

## تدوین بازی همکارانه بین کشورهای عضو مجمع کشورهای صادرکننده گاز در زمینه صادرات LNG<sup>۱</sup>

محمد علی فلاحي<sup>۲</sup>

دانشیار اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهد falahi@um.ac.ir

محمدحسین مهدوی عادل<sup>۳</sup>

استاد دانشگاه فردوسی مشهد mh-mahdavi@ferdowsi.um.ac.ir

جلال دهنوی<sup>۴</sup>

دانشجوی دوره دکتری اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهد

jalal.dehnavi@stu-mail.um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۳/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۷/۰۹

### چکیده

تأسیس مجمع کشورهای صادرکننده گاز در سال ۲۰۰۱ در تهران بدون شک از کلیدی‌ترین وقایع سال‌های اخیر در صنعت گاز است. بخش درخور توجهی از صادرات کشورهای عضو مجمع به صورت LNG است؛ از این‌رو، تدوین سیاستی مبتنی بر همکاری بین کشورهای عضو در عرصه صادرات LNG اهمیت و نقش بسزایی خواهد داشت. شواهد دلالت بر آن دارد که الگوی صادرات LNG کشورهای عضو مجمع غیربهبینه و غیراقتصادی است. از این‌رو در این مقاله نخست، وضعیت کشورهای عضو مجمع در زمینه صادرات LNG، مسیرهای صادراتی و بازارهای هدف آنها بررسی و در ادامه یک بازی همکارانه بین کشورهای عضو، مبتنی بر روش برنامه‌ریزی خطی، تدوین می‌شود. نتایج مبین آن است که کشورهای عضو می‌توانند، از طریق بازنگری در الگوی صادرات خود و جابه‌جایی در بازارهای هدف صادراتی، هزینه‌های ترانزیت LNG را تا حد درخور ملاحظه‌ای کاهش دهند. در نهایت، روشی برای تقسیم منافع بازی ارائه شده است.

طبقه‌بندی JEL: L71, C71

**کلیدواژه‌ها:** بازی همکارانه، تئوری بازی‌ها، گاز طبیعی مایع‌شده، مجمع کشورهای صادرکننده گاز.

۱. این مقاله برگرفته از رساله دکتری جلال دهنوی در دانشگاه فردوسی مشهد با عنوان «بررسی نقش مجمع کشورهای صادرکننده گاز در آینده بازار گاز و تدوین استراتژی بهینه حضور ایران در این بازار؛ تحلیل مبتنی بر تئوری بازی‌ها» است.
۲. مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، ک.پ: ۹۱۷۷۹۴۸۹۵۱، ص.پ. ۱۳۵۷، تلفن: ۰۵۱۱۸۸۰۳۰۰۰
۳. مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، ک.پ: ۹۱۷۷۹۴۸۹۵۱، ص.پ. ۱۳۵۷، تلفن: ۰۹۱۲۲۹۹۸۴۰۰
۴. نویسنده مسئول، مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، ک.پ: ۹۱۷۷۹۴۸۹۵۱، ص.پ. ۱۳۵۷، تلفن: ۰۹۱۲۳۷۲۵۶۸۵

## ۱. مقدمه

تأسیس مجمع کشورهای صادرکننده گاز<sup>۱</sup> (از این به بعد GECF) در سال ۲۰۰۱ در تهران بدون شک یکی از کلیدی‌ترین وقایع سال‌های اخیر در صنعت گاز است. برای نخستین بار در تاریخ، کشورهای عمده صادرکننده یا کشورهایایی که در آینده صادرکنندگان بزرگی خواهند شد گام‌هایی برای همکاری با هم برداشتند. بررسی سهم و وضعیت ذخایر تولید و صادرات گاز این کشورها مبین آن است که این مجمع پتانسیل بسیاری برای تأثیرگذاری در بازار گاز دارد. سهم کشورهای عضو GECF از ذخایر گاز جهان، صادرات گاز از طریق خط لوله و صادرات گاز طبیعی مایع‌شده (از این به بعد LNG)<sup>۲</sup> به ترتیب ۶۴، ۴۱ و ۵۶ درصد است. شواهد دلالت بر آن دارد که کشورهای عضو مجمع به علت ساختار ویژه بازار گاز، نوع قراردادهای و هزینه‌های سنگین سرمایه‌گذاری، به‌ویژه در بخش خط لوله، نمی‌توانند همکاری مؤثر و جدی با یکدیگر داشته باشند. در حالی که، در بخش LNG به علت توسعه بازارهای نقدی امکان بیشتری برای همکاری وجود دارد. از جمله دلایلی که همکاری در بخش صادرات LNG را کمی تسهیل می‌کند، می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد. کشورهای عضو GECF در حال حاضر و در مجموع بیش از نیمی از صادرات LNG جهان را به عهده دارند.<sup>۳</sup> طی ۱۰ تا ۱۵ سال اخیر، تجارت LNG سالانه در حدود ۷ درصد رشد داشته است و امروزه در حدود ۳۰ درصد از تجارت جهانی گاز به صورت LNG است (کانای<sup>۴</sup>، ۲۰۱۱). از سوی دیگر، کاهش درخور توجه هزینه‌های تولید به علت وجود صرفه‌های مقیاس در طراحی ترمینال‌های مایع‌سازی (جنسن<sup>۵</sup>، ۲۰۰۳)، رقابت بین فناوری‌های عرضه‌کننده (کریکر و ساجن<sup>۶</sup>، ۲۰۰۸) و کاهش درخور توجه در هزینه‌های انتقال با کشتی (بریتو هارتلی<sup>۷</sup>، ۲۰۰۷؛ روستن‌دال و ساجن<sup>۸</sup>، ۲۰۰۹) از دیگر عوامل توسعه این صنعت است. توسعه فناوری باعث توسعه بازار، توسعه میادین و حرکت بازار از بازار منطقه‌ای به سمت

1. Gas Exporting Countries forum

2. Liquefied Natural Gas

۳. بر اساس محاسبات نویسندگان و بنابر گزارش سال ۲۰۱۰ شرکت بی‌پی BP Statistical Review of World Energy, June 2010. سهم کشورهای عضو GECF از صادرات ال‌ان‌جی در سطح جهان، ۵۴ درصد بوده است.

4. Kanai

5. Jensen

6. Kriker and Sagen

7. Brito and Hartley

8. Knut Einar Rosendahl and Eirik Lund Sagen

بازار جهانی شده است. توسعه تجارت LNG طی سال‌های اخیر، به همراه کاهش تقاضای گاز در بازارهای مختلف، باعث کاهش قیمت گاز صادراتی، به‌ویژه در بازارهای نقدی که مقصد عمده LNG صادراتی است، شده است.<sup>۱</sup> بخش درخور توجهی از صادرات کشورهای عضو مجمع به صورت LNG است؛ از این‌رو، تدوین سیاستی مبتنی بر همکاری کشورهای عضو در عرصه صادرات LNG اهمیت و نقش بسزایی در قیمت گاز خواهد داشت.<sup>۲</sup> مطالعات بسیاری درباره سیاست مجمع و نقشی که این مجمع می‌تواند در بازار گاز ایفا کند، انجام شده است. نکته حائز اهمیت درباره مطالعات انجام‌شده این است که تاکنون همه مدل‌های عرضه‌شده این فرض را در مدل‌سازی خود در نظر گرفته‌اند که GECF برای تبدیل شدن به کارتل یا هر نهاد تأثیرگذار دیگری با موانع اساسی مواجه است و در نتیجه قابلیت تأثیرگذاری در قیمت گاز را حداقل در شرایط کنونی و در آینده نزدیک ندارد (برای مثال نگاه کنید به هالوچه، ۲۰۰۳). از این‌رو، این فرضیه در این مقاله نیز مبنای تحلیل‌ها قرار گرفته است که تشکیل چنین مجمعی باعث تأثیرگذاری در قیمت گاز در این بازار نخواهد شد. این کشورهای عضو فقط می‌توانند با یکدیگر در زمینه کاهش هزینه‌ها همکاری کنند. زنجیره عرضه LNG مشتمل بر چهار جزء هزینه‌ای عمده یعنی هزینه‌های اکتشاف و تولید، مایع‌سازی، حمل و نقل و گازی‌سازی مجدد است. از بین این چهار جزء هزینه‌ای امکان کاهش هزینه‌های تولید، مایع‌سازی و گازی‌سازی از طریق همکاری وجود ندارد؛ یگانه جزء هزینه‌ای که امکان کاهش آن از طریق همکاری بین کشورهای عضو مجمع وجود دارد هزینه‌های ترانزیت و حمل و نقل گاز است (در حدود ۳۵ درصد از کل هزینه‌های صادرات LNG هزینه ترانزیت است). در نتیجه، هدف از این مقاله ارائه الگویی مبتنی بر یک بازی همکاریانه بین کشورهای عضو GECF به منظور حداقل کردن هزینه‌های صادرات LNG است. برای رسیدن به این مهم بخش‌های ذیل در مقاله در نظر گرفته شده است: در بخش دوم و پس از مقدمه، بررسی وضعیت کشورهای عضو مجمع در تجارت LNG به تفکیک برای بازارهای صادراتی مختلف بررسی شده است. بررسی هزینه‌های ترانزیت LNG بین ترمینال‌های عمده صادراتی و وارداتی موضوع بخش سوم مقاله است. در بخش چهارم، مباحث مربوط به تئوری بازی‌ها ارائه شده است و مدل مد نظر برای همکاری بین کشورها تدوین شده است. در بخش پنجم، مدل کاربردی و نتایج تدوین

۱. برای مثال قیمت LNG در هنری هاب، هاب گازی امریکا طی دو ماهه نخست سال ۲۰۱۲ به کمتر از ۳ دلار به ازای هر میلیون بی‌تی‌یو (Mbtu) رسیده است.

۲. بر اساس گزارش سال ۲۰۱۰ بی‌پی، در حدود ۳۷ درصد از کل صادرات مجمع به صورت LNG است.

بازی همکارانه بین کشورهای عضو GECF ارائه شده است؛ در نهایت جمع‌بندی و نتیجه‌گیری موضوع در بخش ششم مقاله آمده است.

## ۲. زنجیره ارزش LNG

LNG از اکتشاف و تولید گاز تا رسیدن به مقصد نهایی خود فرایندی را طی می‌کند که به آن زنجیره ارزش LNG<sup>۱</sup> گفته می‌شود. مهم‌ترین مراحل تشکیل‌دهنده زنجیره ارزش LNG عبارت است از نخست، اکتشاف و استخراج گاز<sup>۲</sup>، یافتن گاز طبیعی در لایه‌های زیرین زمین و تولید گاز برای تحویل آن به مصرف‌کنندگان؛ معمولاً گاز طبیعی در دنیا در حین جست‌وجو برای اکتشاف نفت یافت می‌شود؛ دوم، مایع‌سازی<sup>۳</sup>، تبدیل گاز به مایع به طوری که قابل حمل و نقل با کشتی باشد؛ سوم، حمل و نقل دریایی<sup>۴</sup>، حمل LNG با کشتی‌های مخصوص به بازارهای هدف و نهایتاً، تبدیل مجدد به گاز<sup>۵</sup>. LNG در محفظه‌های ویژه ذخیره با تبدیل به گاز، طی فرایند مخصوص، آماده انتقال به مصرف‌کنندگان نهایی (با سیستم خطوط لوله داخل کشور) می‌شود. جدول ۱ برآوردی از هزینه‌های کلی تولید هر میلیون Btu<sup>۶</sup> گاز طبیعی مایع را نشان می‌دهد:

جدول ۱. هزینه تولید هر واحد LNG (زنجیره LNG)

فرایند	دامنه هزینه (دلار به ازای هر MMBtu)
تولید گاز (بالاسری)	۰/۵ - ۰/۷۵
فرآوری و مایع‌سازی گاز	۱/۳ - ۱/۸
حمل با کشتی (۱۰۰۰ تا ۸۰۰۰ کیلومتر)	۰/۴
هزینه LNG تحویلی	۲/۲ - ۳/۵۵
ذخیره‌سازی و تبدیل مجدد ال‌ان‌جی به گاز	۱ - ۱/۵۰
کل هزینه	۳/۲۰ - ۵/۰۵

گفتنی است که، برخلاف نفت خام، بخش مربوط به حمل و نقل در طرح‌های صادرات گاز طبیعی از طریق خط لوله ۷ برابر نفت خام و هزینه حمل آن با شناورهای گاز طبیعی مایع تا ۲۰ برابر حمل نفت با تانکرهای دریایی است. در شرایطی که هزینه

1. LNG Value Chain  
 2. Exploration  
 3. Liquefaction  
 4. Shipping  
 5. Storage and Regasification  
 6. British Thermal Unit

انتقال نفت از طریق دریا کمتر از ۱۰ درصد مجموع هزینه‌های تمام‌شده را در نقطه تحویل تشکیل می‌دهد، برای گاز طبیعی به خصوص در فواصل طولانی ممکن است هزینه حمل به تنهایی تا ۴۰ درصد مجموع هزینه‌ها برسد؛ از طرف دیگر، هزینه مایع کردن گاز در صادرات گاز طبیعی مایع یکی از هزینه‌هایی است که در صادرات نفت وجود ندارد.

سه جزء عمده در هزینه نهایی گاز مایع نقش دارند: ۵۰ - ۶۰ درصد پروسه استحصال گاز طبیعی مایع، ۲۵ - ۳۰ درصد انتقال به وسیله کشتی‌های حمل گاز طبیعی مایع و حدود ۱۵ درصد برای تبدیل مجدد گاز.<sup>۱</sup> هزینه انتقال یک تانکر گاز طبیعی مایع برای یک مسافت معین در درجه اول به هزینه سرمایه‌گذاری کشتی (حدود ۵۰ - ۷۰ درصد کل هزینه) و در مرحله بعد به هزینه عملیاتی کشتی (۳۰ - ۳۵ درصد) بستگی دارد؛ بقیه به هزینه‌های بندرداری یا حق عبور مجاز مربوط می‌شود.

### ۳. هزینه ترانزیت LNG

همان طور که در بخش‌های قبل اشاره شد، هدف از این مقاله ارائه مدلی مبتنی بر یک بازی همکاری با هدف حداقل‌سازی هزینه‌های ترانزیت LNG صادراتی کشورهای عضو مجمع است. از این رو می‌بایست نخست، هزینه ترانزیت LNG بین بازارها و ترمینال‌های مختلف محاسبه شود. متأسفانه در این باره هیچ اطلاعات دقیقی در دسترس نیست. از این رو در این مطالعه هزینه ترانزیت LNG به صورت تقریبی و با آمارهای موجود محاسبه شده است. هزینه ترانزیت LNG از برخی کشورها به ترمینال‌های وارداتی کشور آمریکا در جدول ۲ ارائه شده است که این ارقام مبنایی برای محاسبه هزینه ترانزیت LNG برای سایر مسیرهاست. هزینه‌های ارائه شده در جدول ۲ هزینه ترانزیت یک میلیون بی‌تی‌یو LNG، بر حسب دلار برای یک کشتی حامل LNG با تانکری به ظرفیت ۱۳۸۰۰۰ متر مکعب و با نرخ ۶۵۰۰۰ دلار به ازای هر روز است.

با در نظر گرفتن فاصله بین کشورها و ترمینال‌های مختلف می‌توان گفت هزینه ترانزیت هر میلیون بی‌تی‌یو LNG برای یک تانکر حمل LNG به ازای هر میلیون بی‌تی‌یو تقریباً بین ۱۲ - ۲۰ سنت برای هزار مایل است.<sup>۲</sup>

۱. ربیع گیلانی، مریم، "بررسی نقش رقابتی ایران در بازار LNG تا سال ۲۰۲۰"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، صص ۱۸ - ۲۰، ۱۳۸۲

۲. طبق محاسبات نویسندگان، فاصله بین کشور ترینیداد و توباگو و ترمینال‌های Everett و Elba Island، به ترتیب ۲۰۳۲ مایل و ۱۶۹۰ مایل است. همچنین، فاصله بین نیجریه و Cove Point، نروژ و Cove point و قطر تا Elba Island به ترتیب ۵۲۵۶، ۳۹۷۵ و ۸۷۱۶ مایل است.

جدول ۲. هزینه ترانزیت LNG از کشورهای مختلف به ترمینال‌های امریکا

صادرکننده	Everett	Cove Point	Elba Island	Lake Charles
الجزایر	۰/۵۲	۰/۵۷	۰/۶۰	۰/۷۲
نیجریه	۰/۸۰	۰/۸۳	۰/۸۴	۰/۹۳
نروژ	۰/۵۶	۰/۶۱	۰/۶۴	۰/۷۷
ونزوئلا	۰/۳۴	۰/۳۳	۰/۳۰	۰/۳۵
ترینیدادوتوباگو	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۲	۰/۳۸
قطر	۱/۳۷	۱/۴۳	۱/۴۶	۱/۵۸
استرالیا	۱/۷۶	۱/۸۲	۱/۸۴	۱/۸۴

Source: The Global Liquefied Natural Gas Market: Status and Outlook, Report #:DOE/EIA-0637, Release Date: December 2003, EIA, US energy Information Administration, Based on: LNG shipping Solutions Data.

#### ۴. بررسی سبب تجارت LNG

در این بخش و پیش از تدوین مدل، وضعیت تجارت LNG کشورهای عضو مجمع به تفکیک بازارها (کشورهای واردکننده) بررسی شده است. با توجه به نتایج بررسی‌ها در جدول ۱، می‌توان به نکات ذیل در مورد سبب تجارت LNG کشورهای عضو اشاره کرد. نخست، از بین یازده کشور عضو مجمع فقط سه کشور (ایران، بولیوی و ونزوئلا) صادرات LNG ندارند، ولی سایر کشورهای عضو همگی صادرکننده LNG هستند؛ دوم، کشورهای قطر، نیجریه و ترینیدادوتوباگو به ترتیب سه کشور بزرگ صادرکننده LNG عضو مجمع‌اند و حجم صادرات LNG کشور لیبی ناچیز است؛ سوم، در مجموع ۲۳ کشور جهان از کشورهای عضو مجمع LNG وارد می‌کنند. به لحاظ تنوع و تعداد بازارهای وارداتی، کشورهای ترینیدادوتوباگو و قطر به ترتیب در رتبه‌های اول و دوم قرار دارند. کشور ترینیدادوتوباگو به ۲۱ کشور و کشور قطر به ۱۹ کشور LNG صادر می‌کنند. از سوی دیگر، لیبی فقط به یک کشور صادرات LNG دارد. این در حالی است که برای مثال حجم صادرات ترینیدادوتوباگو نسبت به تعداد بازارهای صادراتی این کشور ناچیز است. اطلاعات بیشتر درباره جریان تجارت کشورهای عضو، حجم صادرات و تعداد مسیرهای صادراتی این کشورها در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳. جریان تجارت LNG از کشورهای عضو GECF (میلیارد متر مکعب)

کشور واردکننده	ترینیدادو توباگو	روسیه	الجزایر	مصر	گینه استوایی	لیبی	نیجریه	قطر
امریکا	۵/۳۸	--	--	۲/۰۷	--	--	۱/۱۸	۱/۲۹
کانادا	۱/۵۹	--	--	--	--	--	--	۰/۲۵
مکزیک	--	--	--	۰/۱۶	--	--	۲/۲۳	۱/۰۲
آرژانتین	۱/۶۳	--	--	--	--	--	--	۰/۱۵
برزیل	۰/۸۵	--	--	--	۰/۰۸	--	۰/۸۹	۰/۵۹
شیلی	۰/۵۲	--	۰/۱۷	۰/۵۵	۱/۵۰	--	--	۰/۲۵
دومینکن	۰/۸۲	--	--	--	--	--	--	--
پورتوریکو	۰/۷۷	--	--	--	--	--	--	--
بلژیک	۰/۰۸	--	--	۰/۱۷	--	--	۰/۱۶	۵/۸۰
فرانسه	۰/۳۵	--	۶/۲۷	۰/۷۳	--	--	۳/۵۷	۲/۴۳
یونان	۰/۰۸	--	۰/۹۸	۰/۰۸	۰/۰۳	--	--	--
ایتالیا	۰/۳۲	--	۲۷/۵۶*	۰/۷۲	۰/۰۹	--	--	۶/۱۸
پرتغال	۰/۱۸	--	--	--	--	--	۲/۷۰	۰/۰۸
اسپانیا	۳/۳۲	--	۱۲/۰۵**	۲/۶۲	--	۰/۳۴	۷/۸۲	۵/۵۴
ترکیه	۰/۲۶	--	۳/۸۷	۰/۲۷	--	--	۱/۲۶	۱/۹۲
انگلستان	۱/۶۳	--	۱/۲۵	۰/۱۲	--	--	۰/۴۰	۱۳/۸۹
کویت	۰/۳۳	۰/۰۹	--	۰/۳۳	۰/۲۹	--	۰/۰۸	--
امارات	--	--	--	--	--	--	--	۰/۱۶
چین	۰/۰۷	۰/۵۱	--	۰/۰۸	۰/۰۸	--	۰/۱۷	۱/۶۱
هند	۰/۶۶	--	--	۰/۰۹	۰/۱۷	--	۰/۳۳	۱۰/۵۳
ژاپن	۰/۱۵	۸/۲۳	۰/۰۸	۰/۵۷	۰/۷۲	--	۰/۸۴	۱۰/۱۵
کره جنوبی	۰/۸۸	۳/۹۰	--	۰/۹۸	۱/۸۵	--	۱/۱۸	۱۰/۱۶
تایوان	۰/۵۱	۰/۶۷	--	۰/۱۷	۰/۳۵	--	۱/۰۹	۳/۷۵
مجموع صادرات	۲۰/۳۸	۱۳/۴۰	۱۹/۳۱	۹/۷۱	۵/۱۶	۰/۳۴	۲۳/۹۰	۷۵/۷۵
تعداد مسیرهای صادراتی	۲۱	۵	۸	۱۶	۱۰	۱	۱۵	۱۹

توضیحات: \* و \*\*، آمار موجود در مورد صادرات الجزایر به دو کشور ایتالیا و اسپانیا به تفکیک برای خط لوله و LNG در دسترس نیست، طبق محاسبات این مطالعه، حجم صادرات LNG الجزایر به این دو کشور در مجموع ۶/۶۹ Bcm است.

Source: Based on BP, Statistical Review, 2011.

جدول ۴. جریان صادرات LNG از کشورهای عضو GECF به مناطق مختلف جهان (میلیارد متر مکعب)

منطقه واردکننده / کشور صادرکننده	ترینیداد و توباگو	روسیه	الجزایر	مصر	گینه استوایی	لیبی	نیجریه	قطر
امریکای شمالی	۶/۳۸	--	--	۲/۲۳	--	--	۳/۴۱	۲/۵۶
امریکای جنوبی و مرکزی	۴/۵۹	--	۰/۱۷	۰/۵۵	۱/۵۸	--	۰/۸۹	۰/۹۹
اروپا و اورآسیا	۶/۲۲	--	۵۱/۹۸	۴/۷۱	۰/۱۲	۰/۳۴	۱۵/۹۱	۳۵/۸۴
افریقا	--	--	--	--	--	--	--	--
خاورمیانه	۰/۳۳	۰/۰۹	--	۰/۳۳	۰/۲۹	--	۰/۰۸	۰/۱۶
آسیا- پاسفیک	۲/۲۷	۱۳/۳۱	۰/۰۸	۱/۸۹	۳/۱۷	--	۳/۶۱	۳۶/۲۰
جمع	۲۰/۳۸	۱۳/۴۰	۱۹/۳۱	۹/۷۱	۵/۱۶	۰/۳۴	۲۳/۹۰	۷۵/۷۵

Source: Based on BP, Statistical Review, 2011.

بر این اساس با توجه به جدول ۳، تعداد ۹۵ مسیر صادراتی LNG از کشورهای مختلف عضو GECF به کشورهای واردکننده وجود دارد که کشورهای عضو می‌توانند از طریق همکاری با یکدیگر تعداد مسیرهای صادراتی و در نتیجه هزینه‌های ترانزیت LNG را کاهش دهند. به علاوه تعداد مسیرها از کشورهای عضو GECF به مناطق مختلف ۳۰ مسیر است. نکته حائز اهمیت دیگر که دلالت بر بهینه نبودن مسیرهای ترانزیت LNG دارد، صادرات LNG به بازارهای دوردست با هزینه زیاد و در نتیجه سود کم همراه خواهد بود. برای مثال با توجه به آمارهای ارائه شده در جدول ۳، ترینیداد و توباگو از امریکای شمالی LNG به کویت (کشوری در منطقه خاورمیانه) صادر می‌کند و قطر، همسایه کویت، صادرکننده LNG به امریکا و کانادا همسایگان ترینیداد و توباگو است. از این رو بازنگری در بازارهای صادراتی هدف LNG کشورهای عضو مجمع از طریق مذاکره می‌تواند به نفع همه کشورهای عضو باشد. بر این اساس، در این مقاله به دنبال بهینه کردن مسیرهای صادراتی و تعداد مسیرهای صادراتی LNG هستیم. البته بحث تعیین بهینه بازار صادراتی و وارداتی به جای منطقه‌ای به صورت کشوری نیز می‌تواند انجام شود. این نوع از برنامه‌ریزی به این علت که نمی‌توان به کشورهای صادرکننده کشور مشخصی را برای صادرات همچنین، به کشورهای واردکننده کشور مشخصی را برای واردات پیشنهاد داد کنار گذاشته شده است و



تحلیل‌ها به صورت منطقه‌ای ارائه می‌شود. همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، بازارها به سمت رقابتی شدن و تک‌محموله‌ای شدن پیش می‌روند. در نتیجه، در ساختار جدید که به سمت نظام قیمت واحد حرکت خواهد کرد کشورها به دنبال حداقل‌سازی هزینه‌ها خواهند بود. از سوی دیگر، قراردادهای (F.O.B) در حال ظهور و توسعه است؛ در نتیجه، کشورهای مصرف‌کننده علاقه‌مند خواهند بود تا گاز مورد نیاز خود را از نزدیک‌ترین بازار تهیه کنند. بدین اعتبار هم کشورهای صادرکننده به دنبال حداقل‌سازی هزینه‌اند و هم کشورهای مصرف‌کننده و واردکننده گاز.

##### ۵. دلایل بهینه‌بودن مسیرهای فعلی تبادل LNG

در این مقاله منظور از بهینه‌بودن مسیرهای صادراتی این است که در یک بازی همکاریانه هر کشور می‌بایست به نزدیک‌ترین بازار وارداتی گاز خود را صادر کند. در حالی که، در بازار گاز و در زمینه صادرات LNG چنین نیست. سه علت عمده برای صادرات گاز به بازارهای دور دست وجود دارد: نخست، رقابت بین تولیدکنندگان برای به‌دست‌آوردن سهم از بازار گاز وارداتی مناطق مختلف؛ دوم، با توجه به تعیین قیمت گاز از طریق چانه‌زنی بین صادرکنندگان و واردکنندگان ممکن است صادرکننده‌ای که در فاصله بیشتری با بازار هدف قرار دارد قیمت پایین‌تری پیشنهاد دهد. این مسئله در مدل پیشنهادی مقاله مشکلی ایجاد نخواهد کرد، زیرا به علت کیفیت مشابه LNG بر خلاف نفت خام کشورهای صادرکننده از طریق یک الگوی همکاری می‌توانند قرارداد صادراتی خود را معاوضه کنند؛ سوم، کشورهای واردکننده بعضاً استراتژی تنوع در سبب وارداتی گاز خود را دنبال می‌کنند، برای مثال ژاپن تقریباً از همه کشورهای صادرکننده LNG واردات دارد.

##### ۶. نقش عوامل سیاسی و ژئوپلتیک

نقش عوامل سیاسی و ژئوپلتیک را در بازی صادرات LNG به دو شیوه می‌توان بررسی کرد: نخست، ممکن است کشورهای عضو مجمع به علت روابط سیاسی و منافع اقتصادی چندان تمایلی به همکاری نداشته باشند. برای مثال، قطر ممکن است به علت وابستگی شدید اقتصادی - سیاسی با آمریکا مایل به تشکیل هر گونه ائتلافی در بازار گاز نباشد. به علاوه، از منظر اقتصادی و طبق الگوی پیشنهادی بازی همکاریانه نوعی تقسیم بازار بین کشورهای صادرکننده LNG در نتیجه بازی همکاریانه می‌بایست شکل گیرد. در نتیجه، ممکن است برخی از کشورهای عضو، چندان مایل به از دست‌دادن بازار خود

در برخی از مناطق و بازارها نباشند. پیش‌فرض این مقاله این است که مجمع نهادی همگرایانه است که کشورهای عضو آن همگی با هدف همکاری با یکدیگر عضو این نهاد شده‌اند؛ از این‌رو، این مسئله نمی‌تواند چندان مشکل‌ساز باشد. در نهایت، کشورهای واردکننده نیز ممکن است به علت روابط سیاسی - اقتصادی خود با کشورهای صادرکننده تغییر در قراردادهای وارداتی خود را نپذیرند. برای مثال با توجه به شواهد، کویت از ترینیداد و توباگو LNG وارد می‌کند. حال آنکه همسایه این کشور یعنی قطر صادرکننده LNG است از این‌رو، پیشنهاد شده است که کویت از قطر LNG وارد کند. واقعیات مبین آن است که کویت به سبب مسائل سیاسی و ژئوپلیتیک ترجیح می‌دهد از قطر گاز وارد نکند. این مسئله ممکن است کل مدل بازی همکارانه را تحت تأثیر قرار دهد. درباره این مسئله نیز در مقاله پیشنهاد معاوضه قراردادهای یا معاوضه محموله‌های صادراتی LNG داده شده است. این مهم با توجه به کیفیت همگن LNG می‌تواند راهگشای مشکل باشد. از این‌رو، با توجه به ویژگی‌های بازار گاز و مفروضات مقاله عوامل سیاسی و ژئوپلیتیک نمی‌تواند مانعی جدی در زمینه همکاری باشد.

#### ۷. نقش ناهمگن بودن قیمت گاز

سؤال دیگری که ممکن است درباره بازی همکارانه برای صادرات LNG پیش بیاید نحوه مدل‌سازی و همکاری کشورها با توجه به منطقه‌ای بودن بازار گاز و وجود اختلافات قیمتی است. قیمت گاز در بازارهای مختلف به علت تفاوت در مکانیسم‌های قیمت‌گذاری متفاوت است. مکانیسم‌های قیمت‌گذاری عمدتاً از طریق چانه‌زنی بین کشور صادرکننده و واردکننده تعیین می‌شوند.<sup>۱</sup> با توجه به تفاوت در قیمت گاز بازارهای مختلف، مدل‌سازی منافع و هزینه‌های مرتبط با تغییر در درآمدهای صادراتی کشورهای عضو مجمع باعث پیچیدگی مدل خواهد شد. ضمن اینکه تغییر در قراردادهای صادراتی به علت وجود قراردادهای بلندمدت ممکن نیست. از این‌رو، در این مقاله با توجه به همگن بودن کیفیت LNG فرض شده است کشورهای عضو مجمع بدون نیاز به تغییر در قراردادهای صادراتی خود فقط از طریق همکاری با یکدیگر الگوی صادرات LNG خود را تغییر دهند.

۱. از این‌رو تفاوت در قدرت چانه‌زنی بازیکنان در یک بازار خاص یا یک بازیکن (صادرکننده) در بازارهای مختلف باعث تفاوت در مکانیسم‌های قیمت‌گذاری و بالتبع قیمت گاز صادراتی می‌شود. در بازار گاز در مناطقی که بازار با مازاد تقاضا مواجه است قیمت گاز بالاتر (از قبیل بازار گاز ژاپن) و در بازارهایی که مازاد عرضه وجود دارد (بازار گاز آمریکا) قیمت گاز پایین‌تر و قدرت چانه‌زنی عرضه‌کنندگان کمتر است.

## ۸. تئوری بازی‌ها و ارائه مدل

### ۸.۱. مدل کاربردی

هدف از این مقاله ارائه مدلی برای همکاری بین کشورهای عضو GECF در زمینه صادرات LNG است. همان طور که در بخش‌های قبل اشاره شد، با توجه به پیچیدگی‌های بازار گاز و محدودیت‌های این بازار، کشورهای عضو قابلیت تبدیل شدن به نهادی قیمت‌گذار در این بازار را ندارند. از این رو، و با توجه به غیربهبوده‌بودن مسیرهای صادرات LNG، کشورهای عضو GECF فقط می‌توانند با یکدیگر در زمینه حداقل‌سازی هزینه‌های صادراتی همکاری کنند. در نتیجه در این بخش نخست، مدلی مبتنی بر یک بازی همکاریانه برای کاهش هزینه‌های ترانزیت LNG ارائه شده است سپس، منافع ناشی از بازی برای هر یک از بازیکنان (کشورهای عضو) محاسبه شده است.

در تدوین هر گونه بازی همکاریانه بین کشورهای عضو مجمع سؤالات ذیل مطرح است که با مدل‌سازی به آنها پاسخ داده می‌شود:

- میزان کل عایدی که احتمالاً نصیب کشورهای عضو GECF از محل همکاری در بازار گاز صادراتی خواهد شد، چقدر است؟

- آیا می‌توان انتظار داشت که در این مجمع به طور خود به خودی سیاست همکاری بین کشورها به نحوی شکل گیرد که دیگر نیازی به استفاده از مکانیسم توزیع مجدد منافع وجود نداشته باشد و از طریق آن بتوان یک همکاری سازگار با انگیزه اعضا ایجاد کرد؟ به عبارت دیگر، آیا کسب سود در چنین مجمعی ممکن است به سمت بهینه پارتو حرکت کند، یعنی منفعت هیچ کشوری کاسته نشود؟ اگر پاسخ خیر است، همکاری بین اعضای مجمع شکل نخواهد گرفت مگر اینکه همکاری بین کشورهای عضو همراه با انتقال پول بین بازیکنان باشد؛ به عبارت دیگر، کشورهایی که منافع بسیاری از بازی همکاریانه عاید آنها می‌شود، بخشی از منافع را به کشورهایی انتقال دهند که در نتیجه همکاری متضرر خواهند شد، اما در چنین شرایطی، آیا می‌توان مکانیسمی طراحی کرد که همه کشورهای عضو بدان پایبند باشند و به همکاری در این مجمع تشویق شوند؟

پاسخ همه این سؤالات به مفهوم بازی همکاریانه باز می‌گردد؛ به عبارت دیگر، به همه این سؤالات با استفاده از تئوری بازی‌ها پاسخ داده می‌شود که از آن برای توزیع منافع حاصل از یک بازی همکاریانه در بین بازیکنان اقتصادی استفاده می‌شود.

### ۸.۲. متغیرهای مورد استفاده در مدل

در این بخش، به منظور سهولت در مدل‌سازی، نمادهای استفاده‌شده در مدل معرفی می‌شوند. این نمادها عبارت‌اند از:

$t$ : زمان (یک سال مشخص)؛

$N_t$ : مجموعه کشورهای عضو GECF که در سال  $t$  مد نظر صادرکننده LNG هستند؛

$i$ : کشور صادرکننده LNG؛

$j$ : کشور واردکننده LNG؛

$n_t$ : تعداد کشورهای عضو GECF که صادرکننده LNG در سال  $t$  بوده‌اند؛

$d_t$ : تعداد کشورهای واردکننده LNG از کشورهای عضو GECF در سال  $t$ ؛

$q_{ij}^t$ : مقدار LNG صادرشده در سال  $t$  از کشور  $i$  به مقصد  $j$  در سال  $t$  (مقادیر قبل

از بهینه‌سازی)؛

$Q_{ij}^t$ : مقدار LNG صادرشده در سال  $t$  از کشور  $i$  به مقصد  $j$  در سال  $t$  (مقادیر پس

از بهینه‌سازی)؛

$P_{ij}^t$ : قیمت متوسط واردات LNG طی سال  $t$ . یعنی قیمتی از LNG که به

ترمینال‌های گازی‌سازی کشور واردکننده تحویل داده می‌شود؛

$C_p$ : هزینه استخراج و مایع‌سازی گاز طبیعی در کشور  $P$ ؛

$T_{pj}$ : هزینه ترانزیت حجم مشخصی از LNG از کشور  $P$  به مقصد  $j$ .

برای ساده‌سازی، مدل ارائه‌شده در حالت استاتیک و برای یک سال مشخص حل می‌شود چرا که کاربرد مدل‌های دینامیک در تئوری بازی‌ها بسیار مشکل است و نتایج نیز چندان درخور اتکا نیست. علاوه بر این، به منظور سادگی بیشتر، اندیس  $t$  و  $z$  از نمادها حذف می‌شود.

### ۸.۳. ارائه مدل

همان‌طور که در بخش قبل اشاره شد، برای مدل‌سازی تمرکز بر یک سال مشخص است به عبارتی از یک مدل ایستای یک دوره‌ای استفاده می‌شود تا یک مدل پویای بلندمدت. البته در صورتی که بین اعضا توافق صورت گیرد، همکاری صورت‌گرفته می‌تواند مبنایی برای تصمیم‌گیری اعضا طی زمان باشد. علاوه بر این، مفروضات مدل عبارت‌اند از: نخست، کشورهای صادرکننده LNG عضو مجمع کنترل کامل بر ترانزیت LNG دارند؛ دوم، طی یک دوره زمانی مشخص یک کالای همگن، LNG، از  $n$  کشور

صادرکننده به کشور واردکننده ترانزیت می‌شود؛ سوم، فاصله بین کشورهای صادرکننده عضو مجمع و مناطق واردکننده گاز و هزینه ترانزیت برای هر یک از مسیرهای موجود محاسبه و میانگین مسافت و هزینه در جداول زیر ارائه شده است. بازی مد نظر در این مقاله یک بازی همکاری بین کشورهای صادرکننده LNG عضو مجمع است؛ به نحوی که، با استفاده از آن تعداد مسیرهای صادراتی LNG همچنین، فاصله بین بازارهای مبدأ و مقصد هزینه ترانزیت حداقل می‌شود. به طور قطع امکان ایجاد هر گونه همکاری دیگر در کوتاه‌مدت و میان‌مدت بین کشورهای عضو به نحوی که همه بازیکنان به آن پایبند باشند و به نفع کشورهای مصرف‌کننده نیز باشد در چارچوب تئوریک و در عمل غیرممکن است. بر این اساس، در ادامه یک مدل برنامه‌ریزی خطی به همراه قیود آن معرفی می‌شود و با نرم‌افزار گمز<sup>۱</sup> برنامه مد نظر حل می‌شود.

هدف اساسی در این بخش، ارائه یک تابع هدف به منظور حداقل‌سازی تعداد مسیرهای صادراتی LNG همچنین، حداقل کردن فواصل ترانزیتی از کشورهای عضو مجمع به کشورهای واردکننده است؛ مدل عرضه‌شده بر این مبنا قرار دارد که هر کشور صادرکننده LNG صادراتی خود را روانه نزدیک‌ترین بازار هدف کند؛ از این‌رو، در نتیجه یک بازی همکاری بین کشورهای عضو، هزینه ترانزیت LNG صادراتی از کشورهای عضو حداقل خواهد شد. تدوین چنین بازی‌ای مواجه با مسئله‌ای اساسی است و آن این‌که عمده قراردادهای صادراتی LNG (در حدود ۳۰ درصد) قراردادهای بلندمدت‌اند در نتیجه، تغییر در بازارهای صادراتی (خروج از برخی بازارهای فعلی و ورود به بازارهای جدید) حداقل در کوتاه‌مدت و میان‌مدت با مشکلاتی مواجه خواهد بود. برای این منظور فرض زیر در عرضه مدل در نظر گرفته می‌شود:

«اگر همه کشورهای عضو مجمع به توافق بین اعضا پایبند باشند، امکان معاوضه، سواپ، در قراردادهای صادراتی وجود خواهد داشت». برای مثال، همان‌طور که اشاره شد ترینیدادوتوباگو LNG به کویت صادر می‌کند و از سوی دیگر قطر، همسایه کویت، LNG به آمریکا صادر می‌کند. در نتیجه، با توجه به ناکارایی چنین مبادله‌ای در یک بازی همکاری و به‌صرفه‌نبودن اقتصادی آن، در صورت توافق بین اعضا قطر می‌تواند گاز مورد نیاز کویت را تأمین و در ازای آن ترینیدادوتوباگو گاز صادراتی از قطر به آمریکا را تأمین کند.

با توجه به اینکه محدود کردن کشورها در ظرفیت‌های تولید، صادرات و مصرف کار مشکلی است و تقریباً امکان‌پذیر نیست، حل این مدل با دو قید اساسی مواجه است که به شرح ذیل است:

۱. مجموع صادرات هر کشور پس از بهینه‌سازی کوچک‌تر یا مساوی با مجموع صادرات همان کشور قبل از بهینه‌سازی باشد. به بیان ریاضی می‌توان گفت:

$$\forall i, \sum_{i=1}^n q_{ij} \leq \sum_{i=1}^n Q_{ij} \quad (1)$$

۲. مجموع واردات هر کشور واردکننده بعد از بهینه‌سازی کوچک‌تر یا مساوی با مجموع واردات همان کشور بعد از بهینه‌سازی باشد.

$$\forall i, \sum_{j=1}^d q_{ij} \leq \sum_{j=1}^d Q_{ij} \quad (2)$$

بر این اساس، تابع سود بازی همکارانه در صادرات LNG بین کشورهای عضو مجمع به صورت زیر است:

$$q_i = \pi_i(q_i) = \sum_{j=1}^d (P_j - C_i - T_{ij}) q_{ij} \quad (3)$$

و مسئله حداکثرسازی سود برای همه کشورهای عضو مجمع با در نظر گرفتن قیود به شرح ذیل است:

$$\text{Max} : q_i = \sum_{i=1}^n \pi_i(q_i) \quad (4)$$

Subject to:

$$\sum_{i=1}^n q_{ij} \leq \sum_{i=1}^n Q_{ij} \quad \text{و} \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

$$\sum_{j=1}^d q_{ij} \leq \sum_{j=1}^d Q_{ij} \quad \text{و} \quad (j=1, 2, \dots, d)$$

همان طور که در بخش‌های قبل اشاره شد، با توجه به مفروضات مقاله، کشورهای عضو مجمع کنترلی بر قیمت ندارند. به علاوه، فرض بر این است که هزینه‌های اکتشاف، مایع‌سازی و گازی‌سازی مجدد حداقل مقدار ممکن خود را دارند یا کشورهای عضو GECF امکان کاهش این هزینه‌ها را از طریق همکاری با یکدیگر ندارند. در نتیجه تابع

هدف مسئله فوق را می‌توان به صورت زیر بازنویسی کرد. ضمن اینکه سایر شرایط و قیود تغییری نمی‌کنند:

$$\text{Min: } \sum_{i=1}^n T_{ij} Q_i \quad (5)$$

از این‌رو، مسئله حداکثرسازی سود به مسئله حداقل‌سازی هزینه تغییر کرد. در نتیجه به بیان ثنوریک، هدف حداقل‌سازی مسیره‌های ترانزیت همچنین، فاصله بین کشورهای صادرکننده LNG عضو مجمع و بازارهای وارداتی است. از آنجا که نمی‌توان به کشورهای صادرکننده عضو، یک کشور خاص برای صادرات معرفی کرد و فقط می‌توان یک بازار معرفی کرد<sup>۱</sup>، در نتیجه، مسافت و هزینه ترانزیت گاز بین تک‌تک کشورها بررسی نمی‌شود؛ از این‌رو،  $Q$ ها مقادیر صادراتی از یک کشور به یک بازار است.

#### ۹. تابع مشخصه و ائتلافات بهینه

تابع مشخصه در یک بازی همکاریانه نشان‌دهنده منافع بازی به ازای ترکیبات (ائتلافات) مختلف بازیکنان بازی است و به کمک آن می‌توان ائتلاف بهینه (ترکیبی از بازیکنان که به ازای آن منافع بازی همکاریانه حداکثر می‌شود) را در بازی تعیین کرد. تابع مشخصه  $(N, v)$  است که در آن  $N = \{1, 2, \dots, n\}$  مجموعه متناهی از بازیکنان و  $v(S)$  تابع مشخصه  $(v: 2^N \rightarrow \mathbb{R})$  این بازی است که نشان‌دهنده مقادیر حقیقی است که به ازای هر زیرمجموعه از بازیکنان حاصل می‌شود؛ به طوری که،  $v(\emptyset) = 0$ . با هر زیرمجموعه  $S$ ، از  $N$  ارتباط دارد. مقادیر  $v(S)$  تابعی از نحوه شرکت بازیکنان در به‌دست‌آوردن سود بیشتر است. به عبارت دیگر،  $v(S)$  بالاترین سودی است که می‌تواند در نتیجه همکاری بین بازیکنان به دست بیاید. برای هر یک از ائتلافات بالقوه، سهم سود هر یک از بازیکنان از بازی همکاریانه با روش‌های مختلف تعیین می‌شود که در بخش بعدی به آن پرداخته شده است.<sup>۲</sup> پیش‌فرضی که در این مقاله برای همکاری بین اعضا در نظر گرفته شده است این است که منافع بازی همکاریانه بیشتر از مجموع منافع بازیکنان در بازی غیرهمکاریانه است. به عبارت دیگر، و به زبان ریاضیات در این مقاله از ویژگی فوق‌العاده

۱. این فرض به این علت در مدل در نظر گرفته شده است که ممکن است برخی کشورها، به علت روابط اقتصادی-سیاسی خود با کشورهای واردکننده، امکان همکاری تجاری نداشته باشند که چنین محدودیتی در مورد منطقه‌ای تجاری وجود ندارد.

۲. برای مطالعه بیشتر در این مورد نگاه کنید به (Caulier 2009).

جمع‌پذیری<sup>۱</sup> برای تابع مشخصه استفاده می‌کنیم. یک تابع فوق‌العاده جمع‌پذیر است، فقط و فقط اگر:

$$v(S)+v(T) \leq v(S \cup T) \quad (۶)$$

به ازای هر  $S \subset N$  و هر  $T \subset N$  و  $S \cap T = \emptyset$ . با در نظر گرفتن هر ائتلاف بالقوه‌ای بین بازیکنان  $S_1, S_2, \dots, S_k$  که ائتلاف همه آنها  $N$  می‌شود، خواهیم داشت:

$$\sum_{k=1}^K v(S_k) \leq v(N) \quad (۷)$$

شرط فوق‌العاده جمع‌پذیری به این مفهوم است که پیامد ائتلاف همه بازیکنان یا همه ائتلافات ممکن بیشتر از مجموع پیامدهای ائتلافات بالقوه یا مجموع پیامدهای بازیکنان در نتیجه بازی غیرهمکارانه است. از این رو، با این فرض در مقاله، به دنبال نشان دادن این موضوع هستیم که ائتلاف بهینه بازیکنان ائتلافی است که در آن همه بازیکنان با یکدیگر همکاری کنند.

#### ۱۰. مکانیسم تقسیم منافع بازی

بازی استراتژیک یا بازی به شکل طبیعی یکی از انواع بازی‌هاست که در آن هر بازیکن حرکتی را برای بازی خود انتخاب می‌کند و تصمیمات به صورت همزمان گرفته می‌شود. بازیکنان علاوه بر حرکت‌های خود به تصمیمات دیگر بازیکنان نیز توجه دارند. بنابراین، در این نوع بازی‌ها تلاش همه بازیکنان در انتخاب بهترین استراتژی است. این بازی‌ها به دو دسته، بازی‌های دو نفره و چند نفره، تقسیم می‌شوند. تمایز این طبقه‌ها در چگونگی شکل‌دهی ارتباط بین بازیکنان است. در بازی‌های چند نفره ممکن است هر یک از بازیکنان با یکدیگر به رقابت بپردازند، این نوع بازی‌ها یا مبتنی بر همکاری نکردن است یا مبتنی بر مشارکت با یکدیگر در حل یک مشکل (بازی‌های مبتنی بر همکاری). بازی‌های مبتنی بر همکاری به دو دسته ائتلاف ضروری و غیرضروری تقسیم می‌شوند. در بازی‌های ائتلاف ضروری، مدل‌هایی برای تعیین پاداش هر یک از اعضای ائتلاف مطرح می‌شود. مکانیسم‌های بسیاری درباره نحوه تعیین سهم هر یک از بازیکنان وجود دارد؛ به عبارت دیگر، در مطالعات مختلفی سعی شده است که مکانیسمی برای تقسیم منافع ناشی از بازی همکارانه ارائه شود. این مکانیسم‌ها به اجمال در ادامه بررسی شده است:

1 . Supper Additivity



۱. سهم برابر برای کشورهای عضو از کل سود ناشی از بازی؛
  ۲. سهم هر یک از کشورها از مجموع سود قبل از همکاری. در واقع قبل از شکل‌گیری هر گونه همکاری بین بازیکنان، هر بازیکن سودی در بازار داشته است که سهم این سود از مجموع سود همه بازیکنان در نتیجه استراتژی غیرهمکارانه می‌تواند به‌منزله مبنایی برای تعیین سهم بازیکنان از سود ناشی از بازی همکاری تعیین شود؛
  ۳. سهم هر کشور معادل با سهم آن از کل صادرات LNG مجمع باشد؛
  ۴. سهم هر کشور معادل با سود نهایی‌ای باشد که با عضویت آن کشور در مجمع به تابع سود کل افزوده می‌شود (مقدار شیپلی). مقدار شیپلی راه‌حلی برای بازی‌های TU-game است؛ این روش یکی از بهترین و متداول‌ترین راه‌حل‌ها در این بازی‌هاست. در این راه‌حل، به هر بازیکن، در همه حالت‌های ممکن (جابه‌جایی بازیکنان)، متوسط سود حاشیه‌ای مختص خودش داده می‌شود.
  ۵. روش‌های دیگری نیز از جمله نوکلئولوس<sup>۱</sup> و روش اجتناب از ریسک<sup>۲</sup> وجود دارند که در این مقاله به آنها پرداخته نمی‌شود.
- از میان روش‌های مختلف، در این مقاله، برای تعیین سهم هر یک از بازیکنان از روش سوم استفاده می‌شود. به عبارت دیگر، سهم بیشتر در صادرات LNG سهم بیشتری از سود را در پی خواهد داشت.

## ۱۱. داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز

همان‌طور که از معادلات بخش قبل برمی‌آید، برای مدل‌سازی نیاز به آمارها و اطلاعات زیر داریم:

- ۱- میزان صادرات هر کشور عضو مجمع به کشورها و مناطق مختلف جهان؛
  - ۲- هزینه ترانزیت هر میلیون بی‌تی‌یو LNG با کشتی (هزینه‌ها در این مطالعه همان‌طور که در بخش‌های پیش به آن اشاره شد بر حسب دلار به ازای هر میلیون بی‌تی‌یو و به ازای هر هزار مایل محاسبه شده است)؛
  - ۳- سایر هزینه‌ها با توجه به مفروضات مدل ثابت در نظر گرفته شده است.
- بر این اساس با توجه به آمار و ارقام ارائه‌شده در بخش‌های قبل، کل اطلاعات مورد نیاز برای حل مدل در دسترس است.

### ۱۲. فاصله بین کشورهای صادرکننده LNG عضو مجمع و بازارهای مصرفی

زنجیره صادرات LNG مشتمل بر سه هزینه عمده پس از اکتشاف و استخراج گاز، شامل هزینه‌های مایع‌سازی، هزینه‌های ترانزیت و هزینه‌های گازی‌سازی مجدد<sup>۱</sup> است. یکی از چهار هزینه عمده در صادرات LNG عبارت است از هزینه ترانزیت LNG بین بازارهای صادراتی و وارداتی (در حدود ۲۵ - ۳۰ درصد از هزینه کل). بالتبع این هزینه با افزایش فاصله بین کشورها افزایش می‌یابد. در نتیجه، اطلاع از فاصله بین کشورها و مناطق مصرفی می‌تواند مبنای مناسبی برای کشورهای عضو مجمع در تعیین بازارهای صادراتی هدف باشد. بر این اساس، پس از محاسبه فاصله بین هر یک از کشورهای صادرکننده عضو مجمع با کشورهای واردکننده، میانگین فاصله هر یک از کشورها تا بازارهای مصرفی در مناطق مختلف محاسبه شده است. آمارهای تفصیلی در این زمینه در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵. فاصله بین کشورهای عضو GECF و بازارهای وارداتی LNG

کشور صادرکننده	کشور واردکننده	فاصله دریایی (مایل)			کشور صادرکننده	کشور واردکننده	فاصله دریایی (مایل)		
		حداقل	حداکثر	میانگین			حداقل	حداکثر	میانگین
الجزایر	اسپانیا	۱۱۳	۱۶۷۵	۵۸۹	۱۲	۱۶	۱۰۳۹	۱۲۳۳	۵۸۱
	ایتالیا	۴۵۶	۶۸۴	۵۳۳	۳	۴	۱۵۸۱	۲۲۴۴	۱۴۱۰
	هند	۴۴۲۱	۴۴۲۱	۴۴۲۱	۱	۳	۱۶۳۰	۱۷۶۳	۱۳۶۳
	فرانسه	۵۲۰	۱۲۶۰	۷۷۰	۳	۱	۳۳۵۶	۳۳۵۶	۳۳۵۶
	ترکیه	۱۵۰۰	۱۵۰۰	۱۵۰۰	۱	۱	۱۹۶۷	۱۹۶۷	۱۹۶۷
	یونان	۱۲۷۰	۱۲۷۰	۱۲۷۰	۱	۶	۵۱۶۵	۵۹۲۵	۴۷۱۰
	هلند	۱۷۱۴	۱۷۱۴	۱۷۱۴	۱	۱۰	۶۴۵۸	۶۵۷۶	۶۱۷۰
	پرتغال	۵۶۸	۵۶۸	۵۶۸	۱	۴	۵۶۸۶	۵۹۳۵	۵۰۹۸
	ژاپن	۹۴۹۱	۹۴۹۱	۹۴۹۱	۱	۳	۶۴۲۹	۶۴۲۸	۶۱۳۷
	اسپانیا	۱۵۵۴	۲۵۸۰	۱۸۷۳	۱	۳	۶۰۰۶	۶۱۵۶	۵۷۰۶
مصر	هند	۳۱۴۲	۳۱۵۳	۳۱۴۷	۲	۳	۹۴۴۵	۹۷۹۶	۸۷۱۶
	چین	۶۵۵۶	۶۵۵۶	۶۵۵۶	۳	۱	۳۷۲۲	۳۷۲۲	۳۷۲۲
	انگلستان	۳۰۴۱	۳۰۴۱	۳۰۴۱	۱	۱	۹۹۲۲	۹۹۲۲	۹۹۲۲
	هلند	۳۳۴۶	۳۳۴۶	۳۳۴۶	۱	۲	۸۸۲۶	۹۰۲۳	۸۶۳۰
	روسیه	روسیه	روسیه	روسیه	روسیه	روسیه	روسیه	روسیه	روسیه

کشور صادرکننده	کشور واردکننده	فاصله دریایی (مایل)			تعداد مسیره‌های صادراتی	کشور صادرکننده	کشور واردکننده	فاصله دریایی (مایل)			تعداد مسیره‌های صادراتی		
		حداقل	حداکثر	میانگین				حداقل	حداکثر	میانگین			
کشور صادرکننده	کانادا	۸۰۰۷	۸۰۰۷	۸۰۰۷	۱	کشور صادرکننده	امریکا	۵۴۹۵	۶۶۴۰	۶۲۵۵	۴		
	هند	۱۲۳۶	۱۲۹۰	۱۲۶۳	۲		پرتغال	۲۱۸۲	۲۱۸۲	۲۱۸۲	۱		
	فرانسه	۴۶۸۴	۶۰۱۵	۵۳۴۹	۱		ترکیه	۶۰۳	۶۰۳	۶۰۳	۱		
	برزیل	۸۱۹۷	۸۶۲۱	۸۴۰۹	۲		فرانسه	۱۴۳۰	۲۷۷۱	۱۸۸۰	۳		
	تایلند	۴۳۲۶	۴۳۲۶	۴۳۲۶	۱		ژاپن	۷۶۰۷	۸۱۱۱	۷۹۱۳	۱۲		
	تایلند	۳۵۴	۳۵۴	۳۵۴	۱		آرژانتین	۷۴۹۰	۷۴۹۰	۷۴۹۰	۱		
	امارات	۲۳۱	۲۳۱	۲۳۱	۱		کره جنوبی	۷۷۶۴	۷۷۶۴	۷۷۶۴	۱		
	ایتالیا	۴۴۳۸	۴۷۷۴	۴۶۰۶	۲		یونان	۵۴۰	۵۴۰	۵۴۰	۱		
	شیلی	۱۰۰۴۰	۱۰۰۴۰	۱۰۰۴۰	۱		ایتالیا	۱۲۹۹	۱۲۹۹	۱۲۹۹	۱		
	یونان	۳۶۹۶	۳۶۹۶	۳۶۹۶	۱		تایلند	۳۴۱۴	۳۴۱۴	۳۴۱۴	۱		
	هلند	۶۵۰۹	۶۵۰۹	۶۵۰۹	۱		تایوان	۶۸۲۴	۶۸۲۴	۶۸۲۴	۱		
	پرتغال	۵۲۹۱	۵۲۹۱	۵۲۹۱	۱		شیلی	۱۰۴۹۳	۱۰۴۹۳	۱۰۴۹۳	۱		
	بلژیک	۶۲۷۷	۶۲۷۷	۶۲۷۷	۱		یونان	۵۴۰	۵۴۰	۵۴۰	۱		
	تایوان	۵۲۳۰	۵۲۳۰	۵۲۳۰	۲		چین	۹۵۱۶	۱۰۶۰۲	۱۰۰۵۲	۲		
	کشور صادرکننده	اسپانیا	۱۰۶۱	۱۴۹۶	۱۲۴۴		۳	کشور صادرکننده	ژاپن	۱۰۵۹۱	۱۰۹۵۵	۱۰۷۶۵	۵
		اسپانیا	۳۹۷۶	۳۴۱۷	۳۶۴۳		۵		کره جنوبی	۱۰۵۷۸	۱۰۶۵۱	۱۰۶۲۰	۳
		امریکا	۱۶۹۰	۲۲۴۷	۲۰۹۵		۷		تایوان	۹۶۵۷	۹۶۵۷	۹۶۵۷	۱
		آرژانتین	۴۶۲۸	۴۹۲۰	۴۷۷۴		۲		شیلی	۶۷۵۲	۶۷۵۲	۶۷۵۲	۱
		کانادا	۲۱۵۰	۲۱۵۰	۲۱۵۰		۱		مکزیک	۶۲۱۴	۶۲۱۴	۶۲۱۴	۱
هند		۸۴۶۳	۸۴۶۳	۸۴۶۳	۱	اسپانیا	۳۳۵۹		۳۹۱۴	۳۶۸۳	۶		
چین		۱۲۴۹۷	۱۳۰۰۷	۱۲۷۴۳	۲	آرژانتین	۴۶۶۲		۴۹۹۵	۴۸۲۸	۲		
انگلستان		۳۷۳۴	۴۰۴۶	۳۸۹۹	۲	امریکا	۵۲۵۶		۵۲۵۶	۵۲۵۶	۱		
فرانسه		۱۶۱۸	۴۱۴۷	۲۸۸۲	۲	هند	۷۰۵۳		۷۱۳۶	۷۰۹۴	۲		
برزیل		۱۷۳۲	۳۲۴۵	۲۴۸۸	۲	چین	۹۳۲۸		۱۰۳۲۸	۹۵۸۶	۴		
اسپانیا		۹۲۳۰	۱۳۷۲۱	۱۱۴۷۵	۲	انگلستان	۴۲۰۶		۴۴۶۹	۴۳۳۷	۲		
کره جنوبی		۹۳۰۳	۹۶۸۵	۹۴۹۴	۲	فرانسه	۳۹۸۰		۴۰۹۱	۴۰۳۵	۲		
شیلی		۷۵۹۶	۷۵۹۶	۷۵۹۶	۱	ژاپن	۱۰۶۰۰		۱۰۷۹۰	۱۰۶۹۵	۴		
تایلند		۱۰۵۴۱	۱۰۵۴۱	۱۰۵۴۱	۱	کره جنوبی	۱۰۳۵۴		۱۰۶۵۷	۱۰۴۶۶	۳		
پورتوریکو		۵۶۰	۵۶۰	۵۶۰	۱	تایلند	۸۷۰۸		۸۷۰۸	۸۷۰۸	۱		
جمهوری دومینیک		۶۷۹	۶۷۹	۶۷۹	۱	ترکیه	۵۰۵۹		۵۰۵۹	۵۰۵۹	۱		

تعداد مسیره‌های صادراتی	فاصله دریایی (مایل)			کشور واردکننده	کشور صادرکننده	تعداد مسیره‌های صادراتی	فاصله دریایی (مایل)			کشور واردکننده	کشور صادرکننده
	میانگین	حداکثر	حداقل				میانگین	حداکثر	حداقل		
۱	۷۰۵۱	۷۰۵۱	۷۰۵۱	شیلی	کشور صادرکننده	۱	۷۵۸۸	۷۵۸۸	۷۵۸۸	تایلند	کشور صادرکننده
۱	۴۹۶۵	۴۹۶۵	۴۹۶۵	یونان		۱	۷۲۰۹	۷۲۰۹	۷۲۰۹	امارات	
۱	۴۱۰۲	۴۱۰۲	۴۱۰۲	هلند		۱	۲۸۱۱	۲۸۱۱	۲۸۱۱	برزیل	
۱	۵۱۸۰	۵۱۸۰	۵۱۸۰	ایتالیا		۱	۴۸۹۹	۴۸۹۹	۴۸۹۹	یونان	
۱	۱۰۱۷۴	۱۰۱۷۴	۱۰۱۷۴	تایوان		۱	۴۴۹۳	۴۴۹۳	۴۴۹۳	هلند	
۱	۳۹۸۵	۳۹۸۵	۳۹۸۵	بلژیک		۱	۳۴۱۷	۳۴۱۷	۳۴۱۷	پرتغال	
						۱	۹۴۴۰	۹۴۴۰	۹۴۴۰	تایوان	
						۱	۴۴۲۴	۴۴۲۴	۴۴۲۴	بلژیک	

Source: Based on "The LNG Industry", International Group of Liquefied Natural Gas Importers (GIIGNL, 2011).

در جدول فوق، فاصله تقریبی بین کشورهای عضو GECF و صادرکننده LNG تا بازارهای مختلف ارائه شده است. از بین مناطق شش‌گانه جهان، حجم واردات LNG در قاره آفریقا صفر است. به علاوه بعید به نظر می‌رسد این منطقه در آینده تبدیل به واردکننده LNG شود. از این‌رو، فاصله کشورهای مختلف به این منطقه محاسبه نشده است.

جدول ۶. فاصله بین کشورهای صادرکننده LNG عضو مجمع و بازارهای مصرفی در مناطق مختلف جهان

آسیا- پاسفیک	خاورمیانه	اروپا- اورآسیا	امریکای جنوبی و مرکزی	امریکای شمالی	
۱۰۹۶۵	۸۶۱۰	۴۱۶۶	۲۵۳۵	۲۳۷۱	ترینیداد و توباگو
۵۱۳۷	۳۳۹	۴۹۸۹	۸۸۷۵	۹۱۷۴	قطر
۷۹۳۵	۴۹۶۵	۱۰۴۵	۴۸۴۲	۴۴۰۰	الجزایر
۶۴۷۳	۳۲۰۰	۲۹۵۷	۷۶۸۸	۵۶۴۷	مصر
۹۶۰۵	۷۴۹۸	۴۳۶۰	۴۸۶۰	۵۷۳۰	گینه استوایی
۷۱۰۶	۴۰۵۳	۱۵۰۹	۶۱۳۳	۵۹۵۶	لیبی
۹۴۳۶	۷۵۳۸	۴۱۹۸	۴۷۶۷	۵۳۷۱	نیجریه
۱۱۲۹۶	۸۰۹۴	۳۱۹۹	۶۵۶۰	۶۹۰۷	روسیه

مأخذ: محاسبات نویسندگان

۱۳. محاسبه هزینه ترانزیت LNG از کشورهای عضو GECF به بازارهای مختلف در این بخش هدف محاسبه هزینه ترانزیت LNG از کشورهای عضو GECF صادرکننده LNG به بازارهای وارداتی (مناطق مختلف) است. با توجه به آمارهای ارائه شده در جداول ۲ و ۶، هزینه تقریبی ترانزیت LNG به بازارهای مختلف در جدول ۷ ارائه شده است.

با توجه به جدول ۷، حداقل هزینه ترانزیت LNG بر حسب دلار به ازای هر میلیون بی تی یو متعلق به کشور ترینیداد و توباگو برای صادرات به منطقه آمریکای شمالی و بیشترین هزینه اختصاص به کشور روسیه برای صادرات به منطقه آسیا - پاسفیک دارد. در جدول ۸ هزینه متوسط ترانزیت LNG محاسبه شده است. مبنای محاسبات در این مطالعه نیز هزینه های ارائه شده در این جدول است.

جدول ۷. حداقل و حداکثر هزینه ترانزیت LNG به بازارهای مختلف (دلار به ازای هر میلیون بی تی یو)

آسیا- پاسفیک	خاورمیانه	اروپا- اورآسیا	امریکای جنوبی و مرکزی	امریکای شمالی	
۱/۳۱ - ۲/۱۹	۱/۰۳ - ۱/۷۲	۰/۴۹ - ۰/۸۳	۰/۳۰ - ۰/۵۰	۰/۲۸ - ۰/۴۷	ترینیداد و توباگو
۰/۶۱ - ۱/۰۲	۰/۰۴ - ۰/۰۶	۰/۵۹ - ۰/۹۹	۱/۰۶ - ۱/۷۷	۱/۱ - ۱/۸۳	قطر
۰/۹۵ - ۱/۵۸	۰/۵۹ - ۰/۹۹	۰/۱۲ - ۰/۲۰	۰/۵۸ - ۰/۹۶	۰/۵۲ - ۰/۸۸	الجزایر
۰/۷۷ - ۱/۲۹	۰/۳۸ - ۰/۶۴	۰/۳۵ - ۰/۵۹	۰/۹۲ - ۱/۵۳	۰/۶۷ - ۱/۱۲	مصر
۱/۱۵ - ۱/۹۲	۰/۸۹ - ۱/۴۹	۰/۵۲ - ۰/۸۷	۰/۵۸ - ۰/۹۷	۰/۶۸ - ۱/۱۴	گینه استوایی
۰/۸۵ - ۱/۴۲	۰/۴۸ - ۰/۸۱	۰/۱۸ - ۰/۳۰	۰/۷۳ - ۱/۲۲	۰/۷۱ - ۱/۱۹	لیبی
۱/۱۳ - ۱/۸۸	۰/۹۰ - ۱/۵	۰/۵۰ - ۰/۸۳	۰/۵۷ - ۰/۹۵	۰/۶۴ - ۱/۰۷	نیجریه
۱/۳۵ - ۲/۲۵	۰/۹۷ - ۱/۶۱	۰/۳۸ - ۰/۶۳	۰/۷۸ - ۱/۳۲	۰/۸۲ - ۱/۳۸	روسیه

توضیحات: عدد سمت چپ نشان دهنده حداقل هزینه ترانزیت بر حسب نرخ ۱۲ سنت به ازای هر میلیون بی تی یو در هزار مایل و عدد سمت راست نشان دهنده حداکثر هزینه بر حسب نرخ ۲۰ سنت در همان مقیاس است. مأخذ: محاسبات تحقیق

جدول ۸. متوسط هزینه ترانزیت LNG به بازارهای مختلف (دلار به ازای هر میلیون بی تی یو)

آسیا - پاسفیک	خاورمیانه	اروپا - اورآسیا	امریکای جنوبی و مرکزی	امریکای شمالی	
۱/۷۵	۱/۳۷	۰/۶۶	۰/۴	۰/۳۷	ترینیداد و توباگو
۰/۸۱	۰/۰۵	۰/۷۹	۱/۴۱	۱/۴۶	قطر
۱/۲۶	۰/۷۹	۰/۱۶	۰/۷۷	۰/۷	الجزایر
۱/۰۳	۰/۵۱	۰/۴۷	۱/۲۲	۰/۸۹	مصر
۱/۵۳	۱/۱۹	۰/۶۹	۰/۷۷	۰/۹۱	گینه استوایی
۱/۱۳	۰/۶۴۵	۰/۲۴	۰/۹۷	۰/۹۵	لیبی
۱/۵۰	۱/۲	۰/۶۶	۰/۷۶	۰/۸۵	نیجریه
۱/۷۸	۱/۲۹	۰/۵۰	۱/۰۵	۱/۱	روسیه

مأخذ: محاسبه مجدد نتایج جدول ۷

#### ۱۴. اولویت بندی بازارهای وارداتی و کشورهای صادرکننده

با توجه به هزینه های ترانزیت محاسبه شده برای هر کشور، بازارهای مصرفی بزرگ بین کشورهای مختلف به شرح جدول ۹ اولویت بندی می شوند. با توجه به این جدول، مناسب ترین بازار وارداتی LNG (نزدیک ترین) برای مجموعه کشورهای عضو GECF بازار اروپا - اورآسیا و دورترین بازار، بازار منطقه آسیا - پاسفیک است.

در جدول ۹ کشورهای صادرکننده LNG و عضو مجمع از نظر دوری یا نزدیکی آنها به بازارهای وارداتی اولویت بندی شده اند. با توجه به این جدول، نزدیک ترین کشور صادراتی به بازارهای مناطق امریکای شمالی و امریکای جنوبی و مرکزی کشور ترینیداد و توباگو و دورترین کشور قطر است. به علاوه، نزدیک ترین کشورهای صادرکننده به مناطق اروپا - اورآسیا، خاورمیانه و آسیا - پاسفیک به ترتیب کشورهای الجزایر، قطر و روسیه اند.

جدول ۹. اولویت‌بندی مناطق واردکننده LNG برای کشورهای عضو GECF

نام کشور / اولویت	۱	۲	۳	۴	۵
ترینیداد و توباگو	امریکای شمالی	امریکای جنوبی و مرکزی	اروپا- اورآسیا	خاورمیانه	آسیا- پاسفیک
قطر	خاورمیانه	اروپا- اورآسیا	آسیا- پاسفیک	امریکای جنوبی و مرکزی	امریکای شمالی
الجزایر	اروپا- اورآسیا	امریکای شمالی	امریکای جنوبی و مرکزی	خاورمیانه	آسیا- پاسفیک
مصر	اروپا- اورآسیا	خاورمیانه	آسیا- پاسفیک	امریکای شمالی	امریکای جنوبی و مرکزی
گینه استوایی	اروپا- اورآسیا	امریکای جنوبی و مرکزی	امریکای شمالی	خاورمیانه	آسیا- پاسفیک
لیبی	اروپا- اورآسیا	خاورمیانه	امریکای شمالی	امریکای جنوبی و مرکزی	آسیا- پاسفیک
نیجریه	اروپا- اورآسیا	امریکای جنوبی و مرکزی	امریکای شمالی	خاورمیانه	آسیا- پاسفیک
روسیه	آسیا- پاسفیک	اروپا- اورآسیا	امریکای جنوبی و مرکزی	امریکای شمالی	خاورمیانه

توضیحات: عدد ۱ نشان‌دهنده نزدیک‌ترین بازار وارداتی و عدد ۵ نشان‌دهنده دورترین بازار وارداتی است. مأخذ: محاسبات تحقیق

جدول ۱۰. اولویت‌بندی کشورهای صادرکننده LNG عضو مجمع از منظر کشورهای واردکننده

	امریکای شمالی	امریکای جنوبی و مرکزی	اروپا- اورآسیا	خاورمیانه	آسیا- پاسفیک
۱	ترینیداد و توباگو	ترینیداد و توباگو	الجزایر	قطر	روسیه
۲	الجزایر	نیجریه	لیبی	مصر	قطر
۳	نیجریه	الجزایر	مصر	لیبی	مصر
۴	مصر	گینه استوایی	روسیه	الجزایر	لیبی
۵	گینه استوایی	لیبی	ترینیداد و توباگو	گینه استوایی	الجزایر
۶	لیبی	روسیه	نیجریه	نیجریه	نیجریه
۷	روسیه	مصر	گینه استوایی	روسیه	گینه استوایی
۸	قطر	قطر	قطر	ترینیداد و توباگو	ترینیداد و توباگو

توضیحات: عدد ۱ نشان‌دهنده نزدیک‌ترین کشور صادرکننده و عدد ۸ نشان‌دهنده دورترین کشور صادرکننده LNG عضو مجمع است. مأخذ: محاسبات تحقیق

## ۱۵. نتایج تحقیق

در این بخش نتایج بهینه‌سازی تعداد و مسیرهای ترانزیت LNG ارائه می‌شود. مبنای محاسبات مکانیسم برنامه‌ریزی خطی مبتنی بر حداقل‌سازی هزینه‌هاست. برای این منظور هر کشور صادرکننده LNG و عضو مجمع، برای کاهش هزینه‌های خود و مجموع هزینه‌های کشورهای عضو مجمع، نزدیک‌ترین بازار را برای صادرات انتخاب می‌کند.

جدول ۱۱. تخصیص بهینه صادرات LNG از کشورهای عضو مجمع به مناطق مختلف جهان

منطقه واردکننده/کشور صادرکننده	ترتیب داده و توپوگراف	روسیه	ایران	مصر	گینه استوایی	یمن	بنیزه	قطر	رقم
امریکای شمالی	۱۵/۱۷	---	---	---	---	---	---	---	۱۵/۱۷
امریکای جنوبی و مرکزی	۵/۲۱	---	---	---	---	---	۳/۵۶	---	۸/۷۷
اروپا و اورآسیا	---	۱۳/۴۰	۱۹/۳۱	۹/۷۱	۵/۱۶	۰/۳۴	۲۰/۳۴	۱۳/۹۵	۸۲/۲۲
خاورمیانه	---	---	---	---	---	---	---	۱/۲۸	۱/۲۸
آسیا- پاسفیک	---	---	---	---	---	---	---	۶۰/۵۲	۶۰/۵۲
جمع	۲۰/۳۸	۱۳/۴۰	۱۹/۳۱	۹/۷۱	۵/۱۶	۰/۳۴	۲۳/۹۰	۷۵/۷۵	

با توجه به جدول ۴، قبل از بهینه‌سازی، تعداد مسیرهای صادرات LNG از کشورهای عضو GECF به مناطق مختلف واردکننده ۳۰ مسیر بود. با توجه به جدول ۱۱، پس از بهینه‌یابی، تعداد مسیرها به ۱۲ مسیر کاهش یافت. به علاوه، به منظور محاسبه منافع هر بازیکن و منافع کل کشورهای عضو GECF از انجام دادن این بازی همکارانه، هزینه‌های صادرات LNG در وضعیت قبل و بعد از بهینه‌سازی مقایسه شده است (نگاه کنید به جدول ۱۲). با توجه به نتایج جدول ۱۲، مجموع هزینه‌های صادرات LNG برای کشورهای عضو مجمع پس از بهینه‌یابی مسیرهای صادرات LNG کاهش درخور ملاحظه‌ای یافته است. در نتیجه، کشورهای عضو انگیزه لازم برای همکاری با یکدیگر را دارند.



جدول ۱۲. مقایسه هزینه انتقال LNG از کشورهای صادرکننده به مناطق مختلف جهان قبل و بعد از بهینه‌یابی (ارقام به هزار دلار)

هزینه انتقال LNG از کشورهای صادرکننده به مناطق مختلف جهان قبل از بهینه‌یابی								
قطر	نیجریه	لیبی	گینه استوایی	مصر	الجزایر	روسیه	ترینیداد و توباگو	منطقه واردکننده/ کشور صادرکننده
۳۷	۱۰۲	---	---	۷۰	---	---	۹۱	امریکای شمالی
۱۴۰	۲۴	---	۴۳	۲۴	۵	---	۶۵	امریکای جنوبی و مرکزی
۲۸۰۰	۳۷۱	۳	۳	۷۸	۱۰۸	---	۱۴۵	اروپا- اورآسیا
۲	۳	---	۱۲	۶	---	۴	۱۶	خاورمیانه
۲۹۰۰	۱۹۱	---	۱۷۱	۶۹	۳	۸۳۶	۱۴۰	آسیا- پاسفیک
هزینه انتقال LNG از کشورهای صادرکننده به مناطق مختلف جهان پس از بهینه‌یابی								
---	---	---	---	---	---	---	۱۹۸	امریکای شمالی
---	۹۶	---	---	---	---	---	۷۳	امریکای جنوبی و مرکزی
۳۸۹	۴۷۵	۳	۱۲۶	۱۶۱	۱۰۹	۲۳۶	---	اروپا- اورآسیا
۲	---	---	---	---	---	---	---	خاورمیانه
۱۷۳۱	---	---	---	---	---	---	---	آسیا- پاسفیک

مأخذ: محاسبات تحقیق

به منظور محاسبه منفعت هر یک از کشورهای عضو، هزینه‌های صادرات LNG برای وضعیت موجود و سناریوی بهینه در جدول ۱۳ بررسی و مقایسه شده است. با توجه به جدول ۱۳، در نتیجه همکاری وضعیت همه کشورهای صادرکننده LNG و عضو مجمع بهتر می‌شود و تغییری در وضعیت لیبی رخ نمی‌دهد و این به معنای حرکت به سمت نقطه بهینه پارتو است.

جدول ۱۳. منفعت ناشی از بازی همکاریانه برای هر یک از کشورهای عضو (اعداد به هزار دلار)

قطر	نیجریه	لیبی	گینه استوایی	مصر	الجزایر	روسیه	ترینیداد و توباگو	کشور صادرکننده
۲۲۱۶	۶۹۰	۳	۲۲۹	۲۴۷	۱۱۶	۸۴۰	۴۵۷	جمع هزینه در بازی غیرهمکارانه
۲۱۲۳	۵۷۰	۳	۱۲۵	۱۶۱	۱۰۹	۲۳۶	۲۷۲	جمع هزینه در بازی همکاریانه
۹۳	۱۲۰	۰	۱۰۴	۸۶	۷	۶۰۴	۱۸۵	منفعت ناشی از بازی همکاریانه

مأخذ: محاسبات تحقیق

## ۱۶. نتیجه‌گیری

تأسیس مجمع کشورهای صادرکننده گاز در سال ۲۰۰۱ در تهران، بدون شک یکی از کلیدی‌ترین وقایع سال‌های اخیر در صنعت گاز است. بخش درخور توجهی از صادرات کشورهای عضو مجمع به صورت LNG است؛ از این‌رو، تدوین سیاستی مبتنی بر همکاری بین کشورهای عضو در عرصه صادرات LNG اهمیت و نقش بسزایی خواهد داشت. شواهد دلالت بر آن دارد که الگوی صادرات LNG کشورهای عضو مجمع غیربهبینه و غیراقتصادی است. از این‌رو در این مقاله نخست، به بررسی وضعیت کشورهای عضو مجمع در زمینه صادرات LNG مسیرهای صادراتی و بازارهای هدف آنها پرداخته و در ادامه یک بازی همکارانه بین کشورهای عضو مبتنی بر روش برنامه‌ریزی خطی تدوین شده است. نتایج مبین آن است که کشورهای عضو می‌توانند از طریق بازنگری در الگوی صادرات خود و جابه‌جایی در بازارهای هدف صادراتی، هزینه‌های ترانزیت LNG را تا حد درخور ملاحظه‌ای کاهش دهند. نکته حائز اهمیت در ارائه هر گونه مکانیسم همکاری این است که همه کشورهای درگیر در بازی می‌بایست انگیزه کافی برای بازی همکارانه را داشته باشند و در صورتی که منافع یک یا چند بازیکن تأمین نشود این کشورها انگیزه‌ای برای همکاری نخواهند داشت. در این مقاله و با توجه به نتایج مطالعه، همه کشورهای از بازی همکارانه منتفع شده‌اند؛ از این‌رو، همکاری لازم را برای تغییر در الگوی صادرات LNG یا به عبارتی تغییر در بازارهای هدف خواهند داشت. در صورتی که، کشورهای عضو مجمع به این چارچوب همکاری، که در نتیجه آن به نوعی تقسیم بازار بین کشورهای عضو اتفاق می‌افتد، متعهد شوند قابلیت تأثیرگذاری در بازارهای LNG را به صورت منطقه‌ای خواهند داشت. همچنین، درباره نقل و انتقال منافع بازی همکارانه پیشنهاد می‌شود که صندوقی در این مجمع تأسیس شود که منافع بازی همکارانه به این صندوق واریز شود و هر کشور بتواند به اندازه سهم خود از این صندوق برداشت کند یا برای توسعه صنعت گاز خود وام بگیرد. به علاوه، در صورت وجود مازاد در صندوق، می‌توان از وجوه آن برای کمک‌های مالی به طرح‌های توسعه صنعت گاز سایر کشورهای عضو استفاده کرد. تشکیل صندوق از این‌رو می‌تواند حائز اهمیت باشد که برخی از کشورهای عضو مجمع، از جمله ایران، برای تأمین منابع مالی ارزی با مشکل مواجه‌اند. در نهایت، باید به این نکته اشاره کرد که متأسفانه یکی از مشکلاتی که GECF همانند اوپک با آن مواجه است، نبود ضمانت اجرایی در تصمیمات جمعی و نبود مکانیسم‌ها و ابزارهای تنبیهی است. از این‌رو، امکان تخلف کشورهای عضو همچون کشورهای عضو اوپک وجود دارد. در مدل پیشنهادی،

یگانه عاملی که می‌تواند به طور ضمنی تضمین‌کننده همکاری باشد منفعت درخور توجه بازی همکاری برای بازیکنان است. در واقع هر یک از بازیکنان در صورت همکاری می‌تواند سود درخور ملاحظه‌ای به دست آورند که در صورت پایبندنبودن به استراتژی همکاری منفعت بالقوه از دست خواهد رفت.

### منابع

۱. ربیع گیلانی، مریم (۱۳۸۲). بررسی نقش رقبای ایران در بازار LNG تا سال ۲۰۲۰. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران. چاپ نشده.
۲. رحیمی، غلامعلی (۱۳۸۶). نگاهی به صنعت LNG در جهان (چاپ اول). تهران: انتشارات مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی.
۳. عبدلی، قهرمان (۱۳۸۶). نظریه بازی‌ها و کاربردهای آن (چاپ اول). تهران: انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران.
۴. فلاحی، محمد علی، دهنوی، جلال و طاهری‌فرد، علی (۱۳۹۱). آیا مجمع کشورهای صادرکننده گاز یک کارتل است؟. تهران: فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، شماره ۳۴، ۲۵-۴۸.
5. BP Statistical Review of World Energy. (2012).
6. Brito, D. L., & Hartley, P.R. (2007). Expectations and the evolving world gas market. *Energy Journal*, 28 (1), 1-24.
7. Caulier, J. (2009). A note on the monotonicity and superadditivity of TU cooperative games, Jean-François Caulier Facultés Universitaires Saint-Louis 43 Bd du jardin Botanique, 1000 Bruxelles, Belgium.
8. Gibbons, R. (1992). *Game Theory for Applied Economists*. Princeton University Press, Princeton.
9. Henderson, J. (2011). The Pricing Debate over Russian Gas Exports to China. *Oxford Energy Studies review (OIES)*.
10. The LNG Industry, International Group of Liquefied Natural Gas Importers (GIIGNL, 2011).
11. Jensen, J.T. (2003). The LNG revolution. *Energy Journal*, 24 (2), 14-58.
12. Jensen, J.T. (2004). The Development of a Global LNG Market. Is it Likely? If so When?, Oxford Institute for Energy Studies, London.
13. Kanai, M. (2011). Decoupling the Oil and Gas Prices Natural Gas Pricing in the Post-Financial Crisis Market, *Gouvernance européenne et géopolitique de l'énergie*.
14. Knut Einar, R., & Sagen, E. L. (2007). The Global Natural Gas Market. Will transport cost reductions lead to lower prices? *Energy Journal*, 30, 17-40.

15. Moulin, H. (1991). Axioms of Cooperative Decision Making: Monograph of the Econometric Society. Cambridge University Press, Cambridge.
16. The Global Liquefied Natural Gas Market: Status and Outlook. (2003). EIA, US energy Information Administration.
17. Rosendahl.K., & Sagen, E. L., (2007). The Global Natural Gas Market Will transport cost reductions lead to lower prices? Statistics Norway, Research Department, Discussion Papers, 523.
18. Schmeidler, D. (1969). The nucleolus of a characteristic function game. SIAM Journal on applied mathematics, 17, 1163–1170.
19. Shapley, L.S. (1953). A Value for n-Person Games. In: Kuhn, H.W., Tucker, A.W. (Eds.), (1953). Contributions to the Theory of Games, n. II, Annals of Math. Studies, Princeton University Press, 28, 307–317.
20. Tijs, S.H., & Driessen, T.S.H. (1986). Game theory and cost allocation problems. Management Science, 32 ,8 , 1015–1028.

