

## مدل قیمت‌گذاری صادرات گاز طبیعی از طریق خط لوله بر اساس نظریه بازی‌ها

علی‌اکبر ناجی میدانی\*، غلامعلی رحیمی\*\*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۶/۰۴

### چکیده

یکی از مسائل مهم در زمینه صادرات گاز طبیعی از طریق خط لوله، نبودن استراتژی مشخص برای قیمت‌گذاری است و ارائه مکانیسم قیمت‌گذاری بهینه، همواره یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های قراردادهای صادرات گاز بوده است. در این مقاله یک مکانیسم قیمت‌گذاری مبتنی بر نظریه بازی‌ها ارائه شده است. این مکانیسم قیمت‌گذاری مبتنی بر همکاری بین کشورهای تولیدکننده، مصرف‌کننده و انتقال‌دهنده گاز تدوین شده است که در صورت پایبندی کشورهای صادرکننده به آن، منافع این کشورها تأمین خواهد شد. بر این اساس با در نظر گرفتن واقعیات بازار و با توجه به شرایط کشور انتقال‌دهنده، سناریوهای مختلفی تدوین و بر اساس آن مدل‌سازی صورت گرفته است. نتایج حاصل از مدل‌های مختلف درباره تعیین قیمت، مقدار و تعرفه بهینه؛ برای دو بازی همکارانه و غیرهمکارانه این است که نفع کشورهای عضو در بازی همکارانه به مراتب بیشتر از بازی غیرهمکارانه است.

طبقه‌بندی JEL: L95, D42, C70

واژگان کلیدی: نظریه بازی‌ها، خط لوله، صادرات، قیمت‌گذاری، گاز طبیعی.

naji@um.ac.ir

\*دانشیار اقتصاد دانشگاه فردوسی مشهد، پست الکترونیکی:

gh.rahimi@stu.um.ac.ir

\*\*دانشجوی دکتری اقتصاد دانشگاه فردوسی مشهد (نویسنده مسئول)، پست الکترونیکی:

## ۱. مقدمه

در حال حاضر ترکیبی از قراردادهای کوتاه‌مدت و بلندمدت گاز وجود دارد و در بازارهای منطقه‌ای قیمت گاز بر اساس چانه‌زنی تعیین می‌شود؛ در واقع، معاملات گاز طبیعی در بازارهای گاز جهان بر مبنای توافق دوجانبه «خریدار و فروشنده» است. اکثر این قراردادها بلندمدت بوده و قیمت گاز بر اساس قیمت نفت خام تعیین می‌شود.<sup>۱</sup> در عین حال، وجود بند تجدیدنظر در قیمت می‌تواند منافع فروشنده و خریدار را تضمین کند. این فرایند نیز گاهی اوقات با یک روند طولانی چانه‌زنی همراه می‌شود (دهنوی و همکاران، ۱۳۹۰).

طی سال‌های اخیر تحولاتی در حوزه انرژی و خارج از این حوزه رخ داده است که نتیجه این تحولات، وارد شدن فشار زیادی بر مکانیسم قیمت‌گذاری نخست (ارتباط قیمت گاز با قیمت نفت خام) شده است؛ به نحوی که این مکانیسم قیمت‌گذاری تا حد زیادی کنار گذاشته شده است و جای خود را به مکانیسم قیمت‌گذاری رقابت گاز با گاز<sup>۲</sup> داده است (کانای، ۲۰۱۱). شواهد موجود بازار گاز مبین آن است که عدم کارایی مکانیسم‌های قیمت‌گذاری در این بازار دلیلی برای ارائه مکانیسم‌های جدیدتر قیمت‌گذاری بوده است. امروزه نیز این سؤال مطرح است که مکانیسم آتی قیمت‌گذاری گاز چه خواهد بود (استرن<sup>۳</sup>، ۲۰۱۱).

هدف از این مقاله ارائه یک مکانیسم قیمت‌گذاری مبتنی بر بازی همکارانه بین کشورهای تولیدکننده، انتقال‌دهنده و مصرف‌کننده گاز است و بدین منظور، بخش‌های زیر صورت‌بندی شده است. در بخش دوم، پیشینه تحقیق در ارتباط با مکانیسم‌های قیمت‌گذاری بیان شده است؛ چارچوب نظری تحقیق در بخش سوم عرضه شده است؛ در بخش چهارم، مدل قیمت‌گذاری مبتنی بر نظریه بازی‌ها ارائه شده و در پایان، نتیجه‌گیری و پیشنهادها بیان شده است.

## ۲. مروری بر ادبیات

نजारزاده و محمودی (۱۳۹۵) در مقاله‌ای رقابت ایران، روسیه و قطر برای دستیابی به بازار گاز

<sup>۱</sup> Oil – Indexed Pricing Mechanism

<sup>۲</sup> Gas – to – Gas Competition Pricing Mechanism

<sup>۳</sup> Jonathan Stern

هندوستان را با استفاده از روش نظریه بازی‌ها بر اساس تعادل نش مورد بررسی قرار دادند. با توجه به اطلاعات بازیکنان از یکدیگر (اطلاعات کامل)، هر بازیکن حرکت رقبا (استراتژی) را حدس زده و منتظر حرکت رقیب نمی‌شود. پس بازیکنان هم‌زمان حرکت می‌کنند و طبیعتاً بازی بین بازیکنان بازی ایستا با اطلاعات کامل می‌شود.

حیدری (۲۰۱۴) در مقاله‌ای تحت عنوان «امکان‌پذیری تعیین قیمت گاز توسط خریداران عمده گاز، مبتنی بر نظریه بازی‌ها در شرایط برد - برد» به بررسی نقش دارندگان عمده ذخایر گاز طبیعی نظیر ایران، روسیه و قطر در فرایند قیمت‌گذاری گاز طبیعی پرداخته است. بر این اساس با توجه به قراردادهای بلندمدت در صادرات گاز، امکان تأثیرگذاری کشورهای بزرگ خریدار و فروشنده فقط در قالب چانه‌زنی‌ها در چارچوب همین قراردادها خواهد بود.

منظور و یوسفی (۱۳۹۳) در مقاله‌ای تحت عنوان «ترانزیت گاز ایران به اروپا: رویکرد نظریه بازی‌ها» با استفاده از نظریه بازی‌ها تحت دو استراتژی تعاونی و غیرتعاونی به بررسی تعادل نش برای بازی سه‌جانبه انتقال گاز ایران به اروپا از طریق ترکیه و عراق در افق ۲۰۲۰ و ۲۰۳۰ پرداخته‌اند. بر اساس یافته‌های این مقاله، انتقال گاز ایران می‌بایست از هر دو مسیر انتقال به طور هم‌زمان و در قالب یک بازی تعاونی انجام گیرد و منافع ایران ایجاب می‌کند که ضمن اتخاذ ترتیبات قراردادی مناسب با هر دو کشور عراق و ترکیه، از هر دو مسیر، گاز خود را انتقال و منافع خود را با کشورهای مسیر انتقال تسهیم کند.

در مطالعه جیانگ، چن و دینگ (۲۰۱۰) یک مدل قیمت‌گذاری دو مرحله‌ای پویا مبتنی بر نظریه بازی‌ها برای انتقال گاز با خط لوله توسعه داده شده است. در این مطالعه مدل قیمت‌گذاری تحت شرایط رقابت آزاد، تعدیل مالیات، اعطای یارانه‌های متقاطع و اعمال محدودیت قیمتی توسط دولت، تدوین شده است. نتایج نشان داد شرایط رقابت آزاد و مالیات‌های ثابت، تأثیری بر قیمت‌گذاری نخواهد داشت؛ از سوی دیگر، اعمال یارانه‌های متقاطع منجر به قیمت‌های بالاتر شده و رشد بازار را تهدید خواهد نمود.

### ۳. مبانی نظری

نظریه بازی‌ها عبارت است از: «علمی که به مطالعه تصمیم‌گیری افراد در شرایط تعامل با دیگران می‌پردازد». به تعبیر دیگر نظریه بازی‌ها علم مطالعه تعارض‌ها (تضاد منافع)، همکاری‌ها بین

بازیکنان عاقل است. فرض اساسی در نظریه بازی‌ها این است که بازیکنان عاقلانه رفتار می‌کنند. منظور از عاقلانه رفتار کردن این است که انسان قبل از این که دست به عملی بزند، به طور عمیق درباره آن فکر کند و هدف، ترجیحات و قیود خود را در نظر بگیرد؛ سپس عملی را مبتنی بر قاعده‌ای انتخاب کند که در راستای منافع او باشد. در یک دسته‌بندی کلی بازی‌ها به دو دسته بازی‌های همکارانه و غیرهمکارانه تقسیم می‌شود (عبدلی؛ ۱۳۸۷) که در ادامه به آن پرداخته شده و از این بازی‌ها برای ارائه مکانیسم قیمت‌گذاری در این مقاله استفاده شده است.

ممکن است بازیکنان در حین انجام بازی پیرامون انتخاب یک استراتژی باهم توافق کنند. اگر توافق بین بازیکنان قابل اجرا و عملی باشد، بازی را «همکارانه»<sup>۱</sup> و اگر توافق بین بازیکنان قابل اجرا و عملی نباشد، آن را «غیرهمکارانه»<sup>۲</sup> گویند؛ به تعبیر دیگر، اگر بازیکنان بتوانند بر اساس اصول توافق شده عمل کنند، بازی را همکارانه و در غیر این صورت به آن بازی غیرهمکارانه می‌گویند. در بازی همکارانه، تدوین استراتژی همکارانه به نحوی که همه بازیکنان انگیزه پایبندی به آن را داشته باشد و همچنین چگونگی تقسیم سود بین بازیکنان از جمله عمده‌ترین مسائل پیش روی مدل‌سازان است.<sup>۳</sup>

#### ۴. تدوین مدل نظریه بازی‌ها در بخش خط لوله

تدوین یک مدل نظری برای همکاری بین کشورهای صادرکننده و مصرف‌کننده گاز طبیعی از طریق خط لوله با استفاده از نظریه بازی‌ها بسیار پیچیده است. دلایل مختلفی را می‌توان برای پیچیدگی این مدل‌سازی عنوان کرد که مهم‌ترین آن‌ها عبارت است از: نخست، تفاوت بین مسیرهای انتقال، تفاوت در شرایط جغرافیایی، تفاوت در قدرت چانه‌زنی کشورهای و نظایر آن؛ دوم، حتی اگر شرایط سیاسی - اقتصادی را کنار بگذاریم، مدل‌سازی با توجه به شرایط متفاوت کشور انتقال‌دهنده گاز، حالت‌های مختلفی پیدا می‌کند؛ سوم، شرایط متفاوت کشورهای تولیدکننده، انتقال‌دهنده و مصرف‌کننده باعث ایجاد توابع تقاضای متفاوت و تفاوت

<sup>۱</sup> Cooperative Game

<sup>۲</sup> Non Cooperative Game

<sup>۳</sup> برای مطالعه بیشتر در مورد مباحث نظری تئوری بازی‌ها مراجعه شود به کتاب «نظریه بازی‌ها و کاربردهای آن؛ بازی‌های ایستا و پویا با اطلاعات کامل». تألیف قهرمان عبدلی، سازمان انتشارات جهاد دانشگاهی واحد تهران، چاپ دوم، ۱۳۸۷.

در هزینه‌های تولید، اکتشاف، احداث خط لوله، دسترسی به بازارهای تولید و مصرفی و نظایر آن می‌شود؛ چهارم، فاصله بسیار زیاد تولیدکنندگان از یکدیگر و پراکندگی جغرافیایی آن‌ها و همچنین فاصله بین تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان بزرگ از دیگر مسائلی است که مدل‌سازی را پیچیده می‌کند؛ پنجم، بررسی قراردادهای موجود در زمینه صادرات گاز طبیعی با استفاده از خط لوله مبین آن است که قراردادها متحدالشکل نبوده و هر کشور از یک فرمول قیمت‌گذاری منحصر به خود استفاده می‌کند؛ در نتیجه، حتی در وضعیتی که کشورها از شرایط مشابهی برخوردار باشند، باز هم قیمت گاز صادراتی متفاوت خواهد بود. با توجه به آنچه یاد شد تدوین استراتژی همکاری بین کشورها در زمینه صادرات گاز از طریق خط لوله تنها از طریق تدوین یک نظام قرارداد یا یک فرمول قیمت‌گذاری یکسان که در بردارنده منافع کشورهای تولیدکننده، انتقال‌دهنده و مصرف‌کننده باشد، امکان‌پذیر است.

در بازی غیرهمکارانه هر یک از بازیگران بازار اعم از تولیدکننده، مصرف‌کننده و انتقال‌دهنده به تنهایی تابع سود خود را حداکثر می‌سازد و بر این اساس، رفتار بهینه برای هر یک از بازیگران بازار استخراج می‌شود؛ به عبارت دیگر، در بازی غیرهمکارانه کشور صادرکننده قیمت و مقدار بهینه صادرات را تعیین و کشور واردکننده نیز قیمت بهینه گاز وارداتی را تعیین می‌کند، سپس این دو کشور در مورد قیمت و مقدار بهینه صادرات گاز با یکدیگر چانه‌زنی می‌کنند و در صورت رسیدن به توافق، کشور صادرکننده با کشور انتقال‌دهنده گاز وارد چانه‌زنی می‌شود.<sup>۱</sup> بازی غیرهمکارانه نسبت به بازی همکارانه دارای چند ایراد اساسی است. مهم‌ترین ایراد بازی غیرهمکارانه زمان‌بر بودن فرایند چانه‌زنی بین کشورها برای رسیدن به توافق است و ممکن است حتی پس از طی فرایند طولانی چانه‌زنی توافق بین کشورها حاصل نشود و چانه‌زنی با شکست مواجه شود (به عبارت دیگر هزینه فرصت چانه‌زنی بالاست).<sup>۲</sup> ضمن این که عایدی کشورهای طرف قرارداد در بازی همکارانه نسبت به بازی غیرهمکارانه به مراتب بیشتر است.

<sup>۱</sup> در اکثر موارد چانه‌زنی تولیدکننده با مصرف‌کننده و انتقال‌دهنده به طور همزمان صورت می‌گیرد.

<sup>۲</sup> علاوه بر این در طی فرایند چانه‌زنی در صورتی که طولانی شود، ممکن است کشور تولیدکننده و یا مصرف‌کننده برای صادرات و یا واردات گاز با کشور دیگری به توافق برسند و یکی از طرفین کلاً از عقد قرارداد منصرف شود (بالا بودن هزینه فرصت).

۴-۱. معرفی مدل در شرایط عدم وجود کشور انتقال‌دهنده (بازی با دو بازیکن)

نخست، بازی همکارانه و غیرهمکارانه در وضعیتی مورد بررسی قرار می‌گیرد که صادرات گاز به طور مستقیم از کشور تولیدکننده به کشور مصرف‌کننده صورت گیرد؛ به عبارت دیگر، بین کشور تولیدکننده و مصرف‌کننده، کشور انتقال‌دهنده وجود ندارد. در چنین شرایطی شاخص‌های زیر برای مدل‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد:

P: قیمت گاز وارداتی از طریق خط لوله در کشور مصرف‌کننده.

P<sub>LNG</sub>: قیمت LNG در کشور مصرف‌کننده.

X: حجم گاز صادراتی توسط کشور تولیدکننده.

Y: حجم گاز وارداتی توسط کشور مصرف‌کننده.

B: منفعتی که نصیب کشور واردکننده از این خط لوله خواهد شد ( $B = P_{LNG} - P$ ).

C<sub>P</sub> و C: هزینه ثابت به ازای هر واحد گاز انتقالی در کشور تولیدکننده و مصرف‌کننده را نشان می‌دهد.

y(C): تابع واردات گاز کشور مصرف‌کننده است؛ به طوری که  $y(C) \geq 0$

$$\left[ \frac{\partial y(P)}{\partial P} \right] < 0$$

برای این دو کشور تولیدکننده و مصرف‌کننده - همان‌طور که اشاره شد - دو بازی همکارانه و غیرهمکارانه طراحی می‌شود.

۴-۱-۱. استراتژی غیرهمکارانه

کشور تولیدکننده و مصرف‌کننده هر یک به طور جداگانه مقدار گاز صادراتی (وارداتی) و قیمت نهایی برای گاز را به نحوی که سودشان حداکثر شود، تعیین می‌کنند.

$$\pi_{nc}^P = (p - c_p)X \quad (1)$$

سود تولیدکننده در استراتژی غیرهمکارانه است.  $\pi_{nc}^*$  و  $p_{nc}^*$  به ترتیب بیانگر تولید و قیمت بهینه در استراتژی غیرهمکارانه است.

$$\pi_{nc}^C = (B - c_c)X \quad (2)$$

سود مصرف‌کننده در استراتژی غیرهمکارانه است و  $B_{nc}^*$  راه‌حل مسئله حداکثرسازی سود برای کشور مصرف‌کننده است.

$$\pi_{nc}^* = \pi_{nc}^{P*} + \pi_{nc}^{C*} \quad (۳)$$

مجموع سود حاصل در بازی غیرهمکارانه است.

در بازی انتقال گاز که کشورها استراتژی غیرهمکارانه را برمی‌گزینند، هر کشور استراتژی را دنبال می‌کند که سود خود را حداکثر کند. هدف تولیدکننده پیدا کردن قیمت و مقدار برای گاز صادراتی به نحوی است که سود آن کشور حداکثر شود. از سوی دیگر، هدف مصرف‌کننده پیدا کردن مقدار بهینه برای B است (تفاوت بین قیمت گاز وارداتی از کشور صادرکننده از طریق خط لوله و گاز وارداتی به سایر روش‌ها، از جمله LNG از سایر کشورها است)؛ به طوری که سود این کشور حداکثر شود. بدیهی است که با توجه به مثبت بودن B (تفاوت بین هزینه تمام شده LNG وارداتی و قیمت گاز وارداتی از طریق خط لوله)، هرچه مقدار واردات گاز از طریق خط لوله توسط کشور مصرف‌کننده بیشتر و قیمت گاز وارداتی کمتر باشد، سود کشور واردکننده بیشتر خواهد شد.<sup>۱</sup>

در مورد حجم گاز وارداتی دو محدودیت عمده وجود دارد که کشور مصرف‌کننده در مورد آن وارد چانه‌زنی نمی‌شود. محدودیت نخست؛ در بازی غیرهمکارانه حجم بهینه گاز صادراتی توسط تولیدکننده و با توجه به تابع سود آن کشور تعیین می‌شود. از سوی دیگر، دومین محدودیت در ارتباط با خود مصرف‌کننده است؛ کشور مصرف‌کننده نیز نیازهای مصرفی محدودی دارد و بر اساس آن، حجم گاز وارداتی بهینه را انتخاب می‌کند. در نتیجه هدف مصرف‌کننده برای حداکثرسازی منفعت حاصل از واردات گاز معطوف به این مسئله است که قیمت گاز وارداتی در حداقل ممکن آن باشد؛ در حالی که صادرکننده این حداقل قیمت را نمی‌پذیرد. در نتیجه، سود مصرف‌کننده بستگی به حجم واردات دارد؛ به عبارت دیگر، B، تابع حجم (x) است. با توجه به توابع سود معرفی شده در بخش قبل، شرط مرتبه اول برای حداکثرسازی سود دو کشور به صورت روابط (۴-۶) است:

$$\pi_{nc}^* = \pi_{nc}^{P*} + \pi_{nc}^{C*} \quad (۴)$$

<sup>۱</sup> به طور قطع کشور مصرف‌کننده در صورتی گاز را با استفاده از خط لوله وارد می‌کند که قیمت گاز وارداتی با استفاده از خط لوله از هزینه تمام‌شده واردات LNG کمتر باشد؛ در غیر این صورت، کشور واردکننده ترجیح می‌دهد که LNG وارد کند.

$$\frac{\partial \pi_P}{\partial p} = x + (p - c_p) \frac{\partial x}{\partial p} = 0, \quad (5)$$

$$B_{OPT} = -\frac{x}{\sigma} + c_c, \sigma = \frac{\partial x}{\partial B} < 0. \quad (6)$$

فرض کنید که اگر مقدار گاز وارد شده یا تقاضا شده توسط مصرف‌کننده افزایش یابد، عرضه‌کننده قیمت‌های خود را افزایش خواهد داد. بنابراین، تابع واردات گاز کشور مصرف‌کننده به صورت زیر است:

$$Y(P) = x + x_0 = aP, \quad (7)$$

در این تابع،  $X_0$  گاز وارداتی مصرف‌کننده از کشورهای دیگر و یا به روشی جزء خط لوله است و  $a$  یک پارامتر برون‌زا است. با استفاده از روابط (۴) و (۶) ما به رابطه زیر می‌رسیم:

$$P_{OPT} = \left( \frac{X_0 + C_p(a - \sigma_0)}{2a - \sigma_0} \right), \sigma_0 = \frac{\partial X_0}{\partial P} < 0 \quad (8)$$

همان‌طور که مشخص است، قیمت بهینه گاز به ساختار هزینه‌ای در کشور تولیدکننده و پارامترهای برون‌زای توابع واردات گاز در کشور مصرف‌کننده بستگی دارد. در نهایت با توجه به رابطه فوق به‌عنوان تابع بهترین پاسخ واردکننده، سود بهینه برای این کشور عبارت است از:

$$B_{OPT} = -\frac{1}{\sigma} \left( \frac{X_0 + C_p(a - \sigma_0)}{2a - \sigma_0} \right) + c_c, \quad (9)$$

این راه‌حل بازی غیرهمکارانه بین دو کشور است. بازی غیرهمکارانه دارای یک ایراد اساسی است که منجر به ایجاد یک فرایند چانه‌زنی طولانی‌مدت بین طرفین قرارداد می‌شود. همان‌طور که در قسمت‌های فوق نشان داده شد کشورهای صادرکننده و واردکننده بدون در نظر گرفتن شرایط کشور دیگر قیمت و مقدار حداکثرکننده منفعت (سود) خود را تعیین می‌کنند که این قیمت و مقدار ممکن است با آنچه مدنظر بازیکن دیگر است، تفاوت برجسته‌ای داشته باشد؛ در نتیجه، طرفین بازی برای تعیین قیمت و مقدار بهینه توافقی وارد فرایند چانه‌زنی می‌شوند. البته همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد ممکن است فرایند چانه‌زنی بسیار طولانی شود و در نهایت، توافق نیز بین طرفین حاصل نشود؛ در نتیجه، در بازی غیرهمکارانه علاوه بر این که منافع طرفین حداکثر نمی‌شود؛ به علاوه، هزینه فرصت بازی



(ناشی از چانه‌زنی) نیز بسیار بالاست. این مسئله باعث گرایش بازیکنان به سمت بازی‌های همکاریانه است که در آن نفع جمعی حداکثر می‌شود.

#### ۴-۱-۲. استراتژی همکاریانه

دو کشور تولیدکننده و مصرف‌کننده با همکاری یکدیگر تولید و قیمت را به نحوی تعیین می‌کنند که منفعت کل ناشی از صادرات گاز حداکثر شود. پس از حداکثرسازی سود بر اساس استراتژی همکاریانه دو کشور در مورد تقسیم منافع کل بازی بین خود وارد مذاکره و چانه‌زنی می‌شوند. تابع سود کل حاصل از استراتژی همکاریانه به صورت عبارت (۱۰) است:

$$\pi_c^* = (p + B - c_T - c_P)X \quad (10)$$

به ترتیب بیانگر تولید و قیمت بهینه در مسئله حداکثرسازی سود برای تابع سود مشترک دو کشور تولیدکننده و مصرف‌کننده در بازی همکاریانه است. در نهایت فرض می‌شود که همه توابع یاد شده پیوسته و شبه مقعر هستند، بنابراین  $p_{nc}^*$  و  $B_{nc}^*$  و  $x_{nc}^*$  و  $p_c^*$  وجود دارند و مقدار یک‌ه هستند.

در این استراتژی دو کشور تولیدکننده و مصرف‌کننده تابع سود مشترک را حداکثر می‌کنند و سپس سود حاصل از اتخاذ استراتژی همکاریانه با توجه به قدرت چانه‌زنی کشورها تقسیم می‌شود. روش بهینه‌سازی تابع سود در استراتژی همکاریانه «ضرب نش»<sup>۱</sup> است. سود مشترک یا منفعت حاصل از همکاری بین تولیدکننده و مصرف‌کننده بر طبق معیار چانه‌زنی «نش» تعیین می‌شود. «ضرب نش» عبارت است از ضرب سود هر یک از بازیکنان در بازی همکاریانه منهای سود آن بازیکنان در بازی غیرهمکاریانه.

$NP_{PC}$  «ضرب نش» برای دو کشور تولیدکننده و مصرف‌کننده است که به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$NP_{PC} = (\pi_P^{COOP} - \pi_P^{NON-COOP})(\pi_C^{COOP} - \pi_C^{NON-COOP}) \quad (11)$$

اگر دو کشور تولیدکننده و مصرف‌کننده استراتژی همکاریانه اتخاذ کنند، در این صورت تابع سود برای کشور تولیدکننده عبارت خواهد بود از:

<sup>۱</sup> Nash Product

$$\pi_{P \text{ COOP}} = \pi_P - B_{C \text{ COOP}} = px - x(c_C - c_P) - B_{C \text{ COOP}} \quad (12)$$

در این عبارت،  $B_{C \text{ COOP}} = B * x$  و عبارت است از سود ثابتی که از جانب کشور تولیدکننده به کشور مصرف‌کننده، در صورتی که با تولیدکننده همکاری کند، پیشنهاد داده می‌شود. حال اگر هر دو کشور عرضه‌کننده و مصرف‌کننده شرایطی همانند انحصار در تولید و انحصار در مصرف داشته باشند. در این شرایط، نمادهای  $\pi_{P \text{ Monopoly}}$  و  $\pi_{C \text{ Monopoly}}$  نشان‌دهنده سود تولیدکننده و مصرف‌کننده در بازار انحصاری است. بر این اساس، در صورتی که شرایط انحصاری برای تولیدکننده و مصرف‌کننده وجود داشته باشد، تابع سود در بازی همکارانه به صورت زیر خواهد بود:

$$NP_{PC} = (\pi_P - B_{C \text{ COOP}} - \pi_{P \text{ Monopoly}})(B_{C \text{ COOP}} - \pi_{C \text{ Monopoly}}) \quad (13)$$

در گام بعدی برای حداکثر کردن سود مصرف‌کننده از تابع سود فوق نسبت به  $B_{C \text{ COOP}}$  مشتق جزئی گرفته و آن را مساوی با صفر قرار می‌دهیم. با حداکثرسازی حاصل «ضرب نش» نسبت به  $B_{C \text{ COOP}}$  عبارت زیر حاصل می‌گردد:

$$\frac{\partial NP_{PC}}{\partial B_{C \text{ COOP}}} = -(B_{C \text{ COOP}} - \pi_{C \text{ Monopoly}}) + \pi_P - B_{C \text{ COOP}} - \pi_{P \text{ Monopoly}} = 0, \quad (14)$$

با استفاده از عملیات جبری ساده به عبارت معادله (۱۵) می‌رسیم:

$$B_{C \text{ COOP}}^{\text{OPT}} = \frac{\pi_{C \text{ Monopoly}} + \pi_P - \pi_{P \text{ Monopoly}}}{2} \quad (15)$$

همان‌طور که از این عبارت مشخص است، می‌توان گفت در صورتی که هر دو کشور تولیدکننده و مصرف‌کننده انحصارگر باشند (درزمینه صادرات و انتقال گاز)، سود بهینه برای کشور مصرف‌کننده معادل نصف سود کل در بازی همکارانه است. حال اگر سود بهینه حاصله از رابطه (۱۵) را در رابطه (۱۳) جایگزین کنیم، رابطه (۱۳) را می‌توان به صورت رابطه (۱۶) نوشت:

$$NP_{PC} = \left( \pi_P - \frac{\pi_{C \text{ Monopoly}} + \pi_P - \pi_{P \text{ Monopoly}}}{2} - \pi_{P \text{ Monopoly}} \right) * \left( \frac{\pi_{C \text{ Monopoly}} + \pi_P - \pi_{P \text{ Monopoly}}}{2} - \pi_{C \text{ Monopoly}} \right), \quad (16)$$

$$= \left( \frac{P(a_P - c_0) - (C_C + C_P)(a_P - X_0) - \pi_{C \text{ Monopoly}} - \pi_{P \text{ Monopoly}}}{2} \right)^2$$

برای به دست آوردن قیمت بهینه گاز تولیدکننده برای فروش به مصرف‌کننده، می‌بایست حداکثرسازی را نسبت به قیمت انجام دهیم. در نتیجه از رابطه (۱۶) نسبت به قیمت مشتق گرفته و برابر قرار دادن این مشتق با صفر (شرایط مرتبه اول) به ما قیمت بهینه در بازی همکارانه را می‌دهد، با انجام این عملیات، ریاضی قیمت بهینه بر اساس رابطه (۱۷) محاسبه خواهد شد.

$$P_{OPT}^{COOP} = \frac{x_0 + (C_C + C_P)(a - \sigma_0)}{2a - \sigma_0} \quad (17)$$

پس از به دست آوردن قیمت بهینه، مقدار بهینه با جایگزینی قیمت در تابع تقاضا به دست خواهد آمد.

#### ۳-۱-۴. مقایسه نتایج حاصل از بازی همکارانه و غیرهمکارانه

با توجه به این‌که در بخش‌های پیش‌تر ادعا شد، بازی همکارانه در مقابل بازی غیرهمکارانه منافع بیشتری برای بازیگران دارد. در این بخش، نتایج حاصل از بازی همکارانه و غیرهمکارانه به صورت نظری و در عمل با یکدیگر مقایسه می‌شود.

#### ۳-۱-۴-۱. مقایسه سود در بازی همکارانه و غیرهمکارانه

گزاره ۱: همواره سود حاصل از بازی همکارانه بزرگ‌تر و یا مساوی با سود به دست آمده از بازی غیرهمکارانه است: یعنی  $\pi_C^* > \pi_{nc}^*$  ضمن این‌که در بازی همکارانه مقدار گازی که انتقال داده می‌شود (و قیمت گاز انتقال داده شده) همواره نسبت به بازی غیرهمکارانه بزرگ‌تر و یا مساوی (و کوچک‌تر یا مساوی) است. به بیان ریاضی:  $x_C^* \geq x_{nc}^*$  و  $p_C^* \geq p_{nc}^*$ . حداکثر سود در استراتژی غیرهمکارانه برابر است با:

$$\begin{aligned} \pi_{nc}^* &= \pi_{nc}^P + \pi_{nc}^C = \max_{x \geq 0} \pi_P(x) + \max_{b \geq 0} \pi_C(x) \\ &= (p_{nc}^* - c_P)x_{nc}^* + (B_{nc}^* - c_C)x_{nc}^* \\ &= (p_{nc}^* - c_P + B_{nc}^* - c_C)x_{nc}^* \end{aligned} \quad (18)$$

$$Or \ x_{nc}^* = \max_{x \geq 0} \pi_P(x) + \max_{b \geq 0} \pi_C(x) = (p_{nc}^* - c_P + B_{nc}^* - c_C)x_{nc}^*$$

به هر حال با توجه به این‌که  $x_{nc}^*$  یا  $P_{nc}^*$  و  $B_{nc}^*$  (از طریق حل دو مسئله جداگانه یعنی

حداکثرسازی سود تولیدکننده و مصرف‌کننده به‌دست آمده‌اند، مجموع سود  $\pi_{nc}^*$  نمی‌تواند از کل سود به‌دست آمده در راه‌حل بازی همکارانه که در آن  $x_c^*$  به‌طور مستقیم از حداکثرسازی معادله (۱۹) به دست می‌آید بیشتر باشد:

$$\pi_C(x) = (p_{nc}^* - c_P + B_{nc}^* - c_C)x_c^* \quad (19)$$

برای مطالعه بیشتر در این باره نگاه کنید به مقاله هیرشائوسن و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۵).

۴-۱-۴. مقایسه قیمت بهینه برای کشور صادرکننده در بازی همکارانه و غیرهمکارانه (دو بازیکن) در این بخش قیمت بهینه گاز صادراتی در بازی همکارانه و غیرهمکارانه با یکدیگر مقایسه می‌شود. همان‌طور که در بخش‌های قبل محاسبه شد، قیمت بهینه در بازی همکارانه از بازی غیرهمکارانه به اندازه  $\frac{(C_C)(a-\sigma_0)}{2a-\sigma_0}$  بیشتر است و دلیل آن هم در نظر گرفتن هزینه‌های احداث خط لوله توسط کشور مصرف‌کننده است (نگاه کنید به معادلات (۸) و (۱۷)).

$$\begin{aligned} P_{OPT}^{COOP} - P_{OPT} &= \frac{x_0 + (C_C + C_P)(a - \sigma_0)}{2a - \sigma_0} - \left( \frac{x_0 + C_P(a - \sigma_0)}{2a - \sigma_0} \right) \\ &= \frac{(C_C)(a - \sigma_0)}{2a - \sigma_0} \end{aligned} \quad (20)$$

با توجه به معادله (۲۰) قیمت تعیین‌شده توسط تولیدکننده در بازی همکارانه نسبت به بازی غیرهمکارانه بیشتر است و این یعنی منفعت بیشتر تولیدکننده در بازی همکارانه نسبت به بازی غیرهمکارانه.

۴-۱-۵. مقایسه سود بهینه برای کشور واردکننده در بازی همکارانه و غیرهمکارانه (دو بازیکن) در بخش قبل ثابت شد که قیمت بهینه برای صادرکننده گاز در بازی همکارانه نسبت به بازی غیرهمکارانه بالاتر است. در این بخش با توجه به نتایج قسمت‌های قبل نشان داده خواهد شد که منفعت (سود) بهینه کشور واردکننده نیز در بازی همکارانه نسبت به بازی غیرهمکارانه بالاتر است. برای اثبات این ادعا به معادلات (۹) و (۱۵) که از بخش‌های قبل به دست آمد توجه کنید.

<sup>1</sup> Hirschhausen et al.

$$B_{OPT} = -\frac{1}{\sigma} \left( \frac{X_0 + C_P(a - \sigma_0)}{2a - \sigma_0} \right) + c_C,$$

$$B_{C COOP}^{OPT} = \frac{\pi_C Monopoly + \pi_P - \pi_P Monopoly}{2}$$

همان‌طور که در معادله (۹) مشخص است، منفعت واردکننده تابعی است از هزینه کشور صادرکننده، هزینه کشور واردکننده، ویژگی‌های تابع تقاضای واردکننده و نظایر آن. در حالتی که در بازی همکاریانه منفعت کل حاصل از بازی بین دو کشور به‌طور مساوی تقسیم می‌شود. در نتیجه، واردکننده (و صادرکننده نیز) در پی واردات گاز با حجم و قیمتی است که از طریق آن منفعت کل بازی حداکثر شود؛ در نتیجه، هر دو کشور سعی می‌کنند تا از طریق همکاری قیمت و مقدار بهینه را تعیین کنند نه از طریق چانه‌زنی و این مسئله باعث می‌شود که منفعت هر دو کشور در بازی همکاریانه نسبت به بازی غیرهمکاریانه بیشتر باشد. ضمن اینکه فرایند زمان‌بر و هزینه‌بر چانه‌زنی نیز در بازی همکاریانه حذف می‌شود.

#### ۲-۴. تدوین استراتژی در یک بازی با سه بازیکن

شواهد و واقعیات بازار گاز دلالت بر آن دارد که تقریباً در اکثر مسیرهای صادراتی گاز با استفاده از خط لوله، حداقل یک کشور انتقال‌دهنده گاز وجود دارد؛ در نتیجه، نمی‌توان نقش کشور انتقال‌دهنده را نادیده گرفت. در این قسمت مدل‌هایی با وجود سه بازیکن (تولیدکننده، انتقال‌دهنده و مصرف‌کننده) ارائه می‌شود. کشور انتقال‌دهنده خود به لحاظ مصرف یا تولید گاز طبیعی شرایط مختلفی می‌تواند داشته باشد که با توجه به شرایط مختلف کشور انتقال‌دهنده مدل‌های مختلفی ارائه می‌شود. در این مقاله با توجه به پیچیده شدن مدل‌سازی، مدل‌های با بیشتر از یک کشور انتقال‌دهنده در نظر گرفته نمی‌شود. به‌طور قطع، در شرایطی که یک کشور (حداقل یک کشور) بین کشور صادرکننده و واردکننده گاز وجود داشته باشد، فرایند مذاکره و چانه‌زنی نیاز به صرف زمان و هزینه بیشتری دارد. علاوه بر این هر چه تعداد کشورهای درگیر در مسئله صادرات گاز طبیعی از طریق خط لوله بیشتر شود، امکان شکست مذاکرات بیشتر می‌شود؛ در نتیجه، تدوین مدل همکاری در این موارد بسیار حائز اهمیت است.

#### ۱-۲-۴. کشور انتقال‌دهنده خود مصرف‌کننده باشد

از میان مدل‌های مختلف به این دلیل که اکثر کشورهای انتقال‌دهنده، خود نیاز به واردات گاز

دارند، تنها وضعیتی در نظر گرفته شده است که کشور انتقال‌دهنده خود واردکننده گاز نیز باشد؛ در نتیجه، کشور انتقال‌دهنده دو نقش اساسی ایفاء می‌کند؛ نخست، انتقال گاز کشور تولیدکننده به کشور مصرف‌کننده و دوم، واردات گاز از کشور تولیدکننده برای مصرف داخلی. در این حالت، مدل‌سازی و قیمت‌گذاری گاز برای صادرات گاز به کشور انتقال‌دهنده، کشور مصرف‌کننده و همچنین تعیین تعرفه انتقال گاز تا حد زیادی پیچیده می‌شود.<sup>۱</sup>

برای مدل‌سازی، نمادهای زیر معرفی می‌شود.

PT: قیمت گاز طبیعی وارداتی کشور انتقال‌دهنده

PC: قیمت گاز طبیعی وارداتی کشور مقصد

PLT: قیمت LNG در کشور انتقال‌دهنده

PLC: قیمت LNG در کشور مقصد

T: تعرفه انتقال گاز که کشور انتقال‌دهنده دریافت می‌کند

YT: مقدار گاز مصرفی توسط کشور انتقال‌دهنده

YC: مقدار گاز مصرفی در کشور مقصد

YTO: گاز وارداتی توسط کشور انتقال‌دهنده از کشورهای دیگر به جزء تولیدکننده مدنظر

YCO: گاز وارداتی توسط کشور مقصد از کشورهای دیگر به جزء تولیدکننده مدنظر

YTOT: کل صادرات گاز کشور تولیدکننده به کشور انتقال‌دهنده و کشور مقصد (YT+YC)

BT: نفعی است که کشور انتقال‌دهنده از انتقال گاز به کشور مقصد می‌برد (BT= PT-

PLT+t). این نفع، معادل است با تفاوت بین قیمت گاز وارداتی با خط لوله و قیمت LNG

وارداتی به علاوه تعرفه دریافتی از محل انتقال گاز.

BC: نفعی است که کشور مقصد از واردات گاز از طریق خط لوله می‌برد (BC= PC- PLC). این

نفع، معادل است با تفاوت بین قیمت گاز وارداتی با استفاده از خط لوله و قیمت LNG وارداتی.

CP، CT و CC هزینه ثابت به ازای هر واحد گاز انتقالی به ترتیب برای کشورهای تولیدکننده،

انتقال‌دهنده و مصرف‌کننده.

<sup>۱</sup> مثال بارز این مورد صادرات گاز کشور روسیه به قاره اروپاست. در این مورد، کشور اکراین علاوه بر این که گاز صادراتی روسیه را به اروپا انتقال می‌دهد، خود نیز مقدار قابل توجهی گاز از روسیه وارد می‌کند.

مدل قیمت‌گذاری صادرات گاز طبیعی از طریق خط لوله بر اساس نظریه بازی‌ها \_\_\_\_\_ ۴۳

$xT$ ، تابع تقاضای کشور انتقال‌دهنده برای واردات گاز است و تابع تقاضای معکوس عبارت است از:  $P = PX$ .

$XC$ : تابع تقاضای کشور مقصد برای واردات گاز است و تابع تقاضای معکوس عبارت است از:

$$P = PX$$

برای هر یک از سه بازیکن ما استراتژی‌های زیر را تعریف می‌کنیم که بازیکنان بر طبق آن تصمیم می‌گیرند.

#### ۴-۲-۲. استراتژی غیرهمکارانه

تولیدکننده، انتقال‌دهنده و مصرف‌کننده به طور جداگانه در مورد حداکثرسازی سود خود تصمیم می‌گیرند؛ تولیدکننده قیمت و مقدار بهینه گاز صادراتی را به گونه‌ای تعیین می‌کند که سودش حداکثر شود. کشور انتقال‌دهنده، با توجه به تابع سود خود، حجم بهینه گاز وارداتی، قیمت بهینه گاز وارداتی و تعرفه بهینه برای انتقال گاز به کشور مصرف‌کننده را تعیین می‌کند. در نهایت، کشور مصرف‌کننده قیمت و مقدار بهینه گاز وارداتی را تعیین می‌کند. پس از این که هر یک از سه کشور به طور مجزا قیمت و مقدار بهینه گاز وارداتی (صادراتی برای کشور صادرکننده) را تعیین کردند، با توجه به این که مقادیر و قیمت‌های مدنظر هر کشور متفاوت با دیگر کشورهاست، سه کشور با یکدیگر وارد فرایند چانه‌زنی می‌شوند و در نهایت، قیمت صادرات گاز به هر کشور، تعرفه انتقال گاز و حجم گاز صادراتی از طریق چانه‌زنی تعیین می‌شود.

در چنین مواردی کشور انتقال‌دهنده از دو طریق سود می‌برد؛ یکی درآمد حاصل از انتقال گاز طبیعی و دیگری، نفعی که از واردات گاز طبیعی و تفاوت بین قیمت گاز وارداتی از طریق خط لوله و قیمت LNG می‌برد. بر این اساس، کشور انتقال‌دهنده دو هدف را از انتقال گاز دنبال می‌کند؛ هدف اول، حداکثر کردن درآمد حاصل از انتقال گاز است (به عبارت دیگر، هدف کشور انتقال‌دهنده این است که حداکثر مقدار ممکن گاز را با بیشترین تعرفه ممکن، انتقال دهد) و هدف دوم این است که کم‌ترین قیمت را برای گاز مصرفی خود پردازد. بر این اساس با افزایش مقدار انتقال، درآمد حاصل از تعرفه انتقال، افزایش می‌یابد. به بیان ریاضی، به ازای  $i$  واحد گاز انتقال داده شده نسبت به  $i + 1$  واحد گاز انتقال داده شده خواهیم داشت:

$$(B_T)_{i+1} \geq (B_T)_i$$

بر این اساس، شرایط مرتبه اول برای کشور انتقال‌دهنده برابر خواهد شد با:

$$\frac{\partial \phi_P}{\partial B_T} = Y_{TOT} + \xi(B_T - C_P) = 0, \quad \xi = \frac{\partial Y_{TOT}}{\partial B_T} < 0 \quad (21)$$

$$(B_T)_{OPT} = -\frac{Y_{TOT}}{\xi} + C_T$$

به عبارت دیگر، مقدار بهینه درآمد برای کشور انتقال‌دهنده، تابعی است از مقدار کل گاز انتقال داده شده (رابطه مثبت با منفعت کشور انتقال‌دهنده دارد)، هزینه کشور انتقال‌دهنده و تغییرات حجم گاز صادراتی توسط کشور مبدأ نسبت به تغییرات در میزان سود کشور انتقال‌دهنده (هر چه این مقدار بزرگ‌تر باشد، سود کشور انتقال‌دهنده کمتر خواهد بود) و در نهایت هر چه هزینه‌های انتقال گاز برای کشور انتقال‌دهنده بیشتر باشد، سود بهینه کشور انتقال‌دهنده کمتر خواهد بود. در مورد تابع سود کشور تولیدکننده، این تابع هنگامی حداکثر می‌شود که کشور صادرکننده قیمت بیشتری را از کشورهای انتقال‌دهنده و مصرف‌کننده دریافت کند و کمترین میزان تعرفه را نیز به کشور انتقال‌دهنده بپردازد. حال اگر توابع واردات گاز کشورهای انتقال‌دهنده و مصرف‌کننده به صورت زیر باشد:

$$w = Y_T + Y_{TO} = bp_T, b > 0 \quad (22)$$

$$Z = Y_C + Y_{CO} = dp_C, d > 0 \quad (23)$$

حداکثرسازی تابع سود کشور تولیدکننده نسبت به  $p_t$  به ما  $p_t$  بهینه را می‌دهد. برای این منظور لازم است شرایط مرتبه اول را برای سود کشور تولیدکننده بنویسیم، پس از محاسبه شرایط مرتبه اول و تبدیلات ریاضی قیمت بهینه صادرات گاز به کشور انتقال‌دهنده برای کشور صادرکننده معادل خواهد شد با:

$$(P_T)_{OPT} = \frac{C_P(b-\sigma_1) - P_C(B+d-\sigma_1) + Y_{TO} + Y_{CO}}{2b-\sigma_1}, \quad (24)$$

$$\sigma_1 = \frac{\partial y_{PO}}{\partial P_T} < 0$$



همان طور که از رابطه (۲۴) برمی‌آید، قیمت بهینه برای فروش گاز:

۱- با افزایش در هزینه ثابت کشور صادرکننده به ازای هر واحد گاز صادراتی، افزایش خواهد یافت؛

۲- با افزایش در میزان تقاضای کشور انتقال‌دهنده و مصرف‌کننده از سایر مسیرها، افزایش خواهد یافت؛

۳- با افزایش در قیمت گاز وارداتی کشور مصرف‌کننده، کاهش خواهد یافت. رابطه مستقیم دارد.

در گام بعدی برای به دست آوردن قیمت بهینه فروش گاز صادرکننده به کشور مصرف‌کننده، نخست، قیمت بهینه استخراج شده برای کشور انتقال‌دهنده را در تابع سود کشور تولیدکننده جایگزین می‌کنیم و سپس شرایط مرتبه اول را استخراج می‌کنیم. از تابع سود جدید نسبت به  $P_C$  مشتق گرفته می‌شود. نتایج حاصل از بهینه‌یابی را به شرح زیر خلاصه شده است.

$$\begin{aligned} (P_C)_{OPT} &= -\frac{\psi_4}{\psi_3} \\ \sigma_2 &= \frac{\partial Y_{CO}}{\partial P_C} \\ K_1 &= \frac{c_P(b-\sigma_1)+Y_{TO}+Y_{CO}}{2b-\sigma_1} \\ K_2 &= \frac{b+d-\sigma_1}{2b-\sigma_1} \\ \psi_3 &= 2c - 2c\psi_2 - 2b\psi_2 + 2b\psi_2^2 - \sigma_2 + \sigma_2\psi_2 \\ \psi_4 &= b\psi_1 - Y_{TO} - Y_{CO} - 2\psi_2\psi_1b + \psi_2Y_{TO} + \psi_2Y_{CO} + \psi_1d - \psi_1\sigma_2 - \\ &dc_P + bc_P\psi_2 + c_P\sigma_2 \end{aligned} \quad (25)$$

#### ۴-۲-۳. بازی همکارانه

تولیدکننده، مصرف‌کننده و انتقال‌دهنده نفع کل را بر اساس قیمت، مقدار و تعرفه انتقال گاز تعیین می‌کنند و سپس نفع کل از طریق چانه‌زنی بین سه کشور تقسیم می‌شود. بر این اساس نمادهای زیر معرفی می‌شوند که عبارت است از:

$$\varphi_{NC}^{P*} = (P_T + P_C - C_P)Y_{TOT} \quad (26)$$

تابع سود کشور تولیدکننده در استراتژی غیرهمکارانه است که بر اساس آن قیمت و مقدار بهینه تعیین می‌شود.

$$\varphi_{NC}^{T*} = (B_T - C_T)Y_T \quad (27)$$

تابع سود کشور انتقال‌دهنده گاز در استراتژی غیرهمکارانه است و  $B_T^*$  راه‌حل ماکزیم‌سازی این تابع سود است.

$$\varphi_{NC}^C = (B_C - C_C)Y_C \quad (28)$$

تابع سود کشور مصرف‌کننده در استراتژی غیرهمکارانه است و  $B_C^*$  راه‌حل ماکزیم‌سازی این تابع سود است.

$$\varphi_{NC}^* = \varphi_{NC}^{P*} + \varphi_{NC}^{T*} + \varphi_{NC}^C \quad (29)$$

سود تجمعی در استراتژی غیرهمکارانه است.

$$\varphi_C^* = (P_T + P_C + B_T + B_C - C_P - C_T - C_C)x \quad (30)$$

سود کل در استراتژی همکارانه و  $x_C^*$  یا  $\varphi_{nc}^*$  راه‌حل بازی همکارانه در مسئله حداکثرسازی است.

در نهایت فرض می‌شود که همه توابع سود فوق پیوسته و شبه مقعر هستند. با استفاده از گزاره (۱) ثابت می‌شود که سود در بازی همکارانه بیشتر از سود در بازی غیرهمکارانه است. همچون بازی با دو بازیکن در حالتی که سه بازیکن وجود داشته باشد، نیز از حاصل ضرب نش برای حل بازی همکارانه استفاده می‌شود. بر این اساس، حاصل ضرب نش بین اختلاف سود کشور تولیدکننده و کشور انتقال‌دهنده در شرایط رقابتی و انحصاری برابر خواهد شد با:

$$NP_{PTC} = (\varphi_{P COOP} - B_{T COOP} - \varphi_{P MONOPOLY})(B_{T COOP} - \varphi_{T MONOPOLY}) \quad (31)$$

پس از تعیین تابع سود به صورت فوق با استفاده از حاصل ضرب نش، هدف پیدا کردن سود بهینه کشور انتقال‌دهنده است. با محاسبه شرایط مرتبه اول حداکثرسازی سود برای کشور انتقال‌دهنده با توجه به  $B_{T COOP}$ ، سود بهینه کشور انتقال‌دهنده به شرح زیر به دست می‌آید:

$$(B_{T COOP})_{OPT} = \frac{\varphi_{T MONOPOLY} + \varphi_P - \varphi_{P MONOPOLY}}{2} \quad (32)$$

با به دست آوردن و جایگزینی معادله (۳۲) در حاصل ضرب نش، به معادله (۳۳) می‌رسیم:

$$NP_{PTC} = \left( \frac{\varphi_P - \varphi_{P \text{ MONOPOLY}} - \varphi_{T \text{ MONOPOLY}}}{2} \right)^2$$

$$= \left( \frac{p_C Y_C + p_T Y_T - Y(c_C + c_T + c_P) - t Y_C - \varphi_{P \text{ MONOPOLY}} - \varphi_{T \text{ MONOPOLY}}}{2} \right)^2 \quad (33)$$

با استفاده از روابط (۲۲) و (۲۳) و حداکثرسازی رابطه (۲۳) نسبت به  $p_C$ ، قیمت بهینه برای کشور مصرف‌کننده به دست می‌آید.

$$(P_C)_{OPT} = \frac{Y_{CO} + (d - \sigma_2)(c_C + c_T + c_P) - t(d - \sigma_2)}{d(1 - \sigma_2)} \quad (34)$$

به طرز مشابهی می‌توان قیمت بهینه برای کشور انتقال‌دهنده را هم محاسبه کرد؛ بر این اساس، قیمت بهینه برای کشور صادرکننده برای فروش گاز به کشور انتقال‌دهنده به صورت معادله (۲۰) محاسبه می‌گردد.

$$(P_T)_{OPT} = \frac{Y_{TO} + (b - \sigma_1)(c_C + c_T + c_P)}{b(1 - \sigma_1)} \quad (35)$$

با نگاهی به فرمول‌های محاسبه شده برای تعیین قیمت و مقدار بهینه در کشورهای انتقال‌دهنده و مصرف‌کننده، به وضوح مشخص است که قیمت بهینه در هر دو کشور تابعی از عوامل برون‌زا از قبیل هزینه‌های انتقال در کشور انتقال‌دهنده گاز و مصرف‌کننده، مقدار واردات از سایر کشورها و نظایر آن است.

##### ۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

بررسی وضعیت بخش خط لوله، نشان داد که مهم‌ترین مسئله در زمینه صادرات و انتقال گاز طبیعی از طریق خط لوله، نبودن استراتژی مشخص قیمت‌گذاری و روش‌های قیمت‌گذاری همگن در قراردادهای مختلف صادرات گاز است. علاوه بر این، به دلیل منطفه‌ای بودن بازار گاز در بخش خط لوله، وجود قراردادهای بلندمدت، حجم قابل‌توجه سرمایه برای صادرات گاز و مسائلی از این دست، نمی‌توان یک بازی همکارانه بین کشورهای صادرکننده گاز تدوین کرد. به نظر می‌رسد با توجه به محدودیت‌های بازار گاز تنها راه تأثیرگذاری بر قیمت گاز در بخش خط لوله تغییر در مکانیسم‌های قیمت‌گذاری گاز است. از این رو، در این مقاله یک مکانیسم قیمت‌گذاری مبتنی بر همکاری بین کشورهای تولیدکننده، مصرف‌کننده و انتقال‌دهنده

تدوین شده است که در صورت پایبندی کشورهای صادرکننده به آن منافع این کشورها تأمین خواهد شد. بر این اساس، با در نظر گرفتن واقعیات بازار و با توجه به شرایط کشور انتقال‌دهنده گاز سناریوهای مختلفی تدوین و بر اساس آن مدل‌سازی صورت گرفت. نتایج حاصل از مدل‌های مختلف درباره تعیین قیمت، مقدار و تعرفه بهینه؛ برای دو بازی همکارانه و غیرهمکارانه محاسبه و ارائه شد. نتایج نشان داد نفع کشورهای عضو در بازی همکارانه بیشتر از بازی غیرهمکارانه است؛ از جمله سایر نکات مهم در مورد این مکانیسم قیمت‌گذاری می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

- مکانیسم قیمت‌گذاری گاز صادراتی کشورها از طریق خط لوله در تمام مناطق جهان همگرا می‌شود و در صورتی که قیمت‌ها از یکدیگر متفاوت باشند، این تفاوت در قیمت به دلیل هزینه‌های بالاتر احداث، انتقال (به دلیل تفاوت در مسافت یا شرایط مسیر انتقال) و نظایر آن خواهد بود؛
- کشورهای تولیدکننده با یکدیگر برای ورود به بازارهای مصرفی رقابت نمی‌کنند (آنچه مدنظر کشورهای مصرف‌کننده است) و کشوری که بتواند گاز را ارزان‌تر از سایر کشورهای تولیدکننده صادر کند، بازار را در اختیار خواهد گرفت؛ در نتیجه، در بین کشورهای صادرکننده به نوعی تقسیم بازار به وجود خواهد آمد که از مازاد عرضه احتمالی و ایجاد رقابت بین تولیدکنندگان ممانعت به عمل می‌آید.
- نکته دیگری که باید در مورد منافع استفاده از فرمول‌های قیمت‌گذاری یکپارچه به آن اشاره کرد، این است که فرایند چانه‌زنی بین کشورها حذف می‌شود و در نتیجه مسئله چانه‌زنی محدود به تقسیم منافع حاصل از بازی می‌شود. در ارتباط با قدرت چانه‌زنی بازیگران بازار نیز فرمول‌های خاصی ارائه شده است که اصلاً زمانی صرف این موضوع نشود.

در نهایت باید اشاره کرد با توجه به این که در این مکانیسم قیمت‌گذاری منافع کشور انتقال‌دهنده و مصرف‌کننده نیز در نظر گرفته شده است، استفاده از این مکانیسم قیمت‌گذاری با مخالفت این کشورها مواجه نخواهد شد و این در حالی است که مخالفت‌های کشورهای مصرف‌کننده طی سال‌های اخیر باعث تغییرات قابل توجه در مکانیسم‌های قیمت‌گذاری شده است.

## منابع

- دهنوی، جلال، رحیمی، غلامعلی (۱۳۹۰). فاز صفر: مطالعه روش‌های قیمت‌گذاری گاز در قراردادهای بین‌المللی. موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی. تهران.
- رحیمی، غلامعلی (۱۳۸۶). نگاهی به صنعت LNG در جهان. موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی. تهران.
- عبدلی، قهرمان (۱۳۸۷). نظریه بازی‌ها و کاربردهای آن؛ بازی‌های ایستا و پویا با اطلاعات کامل. سازمان انتشارات جهاد دانشگاهی. تهران. چاپ دوم.
- منظور، داوود، یوسفی، حسن (۱۳۹۳). ترانزیت گاز ایران به اروپا: رویکرد نظریه بازی. فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی. ۱۰ (۴۳): ۲۱-۴۵.
- نجارزاده، رضا، محمودی، حیدر (۱۳۹۵). رقابت ایران، روسیه و قطر برای دستیابی به بازار گاز هندوستان. فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی (رشد و توسعه پایدار). ۱۶ (۱): ۳۵۵-۳۹۷.
- Bhattacharyya, S. C. (2011). Energy economics, concepts, issues, markets and governance. Springer London Dordrecht Heidelberg New York.
- Chaterjee, R. (2004). Gas/LNG contract and pricing. Gas pricing workshop at institute for international energy studies (IIES), Tehran.
- Flower, A. (2004). LNG Today: Fully updated and expanded.
- Heidari, M. (2014). TO explore natural gas pricing possibility by major gas buyers using game theory models in a win - win form. *Kuwait Chapter of Arabian Journal of Business and Management Review*, 3, (11): 253-281.
- Khaleghi, Shahla & Reza Fathollahzadeh. (1999). Natural gas and LNG pricing in international trade, Persian Gulf gas resources, export to the world markets: A manual for the 21st century. Tehran – Iran
- Kanai, M. (2011). Putting a price on energy: Oil pricing update. Energy charter.
- Putting a Price on Energy. (2007). International pricing mechanisms for oil and gas, energy charter secretariat, depot legal (Belgium).
- Si J.W., Chen Y.-X. & Ding H. (2010). Two-stage dynamic game-pricing model for natural gas pipeline transportation. *Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science)*. 34. Issue 1.
- Stern, J., & Howard, R. (2011). The transition to hub-based gas pricing in continental Europe. Oxford Institute for Energy Studies, NG 49.

