابع هدف داده‌های هزینه‌ای مثل هزینه تزریق و هزینه بردا شت روزانه ا شاره شده ا ست که به علت در اختیار نبودن این داده‌ها در وزارت نفت و شرکت ذخیره‌سازی گاز طبیعی، مدل جدیدی متناسب با داده‌ها و شرایط کشور طراحی شد.

۲-۳. بهینه‌سازی با روش تخصیص منابع گازی به صورت خطی

در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های پژوهش عملیاتی در مدل‌سازی مسائل منابع انرژی تجدیدناپذیر متعارف شده‌است. در پایداری منابع گاز طبیعی، مشکل تخصیص شامل ایجاد یک مدل موثر و کارآمد برای تخصیص منابع گاز با توجه به هر بخش است که در تضاد با بخش‌های دیگر است.

توابع هدف

حداکثر امنیت ملی، به عنوان افزایش در تزریق گاز و صادرات گاز و همچنین کاهش واردات در نظر گرفته می‌شود. تزریق گاز نه تنها به تولید پایدار نفت کمک می‌کند بلکه موجب صرفه‌جویی در گاز طبیعی برای نسل های بعدی نیز می‌شود. وابستگی کشور با کاهش واردات گاز کمتر خواهد شد.

$$f(x_1) = \text{Max} \sum_{i=2}^{4} x_i - x_1 \qquad (۴)$$

1.Joe Wayne Byers

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

حداکثر ارزش افزوده به ارزش واقعی ایجاد شده توسط استفاده از گاز طبیعی در هر یک از زیر بخش‌ها

$$f(x_2) = Max \sum_{i=1}^{10} v_i x_i \quad (۵)$$

حداکثر درآمد حاصل از هزینه فرصت و هدفمند کردن یارانه‌ها، زیرا به علت ارزانی گاز طبیعی، بهره‌وری در مصرف آن کم است. به عبارت دیگر، سهم قیمت گاز طبیعی، که از دولت یارانه داده می‌شود، بسیار بالاست. بنابراین، تفاوت بین قیمت داخلی و قیمت منطقه‌ای از گاز به عنوان هزینه فرصت در نظر گرفته می‌شود.

$$f(x_3) = Max \sum_{i=5}^{10} px_i + p(x_2 - x_1) - \sum_{i=5}^{10} h_i x_i \quad (۶)$$

به حداقل رساندن هزینه امنیت انرژی کشور که کشورهای واردکننده انرژی امنیت انرژی را به عنوان یک منبع مستمر و کشورهای صادرکننده انرژی تصور آن را به عنوان یک تقاضا به اندازه کافی در اختیار دارند. هزینه امنیت انرژی به عنوان یک هزینه بدست آمده از خطرات احتمالی مانند ریسک سرمایه‌گذاری، ریسک فنی، رشد مصرف و خطر ابتلا به تقاضا، خطر فیزیکی (زلزله، انفجار در خطوط لوله، تعمیر و نگهداری، سهل‌انگاری و حملات تروریستی) و ریسک‌های سیاسی تعریف شده است.

$$f(x_4) = Min \sum_{i=1}^{10} s_i x_i \quad (۷)$$

تاکنون مدل‌های ریاضی زیادی برای تخصیص بهینه منابع و ذخیره‌سازی انرژی ارائه شده است. اکثر این مدل‌ها دارای فرضیاتی هستند که استفاده از آنها را برای ایران با مشکل مواجه می‌کند. به همین دلیل، به تلفیقی از این مدل‌ها برای بیان مدل تحقیق نیاز است. در نتیجه، در این مقاله یک مدل خطی و اقتصادی برای بهینه‌سازی حجم ذخیره‌سازی گاز طبیعی ارائه شد.

۳. مواد و روش‌ها

هدف از بهینه‌سازی، یافتن بهترین جواب قابل قبول با توجه به محدودیت‌ها و نیازهای مساله است. برای یک مساله، ممکن است جواب‌های مختلفی موجود باشد که برای مقایسه آنها و انتخاب

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

جواب بهینه، تابعی به نام تابع هدف تعریف می‌شود که انتخاب این تابع به طبیعت مساله وابسته است. به هر حال، انتخاب تابع هدف مناسب یکی از مهمترین گام‌های بهینه‌سازی است (مهرگان،۱۳۹۴).

مشکل کلیدی که مدیران معمولا در برنامه‌ریزی، مدیریت و تصمیم‌گیری با آن روبرو هستند، چگونگی اختصاص منابع محدود و کمیاب بین پروژه‌ها و فعالیت‌های مختلف سازمان، اداره یا کارخانه تحت سرپرستی است. برنامه‌ریزی خطی (LP) روشی برای اختصاص منابع و بودجه ها به طور بهینه است. این روش یکی از پرکاربردترین ابزارهای پژوهش عملیاتی (OR) است (بازارا[1]،۲۰۰۶).

معیار انتخاب بهترین مقادیر برای متغیرهای تصمیم (بیشینه کردن سودها یا کمینه کردن هزینه‌ها)، به عنوان تابع هدف شناخته می شود. محدودیت‌هایی که در منابع دردسترس وجود دارد نیز به عنوان مجموعه محدودیت‌ها شناخته می‌شوند. بخش خطی LP شامل موارد زیر است:

تابع هدف را می توان به صورت تابعی خطی از متغیرهای تصمیم بیان نمود که تابعی ریاضی با متغیرهای با توان یک بدون حاصل ضرب است. تمام مساله را می‌توان به صورت خط‌های راست، صفحات یا دیگر فضاهای هندسی مشابه بیان نمود. مجموعه محدودیت‌ها را می‌توان به صورت مجموعه‌ای از معادلات خطی بیان کرد.

علاوه بر خطی بودن، شرط نامنفی بودن متغیرها هم مطرح است، یعنی منابع نمی‌تواند منفی باشد. بدون در نظر گرفتن این محدودیت‌ها، از نظر ریاضی ممکن است منابع بیش از میزان در دسترس استفاده شود که موجه نیست (لیونبرگ[2]،۲۰۰۸).

لینگو[3] مجموعه ابزار گسترده‌ای برای طراحی و حل مدل‌های بهینه‌سازی ریاضی به بهترین و ساده‌ترین شکل است که از کارایی بالایی نیز برخوردار است. لینگو یک بسته نرم‌افزاری یکپارچه است که شامل زبان قدرتمندی برای نمایش مدل‌های بهینه‌سازی، یک محیط برجسته برای ساخت و

1.Bazara
2.David G. Luenberger
3.Lingo

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

ویرایش مسائل و یک مجموعه از حل کننده‌های توکار که قادر به حل انواع مختلفی از مسائل بهینه‌سازی می‌باشد. لینگو زبانی جامع و فراگیر جهت تسهیل تمام مدل‌های بهینه‌سازی از مسائل تحقیق در عملیات گرفته تا اقتصاد مهندسی، شبیه‌سازی، کنترل کیفیت، کنترل پروژه و کنترل موجودی می باشد (واین ال. وینستون[1]،۱۹۹۵).

مدل مورد استفاده در این تحقیق از نوع برنامه‌ریزی خطی می باشد که یکی از پرکاربردترین مدل‌ها در زمینه مسائل بیشینه سازی و تخصیص منابع به شمار می رود. با توجه به مدل سازی بسیار قابل انعطاف و ساده در محیط برنامه‌نویسی لینگو، این فرصت فراهم شد تا از این نرم‌افزار به منظور بهینه‌سازی حجم ذخیره‌سازی گاز طبیعی که هدف این تحقیق می باشد، استفاده شود. برای حل عددی مدل، از کدنویسی نرم‌افزار لینگو استفاده شده است.

۴. مخازن ذخیره‌سازی

- سراجه قم

طاقدیس سراجه در حدود ۴۰ کیلومتری جنوب شرق شهرستان قم و جنوب شرقی طاقدیس البرز واقع شده و ساختمانی تقریبا متقارن دارد. در فاز اول، امکان ذخیره سازی ۱/۵ میلیارد متر مکعبی گاز ایجاد شده است. همچنین در فاز دوم، امکان ذخیره سازی ۳ /۳ میلیارد متر مکعب گاز وجود دارد که در این مرحله باید ۹ حلقه چاه جدید حفر شود.

- یورتشای ورامین

طاقدیس آبدار یورتشا در حدود ۷۰ کیلومتری جنوب تهران و ۲۰ کیلومتری جنوب ورامین در ورودی کویر واقع شده و از نظر نزدیک بودن به مراکز عمده مصرف و خطوط انتقال گاز، مزیتی ویژه دارد. این مخزن از نوع سفره آب زیرزمینی است که در فاز اول، ۲/۴ میلیارد متر مکعب و در فاز دوم، ۴/۶ میلیارد متر مکعب ظرفیت ذخیره‌سازی گاز دارد.

1.Wayne L.Winston

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

- شوریجه

منطقه خانگیران در استان خراسان در ۲۵ کیلومتری شمال غربی شهر مرزی سرخس واقع شده است. تاکنون ۳ مخزن گازی مجزا در ساختارهای طاقدیسی بر روی هم قرار گرفته‌اند. مخزن شوریجه با دارا بودن حجمی معادل ۴/۲ میلیارد مترمکعب دارای قابلیت بسیار مناسبی جهت ذخیره‌سازی گاز طبیعی است که در فاز دوم به۸/۴ میلیارد متر مکعب می‌رسد.

- گنبد نمکی نصرآباد کاشان

اکتشاف بزرگ‌ترین گنبد نمکی کشور در حوالی کیلومتر ۵۰ اتوبان قم - کاشان که بر اساس مطالعات اولیه و گراویمتری، قابلیت ذخیره سازی گاز طبیعی در این مخزن تأیید شده و حداقل ظرفیت۷/۵ میلیارد متر مکعب در فاز دوم را داراست (شرکت ذخیره‌سازی گاز طبیعی، ۱۳۹۴). (آذین و دیگران، ۱۳۹۲).

۵. شرح مدل

با توجه به ساختار متفاوت منابع گاز در ایران و وابستگی آن به منابع نفت، مدل ذیل برآورد گردیده است. برای این امر، یک مساله برنامه‌ریزی خطی ریاضی مدل سازی می شود. مفروضات مدل نظیر ظرفیت تولید که با نااطمینانی در سال‌های آینده مواجه‌اند بر اساس سناریوهای مختلف قابل تحلیل هستند. اولویت‌های تخصیص گاز به مصارف خانگی داخلی، تزریق گاز به مخازن نفت، صادرات و ذخیره کردن گاز طبیعی است که همه متغیرها دینامیکی بوده و تا سال ۱۴۱۰ تخمین زده شده است. متغیرهای تصمیم مدل به شرح زیر است:

V_{sgit}^{t} : حجم ذخیره‌سازی شده گاز در سال t

INJ_{g}^{t} : تزریق گاز به مخازن نفت برای ازدیاد برداشت نفت در سال t

EX_{g}^{t} : صادرات گاز طبیعی در سال t

C_{g}^{t} : مصرف کل گاز طبیعی در سال t

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

جدول۲. معرفی پارامتر های مورد استفاده در مدل

پارامتر	توضیح
U_g^t	تولید گاز طبیعی در سال t
IM_g^t	واردات گاز طبیعی در سال t
$V(\max)_T$	حداکثر ظرفیت ذخیره‌سازی مخازن
V_{imax}^t	حجم گاز تزریقی به مخازن گاز برای ذخیره‌سازی در سال t
V_{wmax}^t	حجم گاز برداشتی از مخازن گاز برای ذخیره‌سازی در سال t
C_{gr}^t	مصرف خانگی گاز طبیعی در سال t
C_{gi}^t	مصرف بخش صنعت گاز در سال t
C_{gt}^t	مصرف حمل و نقل گاز در سال t
C_{gp}^t	مصرف نیروگاه و پالایشگاه گاز در سال t
C_{gtd}^t	مصرف تجاری و عمومی گاز در سال t
C_{ga}^t	مصرف بخش کشاورزی گاز در سال t
C_{gf}^t	مصرف سوخت پتروشیمی گاز در سال t
C_{gk}^t	خوراک بخش غیر انرژی گاز در سال t

ماخذ: یافته های تحقیق

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

۵-۱. تابع هدف

تابع هدف، مجموع گاز طبیعی ذخیره شده در مخازن ذخیره سازی گاز طبیعی است. صنعت گاز طبیعی به واسطه وجود ذخیره‌سازی در قالب افزایش کارایی، افزایش اطمینان، میزان رضایت‌مندی و در نتیجه، رشد بازار سود قابل ملاحظه‌ای داشته است. همچنین ذخیره‌سازی کمک زیادی به تثبیت تولید ماهانه و کاهش نوسانات تولید می‌نماید.

$$Max\ Z = \sum_{i=1}^{4} V_{sgit} \quad (۸)$$

در الگوی فوق، $\sum_{i=1}^{4} V_{sgit}$ کل حجم ذخیره سازی شده کشور در سال مورد نظر است که با اعمال اولویت مصرف خانگی، تزریق گاز به مخازن نفتی، صادرات و سپس ذخیره سازی باید بهینه شود. برای به دست آوردن حجم ذخیره سازی مجموع ۴ مخزن ذخیره سازی سراجه قم، شوریجه، خانگیران و گنبد نصرآباد کاشان به عنوان تابع هدف در نظر گرفته می‌شود.

۵-۲. قیود تابع هدف

- موازنه همزمان تولید و مصرف گاز در هر دوره (محدودیت تعادل گاز)

$$V_{sg}^{t} \leq U_{g}^{t} - C_{g}^{t} - EX_{g}^{t} - INJ_{g}^{t} + IM_{g}^{t} \quad (۹)$$

در معادله فوق، U_{g}^{t} تولید گاز طبیعی (عرضه گاز طبیعی)، C_{g}^{t} مصرف کل گاز طبیعی، EX_{g}^{t} صادرات گاز طبیعی، INJ_{g}^{t} تزریق گاز طبیعی به مخازن نفت و IM_{g}^{t} واردات گاز طبیعی است. در معادله، عرضه گاز طبیعی و واردات گاز با تقاضای گاز در هر دوره زمانی موازنه است.

- محدودیت تزریق، برداشت و حجم مخازن ذخیره‌سازی گاز طبیعی

$$V_{sg}^{t} \leq V(\max)_{T} + V_{imax}^{t} - V_{wmax}^{t} \quad (۱۰)$$

$$V_{sg}^{t} \leq V_{imax}^{t} + V_{wmax}^{t} \quad (۱۱)$$

در معادله‌ها، $V(\max)_{T}$ حداکثر ظرفیت ذخیره‌سازی مخازن، V_{ij}^{t} حجم گاز تزریقی به مخازن ذخیره‌سازی و V_{wj}^{t} حجم گاز برداشتی از مخازن ذخیره‌سازی است.

- محدودیت مصرف گاز در داخل کشور

$$C_{gr}^{t} \leq C_{g}^{t} - C_{gi}^{t} - C_{gt}^{t} - C_{gp}^{t} - C_{gtd}^{t} - C_{ga}^{t} - C_{gf}^{t} - C_{gk}^{t} \quad (۱۲)$$

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

C_{gr}^{t}، C_{g}^{t}، C_{gi}^{t}، C_{gt}^{t}، C_{gp}^{t}، C_{gtd}^{t}، C_{ga}^{t} ، C_{gf}^{t}، C_{gk}^{t} که به ترتیب مصـرف خانگی، مصـرف کل، مصرف صنعت، حمل و نقل، نیروگاه و پالایشگاه، تجاری و عمومی، کشاورزی، سوخت پتروشیمی و مصرف خوراک بخش غیرانرژی است. مقدار مصرف گاز کشور به صورت برون‌زا داده شده (جز مصرف خانگی و مصرف کل) و مقادیر اولیه متغیرها بر اساس مقادیر واقعی آنها در سال پایه ۱۳۹۲ انتخاب شده اند.

- محدودیت صادرات گاز طبیعی (محدودیت حد پایین صادرات)

$$EX_g^t \geq EX_g^{t-1} \qquad (۱۳)$$

ایران در سـال ۱۳۹۱ سـهم یک درصـدی از صـادرات گاز جهان را دارا بوده که بر اسـاس سـند چشـم‌انداز ۱۴۰۴ باید به سـهم ۱۶-۱۰ درصـدی افزایش یابد. برای تحقق این امر باید صـادرات هر سـال تقریبا یک درصـد افزایش داشـته باشـد و سـیر صـعودی در پیش گیرد. همچنین از آنجا که قراردادهای گاز برای دوره‌های بلند مدت بسـته می‌شـود و امکان قطع و کاهش یکطرفه صـادرات وجود ندارد، فرض می‌شود که صادرات گاز نمی تواند از سال قبل آن کمتر باشد.

- محدودیت تقاضا (اولویت‌بندی تخصیص منابع گاز)

$$C_{gr}^t \geq EX_g^t + INJ_g^t + V(\max)_T \qquad (۱۴)$$

$$0.4 * INJ_g^t \geq EX_g^t \qquad (۱۵)$$

$$EX_g^t \geq V_{sg}^t + IM_g^t \qquad (۱۶)$$

محور اساسی توسعه صنعت گاز بویژه پس از انقلاب اسلامی، بر مصرف گاز در جهت تأمین نیاز انرژی داخل کشور استوار بوده و این روند همچنان ادامه دارد. مصرف گاز طبیعی بویژه به صورت جایگزینی گاز با فرآورده‌های نفتی می‌تواند موجب امنیت اقتصادی شود. گاز در اقتصاد ایران همواره به عنوان عامل تولید در کنار نیروی انسـانی و سـرمایه مطرح بوده اسـت. در نتیجه، اولویت اول قبل از صـادرات، تزریق و ذخیره‌سـازی، مصـرف خانگی گاز طبیعی اسـت، زیرا اولا ، مصرف اولویت اساسی هر کشوری است و ثانیا ، مصرف گاز در بخش‌های مختلف سبب رشد اقتصادی می‌شود.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

امروزه روش‌های مختلفی برای افزایش بازیافت نفت در دنیا اعمال می‌شـود. در حوزه صـنعت انرژی و اقتصاد کلان جامعه، حفظ و نگهداری از منابع و ذخایر نفت خام یکی از ضروریات مهم و راهبردی است. در نتیجه، اولویت بعدی، تزریق گاز به مخازن نفتی برای ازدیاد برداشت است. پیش از اینکه مخزن وارد مرحله چهارم عمر خود (دوره کاهش دبی تولید) شود، برداشت نفت از مخازن با فشـار طبیعی مخزن صـورت می‌گیرد، ولی بعد از آن، از روش‌های ازدیداد برداشـت اسـتفاده می‌شود. در کشور ما بنا بر شرایط موجود، تزریق گاز به مخازن نفتی برای بازیافت نفت برای بیشتر مخازن کشور مناسب تشخیص داده شده است و به دلیل آنکه اکثر مخازن کشور به مرحله چهارم عمر خود نزدیک می‌شوند، تزریق گاز به مخازن نسبت به صادرات و ذخیره‌سازی گاز در چند سال آینده در اولویت اسـت. بر اسـاس داده‌های ترازنامه انرژی ده سـال اخیر (مقایسـه ارقام صـادرات و تزریق گاز به مخازن نفت) و نظر متخصصین، حجم تزریق باید ۲ برابر یا بیشتر از صادرات باشد که عدد ۰/۴ را که تعدیل یافته است، وارد مدل می شود.

کسب درآمد ارزی حاصل از صادرات گاز طبیعی از همان ابتدای صنعت گاز همواره موردتوجه تصـمیم‌گیران کشـور بوده اسـت، اما اقدامات محدودی برای افزایش این امر صـورت گرفته اسـت. مرتبه بعدی اولویت کشور، صادرات گاز است که قطعا به لحاظ مسائل امنیتی باید از واردات بیشتر باشد.

مرکز پژوهش های مجلس شـورای اسـلامی (۱۳۸۵) در گزارش "اسـتفاده بهینه از منابع گازی کشور" اولویت‌های مصارف گاز در کشور را ابتدا مصارف داخلی (شامل تزریق نیز می شود) و سپس صادرات گاز دانسته است که مورد تایید وزارت نفت برای پیشبرد اهداف قرار گرفته است.

– محدودیت نامنفی بودن تمام متغیرها

$$\text{All Variables} \geq 0 \qquad (۱۷)$$

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

ارائه یک مدل برای ذخیره سازی گاز طبیعی در ایران کاری جدید و نو است که به برنامه‌ریزی‌های آتی شرکت ملی گاز ایران کمک شایانی می‌کند. همچنین شرکت ذخیره سازی گاز طبیعی در کشور جزو شرکت‌های جدید التاسیس است، اما یک شرکت مهم در توازن مصرف گاز و عدم کمبود عرضه در زمان اوج مصرف می‌باشد.

۶. تحلیل نتایج مدل بهینه‌سازی

مدل‌سازی بهینه‌سازی گاز طبیعی در ایران در قالب یک مدل برنامه‌ریزی خطی با نرم‌افزار لینگو برآورد گردیده است. وزارت نفت (۱۳۸۵) برنامه بیست ساله کشور در حوزه گاز را با عنوان " برنامه تولید و مصرف گاز طبیعی در بیست سال آینده " تهیه کرده است. تراز گاز کشور بر پایه سناریوهای مفروض از رشد مصرف در بخش‌های مختلف تولید و مصرف گاز ارائه شده است. در این گزارش، پیش‌بینی شده است که اهداف مختلف در توسعه صنعت گاز در تأمین مصارف گاز در داخل کشور، تزریق و صادرات گاز می‌تواند امکان‌پذیر باشد. در تحلیل ها، سناریو پایه، خوش‌بینانه و بدبینانه به شرح زیر است:

۶-۱. سناریو پایه

همان طور که اشاره شد، چهار اولویت اساسی کشور برای تخصیص گاز طبیعی، مصرف داخل، تزریق گاز به مخازن نفت، صادرات و ذخیره سازی گاز طبیعی است. مصارف داخلی گاز و تقاضای گاز به صورت یک متغیر جمعی سازی شده و برون‌زا وارد الگو شده است که دو ملاحظه تداوم مصرف خانگی ده سال گذشته و مصرف مدیریت شده خانگی بر

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

اســاس دســتورات وزارت نفت لحاظ شــده اســت. در جدول زیر مقدار مصــرف، تزریق، صادرات و ذخیره سازی گاز در سناریو پایه نشان داده شده است که از حل مدل این مقادیر به دست آمده است:

جدول ۳. سناریوهای طراحی شده برای مدل[1]

سناریو پایه	سناریو خوش‌بینانه	سناریو بدبینانه
رشد تولید سالانه ۳/۹ درصد	رشد تولید سالانه ۴/۵ درصد	رشد تولید سالانه ۲/۱ درصد
رشد واردات ۵ درصد	رشد واردات ثابت	رشد واردات ۱۳/۳ درصد
تکمیل فازهای اول و دوم و	فاز دوم تکمیل شده باشد	فاز اول و قسمتی از فاز دوم
ذخیره سازی مخازن بر اساس برنامه		تکمیل شده باشد
پیش بینی شده		

مأخذ: یافته‌های تحقیق

۱.اعداد برگرفته از برآورد وزارت نفت (۱۳۸۵) است. همچنین رشد سالانه انواع مصارف گاز نیز از همین منبع گرفته شده است و برای هر سه سناریو مقدار برابری است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

جدول ۴. مقدار مصرف گاز در مصارف مختلف در سناریو پایه

میلیون مترمکعب

سال	ذخیره‌سازی گاز	صادرات گاز	تزریق گاز به مخازن	مصرف کل گاز
۱۳۹۲	۴۶۷۵/۸۷۹	۱۰۰۴۸/۵۸	۲۵۱۲۱/۴۵	۴۰۸۷۰/۰۳
۱۳۹۳	۵۳۶۸/۸۵۸	۱۱۰۱۰/۳۰	۲۷۵۲۵/۷۴	۴۴۲۳۶/۰۴
۱۳۹۴	۵۹۴۳/۳۰۰	۱۱۸۴۳/۳۰	۲۹۶۰۸/۲۵	۴۹۳۵۱/۵۵
۱۳۹۵	۶۶۹۲/۱۷۵	۱۲۸۸۷/۷	۳۲۲۱۷/۹۴	۵۳۰۰۵/۱۱
۱۳۹۶	۷۴۶۸/۸۶۳	۱۳۹۷۲/۶۱	۳۴۹۳۱/۵۳	۵۶۸۰۴/۱۴
۱۳۹۷	۸۲۷۱/۱۷۵	۱۵۱۰۱/۱۸	۳۷۷۵۲/۹۴	۶۰۷۵۴/۱۱
۱۳۹۸	۸۷۳۹/۶۷۵	۱۵۹۱۱/۱۸	۳۹۷۷۷/۹۴	۶۶۵۸۹/۱۱
۱۳۹۹	۹۶۰۱/۲۲۵	۱۷۱۳۱/۳۳	۴۲۸۲۸/۳۱	۷۰۸۵۹/۶۴
۱۴۰۰	۱۰۴۹۴/۳۵	۱۸۴۰۰/۴۵	۴۶۰۰۱/۱۳	۷۵۳۰۱/۵۷
۱۴۰۱	۱۱۴۱۸/۵۰	۱۹۷۱۹/۹۰	۴۹۲۹۹/۷۵	۷۹۹۱۹/۶۵
۱۴۰۲	۱۲۶۲۵/۷۰	۲۱۳۴۲/۱۷	۵۳۳۵۵/۴۲	۸۵۵۹۷/۵۹
۱۴۰۳	۱۳۶۹۸/۸۰	۲۲۷۵۴/۸۰	۵۶۸۸۷/۰۰	۹۰۵۴۱/۸۰
۱۴۰۴	۱۳۹۸۸/۵۵	۳۲۴۹۷/۵۵	۵۸۷۴۳/۸۸	۹۹۱۴۱/۴۳
۱۴۰۵	۱۵۰۶۵/۳۳	۲۵۰۴۹/۷۳	۶۲۶۲۴/۳۲	۱۰۴۷۵۴
۱۴۰۶	۱۶۱۸۰/۱۴	۲۶۶۶۳/۷۶	۶۶۶۵۹/۴۰	۱۱۰۲۳۳/۲
۱۴۰۷	۱۷۰۵۹/۸۴	۲۸۰۶۷/۰۳	۷۰۱۶۷/۵۶	۱۱۷۳۳۴/۶
۱۴۰۸	۱۸۲۵۴/۷۳	۲۹۸۱۲/۲۷	۷۴۵۳۰/۶۸	۱۲۳۴۴۲/۹
۱۴۰۹	۱۹۳۰۴/۲۲	۳۱۳۴۹/۶۳	۷۸۵۹۹/۰۹	۱۳۰۶۳۸/۷
۱۴۱۰	۲۰۵۸۴/۶۷	۳۳۳۲۶/۸۴	۸۳۳۱۷/۱۰	۱۳۷۲۴۳/۹

مأخذ: یافته‌های تحقیق

بر اساس نتایج بدست آمده، حجم ذخیره‌سازی گاز طبیعی نسبت به مصرف کل در سال ۱۴۱۰ به بالای ۸ درصد می رسد که نسبت به کمتر از یک درصد سال ۱۳۹۲ پیشرفت قابل ملاحظه‌ای است،

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

اما همچنان با استاندارد جهانی که عددی بین ۳۰-۲۰ درصد است، فاصله دارد. در سال ۱۴۱۰ به نزدیکی حداکثر ظرفیت ذخیره‌سازی که بر اساس مخازن (سراجه قم، شوریجه خانگیران، یورتشای ورامین و گنبد نمکی نصر آباد کاشان[1]) عدد ۲۰۶۰۰ میلیون متر مکعب برآورد شده، خواهیم رسید.

در سناریوی پایه، صادرات گاز از سال ۱۳۹۳ امکان افزایش پیدا می‌کند، اما با توجه به سند چشم انداز توسعه، از مقدار بهینه صادرات که باید نزدیک به یک درصد صادرات کل جهان باشد، فاصله دارد و با اجرای این برنامه، هدف صادراتی گاز به طور کامل تحقق نمی‌یابد.

مقدار ذخایر بالقوه نفت که با تزریق گاز به ذخایر بالفعل تبدیل می شوند، متغیر بوده و تابعی از حجم گاز تزریق شده به مخازن نفت است. با فشارافزایی متوسط مخازن نفت، با تزریق گاز بیشتر می توان ازدیاد برداشت نفت را بیشتر کرد. در سناریوی پایه، نیاز تزریق گاز مخازن حدود دو برابر صادرات است. این امر با توجه به مخازن نفت کشور قابل توجیه است و این مقدار برای تزریق عدد معقولی است.

۶-۲. سناریو های خوش‌بینانه و بد بینانه

در سناریوهای بررسی شده، به تاثیر منفی رشد واردات در ذخیره‌سازی گاز طبیعی پی برده می‌شود. درسناریو پایه، روند حجم ذخیره سازی معقول بود، اما در حالت خوش‌بینانه از سال ۱۴۰۶ حجم بهینه ذخیره‌سازی در صورت حذف محدودیت ذخیره‌سازی از عدد بیشینه بیان شده[2] بزرگتر می‌شود. به بیان دیگر، از سال ۱۴۰۶ باید مخازن جدیدی وارد فرآیند ذخیره‌سازی شود.

---

۱. مخزن قزل تپه گرگان در مراحل اولیه ارزیابی قرار دارد و ذخیره‌سازی در آن مخزن قطعیت ندارد.

۲. ۲۰۶۰۰ میلیون متر مکعب

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

جدول ۵. میزان حجم ذخیره سازی در سناریو خوش بینانه و بدبینانه

سال	سناریو خوش‌بینانه	سناریو بدبینانه
۱۳۹۲	۴۶۷۵,۸۷۹	۱۰۲۵,۶۳۶
۱۳۹۳	۵۴۳۳,۰۴۸	۱۹۱۲,۱۲۷
۱۳۹۴	۶۵۱۱,۶۵۴	۲۶۳۹,۵۱۳
۱۳۹۵	۷۶۳۸,۸۱۷	۳۲۲۷,۵۵۴
۱۳۹۶	۸۴۴۱,۶۹۳	۳۶۹۳,۷۳۶
۱۳۹۷	۹۶۷۲,۵۷۳	۴۰۵۳,۴۴۲
۱۳۹۸	۱۰۷۴۵,۰۹	۴۳۲۰,۲۴۹
۱۳۹۹	۱۲۰۸۹,۷۵	۴۹۰۶,۸۸
۱۴۰۰	۱۲۹۶۹,۹۶	۵۷۲۱,۰۸
۱۴۰۱	۱۴۴۳۸,۳۶	۶۲۶۲,۳۴
۱۴۰۲	۱۵۹۷۲,۸۴	۶۸۱۰,۲۳
۱۴۰۳	۱۷۳۰۱,۳۸	۷۴۸۶,۷۴
۱۴۰۴	۱۸۹۷۷,۱۰	۸۱۳۳,۲۰
۱۴۰۵	۲۰۵۴۰,۷۰	۸۷۴۱,۶۳
۱۴۰۶	۲۲۲۸۴,۵۵	۹۳۷۵,۵۰
۱۴۰۷	۲۴۱۹۲,۹۲	۱۰۴۲۰,۱۱
۱۴۰۸	۲۶۱۲۶,۲۹	۱۱۹۵۸,۶۱
۱۴۰۹	۲۸۲۰۷,۵۴	۱۲۵۵۲,۸۲
۱۴۱۰	۳۰۳۸۲,۴۴	۱۵۲۳۸,۶۳

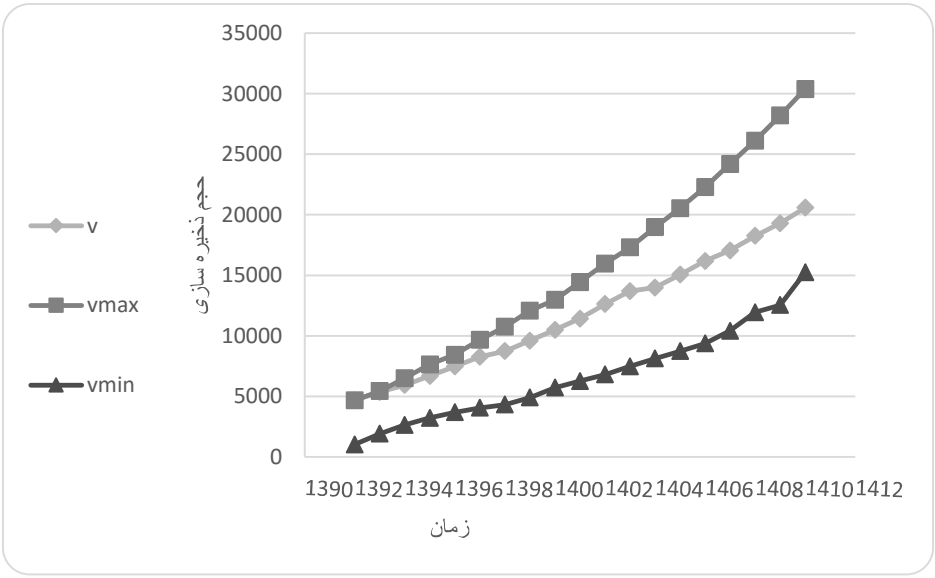
مأخذ: یافته‌های تحقیق

در صورت عدم اجرای سیاست انرژی و تداوم سناریو بدبینانه بویژه در بخش‌های نهایی مصرف کننده، تراز گاز کشور طی سال های آینده از تعادل خارج می شود که در این حالت، تزریق گاز به مخازن نفت کشور متناسب با نیاز مخازن برای حفظ فشار موجود امکان‌پذیر

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

نخواهد بود و صادرات گاز هزینه فرصت بالایی را ایجاد خواهد کرد. البته حجم ذخیره‌سازی خوش‌بینانه از آسیب به بخش مصرف خانگی جلوگیری می‌کند.

مدل در نرم‌افزار لینگو حل شده است. نمودار مقایسه‌ای حجم ذخیره‌سازی در سه سناریوی مختلف مشاهده می‌شود که مقدار حجم ذخیره‌سازی در حالت خوش‌بینانه دو برابر حالت بدبینانه است.



شکل ۱. روند حجم دخیره‌سازی در سه سناریو

خروجی مدل نشان می‌دهد که می توان با مصرف بهینه داخلی، رعایت اصول تزریق و ازدیداد برداشت و همچنین قواعد تجارت، ذخیره‌سازی گاز را در حد معقولی انجام داد. اهمیت راهبرد ذخیره‌سازی از آن روست که تدوین برنامه‌ای با ابعاد ملی و بین‌المللی به صورت توام برای کشور ایران که دارای منابع گاز سرشار است و می‌بایست در بازارهای جهانی گاز حضور فعال داشته باشد، از جمله ضروریات انکارناپذیر است که می‌تواند حلال مشکلات و سردرگمی‌های حوزه عرضه گاز کشور باشد.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

نتایج نیز اهمیت مصـــرف داخلی اعم از مصـــرف خانگی و ترزیق به مخازن نفت را نســـبت به صادرات را نشان می‌دهد، یعنی مرحله اول، تامین نیازهای داخلی کشور است و باید با درنظر گرفتن اولویت‌های مصرف (اعم از مصارف بخشی، تزریق و صادرات) ذخیره‌سازی انجام شود. به عبارتی، منافع اقتصـادی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت کشـور را باید در چارچوب سـیاسـت‌های کلان اقتصادی کشور به طور همزمان مورد توجه قرار داد. همچنین یکی از سیاست‌های انرژی کشور باید سیا ست جایگزینی گاز با سایر حامل‌های انرژی متعارف و ارتقای جایگاه کشور در بازارهای بین‌المللی گاز به عنوان اهداف بلند مدت سیاست انرژی کشور باشد.

در ســـالهـای اخیر بـه دلیـل برودت بیش از حـد دمـای هوا در مـاه‌هـای ســـرد ســـال، سیاست‌گذاری‌های بخش تخصیص گاز متوجه برآورده کردن تقاضای بخش خانگی بوده است و در این مواقع، اولین حوزه‌ای که قربانی می‌شود، بخش تزریق بوده است و این درحالی است که بر اساس برآوردهای صورت گرفته از سوی وزارت نفت، به دلیل قرار داشتن اکثر مخازن نفتی کشور در نیمه دوم دوره عمر خود، نگاه به این بخش مهم است. با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان با مصـــرف بهینه از کمبود گاز جلوگیری کرد و در ضـــمن با وجود ذخیره‌ســـازی، نگران عرضه گاز نبود و نواقص عرضه را براحتی پوشش داد.

تخصـیص گاز در حوزه ذخیره‌سـازی نیازمند توجه خاصـی بوده و با وجود اینکه یکی از حوزه‌های مهم است، اما در عمل، اهمیت آن بسیارکم است. نتایج تحقیق مستلزم این است که برنامه‌های شـــرکت ذخیره‌ســـازی بخوبی پیش رود، یعنی با توجه به ســـناریو بدبینانه، در عمل ذخیره‌سازی به شکست می‌خورد و به حداقل ۵ درصد مصرف نمی‌رسد در صورتی که این عدد در کشورهای صنعتی نزدیک ۲۰ درصد مصرف است.

توسـعه پایدار و حفظ درآمدهای آتی تنها با اسـتمرار تولید و تحقق برنامه های تدوین‌شـده امکان‌پذیر خواهد بود و سـناریو خوش‌بینانه و حتی پایه با اتکا به تزریق گاز جهت افزایش تولید

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

نفت خام، صادرات جهت ارزآوری و کسب جایگاه بین المللی و ذخیره‌سازی جهت توازن عرضه داخلی امکان‌پذیر است.

۷. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج مقاله نشان می‌دهد مقادیر بهینه گاز طبیعی به مصارف مختلف تا سال ۱۴۱۰، به محدودیت تولید و مصرف گاز، سیاست صادرات و واردات و تزریق گاز به مخازن نفت برای جبران فشار کاهش یافته مخازن نفت و مقدار ذخیره‌سازی بستگی دارد.

گرچه تحریم‌ها روند پیشرفت کشور در راستای ذخیره‌سازی گازی را کند می‌کند، اما با توجه به عدد ۳۰ میلیارد متر مکعب ذخیره‌سازی در سناریو خوش‌بینانه، ذخیره‌سازی در زمان تحریم و مصرف داخلی و صادرات آن در زمان مساعد پادزهر همین تحریم‌ها محسوب می شود. البته ناگفته نماند که اگر تحریم‌ها هم لغو شود، باید خود را برای هر فشار خارجی دیگری آماده کرد، زیرا توسعه و سرمایه‌گذاری در مخازن زیرزمینی ذخیره‌سازی گاز طبیعی به عنوان بخشی از ذخایر راهبردی است که می‌تواند در تأمین بار مازاد انرژی مورد نیاز کشور در فصول پر مصرف، عمل به تعهدات بین‌المللی مطابق برنامه و تأثیرگذاری بیشتر ایران در بازارهای جهانی انرژی نقش‌مهمی ایفا کند.

نتایج سیاسی ذخیره‌سازی با توجه به روند سناریو پایه برای کشور این است که ذخیره‌سازی یک امر مهم برای ثبات عرضه و جلوگیری از فقدان گاز در ماه‌های سرد سال است که باعث در اختیار داشتن قدرت ذخیره سازی انرژی به عنوان یک ابزار قدرت در اقتصاد سیاسی می شود. یکی از نتایج ذخیره‌سازی، برداشت گاز از میادین مشترک و تزریق آن به چاه‌های ذخیره‌سازی گاز است که در این صورت، سناریو پایه به طور کامل تحقق می‌یابد. تأمین پشتوانه مناسب جهت مقابله با هرگونه وقفه در صادرات نیز یکی از کاربردهای ذخیره‌سازی است که با توجه به سناریو پایه و خوش‌بینانه دست‌یافتنی است و حتی می‌توان به رقم ۳۵ میلیارد متر مکعب صادرات در سال ۱۴۱۰ دست یافت.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

نتیجه زیست محیطی ذخیره سازی این ا ست که بنا بر اثرات کمتر زیست محیطی و ا ستفاده زیاد در کشـورهای صـنعتی، مصـرف گاز سـیر صـعودی پیدا کرده که جهت حفظ این روند باید ذخیره‌سـازی در اولویت قرار گیرد. یکی از موارد دیگر، تداوم تأمین انرژی پاک برای بخش صنعتی و بخصوص نیروگاه‌ها و صنایع پتروشیمی است.

پیشنهادهای آتی برای بهتر شدن نتایج تحقیق صورت گرفته به شرح ذیل ارائه می‌شود:

- توصـیه می‌گردد محققین حجم بهینه ذخیره‌سـازی را برای تک تک مخازن ذخیره‌سـازی به دست آورند و وارد جزیئات مخازن گردند.
- توصیه می‌شود برای دیده شدن متغیر دمای هوا، از مدل‌های برنامه‌ریزی تصادفی استفاده شود تا با پیش‌بینی دما بتوان حجم مناسب‌تری را ذخیره‌سازی کرد.
- بررسی مصارف استانی گاز طبیعی و نیازسنجی ذخیره‌سازی در استانهای راهبردی و با مصرف گاز طبیعی بالا باید جزو اولویت‌های شـرکت ملی گاز ایران قرار گیرد تا در زمسـتان تعادل عرضه گاز در استان‌های مذکور حفظ شود. به بیان دیگر، احداث مخازن ذخیره سازی گاز در مجاورت شهرهای بزرگ و پرجمعیت و نیز مناطق سردسیر و صنعتی انجام شود.

بسیاری از مخازن نفت و گاز کشف شده ممکن است ارزش تولید اقتصادی را نداشته باشند. این مخازن می‌توانند گزینه‌های بسـیار مناسـبی برای ذخیره سـازی گاز طبیعی باشـند. البته این پیشنهاد را شرکت ذخیره سازی گاز ایران به مدیریت اکتشاف ارائه داده و با انجام این طرح در مرکز کشور، میادین بسیار مناسبی شناسایی شده که حجم ذخیره‌سازی گاز در مرکز کشور را بشدت گسترش خواهد داد.

تقدیر و تشکر

این مقاله از پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مصوب و دفاع شده در دانشکده صنایع و مدیریت دانشـگاه صـنعتی شـاهرود اسـتخراج شـده اسـت. نویسـندگان بر خود لازم می دانند مراتب تشـکر صمیمانه خود را از شرکت ملی گاز ایران جهت حمایت مالی اعلام نمایند.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

منابع

اصغری، علیرضا (۱۳۹۳)، " ذخیره‌سازی گاز طبیعی و فصلی نو در زمستان"، *ماهنامه عصر انرژی*، سال هشتم، شماره ۲۷.

دوراندیش، محسن و محمدحسین چاکری (۱۳۹۲)،" استراتژی توسعه ذخیره سازی گاز طبیعی در ایران"، *ماهنامه اکتشاف و تولید نفت و گاز*، شماره ۱۰۸.

حسینی، میراحمد و عبدالله یونس‌آرا (۱۳۹۲)، "چالش‌ها و راهکارهای پیشبرد پروژه‌های ذخیره‌سازی گاز طبیعی در کشور"، *ماهنامه اکتشاف و تولید نفت و گاز*، شماره ۱۰۸.

شاه حسینی، علی (۱۳۸۸)، "طراحی مدل سیاستگذاری انرژی در افق چشم انداز با رویکرد سیستم‌های پویا، مورد: حوزه گاز"، پایان نامه دکتری، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران.

مهرگان، محمدرضا (۱۳۹۱)، *تحقیق در عملیات: برنامه ریزی خطی و کاربردهای آن*، تهران: ناشران کتاب‌های دانشگاهی، نسخه چهل و نهم.

Bazaraa, M.S. and J.J. Jarvis (2006), Linear Programming And Network Flows.

Borges, A.R. and C.H. Antunes (2003), "A Fuzzy Multiple Objective Decision Support Model for Energy-Economy Planning", European Journal of Operational Research, 145, pp.304-316.

Bunn, Derek W(1997), Systems Modeling for Energy Policy, John Wiley & Sons, Ltd. (UK).

Byers, Joe Wayne (2006), " Commodity Storage Valuation: A Linear Optimization Based on Traded Instruments", Energy Economics, 28,PP. 275–287.

Cartea, Álvaro; Cheeseman, James and Sebastian Jaimungal (2014), How to Value a Gas Storage Facility.

Dasgupta, P. S. and C. M. Heal (1993) , Economic Theory And Exhaustible Resources, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 4-6

De Jong and Walet (2003), Gas Storage Valuation Using A Monte Carlo Method.

De Jong, Cyriel (2015), " Gas Storage Valuation And Optimization ", Journal of Natural Gas Science and Engineering, 24,pp. 365-378.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

Kazemi,Aliyeh; Mehregan, M .Reza; Shakouri G. Hamed and Mahnaz Hosseinzadeh (2012), "Energy Resource Allocation in Iran: A Fuzzy Multi-Objective Analysis", Procedia - Social And Behavioral Sciences 41, pp. 334 – 341.

Luenberger, David G. (2009), Linear And Nonlinear Programing, third edition.

Sadeghi, Mehdi and Hossein Mirshojaeian Hosseini (2006), " Energy Supply Planning in Iran by Using Fuzzy Linear Programming Approach (regarding uncertainties of investment costs), Energy Policy 34,pp. 993–1003.

Thompson, Matt; Davison, Matt and Henning Rasmussen (2009), Natural Gas Storage Valuation And Optimization: A Real Options Application, Department of Applied Mathematics, University of Western Ontario London, Ontario Canada, N6A 5B8.

Toufic, Mezher; Chedid, Riad and Wissam Zahabi (1998) , " Energy Resource Allocation Using Multi-Objective Goal Programming: The Case of Lebanon", Applied Energy 61,pp. 175-192.

Wayne L. Winston (1995), Introduction to Mathematical Programming: Application and Algorithms.

Zhuliang Chen and Peter A. Forsyth (2007), Implications of a Regime-Switching Model on Natural Gas Storage Valuation And Optimal Operation.

Žlender, Bojan and Stojan Kravanja (2011), "Cost Optimization of The Underground Gas Storage", Engineering Structures, 33:pp. 2554–2562.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]