

همکاری اعضای منتخب مجمع کشورهای صادرکننده گاز در صادرات LNG رویکرد نظریه بازی‌های همکارانه

عاطفه تکلیف*

استادیار دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی at.taklif@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۰/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۷/۰۸

چکیده

پیشرفت‌های اخیر در تولید و انتقال LNG این امکان را فراهم ساخته است که صادرات گاز طبیعی به صورت LNG از اهمیت بسزایی در تجارت جهانی گاز در آینده برخوردار باشد. در این مقاله، با بررسی ساختار هزینه حمل LNG و الگوی جغرافیایی تجارت جهانی آن، ماتریس هزینه حمل LNG از کشورهای منتخب صادرکننده عضو مجمع به کشورهای منتخب واردکننده LNG مدون شده است. به کمک این ماتریس، همکاری کشورهای منتخب عضو مجمع در صادرات LNG با رویکرد بازی‌های همکارانه به عنوان یک مطالعه موردی بررسی و، ضمن بیان ائتلاف‌های ممکن، توابع مشخصه و صرفه جویی‌های حاصل از ائتلاف محاسبه شده است. تخصیص عقلایی پایدار بر مبنای هسته بازی و تخصیص مازاد صرفه جویی بر اساس ارزش‌های شیلی برای عمومی‌ترین ائتلاف ممکن بین کشورهای منتخب نیز محاسبه شده است. این پژوهش را می‌توان نخستین کوششی دانست که در آن، با استفاده از آمارهای واقعی، همکاری کشورهای منتخب مجمع در تجارت LNG با رویکرد نظریه بازی‌های همکارانه بررسی شده است، از این رو، می‌توان از آن برای توصیه‌های سیاستی استفاده نمود.

طبقه‌بندی JEL: Q39، Q49، Q49، C71

واژه‌های کلیدی: ارزش‌های شیلی، بازی‌های همکارانه، گاز طبیعی مایع‌شده (LNG)، مجمع کشورهای صادرکننده گاز طبیعی (GECF)

۱. مقدمه

به رغم کاهش عرضه مورد انتظار برای نفت خام در قرن بیست و یکم، رشد اقتصادی کشورهای در حال توسعه، به ویژه چین و هند، همچنان سبب افزایش تقاضا برای منابع هیدروکربوری در قرن حاضر است. با توجه به اینکه ظرفیت تولید انرژی‌های تجدیدپذیر همچون انرژی‌های حاصل از باد و خورشید و زمین گرمایی برای جبران کاهش انرژی‌های حاصل از نفت خام کافی نیست، همه امیدها معطوف به بهره‌برداری بیشتر از مخازن گاز طبیعی و زغال سنگ شده است. ملاحظات زیست محیطی از یک سو و بهره‌برداری بسیار طولانی از معادن موجود زغال سنگ از سوی دیگر به همراه هزینه‌های سنگین حمل و نقل و حجم بسیار کم انرژی موجود در زغال سنگ نسبت به سایر انرژی‌های فسیلی موجب شده است که امید کشورهای صنعتی و در حال توسعه به بهره‌برداری از مخازن گاز طبیعی موجود و اکتشافات آتی معطوف شود.^۱ در چنین شرایطی کشورهای پیشرفته صنعتی و کشورهای در حال توسعه نسبت به امنیت عرضه گاز طبیعی در قرن بیست و یکم بسیار نگران‌اند. این نگرانی در سیاست‌گذاران بخش انرژی در کشورهای صنعتی و در حال توسعه فقط محدود به امکان دسترسی به ذخایر شناخته‌شده گاز طبیعی نیست، بلکه مسئله بسیار جدی‌تر مشکلات مرتبط با حمل و نقل گاز طبیعی به نقاط عمده مصرف گاز، به ویژه اروپای غربی، چین، و ژاپن، است.

سطح دانش فنی موجود در حمل و نقل گاز طبیعی محدود به انتقال از طریق خط لوله و گاز طبیعی مایع شده (LNG)^۲ است.^۳ در انتقال گاز طبیعی از طریق خط لوله

۱. بر اساس چشم‌انداز انرژی بی بی (BP Energy Outlook 2035: 57)، انتظار می‌رود که گاز طبیعی سریع‌ترین رشد را در میان انرژی‌های فسیلی تا سال ۲۰۳۵ داشته باشد. به نحوی که تقاضای گاز طبیعی سالیانه به طور متوسط ۱/۹ درصد افزایش خواهد یافت. البته، پیش‌بینی شده است که ۷۸ درصد تقاضا از جانب کشورهای غیر OECD و عمدتاً از بخش‌های صنعت و نیروگاه باشد. در همین مدت، صادرات LNG سالیانه به طور متوسط ۳/۹ درصد معادل دو برابر رشد مصرف گاز طبیعی افزایش خواهد یافت و ۲۶ درصد رشد عرضه جهانی گاز در سال ۲۰۳۵ را شامل خواهد شد.

2. Liquefied Natural Gas

۳. روش‌های دیگر مایع‌سازی گاز طبیعی همچون GTL (Gas-to-Liquid) و DME (De Methyl Ether) قابلیت رقابت با LNG را ندارند، زیرا اولاً دانش فنی در تولید آن‌ها هنوز به چنان درجه‌ای از رشد نرسیده است که بتوان به تولید انبوه دست یافت؛ ثانیاً ارتقای سطح دانش فنی برای دستیابی به سطوح بالاتر تولید نیازمند سرمایه‌گذاری‌های بسیار سنگین است. یادآوری می‌شود دی‌متیل اتر یک ترکیب هیدروکربنی با فرمول شیمیایی CH_3-O-CH_3 است که می‌توان آن را از متانول به‌دست آورد. تولید متانول نیز از طریق گاز طبیعی فرایند شناخته‌شده‌ای است. DME و GTL با تغییرات شیمیایی در گاز طبیعی ایجاد می‌شوند، در حالی که LNG به واسطه فعل و انفعال فیزیکی به‌دست می‌آید (پاک‌سرشت، ۱۳۸۹).

مهم ترین عامل تأثیرگذار فاصله جغرافیایی است^۱، بنابراین، برای صادرات گاز به مقاصد نزدیک از خط لوله استفاده می شود و، در صورت وجود زیرساخت های مناسب، الگوی صادرات گاز به مناطق دورتر مبتنی بر صادرات LNG است. الگوی تجارت فعلی LNG نشان دهنده آن است که در صورت وجود بازارهای مشترک میان کشورهای صادرکننده صرفه جویی ناشی از کاهش هزینه حمل و نقل، به دلیل نزدیکی فواصل جغرافیایی، امکان پذیر است. در چنین شرایطی، طرح پیشنهاد تأسیس مجمع کشورهای صادرکننده گاز (GECF)^۲ در سال ۲۰۰۱ در تهران موجب شد که، علاوه بر مسائل مرتبط با تأمین امنیت عرضه گاز طبیعی برای کشورهای مصرف کننده، این سؤال مطرح شود که آیا همکاری اعضای این مجمع در صادرات گاز به صورت LNG، به نحوی که بتواند منافع اعضا را تأمین نماید، امکان پذیر است؟ محور اصلی این مقاله پاسخ به این سؤال با استفاده از نظریه بازی های همکارانه است.

پس از مروری بر پیشینه تحقیق در بخش دوم، به دسته بندی کشورهای عضو مجمع برای همکاری های متقابل در صادرات LNG در بخش سوم و مدل ریاضی بازی های همکارانه در بخش چهارم پرداخته شده است. در بخش پنجم، یک مطالعه موردی در خصوص ائتلاف سه عضو مجمع برای صادرات به سه کشور عمده واردکننده LNG بررسی شده است و بخش ششم به جمع بندی اختصاص دارد.

۲. پیشینه تحقیق

یکی از سؤالات کلیدی، که پس از طرح پیشنهاد تأسیس مجمع در سال ۲۰۰۱ میلادی مطرح شد، این است که آیا سیاست های مجمع عمدتاً در حول دو محور - ۱. تعیین سهم بازار؛ ۲. کنترل قیمت ها با هدف ایجاد تعادل در بازار جهانی گاز در راستای منافع مشترک تولیدکنندگان و مصرف کنندگان - متمرکز خواهد بود؟ در پاسخ به این سؤال

۱. خاطرنشان می شود که، علاوه بر لزوم سرمایه گذاری های درخور توجه از سوی چند کشور برای صادرات گاز از طریق خط لوله، مسائل مرتبط با تأمین امنیت خط لوله و مسائل سیاسی میان کشورهای در مسیر ترانزیت با کشورهای مبدأ و مقصد از دیگر چالش های مرتبط با صادرات گاز با خط لوله است. تأثیر اختلافات جاری میان روسیه و اوکراین بر امنیت عرضه انرژی به مشتریان اروپایی روسیه یکی از مصادیق این امر است.

۲. GECF: Gas Exporting Countries Forum، مجمع کشورهای صادرکننده گاز که از این صفحه به بعد با عنوان «مجمع» از آن یاد می شود.

مطالعاتی انجام شده است که عمدتاً بر قدرت بازاری مجمع به منزله یک کارتل متمرکز است. جف و سولیگو^۱ (۲۰۰۶) برای نخستین بار مدل بنگاه مسلط را برای تحلیل رفتار مجمع به کار گرفتند. در این مقاله نشان داده شده است که چگونه کشورهای مسلط، همچون روسیه، می توانند با عملکرد خود سایر تولیدکنندگان گاز را، که در فضای رقابتی عمل می کنند، تحت تأثیر قرار دهند و، بدین ترتیب، سمت و سوی حرکت این نهاد را متأثر نمایند. فرضیه دیگر این است که بتوان با تدوین استراتژی مناسبی برای همکاری بین کشورهای عضو مجمع در صادرات LNG به اهداف این نهاد رسید، بدون آنکه از ابزار افزایش قیمت و تحمیل آن به واردکنندگان LNG استفاده شود (ماسول و چونگ‌مینگ^۲، ۲۰۱۰).

واگبارا^۳ (۲۰۰۷) نقش مجمع را در چارچوب دیدگاه‌های اقتصادی، سیاسی، و در عین حال، در مقایسه با رفتار تاریخی اوپک و از منظر یک کارتل گازی بررسی کرده و نتیجه گرفته است که گزینه‌های تأثیرگذاری، نظیر قیمت، ساختار قراردادی، و سازوکارهای مالی، در اختیار این مجمع است که می تواند بر بازار گاز تأثیر بگذارد. باهگات^۴ (۲۰۰۸)، با بررسی عوامل بنیادین در شکل‌گیری و رفتار بازارهای نفت و گاز و شناسایی پارامترهایی که وجوه تمایز این دو بازار را از یکدیگر تعیین می کنند، به این نتیجه می‌رسد که این مجمع تفاوت‌های اساسی با اوپک دارد، بنابراین، حداقل در آینده نزدیک نمی‌تواند به اوپک گازی تبدیل شود. رفتار مجمع از منظر اوپک گازی در مطالعه گابریل و همکاران^۵ (۲۰۱۲) با استفاده از یک «مدل بزرگ تعادل انرژی» تحلیل و، من بررسی امکان شکل‌گیری کارتل گازی در آینده، تأثیر آن در قیمت‌گذاری گاز در نواحی مختلف ارزیابی شده است. همچنین، به این سؤال پرداخته شده که اعضای این کارتل گازی تا چه میزان می‌توانند از حضور در این کارتل سودآوری کنند. اورتونگ و اورلند^۶ (۲۰۱۱) مجمع را در چارچوب اوپک گازی بررسی و جایگاه ویژه روسیه را در این مجمع مطالعه کرده‌اند. در این مقاله، بر این نکته تأکید شده است که روسیه، با ذخایر عظیم و توانایی تولید و

-
1. A.M. Jaffe and R. Soligo
 2. O. Massol and S. Tchong-Ming
 3. Obindah N. Wagbara
 4. Gawdat Bahgat
 5. S. A. Gabriel et al.
 6. Robert W. Orttung and Indra Overland

صادرات گاز طبیعی، در موقعیتی است که می تواند از طریق هماهنگی با سایر کشورهای عضو مجمع رهبری این کارتل را برعهده بگیرد.

در مطالعات انگوال و همکاران^۱ (۱۹۹۸)، فینون^۲ (۲۰۰۷)، هولز و همکاران^۳ (۲۰۰۸)، هانتینگتون^۴ (۲۰۰۹)، نویمان^۵ (۲۰۰۹)، و روزندال و ساجن^۶ (۲۰۰۹) تمرکز تمرکز اصلی بر صادرات گاز از طریق خط لوله است. در چنین چارچوبی استفاده از نظریه بازی های همکارانه عمدتاً به این نتیجه منجر می شود که منافع برخی اعضای مجمع در آن است که با ایجاد فضای مناسب تر وارد ائتلاف نشوند.^۷

عبدلی و عمیدی (۱۳۹۱) تشکیل کارتل گازی را بر روند استخراج از منظر نظریه بازی ها بررسی نموده اند. بر اساس نتایج یک مدل بین دوره ای برای استخراج منابع پایان پذیر، قاعده استخراج خطی است؛ به گونه ای که در صورت یکسان بودن نرخ تنزیل استخراج کننده ها ضریب شیب استخراج کننده ها یکسان است. تفاوت در هزینه ها و ساختار بازار در عرض از مبدأ نمایان می شود. در این مطالعه نشان داده شده که با تغییر ساختار از رقابتی به رهبری اشتاکلبرگ میزان استخراج کاهش خواهد یافت. با رگرسیون داده های تابلویی نیز یک رابطه خطی قوی بین استخراج و ذخایر نشان داده شده است؛ به گونه ای که ضریب شیب برای کشورهایی با ذخایر بزرگ تر کمتر تخمین زده می شود.

درخشان (۱۳۹۱) به بررسی سیاست های تجاری کشورهای بزرگ صادرکننده نفت یا گاز، از جمله ایران، روسیه، و قطر، پرداخته است. بر اساس نتایج این مقاله، به رغم آمارهای خوشبینانه از توازن عرضه و تقاضای نفت و گاز متعارف در میان مدت و بلندمدت (افق زمانی ۲۰۳۵)، کشورهای مصرف کننده، به ویژه بازار مصرف رو به رشد چین، در معرض عدم امنیت عرضه انرژی در بلندمدت قرار دارند. همچنین، عدم تأثیر

1. S. Engevall, M. Göthe-Lundgren and P. Värbrand

2. D. Finon

3. F. Holz, C.V. Hirschhausen and C. Kemfert

4. H.G. Huntington

5. A. Neumann

6. K.E. Rosendahl and E. L. Sagen

۷. در این خصوص می توان به استراتژی کشورهایی چون روسیه و نروژ در نیوستن به اوپیک اشاره کرد، زیرا منافع این دو کشور بدون حضور در اوپیک بهتر تأمین می شود تا اینکه به صورت رسمی وارد اوپیک شوند (درخشان، ۱۳۸۱؛ تکلیف، ۱۳۸۹).

جدی تحریم‌های اتحادیه اروپا در صادرات نفت ایران، با توجه به رشد فزاینده تقاضای انرژی، به‌ویژه در اروپا، در بلندمدت نتیجه‌گیری شده است.

مهدوی عادل و همکاران (۱۳۹۱) صادرات گاز با خط لوله در کشورهای عضو مجمع را از منظر نظریه بازی‌ها بررسی نموده‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که، با توجه به محدودیت‌های صادرات گاز با خط لوله و ساختار بازار گاز طبیعی، کشورهای عضو می‌توانند همکاری بسیار مؤثری در زمینه ترانزیت گاز داشته باشند. در تحلیل رفتار کشورهای صادرکننده گاز از طریق نظریه بازی‌ها می‌توان به مطالعه جعفرزاده و نیسی (۱۳۹۱) اشاره کرد. در این مقاله، صادرات گاز ایران و روسیه به کشورهای هند و پاکستان در یک سناریوی فرضی و در چارچوب بازی‌های همکارانه و با استفاده از روش ماسکین^۱ بررسی شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که موقعیت بهینه برای هر دو کشور صادرکردن گاز به هند و پاکستان است.

مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد که سهم و جایگاه LNG در آینده به‌سرعت افزایش خواهد یافت^۲ و این افزایش عمدتاً ناشی از عواملی به شرح ذیل است: صرفه‌های ناشی از مقیاس در طراحی واحدهای جدید تولید LNG (ینزن^۳، ۲۰۰۳)، افزایش رقابت در بین عرضه‌کنندگان دانش فنی LNG (گریگر و ساجن^۴، ۲۰۰۸)، و کاهش هزینه حمل و نقل در قیمت تمام‌شده هر واحد تولید LNG (بریتو و هارتلی^۵، ۲۰۰۷؛ روزندال و ساجن^۶، ۲۰۰۹). همچنین، وود^۷ (۲۰۱۲)، پالتسف^۸ (۲۰۱۴)، و موریادی^۹ و همکاران (۲۰۱۴) تحولات آتی بازار LNG را به شرح ذیل بررسی نموده‌اند: وود (۲۰۱۲) به جنبه‌های

1. Erik Maskin (2003)

۲. بر اساس گزارش منتشرشده توسط بی‌پی، تجارت جهانی LNG در دهه اول قرن بیست‌ویکم به طور متوسط سالیانه حدود ۱۱٪ درصد رشد داشته است. در سال ۲۰۱۲ سهم تجارت LNG از تجارت جهانی گاز طبیعی بیش از ۳۱٪ درصد بوده است. با این حال، برای نخستین بار تجارت جهانی LNG در همین سال به میزان ۰/۹ درصد کاهش یافته است. واردات LNG اروپا معادل ۲۸/۲ درصد کاهش داشته که با رشد خالص واردات آسیا (۲۲/۸ درصد) تا حدی خنثی شده است (به سالنامه آماری بی‌پی مراجعه شود: BP Statistical Review of World Energy 2013).

3. J.T. Jensen

4. M. Greaker and E. Sagen

5. D.L. Brito and P.R. Hartley

6. K.E. Rosendahl and E.L. Sagen

7. David A. Wood

8. Sergey Paltsev

9. Seksun Moryadee et al.

جایگاه آسیا و اروپا در تجارت LNG و نقش توسعه گازهای غیرمتعارف در تحولات آتی تقاضای جهانی گاز و اکتشاف گاز در عمق دریاها، به ویژه در شرق آفریقا و شرق مدیترانه، توجه نموده است. پالتسف (۲۰۱۴) نقش روسیه به عنوان بزرگ‌ترین صادرکننده گاز تا سال ۲۰۵۰ و تأثیر آن بر تحولات آتی بازار جهانی گاز را بررسی کرده و به جایگاه ذخایر گازهای غیرمتعارف در چین و تأثیر آن در صادرات آتی روسیه به آسیا پرداخته است. موریادی و دیگران (۲۰۱۴)، با تکیه بر ذخایر قابل ملاحظه گازهای غیرمتعارف در آمریکا، امکان بالقوه صادرات LNG توسط این کشور و تأثیر آن در تجارت جهانی LNG را در چارچوب یک مدل نظریه بازی بررسی نموده‌اند.

عوامل فوق‌الذکر موجب شده است که حمل و نقل دریایی LNG به سرعت رشد کند و بازارهای بسیار دوردستی را در بازار LNG ادغام نماید. از این دیدگاه می‌توان ادعا کرد که مجمع نهادی است که با ایجاد فضای مناسب برای همکاری کشورهای عضو می‌تواند منافع تولیدکنندگان گاز طبیعی را از طریق همکاری با یکدیگر در صادرات LNG حداکثر نماید.

۳. دسته‌بندی کشورهای عضو مجمع برای همکاری‌های متقابل در صادرات LNG

با توجه به فواصل جغرافیایی، هزینه حمل، و حجم صادرات

بررسی ترکیب اعضای مجمع به منظور تحلیل نقشی که این سازمان می‌تواند در بازار گاز ایفا کند حائز اهمیت است. در حال حاضر، سیزده کشور - الجزایر، امارات، ایران، بولیوی، ترینیداد و توباگو، روسیه، عمان، قطر، گینه استوایی^۱، لیبی، مصر، نیجریه، و ونزوئلا - عضویت این مجمع را پذیرفته‌اند. این کشورها مجموعاً حدود ۶۳ درصد از ذخایر جهانی گاز را در اختیار دارند. البته، کشورهای هلند، نروژ، قزاقستان، و عراق به عنوان اعضای ناظر در این مجمع شرکت می‌کنند. از میان اعضای مجمع، ایران، به‌رغم داشتن اولین ذخایر بزرگ گاز طبیعی^۲ (۱۸ درصد از ذخایر و ۴/۸ درصد از تولید جهانی)، صادرات بسیار اندکی دارد و همچنین ونزوئلا، با ۳ درصد از ذخایر جهانی، اساساً فاقد صادرات گاز است. چنین عدم تجانسی در میان اعضا پیامدهای بسیار مهمی در تدوین استراتژی همکاری اعضای مجمع در صادرات گاز خواهد داشت.

۱. که از این صفحه به بعد با عنوان «گینه» از آن یاد می‌شود.

۲. بر اساس گزارش سالنامه آماری بی‌پی (۲۰۱۳)، ایران با ۳۳/۶ تریلیون متر مکعب ذخایر اثبات‌شده گاز طبیعی دارای مقام اول در جهان است و بعد از آن روسیه با ۳۲/۹ تریلیون متر مکعب در رتبه دوم قرار دارد.

همکاری میان کشورهای عضو مجمع در صادرات گاز طبیعی به صورت LNG را می‌توان با استفاده از هزینه حمل هر میلیون بی‌تی‌یو (Btu)^۱ LNG از ۱۰ کشور صادرکننده عضو مجمع به ۱۰ کشور اصلی واردکننده امکان‌سنجی نمود. در جدول ۱ هر ردیف به سه قسمت بدین شرح تقسیم شده است: الف) طول مسافت حمل دریایی LNG از کشور صادرکننده عضو مجمع به کشور واردکننده بر حسب مایل دریایی (nm)^۲؛ ب) هزینه حمل LNG برای هر میلیون Btu بر حسب دلار؛ ج) حجم صادرات LNG بر حسب میلیارد متر مکعب.

عملکرد واقعی اعضای مجمع به خوبی این نکته را نشان می‌دهد که اکثر صادرکنندگان LNG در مجمع بازاریابی را هدف قرار داده‌اند که حداقل هزینه حمل را داشته است، مثلاً روسیه فقط به چین، ژاپن، کره جنوبی، تایوان، و تایلند در حوزه آسیا-پاسیفیک LNG صادر می‌کند. هزینه حمل تئوریک هر میلیون Btu صادرات LNG روسیه به آمریکا یا فرانسه به ترتیب ۳/۶۱ دلار و ۲/۵۹ است، در حالی که همین رقم برای صادرات به ژاپن فقط ۰/۳۱ دلار و به چین ۰/۳۲ دلار برآورد شده است. نظر به اینکه موضوع این مقاله همکاری کشورهای عضو مجمع در صادرات LNG بر طبق الگوی واقعی تجارت فعلی است، بنابراین، هزینه‌های حمل فقط برای مسیرهایی برآورد شده که عملاً جریان صادرات و واردات برقرار است.

اکنون، با استفاده از جدول ۱، به بررسی حالات مختلف همکاری بین اعضای مجمع در صادرات LNG می‌پردازیم. نخست کشورهای صادرکننده LNG را به سه گروه به شرح ذیل دسته‌بندی می‌کنیم:

- صادرکنندگان شمال و غرب افریقا: لیبی، مصر، الجزایر، نیجریه، و گینه؛
 - صادرکنندگان حوزه خلیج فارس و روسیه: قطر، امارات، عمان، و روسیه؛
 - صادرکنندگان آمریکای جنوبی: ترینیداد و توباگو.
- بازارهای بزرگ نیز به شرح ذیل طبقه‌بندی می‌شوند:
- واردکنندگان آسیا-پاسیفیک: هند، چین، تایوان، کره جنوبی، و ژاپن؛
 - واردکنندگان اروپا: فرانسه، انگلستان، اسپانیا، و ایتالیا؛
 - واردکنندگان آمریکای شمالی: ایالات متحده آمریکا.

1. British Thermal Unit
2. Nautical Mile

جدول ۱. صادرات LNG توسط کشورهای عضو مجمع به ۱۰ کشور اصلی واردکننده LNG

(فاصله: مایل دریایی، هزینه حمل: دلار به ازای هر میلیون Btu، صادرات: میلیارد متر مکعب)

واردکنندگان	ژاپن	کره جنوبی	تایوان	چین	هند	فرانسه	انگلستان	اسپانیا	ایتالیا	آمریکا
فاصله	۸۴۰	۸۴۴	۱۲۸۴	۹۴۲	-	-	-	-	-	-
هزینه حمل	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۴۲	۰/۳۲	-	-	-	-	-	-
صادرات	۹/۸	۳/۹	۰/۳	۰/۳	-	-	-	-	-	-
فاصله	۶۴۸۲	۶۱۲۰	۵۲۸۶	۵۱۷۲	۱۲۴۵	۴۵۳۰	۶۱۸۴	۴۰۶۰	۳۹۳۶	۹۵۶۴
هزینه حمل	۱/۷۷	۱/۶۴	۱/۴۴	۱/۴۵	۰/۳۹	۱/۳۲	۱/۶۶	۱/۳۱	۱/۱۶	۲/۴۰
صادرات	۱۵/۸	۱۱/۱	۵/۳	۳/۲	۱۳	۳/۲	۲۱/۹	۴/۸	۶/۱	۲/۶
فاصله	۶۴۸۲	-	۵۲۸۶	-	۱۲۴۵	-	-	-	-	-
هزینه حمل	۱/۷۷	-	۱/۴۴	-	۰/۳۹	-	-	-	-	-
صادرات	۷/۷	-	۰/۱	-	۰/۲	-	-	-	-	-
فاصله	۶۰۵۱	۵۶۷۳	۴۸۳۹	-	۷۹۸	-	-	۳۵۱۹	-	-
هزینه حمل	۱/۶۵	۱/۵۲	۱/۳۳	-	۰/۲۹	-	-	۱/۰۲	-	-
صادرات	۵/۴	۵	۰/۲	-	۰/۱	-	-	۰/۲	-	-
فاصله	-	-	-	-	-	۴۰۱	۱۵۱۴	۳۴۹	۴۶۱	-
هزینه حمل	-	-	-	-	-	۰/۱۲	۰/۴۶	۰/۱۸	۰/۲۱	-
صادرات	-	-	-	-	-	۵/۷	۰/۲	۴	۱/۶	-
فاصله	-	-	-	-	-	-	-	۱۰۷۰	-	-
هزینه حمل	-	-	-	-	-	-	-	۰/۳۵	-	-
صادرات	-	-	-	-	-	-	-	۰/۱	-	-
فاصله	۷۸۲۷	۷۴۶۵	۶۶۳۱	۷۰۵۷	۲۹۵۸	۱۶۰۶	۳۲۶۰	۱۶۷۷	۱۰۱۲	۶۶۴۰
هزینه حمل	۲/۱۲	۱/۹۸	۱/۷۹	۱/۷۸	۰/۷۸	۰/۵۰	۰/۸۷	۰/۴۹	۰/۳۵	۱/۶۲
صادرات	۰/۹	۰/۶	۰/۷	۰/۲	۰/۶	۰/۹	۰/۱	۲/۳	۰/۵	۱

ادامه جدول ۱. صادرات LNG توسط کشورهای عضو مجمع به ۱۰ کشور اصلی واردکننده LNG
(فاصله: مایل دریایی، هزینه حمل: دلار به ازای هر میلیون Btu، صادرات: میلیارد متر مکعب)

۶۰۳۷	-	۳۲۸۳	۴۲۵۰	۳۹۳۸	۷۱۰۱	۹۹۸۳	۹۵۴۴	۱۰۳۹۱	۱۰۷۰۴	فاصله
۱/۴۸	-	۰/۸۷	۱/۱۰	۱/۰۷	۱/۷۶	۲/۵۰	۲/۵۵	۲/۷۵	۲/۸۹	هزینه نیجریه
۰/۱	-	۶/۶	۱/۳	۳/۶	۱/۴	۱	۰/۹	۱/۵	۲/۷	حمل صادرات
-	-	-	-	-	-	۹۹۳۱	۹۴۹۱	۱۰۳۳۹	۱۰۶۵۹	فاصله
-	-	-	-	-	-	۲/۴۹	۲/۵۴	۲/۷۳	۲/۸۸	هزینه گینه
-	-	-	-	-	-	۰/۳	۰/۸	۱/۱	۲	حمل صادرات
۲۱۶۸	۴۲۴۴	۳۳۶۰	۳۹۵۲	۳۷۱۱	۸۳۷۰	۱۲۴۴۸	۱۲۰۲۲	۱۲۸۵۶	۱۳۲۱۸	فاصله
۰/۵۹	۱/۱۵	۰/۸۹	۱/۰۳	۱/۰۲	۲/۱۶	۳/۲۱	۳/۳۱	۳/۵۰	۳/۹۷	هزینه ترینیداد و توباگو
۳/۸	۰/۲	۲/۵	۰/۶	۰/۴	۰/۶	۰/۵	۰/۱	۲/۲	۰/۴	حمل صادرات

منبع: گزارش درون سازمانی «دفتر تحلیل بازار گاز و انرژی»، دبیرخانه مجمع و نیز سالنامه آماری بی پی (۲۰۱۲)

بدیهی است شرط همکاری وجود حداقل دو کشور صادرکننده است که هم‌زمان به دو بازار مختلف LNG صادر می‌کنند. هر چقدر تفاوت در هزینه‌های حمل LNG برای صادرات از این دو کشور به این دو بازار بیشتر باشد زمینه‌های بهتری برای همکاری مهیاست. با مراجعه به جدول ۱ می‌توان همکاری بین قطر و نیجریه، مصر و ترینیداد و توباگو را در صادرات به ژاپن و آمریکا تعریف کرد. خاطرنشان می‌شود که همکاری قطر با روسیه، عمان، الجزایر، و گینه برای صادرات به ژاپن و آمریکا، به دلیل عدم صادرات کشورهای مذکور به آمریکا، امکان‌پذیر نیست. بنابراین، قطر می‌تواند در صادرات LNG به ژاپن و آمریکا در سه حالت ممکن با سایر اعضای مجمع همکاری کند و سود حاصل از این همکاری را به نحو مقتضی بین خود و کشور همکار تقسیم نماید. مثال فوق‌الذکر را می‌توان در حالت‌های دیگر همکاری بین دو کشور عضو مجمع به دو کشور واردکننده نیز تعمیم داد.

اکنون بحث فوق‌الذکر را می‌توان تعمیم داد و سه کشور صادرکننده عضو مجمع را در نظر گرفت که قصد دارند در صادرات به سه کشور اصلی واردکننده LNG با یکدیگر همکاری کنند، مثلاً می‌توان همکاری قطر با نیجریه و عمان، نیجریه و ترینیداد و توباگو، نیجریه و الجزایر، نیجریه و لیبی، نیجریه و مصر، نیجریه و روسیه، و نیجریه و گینه را تعریف

کرد. خاطرنشان می شود که همکاری قطر و نیجریه با روسیه، الجزایر، لیبی، گینه، و عمان در صادرات LNG به کشورهای ژاپن، چین، و فرانسه، به دلیل عدم صادرات یکی از این کشورها به یکی از سه مقصد، امکان پذیر نیست. بنابراین، از هفت حالت ممکن پنج حالت عملاً امکان پذیر نیست، بنابراین، همکاری قطر با نیجریه و یکی دیگر از اعضای مجمع برای صادرات به ژاپن، چین، و فرانسه فقط در دو حالت می تواند تعریف شود.

به ترتیبی مشابه می توان کلیه حالات سه گانه ممکن برای بازارهای مصرف را از بین ۱۰ کشور اصلی واردکننده LNG تعریف کرد و حالات مختلف صادرات هر زیرمجموعه سه تایی از کشورهای اصلی صادرکننده LNG مجمع به این بازارهای مصرف را مشخص نمود. خلاصه آنکه حالات مختلف همکاری اعضای مجمع به صورت های دو عضو مجمع و دو بازار، سه عضو مجمع و سه بازار، یا تعداد بیشتری اعضا و تعداد بیشتر یا کمتری بازار بسیار متنوع است. هرچند که بسیاری از این حالات صرفاً جنبه نظری دارد، زیرا عملاً تجارت LNG بین آنها صورت نمی پذیرد.

جدول ۱ نشان می دهد که زمینه های بسیار مناسبی برای همکاری بین صادرکنندگان LNG در مجمع وجود دارد. از این رو، سناریوهای مختلفی برای همکاری بین کشورهای صادرکننده LNG در مجمع وجود دارد که در این مقاله با استفاده از نظریه بازی های همکارانه به یک مطالعه موردی پرداخته شده است. مطالعه موردی در این مقاله حالتی است که سه کشور قطر، نیجریه، و ترینیداد و توباگو وارد همکاری شوند. در واقع، این انتخاب می تواند عمومی ترین حالت را در همکاری نشان دهد، زیرا قطر یک کشور صادرکننده از حوزه خلیج فارس است، نیجریه یک صادرکننده از شمال آفریقا، و ترینیداد و توباگو یک صادرکننده از حوزه کارائیب. بازارهای مصرف را سه کشور ژاپن، اسپانیا، و آمریکا در نظر می گیریم، که به ترتیب معرف مصرف کنندگان اصلی در حوزه های آسیا- پاسیفیک، اروپا، و آمریکای شمالی اند. بنابراین، اگر ماتریس پیامدها و شرایط تعادل را برای این مثال به دست آوریم، به ترتیبی مشابه می توان برای کلیه حالات دیگر نیز محاسبات مربوط را انجام داد. اما پیش از ورود به این مبحث و حل مسئله، نخست مدل ریاضی بازی های همکارانه و حل آن را مرور خواهیم کرد.

۴. مدل ریاضی بازی‌های همکارانه

بازی‌های همکارانه در مقابل «بازی‌های غیرهمکارانه»^۱ تعریف می‌شود. بازیکنان در بازی‌های غیرهمکارانه برای حداکثر کردن پیامد خود، با توجه به استراتژی انتخابی حریف یا حریفان، ممکن است در نهایت آن استراتژی را انتخاب کنند که بیشترین پیامد ممکن را برای آنان به دنبال نداشته باشد. از این رو، در بازی‌های همکارانه بازیکنان سعی می‌کنند، برای دستیابی به منافع بیشتر، با بازیکن یا سایر بازیکنان همکاری نمایند. در این صورت به مجموعه تکی، دوتایی، یا چندتایی از بازیکنان اصطلاحاً ائتلاف^۲ گفته می‌شود.^۳

در نظریه بازی‌های همکارانه تمرکز اصلی بر شکل‌گیری ائتلاف‌های ممکن و محاسبه مازادی^۴ است که از طریق شکل‌گیری هر ائتلاف عاید مجموعه بازیکنان عضو آن ائتلاف می‌شود. قدم بعدی، نحوه تخصیص مازاد به دست آمده بین بازیکنان است که این امر در بازی‌های همکارانه با مطلوبیت انتقال پذیر^۵ مطرح می‌شود.^۶ تخصیص مازاد انگیزه‌ای برای بازیکنان ایجاد می‌کند تا به ائتلاف‌های ممکن بپیوندند.

در یک بازی عمومی با n بازیکن، هر زیرمجموعه‌ای (به جز مجموعه تهی) از مجموعه بازیکنان $N = \{1, 2, 3, \dots, n\}$ را یک ائتلاف، C ، می‌نامیم. اگر اولاً هیچ محدودیتی برای تشکیل ائتلاف وجود نداشته باشد و ثانیاً هر مجموعه‌ای از بازیکنان قادر باشند در صورت تمایل و البته در راستای کسب منافع بیشتر با یکدیگر یک ائتلاف را تشکیل دهند،^۷ بازی

1. Non-cooperative games

2. Coalition

۳. مطالب این بخش مبتنی بر کتاب قهرمان عبدلی (۱۳۹۱) و مقاله Kiselev (2005) است.

4. Surplus amount

5. Transferable Utilities (TU Games)

در این‌گونه بازی‌ها تخصیص منافع سبب ترغیب بازیکنان به انتخاب استراتژی‌هایی می‌شود که در راستای منافع ائتلاف است.
۶. برای بازی با دو بازیکن عمدتاً از راه حل چانه زنی نش استفاده می‌شود، اما اگر بیش از دو بازیکن در یک بازی همکارانه مشارکت داشته باشند، راه‌حل‌های دیگری نظیر هسته (Core)، محاسبه ارزش شپلی (Shapley Value)، شپلی شوبیک (Shapley-Shubik)، و نوکلئوس یا هستک (Nucleolus) مطرح می‌شود.

۷. تشکیل ائتلاف بایستی با میل بازیکنان و بدون هر گونه اجبار بیرونی صورت گیرد. البته، ائتلاف در یک بازی همکارانه به شرطی شکل می‌گیرد که پیامد بازیکنان آن ائتلاف حداقل به اندازه پیامد هر یک از آن‌ها در شرایط یک بازی رقابتی با یکدیگر باشد. در تشکیل ائتلاف‌های ممکن یک بازی می‌توان N را به صورت زیرمجموعه‌ای از خودش تعریف کرد و آن را ائتلاف جمعی، G ، نامید، بنابراین، $G=N$. به سهولت می‌توان دید که تعداد کل زیرمجموعه‌های N که شامل یک یا دو یا بازیکن از n عضو مجموعه N باشد برابر است با n و تعداد ممکن ائتلاف‌ها برابر خواهد بود با $2^n - 1$.

همکارانه به صورت (N, v) نمایش داده می‌شود. یک ائتلاف فرضی T را در بازی همکارانه در نظر می‌گیریم. محاسبه تابع $v(T)$ مبتنی بر جزئیات حاصل از یک بازی مشخص است. در هر بازی معین و به ازای هر ائتلاف T می‌توان «سطح امنیت»^۱ یا $v(T)$ را تعریف کرد که اصطلاحاً به آن «تابع مشخصه»^۲ بازی می‌گویند. فرض بر این است که در تابع مشخصه عدم تقارن اطلاعات^۳ وجود ندارد. برای هر ائتلاف T که $T \subset N$ می‌توانیم تابع $v(T)$ را تعریف کنیم که نشان می‌دهد کل مازادای که اعضای ائتلاف از همکاری با یکدیگر به دست می‌آورند چه مقدار است بدون آنکه این نکته در نظر گرفته شود که بازیکنان خارج از ائتلاف چه استراتژی‌هایی را اتخاذ می‌کنند.^۴ به عبارت دیگر، بازیکنان ائتلاف T با سایر بازیکنان بازی، که در ائتلاف T نیستند و اصطلاحاً به آن‌ها ائتلاف مکمل^۵ یا T^c گفته می‌شود، یک بازی رقابتی یا غیرهمکارانه انجام می‌دهند (مشابه روش Min-Max). حل بازی بر اساس روش تعادل نش^۶ خواهد بود که انتخاب استراتژی بهینه^۷ بر اساس حل مسئله بهینه‌سازی بهینه‌سازی ذیل است:

$$\max_{s_i \in S_i} u_i(s_i, s_{-i}^*), \quad \forall i \in N \quad (1)$$

و استراتژی تعادلی نش عبارت است از:

$$s^* = (s_1^*, s_2^*, \dots, s_n^*) \quad (2)$$

$$s_i^* \in B_i(s_{-i}^*) = \{s_i \in S_i : u_i(s_i, s_{-i}^*) \geq u_i(s_i, s_{-i}), \forall s_i \in S_i\}$$

در یک بازی همکارانه، پیامد ائتلاف T در مقابل بازیکنان خارج از ائتلاف T برابر است با:

$$U(T) = \sum_{i \in T} u_i(a_1, a_2, \dots, a_k), \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (3)$$

1. Security level
2. Characteristic function
3. Asymmetric information

۴. وقتی می‌گوییم «به‌رغم اینکه بازیکنان خارج از ائتلاف چه استراتژی را اتخاذ می‌کنند» منظورمان این است که که بدترین سناریو را در نظر گرفته‌ایم، یعنی چه اتفاقی برای بازیکنان T خواهد افتاد هرگاه دیگران (آنان که در T نیستند) استراتژی‌ای را اتخاذ کنند که از دیدگاه بازیکنان عضو T بدترین حالت ممکن است.

5. Complementary coalition
6. Nash Equilibrium

۷. خاطرنشان می‌شود که در برخی کتاب‌های نظریه بازی عمل بازیکن در بازی ایستا معادل استراتژی بازیکن در نظر گرفته می‌شود. در این مقاله عمدتاً استراتژی به عمل انتخابی در تعادل نش نظر دارد.

(a_1, a_2, \dots, a_k) نشان‌دهنده عمل انتخابی k بازیکن عضو ائتلاف T است. در ائتلاف جمعی N پیامد حاصل از هر ترکیب عمل انتخابی بازیکنان برابر است با:

$$U(N) = \sum_{i \in N} u_i(a_1, a_2, \dots, a_n), \quad i = 1, 2, \dots, n \tag{۴}$$

بیشترین منفعت از طریق تشکیل ائتلاف جمعی حاصل می‌شود که حداقل برابر با مجموع منافع حاصل از ائتلاف‌های مستقل بدون عضو مشترک است. مازاد پیامد حاصل از بازی در ائتلاف جمعی $V=v(n)$ است که باید میان بازیکنان عادلانه تقسیم شود. در این بازی فرض می‌کنیم که

اولاً، ممکن است هیچ مازادی به بازیکن تعلق نگیرد، یعنی هر بازیکن از حضور در ائتلاف حداقل معادل همان پیامدی را به دست آورد که در بازی رقابتی در مقابل ائتلاف‌های مکمل خود به دست می‌آورد.

ثانیاً، $v(T)$ ، که توسط ائتلاف $T \subseteq N$ حاصل می‌شود، نتیجه همکاری اعضای ائتلاف بدون کمک ائتلاف مکمل T^c است.

ثالثاً، همکاری میان دو ائتلاف S و T زمانی سودآور است که

$$v(S) + v(T) \leq v(S \cup T), \quad S \cap T = \emptyset \tag{۵}$$

رابطه ۵ بدین معنی است که مازاد حاصل از ائتلاف S و T حداقل به اندازه مجموع مازاد هر یک از ائتلاف‌های یادشده باشد. این شرط لازم برای تشکیل ائتلاف جدید حاصل از پیوستن دو ائتلاف S و T است.

رابعاً، از رابطه ۵ می‌توان نتیجه گرفت که در یک ائتلاف جمعی شرط رابطه ۶ برقرار است:

$$v_1 + v_2 + \dots + v_n \leq V \tag{۶}$$

بنابراین، $\sum v_i$ یا حاصل جمع مازاد ائتلاف‌ها قطعاً توسط ائتلاف جمعی قابل حصول است.

فرض می‌کنیم ارزش $v(T)$ برای هر ائتلافی از N یا $T \subseteq N$ شامل ائتلاف تک‌عضوی $T=i$ تا ائتلاف جمعی $T=N$ باشد. آنگاه تابع v توسط مجموعه‌ای از اعداد $\{v(T)\}$ و به صورت رابطه ۷ تعریف می‌شود:

$$v: \mathfrak{N} \rightarrow \mathfrak{R}, \tag{۷}$$

$$T \mapsto v(T)$$

که $\mathcal{N} = \{T\}$ مجموعه تمامی ائتلاف‌ها و $v(\emptyset) = 0$ است. بنابراین، v برداری از $2^n - 1$ جزء است. هدف اصلی از حل بازی تقسیم V بین بازیکنان به صورت $(x_1 + x_2 + \dots + x_n)$ است. x_i سهم بازیکن i ام از مازاد ائتلاف است. تخصیصی که به رضایت اعضای ائتلاف منجر شود اصطلاحاً «تخصیص عقلایی»^۱ نام دارد. تخصیص عقلایی باید به گونه‌ای باشد که به شکست ائتلاف یا فروپاشی آن منجر نشود و دارای شروط زیر است:

$$x_i \geq v(\{i\}), \forall i \in N \quad (8)$$

ثانیاً، کارایی گروهی (عقلانیت گروهی)^۲:

$$\sum_{i=1}^n x_i = x_1 + x_2 + \dots + x_n = V(N) \quad (9)$$

جمع دو شرط فوق‌الذکر را می‌توان به صورت رابطه ۱۰ نشان داد:

$$\left\{ x = (x_1, x_2, \dots, x_n) : \sum_{i=1}^n x_i = V(N), x_i \geq v(\{i\}), \forall i \in N \right\} \quad (10)$$

یک تخصیص عقلایی زمانی امکان پذیر است که در چارچوب قوانین آن بازی متصور باشد؛ بدین معنا که اساساً امکان تحقق آن وجود داشته باشد. آنچه در بازی‌های همکارانه مد نظر است نحوه تقسیم این مازاد میان بازیکنان ائتلاف است. در ادامه به دو راه حل اشاره می‌کنیم که در این مقاله برای تقسیم مازاد منافع ائتلاف استفاده شده است.^۴

۱.۴. راه حل هسته

اصطلاحاً می‌گوییم یک تخصیص ممکن توسط ائتلاف T محصور شده است^۵ هرگاه داشته باشیم:

$$v(T) > \sum_{i \in T} x_i \quad (11)$$

1. Rational allocation

۲. وقتی بازیکن وارد ائتلاف می‌شود، مازاد حاصل از ورود به ائتلاف باید حداقل به اندازه عملکرد همان بازیکن در یک بازی رقابتی مقابل ائتلاف مکمل بازی باشد.

۳. کل مازاد تخصیص یافته به اعضا برابر مازاد ائتلاف جمعی $V(N)$ باشد.

۴. قطعاً روش‌های دیگری برای تقسیم مازاد منافع ائتلاف در بازی‌های همکارانه وجود دارد، اما در اینجا از دو روش هسته و شپلی استفاده شده است.

5. Blocked

رابطه ۱۱ نشان می‌دهد که سطح امنیت ائتلاف، به معنای کل مازادی که می‌توان برای اعضای ائتلاف تأمین کرد، بیش از مجموع مازادی است که اعضای ائتلاف می‌توانند در ائتلاف جمعی به دست آورند. در چنین حالتی اولاً، شکل‌گیری ائتلاف T امکان‌پذیر است؛ ثانیاً این ائتلاف موجب می‌شود که اعضای آن وارد چانه‌زنی شوند، به گونه‌ای که وضعیت آنان بهتر از تخصیص فوق‌الذکر شود. مجموعه‌ای از تخصیص‌ها که نمی‌تواند با ائتلافی محصور شود شامل همه ارتباطات ممکن پایدار است. این مجموعه را نمی‌توان با کوشش گروهی از بازیکنان برای یافتن ارتباطات بهتر کاهش داد. از این رو، به این مجموعه از تخصیص‌ها «هسته»^۱ بازی می‌گوییم. شرط آنکه ائتلاف جمعی $G=N$ شکسته نشود آن است که برای هر ائتلاف T که از زیرمجموعه اعضای N تشکیل شده است رابطه ۱۲ برقرار باشد:

$$\sum_{i \in T} x_i \geq v(T), \quad i \in T \quad (12)$$

رابطه ۱۲ بدین معنی است که جمع پیامد تخصیص یافته به اعضای T از پیامد ائتلاف جمعی بیش از جمع پیامد تخصیص یافته به همان بازیکنان در ائتلاف T است. این تخصیص عقلایی پایدار را هسته می‌گویند و به زبان ریاضی به صورت رابطه ۱۳ تعریف می‌کنند:

$$C = \left\{ x = (x_1, x_2, \dots, x_n) : \sum_{i=1}^n x_i = V(N), \sum_{i \in T} x_i \geq v(T), i \in T, \forall T \subseteq N \right\} \quad (13)$$

لزوماً هسته یک تخصیص یکتا نیست، بلکه در بعضی از بازی‌ها می‌تواند چندین تخصیص عقلایی پایدار را شامل شود و در برخی بازی‌ها این امکان وجود دارد که هسته تهی باشد.

هسته بازی دارای دو ویژگی است. در اینجا به کارایی هسته و وجود هسته اشاره می‌کنیم: الف) کارایی^۲: هرگاه تخصیص‌هایی که در یک هسته قرار می‌گیرد برای n بازیکن مازادهای (x_1, x_2, \dots, x_n) را ایجاد کند آنگاه مجموع این مازادها باید حداقل به اندازه سطح امنیتی باشد که ائتلاف جمعی می‌تواند به آن دست یابد:

$$x_1 + x_2 + \dots + x_n \geq v(\{1, 2, \dots, n\}) \quad (14)$$

1. Core
2. Efficiency

به همین دلیل است که تخصیص هسته را اصطلاحاً تخصیص کارا می گویند که به زبان اقتصادی همان کارایی پارتو است.^۱ با مفهوم کارایی نمی توان یک تخصیص هسته ای معین را از میان تعدادی از این تخصیص ها انتخاب کرد. برای چنین انتخابی باید از تحلیل های دیگری بهره گرفت. بعداً خواهیم دید که با ارزش شپلی می توان توزیع عایدی بین بازیکنان را به دست آورد.

ب) وجود^۲: در بازی هایی که بازیکنان آثار سرریز منفی (خارجی)^۳ نسبت به یکدیگر دارند هسته می تواند تهی باشد. ائتلاف چند بازیکن در این بازی ها به گونه ای است که انتخاب عمل آنان به دیگران صدمه می زند. زمانی که هسته تهی است هیچ تخصیص عقلایی پایدار بین بازیکنان وجود ندارد و هر یک از بازیکنان احساس می کند اگر ائتلاف جدیدی با بازیکن دیگر تشکیل دهد، به پیامد بیشتری خواهد رسید.

۲.۴. راه حل شپلی

یک هسته این ویژگی مطلوب را دارد که کاراست، اما برای برخی بازی ها اساساً هسته ای وجود ندارد و برای بازی های دیگر این هسته بسیار بزرگ است؛ به گونه ای که شامل دامنه گسترده ای از نتایج است. به عبارت دیگر، با روش هسته نمی توان ارجحیت یک تخصیص را بر تخصیص دیگر تعیین کرد. بنابراین، مفاهیم بهتری در این خصوص مطرح شده که معروف ترین آن ها «ارزش شپلی»^۴ است.

مشابه راه حل چانه زنی نش، ارزش شپلی برای حالت همکارانه است و به راه حل یکتا منجر می شود. در روش شپلی به هر یک از بازیکنان ائتلاف مازادی اختصاص داده می شود که به آن ارزش شپلی یا قدرت شپلی می گویند. به برداری که شامل تمامی ارزش های بازیکنان است اصطلاحاً «بردار تابع ارزش» می گویند و با $\phi(V) = (\phi_1(V), \phi_2(V), \dots, \phi_n(V))$ و اعداد

۱. به رغم اهمیت مفهوم کارایی، این ویژگی صرفاً یکی از ویژگی هایی است که باید یک تخصیص هسته ای دارا باشد. اصطلاح کارایی صرفاً بر این نکته دلالت می کند که هیچ تخصیص دیگری را نمی توان یافت که بتواند عایدی بازیکنان را به صورت هم زمان بهبود بخشد، اما تخصیص هسته هنوز می تواند به صورتی باشد که برخی بازیکنان با عایدی بسیار پایین و برخی دیگر با عایدی بسیار بالا تعریف شوند. به بیان دیگر، ویژگی کارایی نمی تواند در خصوص تساوی یا عدالت توزیعی (distributinal justice) یک تخصیص هسته ای قضاوتی داشته باشد. یک تخصیص هسته ای همواره حداکثر مجموع مازاد را نتیجه می دهد، اما هیچ گاه نمی تواند توزیع آن مازاد را تنظیم کند.

2. Existence
3. Externalities
4. Shaplev value

حقیقی نشان داده می‌شود. اساس روش شپلی نقشی است که هر بازیکن در کسب مزاد ائتلاف ایفا می‌نماید. ارزش شپلی یا $\phi(v)$ عددی یکتاست و فروض زیر در آن صدق می‌کند:

۱. برای آن دسته از بازیکنانی که مشارکت آنان در هر ائتلافی نه عایدی نصیب دیگران می‌کند و نه زبانی به آنان وارد می‌کند (بازیکنان مجازی)^۱ ارزش شپلی صفر است:

$$v(T \cup \{i\}) = v(T) \Rightarrow \phi_i(v) = 0 \quad (15)$$

۲. اگر دو بازیکن نقش یکسانی در ایجاد پیامد ائتلاف داشته باشند، باید به یک اندازه از پیامد ائتلاف سهم ببرند، یعنی:

$$v(T \cup \{i\}) = v(T \cup \{j\}) \Rightarrow \phi_i(v) = \phi_j(v) \quad (16)$$

اگر $\phi(v)$ اصول فوق را برآورده سازد، آنگاه ارزش شپلی اختصاص یافته به بازیکن λ با رابطه ۱۷ تعیین می‌شود:

$$\phi_i = \sum_{T \subseteq N, i \in T} \frac{(n-k)!(k-1)!}{n!} [v(T) - v(T - \{i\})] \quad (17)$$

در رابطه ۱۷، $k = |T|$ تعداد بازیکنان حاضر در ائتلاف T یا اندازه ائتلاف T است. ارزش $[v(T) - v(T - \{i\})]$ مازادی است که با پیوستن بازیکن i به ائتلاف $S = T - \{i\}$ و تشکیل ائتلاف T به دست می‌آید که اصطلاحاً به آن آورده یا دستاورد بازیکن λ می‌گویند. آنچه به عنوان ارزش شپلی از مازاد ائتلاف جمعی عاید بازیکن λ می‌شود متوسط آورده یا دستاوردی است که بازیکن λ برای ائتلاف‌هایی که عضو آن می‌شود به همراه دارد. برای محاسبه ارزش شپلی، نخست همه ائتلاف‌هایی را که بازیکن مورد نظر عضو آن است احصا می‌کنیم. سپس، با استفاده از تابع مشخصه، آورده بازیکن λ به هر ائتلاف را محاسبه می‌نماییم. ثابت می‌شود ارزش شپلی که از رابطه ۱۷ به دست می‌آید در دو رابطه زیر صدق می‌کند:

$$\text{اولاً، } \sum_{i=1}^n \phi_i = V \text{ . این رابطه را اصطلاحاً کارایی گروهی نیز می‌نامند.}$$

$$\text{ثانیاً، ثابت می‌شود که } \phi_i \geq v\{i\}$$

این ایده که عایدی هر بازیکنی باید متناسب با دستاورد وی در ائتلاف باشد، به لحاظ مفاهیم اقتصادی، بسیار جالب توجه است. از آنجایی که هر بازیکن باید برای تحقق دستاورد

1. Dummy players
2. Size of coalition

خویش در ائتلاف کوشش‌هایی انجام دهد، چنین الگوی پرداخت عایدی موجب می‌شود که برای این بازیکن انگیزه کافی برای انجام دادن آن کوشش‌ها به وجود آید. در اصطلاحات اقتصادی، دستاورد نهایی هر فرد را اصطلاحاً «تولید نهایی» او می‌گویند. بنابراین، مرتب‌نمودن عایدی‌ها به دستاوردها در واقع همان «نظریه بهره‌وری نهایی توزیع»^۱ است.

۵. بازی همکارانه میان قطر، نیجریه و ترینیداد و توباگو برای صادرات LNG به ژاپن، اسپانیا، و آمریکا

همان طور که پیش‌تر توضیح داده شد، امکان تشکیل ائتلاف میان اعضای مجمع، به دلیل کاهش هزینه‌های انتقال LNG، کاملاً وجود دارد. نکته مهم بررسی میزان کاهش هزینه در صورت تشکیل ائتلاف و مهم‌تر از آن نحوه تخصیص کاهش هزینه‌ها یا صرفه‌جویی در هزینه‌ها به اعضای ائتلاف است. به عبارت دیگر، نقشی که هر یک از اعضا در کاهش هزینه‌ها ایفا می‌کند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در یک مطالعه موردی، سه کشور قطر، نیجریه، و ترینیداد و توباگو به عنوان سه عضو منتخب برای صادرات به سه بازار منتخب ژاپن، اسپانیا و آمریکا در نظر گرفته شدند.^۲ جدول ۲ بر اساس جدول ۱ به دست آمده است، با این تفاوت که در جدول ۱ هزینه صادرات LNG با واحد دلار به ازای هر میلیون Btu است، حال آنکه میزان صادرات LNG با واحد میلیارد متر مکعب است. به منظور محاسبه هزینه‌های صادرات LNG از هر یک از کشورهای منتخب به بازارهای مصرف، هزینه حمل را بر اساس دلار به ازای هر هزار متر مکعب محاسبه نموده‌ایم، که در سطر مربوط به هزینه حمل در جدول ۲ ملاحظه می‌شود.^۳

1. Marginal productivity theory of distribution

۲. چنانچه بازی بیش از حد جمع‌پذیر (superadditive) باشد، یعنی شرط ریاضی زیر برقرار باشد: $v(S \cup T) \geq v(S) + v(T)$ برای $S, T \subseteq N$ که $S \cap T = \emptyset$ یا بازی با شرط $v(N) \geq v(S)$ برای تمامی $S \subseteq N$ cohesive باشد، آنگاه ائتلاف بهینه ائتلافی است که همه اعضا در آن همکاری کنند. بنابراین، انگیزه خروج از ائتلاف کاهش می‌یابد. اما در خصوص ائتلاف‌هایی که میان اعضای GECF تشکیل می‌شود باید این نکته را در نظر داشت که، علاوه بر برقراری شرط ریاضی فوق، باید همکاری اعضا در صادرات LNG به لحاظ وجود بازارهای مشترک امکان‌پذیر باشد. به همین دلیل است که در این مقاله همکاری کلیه اعضای صادرکننده LNG به کلیه واردکنندگان اصلی LNG به صورت هم‌زمان بررسی نشده است، زیرا فقدان بازارهای مشترک یا نبود فرصت‌های لازم برای صرفه‌جویی در هزینه چنین همکاری مشترک بین همه اعضا را ممکن نمی‌سازد. از این رو، محاسبات این مقاله محدود به حالتی است که متنوع‌ترین بازارها را به لحاظ جغرافیایی و بیشترین صرفه‌جویی‌ها را به لحاظ هزینه حمل داراست.
۳. دلار/هزار متر مکعب = دلار/هر میلیون $35/7 \times Btu$ ، محاسبات محقق با استفاده از واحدهای تبدیل سالنامه آماری بی‌بی.

جدول ۲. صادرات LNG توسط سه کشور منتخب مجمع به سه کشور اصلی واردکننده LNG
با تبدیل واحد هزینه

(فاصله: مایل دریایی، هزینه حمل: دلار/هزار متر مکعب، صادرات: میلیارد متر مکعب، هزینه کل: دلار)

جمع هزینه صادرات به سه بازار	واردکننده			صادرکننده
	آمریکا	اسپانیا	ژاپن	
	۹۵۶۴	۴۰۶۰	۶۴۸۲	فاصله
	۸۵/۶۸	۴۳/۱۹۷	۶۳/۱۸۹	هزینه حمل
	۲/۶	۴/۸	۱۵/۸	صادرات
۱,۴۲۸,۴۹۹,۸۰۰	۲۲۲,۷۶۸,۰۰۰	۲۰۷,۳۴۵,۶۰۰	۹۹۸,۳۸۶,۲۰۰	هزینه کل صادرات
	۶۰۳۷	۳۲۸۳	۱۰۷۰۴	فاصله
	۵۲/۸۳۶	۳۱/۰۵۹	۱۰۳/۱۷۳	هزینه حمل
	۰/۱	۶/۶	۲/۷	صادرات
۴۸۸,۸۴۰,۱۰۰	۵,۲۸۳,۶۰۰	۲۰۴,۹۸۹,۴۰۰	۲۷۸,۵۶۷,۱۰۰	هزینه کل صادرات
	۲۱۶۸	۳۳۶۰	۱۳۲۱۸	فاصله
	۲۱/۰۶۳	۳۱/۷۷۳	۱۴۱/۷۲۹	هزینه حمل
	۳/۸	۲/۵	۰/۴	صادرات
۲۱۶,۱۶۳,۵۰۰	۸۰,۰۳۹,۴۰۰	۷۹,۴۳۲,۵۰۰	۵۶,۶۹۱,۶۰۰	هزینه کل صادرات
۲,۱۳۳,۵۰۳,۴۰۰				جمع هزینه صادرات سه کشور

منبع: محاسبات محقق بر اساس منابع مربوط به جدول ۱ و سالنامه آماری بی بی (۲۰۱۲)

فرم استراتژیک بازی عبارت است از:

$$N = \{Q, N, T\}$$

Q: قطر، ژاپن

$$S_i = \{J, S, A\}, i \in N$$

N: نیجریه، S: اسپانیا

$$u_i = C(j), j \in \{J, S, A\}$$

T: ترینیداد و توباگو، A: آمریکا

مجموعه ائتلاف‌های ممکن:

$$\mathfrak{N} = \{\{Q\}, \{N\}, \{T\}, \{Q, N\}, \{Q, T\}, \{N, T\}, \{Q, N, T\}\}$$

حالت اول: ائتلاف قطر و ترینیداد و توباگو، نیجریه خارج از ائتلاف

در این حالت ساختار هزینه بر اساس جدول ۳ برای دو ائتلاف $\{N\}$ و $\{Q, T\}$ عبارت است از:

$$C(\{N\}) = 488,840,100$$

$$C(\{Q, T\}) = 1,402,653,000 + 184,747,500 = 1,587,400,500$$

حالت دوم: ائتلاف نیجریه و ترینیداد و توباگو، قطر خارج از ائتلاف

هزینه بازیکنان بر اساس جدول ۴ برای دو ائتلاف $\{Q\}$ و $\{N, T\}$ به صورت ذیل خواهد بود:

$$C(\{Q\}) = 1,428,499,800$$

$$C(\{N, T\}) = 485,662,800 + 212,307,900 = 697,970,700$$

جدول ۳. متغیرهای موجود در هزینه صادرات LNG توسط سه کشور منتخب مجمع به سه

کشور اصلی واردکننده LNG با ائتلاف قطر و ترینیداد و توباگو

(فاصله: مایل دریایی، هزینه حمل: دلار/هزار متر مکعب، صادرات: میلیارد متر مکعب، هزینه کل: دلار)

جمع هزینه صادرات به سه بازار	آمریکا	اسپانیا	ژاپن	واردکننده	صادرکننده
	۹۵۶۴	۴۰۶۰	۶۴۸۲	فاصله	
	۲۱/۰۶۳ و ۸۵/۶۸	۴۳/۱۹۷	۶۳/۱۸۹	هزینه حمل	
	۲/۶	۴/۸	۱۵/۸	صادرات	قطر
۱,۴۰۲,۶۵۳,۰۰۰	۱۹۶,۹۲۱,۲۰۰	۲۰۷,۳۴۵,۶۰۰	۹۹۸,۳۸۶,۲۰۰	هزینه کل صادرات	
	۶۰۳۷	۳۲۸۳	۱۰۷۰۴	فاصله	
	۵۲/۸۳۶	۳۱/۰۵۹	۱۰۳/۱۷۳	هزینه حمل	
	۰/۱	۶/۶	۲/۷	صادرات	نیجریه
۴۸۸,۸۴۰,۱۰۰	۵,۲۸۳,۶۰۰	۲۰۴,۹۸۹,۴۰۰	۲۷۸,۵۶۷,۱۰۰	هزینه کل صادرات	
	۲۱۶۸	۳۳۶۰	۱۳۲۱۸	فاصله	
	۲۱/۰۶۳	۳۱/۷۷۳	۶۳/۱۸۹	هزینه حمل	
	۳/۸	۲/۵	۰/۴	صادرات	ترینیداد و توباگو
۱۸۴,۷۴۷,۵۰۰	۸۰,۰۳۹,۴۰۰	۷۹,۴۳۲,۵۰۰	۲۵,۲۷۵,۶۰۰	هزینه کل صادرات	
۲,۰۷۶,۲۴۰,۶۰۰				جمع هزینه صادرات سه کشور	

منبع: محاسبات محقق

جدول ۴. متغیرهای موجود در هزینه صادرات LNG توسط سه کشور منتخب مجمع به سه کشور اصلی واردکننده LNG با ائتلاف نیجریه و ترینیداد و توباگو (فاصله: مایل دریایی، هزینه حمل: دلار/ هزار متر مکعب، صادرات: میلیارد متر مکعب، هزینه کل: دلار)

واردکننده	ژاپن	اسپانیا	آمریکا	جمع هزینه صادرات به سه بازار
فاصله	۶۴۸۲	۴۰۶۰	۹۵۶۴	
هزینه حمل	۶۳/۱۸۹	۴۳/۱۹۷	۸۵/۶۸	
صادرات	۱۵/۸	۴/۸	۲/۶	
هزینه کل صادرات	۹۹۸,۳۸۶,۲۰۰	۲۰۷,۳۴۵,۶۰۰	۲۲۲,۷۶۸,۰۰۰	۱,۴۲۸,۴۹۹,۸۰۰
فاصله	۱۰۷۰۴	۳۲۸۲	۶۰۳۷	
هزینه حمل	۱۰۳/۱۷۳	۳۱/۰۵۹	۲۱/۰۶۳	
صادرات	۲/۷	۶/۶	۰/۱	
هزینه کل صادرات	۲۷۸,۵۶۷,۱۰۰	۲۰۴,۹۸۹,۴۰۰	۲,۱۰۶,۳۰۰	۴۸۵,۶۶۲,۸۰۰
فاصله	۱۳۲۱۸	۳۳۶۰	۲۱۶۸	
هزینه حمل	۱۴۱/۷۲۹ و ۱۰۳/۱۷۳	۳۱/۷۷۳	۲۱/۰۶۳	
صادرات	*۰/۴	۲/۵	۳/۸	
هزینه کل صادرات	۵۲,۸۳۶,۰۰۰	۷۹,۴۳۲,۵۰۰	۸۰,۰۳۹,۴۰۰	۲۱۲,۳۰۷,۹۰۰
جمع هزینه صادرات سه کشور				۲,۱۲۶,۴۷۰,۵۰۰

* ۰/۳ میلیارد متر مکعب گاز به صورت LNG با هزینه ۱۴۱/۷۲۹ و ۰/۱ میلیارد متر مکعب با هزینه ۱۰۳/۱۷۳ صادر خواهد شد.
منبع: محاسبات محقق

حالت سوم: ائتلاف قطر و نیجریه، ترینیداد و توباگو خارج از ائتلاف

جدول ۵. متغیرهای موجود در هزینه صادرات LNG توسط سه کشور منتخب مجمع به سه کشور اصلی واردکننده LNG با ائتلاف قطر و نیجریه (فاصله: مایل دریایی، هزینه حمل: دلار/ هزار متر مکعب، صادرات: میلیارد متر مکعب، هزینه کل: دلار)

واردکننده	ژاپن	اسپانیا	آمریکا	جمع هزینه صادرات به سه بازار
فاصله	۶۴۸۲	۴۰۶۰	۹۵۶۴	
هزینه حمل	۶۳/۱۸۹	۳۱/۰۵۹ و ۴۳/۱۹۷	۵۲/۸۳۶	
صادرات	۱۵/۸	*۴/۸	۲/۶	
هزینه کل صادرات	۹۹۸,۳۸۶,۲۰۰	۲۰۶,۱۳۱,۸۰۰	۱۳۷,۳۷۳,۶۰۰	۱,۳۴۱,۸۹۱,۶۰۰

ادامه جدول ۵. متغیرهای موجود در هزینه صادرات LNG توسط سه کشور منتخب مجمع به

سه کشور اصلی واردکننده LNG با ائتلاف قطر و نیجریه

(فاصله: مایل دریایی، هزینه حمل: دلار/ هزار متر مکعب، صادرات: میلیارد متر مکعب، هزینه کل: دلار)

واردکننده	ژاپن	اسپانیا	آمریکا	جمع هزینه صادرات به سه بازار
فاصله	۱۰۷۰۴	۳۲۸۳	۶۰۳۷	
هزینه حمل	۶۳/۱۸۹	۳۱/۰۵۹	۵۲/۸۳۶	
صادرات	۲/۷	۶/۶	۰/۱	
هزینه کل صادرات	۱۷۰,۶۱۰,۳۰۰	۲۰۴,۹۸۹,۴۰۰	۵,۲۸۳,۶۰۰	۳۸۰,۸۸۳,۳۰۰
فاصله	۱۳۲۱۸	۳۳۶۰	۲۱۶۸	
هزینه حمل	۱۴۱/۷۲۹	۳۱/۷۷۳	۲۱/۰۶۳	
صادرات	۰/۴	۲/۵	۳/۸	
هزینه کل صادرات	۵۶,۶۹۱,۶۰۰	۷۹,۴۳۲,۵۰۰	۸۰,۰۳۹,۴۰۰	۲۱۶,۱۶۳,۵۰۰
جمع هزینه صادرات سه کشور				۱,۹۳۸,۹۳۸,۴۰۰

* ۴/۷ میلیارد متر مکعب گاز به صورت LNG با هزینه ۴۳/۱۹۷ و ۰/۱ میلیارد متر مکعب با هزینه ۳۱/۰۵۹ صادر خواهد شد.
منبع: محاسبات محقق

با توجه به جدول ۵، هزینه بازیکنان برای دو ائتلاف $\{T\}$ و $\{Q, N\}$ به صورت زیر خواهد بود:

$$C(\{T\}) = ۲۱۶,۱۶۳,۵۰۰$$

$$C(\{Q, N\}) = ۱,۳۴۱,۸۹۱,۶۰۰ + ۳۸۰,۸۸۳,۳۰۰ = ۱,۷۲۲,۷۷۴,۹۰۰$$

حالت چهارم: ائتلاف جمعی قطر، نیجریه، و ترینیداد و توباگو

هزینه صادرات از طریق این ائتلاف بر اساس جدول ۶ به شرح ذیل است:

$$C(\{Q, N, T\}) = ۱,۲۵۴,۴۲۶,۶۰۰ + ۳۷۷,۷۰۶,۰۰۰ + ۱۸۳,۱۰۵,۳۰۰ = ۱,۸۱۵,۲۳۷,۹۰۰$$

جدول ۶. متغیرهای موجود در هزینه صادرات LNG توسط سه کشور منتخب مجمع به سه کشور اصلی واردکننده LNG با ائتلاف سه کشور صادرکننده (فاصله: مایل دریایی، هزینه حمل: دلار/ هزار متر مکعب، صادرات: میلیارد متر مکعب، هزینه کل: دلار)

صادرکننده	واردکننده	ژاپن	اسپانیا	آمریکا	جمع هزینه صادرات به سه بازار
	فاصله	۶۴۸۲	۴۰۶۰	۹۵۶۴	
	هزینه حمل	۶۳/۱۸۹	۴۳/۱۹۷	۲۱/۰۶۳	
قطر	صادرات	۱۵/۸	۴/۸=۴/۳Q+۰/۵N	۲/۶	
	هزینه کل صادرات	۹۹۸,۳۸۶,۲۰۰	۲۰۱,۲۷۶,۶۰۰	۵۴,۷۶۳,۸۰۰	۱,۲۵۴,۴۲۶,۶۰۰
	فاصله	۱۰۷۰۴	۳۲۸۳	۶۰۳۷	
	هزینه حمل	۶۳/۱۸۹	۳۱/۰۵۹	۲۱/۰۶۳	
نیجریه	صادرات	۲/۷	۶/۶	۰/۱	
	هزینه کل صادرات	۱۷۰,۶۱۰,۳۰۰	۲۰۴,۹۸۹,۴۰۰	۲,۱۰۶,۳۰۰	۳۷۷,۷۰۶,۰۰۰
	فاصله	۱۳۲۱۸	۳۳۶۰	۲۱۶۸	
	هزینه حمل	۶۳/۱۸۹	۳۱/۷۷۳ و ۳۱/۰۵۹	۲۱/۰۶۳	
ترینیداد و توباگو	صادرات	۰/۴	۲/۵=۲/۲S+۰/۱S+۰/۲T	۳/۸	
	هزینه کل صادرات	۲۵,۲۷۵,۶۰۰	۷۷,۷۹۰,۳۰۰	۸۰,۰۳۹,۴۰۰	۱۸۳,۱۰۵,۳۰۰
جمع هزینه صادرات سه کشور					۱,۸۱۵,۲۳۷,۹۰۰

منبع: محاسبات محقق

برای تعیین تابع مشخصه و حل بازی نخست هزینه پرداختی هر یک از ائتلاف ها را محاسبه می نماییم تا مشخص شود که صرفه جویی حاصل از تشکیل یک ائتلاف چقدر است. خواهیم داشت:

$$\begin{aligned}
 C(\{Q\}) &= 1,428,499,800 \\
 C(\{N\}) &= 488,840,100 \\
 C(\{T\}) &= 216,163,500 \\
 C(\{Q,T\}) &= 1,402,653,000 + 184,747,500 = 1,587,400,500 \\
 C(\{N,T\}) &= 485,662,800 + 212,307,900 = 697,970,700 \\
 C(\{Q,N\}) &= 1,341,891,600 + 380,883,300 = 1,722,774,900 \\
 C(\{Q,N,T\}) &= 1,254,426,600 + 377,706,000 + 183,105,300 = 1,815,237,900
 \end{aligned}$$

مقادیر صرفه جویی در صورت پیوستن هر کشور به ائتلاف به شرح زیر محاسبه

می شود:

$$v(\{Q, T\}) = C(\{Q\}) + C(\{T\}) - C(\{Q, T\}) = 1,428,499,800 + 216,163,500 - 1,587,400,500 = 57,262,800$$

$$v(\{N, T\}) = C(\{N\}) + C(\{T\}) - C(\{N, T\}) = 488,840,100 + 216,163,500 - 697,970,700 = 70,032,900$$

$$v(\{Q, N\}) = C(\{Q\}) + C(\{N\}) - C(\{Q, N\}) = 1,428,499,800 + 488,840,100 - 1,722,774,900 = 194,565,000$$

$$v(\{Q, N, T\}) = C(\{Q\}) + C(\{N\}) + C(\{T\}) - C(\{Q, N, T\}) = 1,428,499,800 + 488,840,100 + 216,163,500 - 1,815,237,900 = 318,265,500$$

$$v(\{Q\}) = v(\{N\}) = v(\{T\}) = 0$$

اگر سهم هر یک از اعضای ائتلاف از صرفه جویی هزینه ها را با x نشان دهیم، آنگاه برای آنکه تخصیص سهم اعضای ائتلاف یک تخصیص عقلایی باشد، باید دو شرط کارایی فردی و کارایی گروهی برای این تخصیص ها برقرار باشد، یعنی:

اولاً، سهمی که هر یک از بازیکنان از تخصیص منافع ائتلاف به دست می آورند حداقل به اندازهٔ مازاد ائتلاف تکی آن ها باشد (شرط کارایی فردی):

$$x_i \geq v(\{i\}), \quad \forall i \in N,$$

$$x_Q \geq v(\{Q\}) \Rightarrow x_Q \geq 0$$

$$x_N \geq v(\{N\}) \Rightarrow x_N \geq 0$$

$$x_T \geq v(\{T\}) \Rightarrow x_T \geq 0$$

ثانیاً، کل مازاد تخصیص یافته به اعضا برابر مازاد ائتلاف جمعی $V(N)$ باشد، یعنی:

$$\sum_{i=1}^n x_i = x_1 + x_2 + \dots + x_n = V(N)$$

به عبارت دیگر:

$$\sum_{i=1}^3 x_i = x_Q + x_N + x_T = V(\{Q, N, T\}) = 318,265,500$$

برای آنکه معلوم شود کدام یک از تخصیص های عقلایی پایدار بوده و در هسته قرار

می گیرد، باید شرط زیر برقرار باشد (M ائتلاف فرضی که زیرمجموعهٔ N است):

$$C = \left\{ x = (x_1, x_2, \dots, x_n) : \sum_{i=1}^n x_i = V(N), \sum_{i \in T} x_i \geq v(M), i \in M, \forall M \subseteq N \right\}$$

بدین ترتیب داریم:

$$\begin{aligned} X_Q &\geq v(\{Q\}) &\Rightarrow X_Q &\geq 0 \\ X_N &\geq v(\{N\}) &\Rightarrow X_N &\geq 0 \\ X_T &\geq v(\{T\}) &\Rightarrow X_T &\geq 0 \\ X_Q + X_T &\geq v(\{Q, T\}) &\Rightarrow X_Q + X_T &\geq 57,262,800 \\ X_N + X_T &\geq v(\{N, T\}) &\Rightarrow X_N + X_T &\geq 70,032,900 \\ X_Q + X_N &\geq v(\{Q, N\}) &\Rightarrow X_Q + X_N &\geq 194,595,000 \\ X_Q + X_N + X_T &= 318,265,500 \end{aligned}$$

با استفاده از روابط فوق خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} 0 &\leq X_Q \leq 248,232,600 \\ 0 &\leq X_N \leq 261,002,700 \\ 0 &\leq X_T \leq 123,670,500 \end{aligned}$$

یعنی اگر تخصیص مازاد صرفه جویی معادل ۳۱۸,۲۶۵,۵۰۰ دلار در میان اعضای ائتلاف جمعی قطر، نیجریه، و ترینیداد و توباگو به گونه‌ای باشد که نامساوی‌های فوق‌الذکر برقرار شود، هیچ ائتلاف کوچک‌تر دیگری از این ائتلاف جمعی تشکیل نخواهد شد که سبب متلاشی شدن ائتلاف جمعی شود. سایر تخصیص‌هایی که شروط کارایی فردی و گروهی برای آن‌ها برقرار است، اما سه نامساوی یادشده در مورد آن‌ها صدق نمی‌کند، تخصیص‌های عقلایی ناپایداری است که سبب می‌شود ائتلاف جمعی متلاشی شود و اعضای ائتلاف‌های دوتایی جدیدی تشکیل شود. شرط زیر برای چنین تخصیص‌هایی صادق است:

$$\sum_{i \in S} x_i < v(\{M\}), \forall M \subset N$$

همان‌طور که پیش‌تر ذکر شد، هسته بازی فوق، که دارای بی‌نهایت تخصیص عقلایی پایدار است، نمی‌تواند تخصیص یکتایی را معرفی نماید. از این رو، یکی از معیارهای تعیین تخصیص یکتا محاسبه ارزش شیلی است که در ادامه برای بازیکنان این بازی محاسبه می‌شود. در جداول ۷، ۸، و ۹ به ترتیب ارزش‌های شیلی برای قطر، نیجریه، و ترینیداد و توباگو محاسبه شده است.

جدول ۷. محاسبه ارزش شیلی برای قطر

ائتلاف با عضویت	$ M $	$[V(M) - V(M - \{i\})]$	$\frac{(M -1)!(n- M)!}{n!}$	$\frac{(M -1)!(n- M)!}{n!} [V(M) - V(M - \{i\})]$
{Q}	۱	$[V(Q) - V(f)] = 0$	$\frac{(1-1)!(3-1)!}{3!} = \frac{1}{3}$	$\left(\frac{1}{3}\right)(0) = 0$
{Q,T}	۲	$[V(Q,T) - V(T)] = 800,262,57$	$\frac{(2-1)!(3-2)!}{3!} = \frac{1}{6}$	$\left(\frac{1}{6}\right)(800,262,57) = 133,377,095$
{Q,N}	۲	$[V(Q,N) - V(N)] = 194,595,000$	$\frac{(2-1)!(3-2)!}{3!} = \frac{1}{6}$	$\left(\frac{1}{6}\right)(194,595,000) = 32,432,500$
{Q,N,T}	۳	$[V(Q,N,T) - V(N,T)] = (318,265,500 - 70,032,900) = 248,232,600$	$\frac{(3-1)!(3-2)!}{3!} = \frac{1}{3}$	$\left(\frac{1}{3}\right)(248,232,600) = 82,744,200$
$\phi Q(V)$	-			124,720,500

منبع: محاسبات محقق

برای ائتلاف {Q} در مقابل ائتلاف مکمل {N,T} آورده قطر صفر است، اما اگر قطر با ترینیداد و توباگو یک ائتلاف تشکیل دهد، متوسط آورده قطر معادل ۹,۵۴۳,۸۰۰ دلار است و در صورت تشکیل ائتلاف با نیجریه معادل ۳۲,۴۳۲,۵۰۰ دلار خواهد بود، و این در حالی است که در ائتلاف جمعی این رقم به ۸۲,۷۴۴,۲۰۰ دلار می‌رسد. بر اساس محاسبات فوق الذکر، ارزش شیلی برای قطر معادل با ۱۲۴,۷۲۰,۵۰۰ دلار است. به ترتیب مشابه، ارزش شیلی برای نیجریه و ترینیداد و توباگو را در جدول ۸ و ۹ محاسبه می‌کنیم.

جدول ۸. محاسبه ارزش شیلی برای نیجریه

ائتلاف با عضویت نیجریه	$ M $	$[V(M) - V(M - \{i\})]$	$\frac{(M -1)!(n- M)!}{n!}$	$\frac{(M -1)!(n- M)!}{n!} [V(M) - V(M - \{i\})]$
{N}	۱	$[V(N) - V(f)] = 0$	$\frac{(1-1)!(3-1)!}{3!} = \frac{1}{3}$	$\left(\frac{1}{3}\right)(0) = 0$
{Q,N}	۲	$[V(Q,N) - V(Q)] = 194,595,000$	$\frac{(2-1)!(3-2)!}{3!} = \frac{1}{6}$	$\left(\frac{1}{6}\right)(194,595,000) = 32,432,500$
{N,T}	۲	$[V(N,T) - V(T)] = 70,032,900$	$\frac{(2-1)!(3-2)!}{3!} = \frac{1}{6}$	$\left(\frac{1}{6}\right)(70,032,900) = 11,672,150$
{Q,N,T}	۳	$[V(Q,N,T) - V(Q,T)] = 261,002,700$	$\frac{(3-1)!(3-2)!}{3!} = \frac{1}{3}$	$\left(\frac{1}{3}\right)(261,002,700) = 87,000,900$
$\phi N(V)$	-			131,105,550

منبع: محاسبات محقق

جدول ۹. محاسبه ارزش شیلی برای ترینیداد و توباگو

ائتلاف با عضویت ترینیداد و توباگو	$ M $	$[V(M) - V(M - \{i\})]$	$\frac{(M -1)!(n- M)!}{n!}$	$\frac{(M -1)!(n- M)!}{n!} [V(M) - V(M - \{i\})]$
{T}	۱	$[V(T) - V(f)] = 0$	$\frac{(1-1)!(3-1)!}{3!} = \frac{1}{3}$	$\left(\frac{1}{3}\right)(0) = 0$
{Q,T}	۲	$[V(Q,T) - V(Q)] = 57,262,800$	$\frac{(2-1)!(3-2)!}{3!} = \frac{1}{6}$	$\left(\frac{1}{6}\right)(57,262,800) = 9,543,800$
{N,T}	۲	$[V(N,T) - V(N)] = 70,032,900$	$\frac{(2-1)!(3-2)!}{3!} = \frac{1}{6}$	$\left(\frac{1}{6}\right)(70,032,900) = 11,672,150$
{Q,N,T}	۳	$[V(QNT) - V(QN)] = 133,67,500$	$\frac{(3-1)!(3-2)!}{3!} = \frac{1}{3}$	$\left(\frac{1}{3}\right)(318,265,500 - 194,595,000) = 41,439,450$
$\phi T(V)$	-			۶۲,۴۳۹,۴۵۰

منبع: محاسبات محقق

ملاحظه می شود که قطر ۳۹/۱۹ درصد، نیجریه ۴۱/۱۹ درصد، و ترینیداد و توباگو ۱۹/۶۲ درصد از کل صرفه جویی را نصیب خود می کنند. جدول ۱۰ نشان دهنده هزینه واقعی هر کشور در صورت تشکیل ائتلاف جمعی در صادرات به سه بازار ژاپن، اسپانیا، و آمریکا است که پس از کسر سهم صرفه جویی هر یک از کشورهای منتخب مجمع از هزینه صادرات آن ها در صورت عدم تشکیل ائتلاف محاسبه شده است.^۱

جدول ۱۰. محاسبه هزینه واقعی صادرات سه کشور منتخب در صورت تشکیل ائتلاف جمعی

جمع	کشورهای منتخب صادرکننده LNG			شرح
	ترینیداد و توباگو	نیجریه	قطر	
۲,۱۳۳,۵۰۳,۴۰۰	۲۱۶,۱۶۳,۵۰۰	۴۸۸,۸۴۰,۱۰۰	۱,۴۲۸,۴۹۹,۸۰۰	هزینه کشور صادرکننده در صورت عدم تشکیل ائتلاف
۳۱۸,۲۶۵,۵۰۰	۶۲,۴۳۹,۴۵۰	۱۳۱,۱۰۵,۵۵۰	۱۲۴,۷۲۰,۵۰۰	صرفه جویی در هزینه در صورت تشکیل ائتلاف
۱,۸۱۵,۲۳۷,۹۰۰	۱۵۳,۷۲۴,۰۵۰	۳۵۷,۷۳۴,۵۵۰	۱,۳۰۳,۷۷۹,۳۰۰	هزینه کشور صادرکننده پس از تشکیل ائتلاف

منبع: محاسبات محقق

۱. البته، این امکان وجود دارد که اعضای ائتلاف ارزش شیلی را نپذیرند یا بر سر منافع حاصل چانه زنی کنند که در این مقاله موضوع بحث ما نیست و می تواند موضوع تحقیقات آینده باشد.

همان طور که ملاحظه می‌شود، تشکیل ائتلاف جمعی هزینه هر کشور عضو مجمع را، با توجه به میزان معامله در سواپ، کاهش می‌دهد. این کاهش هزینه برای نیجریه، با توجه به نقشی که در حجم معاملات سواپ دارد، بیشتر است. به ترتیب مشابه می‌توان ائتلاف‌های دیگری از اعضا را معرفی کرد و سهم هر یک از اعضا را در پیوستن به ائتلاف جمعی در گروه‌های جدید محاسبه نمود.

۶. جمع‌بندی

در بخش پیشین، نخست حالت‌های ممکن برای همکاری میان کشورهای عضو مجمع در صادرات LNG بررسی شد. سپس، با استفاده از الگوی فعلی صادرات، حالت‌های ممکن برای همکاری بالفعل کشورهای صادرکننده LNG مجمع توضیح داده شد. با بررسی مدل ریاضی بازی همکارانه، فرم استراتژیک و توابع مشخصه بازی را به دست آوردیم. بر این اساس، مازاد نهایی ناشی از هر ائتلاف محاسبه شد. یکی از مسائل بازیکنان در یک ائتلاف نحوه تخصیص این مازاد به اعضاست. در روش هسته، تخصیص‌های عقلایی پایدار به دست می‌آید، اما مشکل این روش آن است که در برخی موارد هسته بازی تهی است و در برخی موارد هسته بازی دارای بی‌نهایت تخصیص عقلایی پایدار است. بنابراین، برای محاسبه یک تخصیص یکتا از روش شپلی استفاده شد. اساس این روش محاسبه متوسط مازاد نهایی هر یک از بازیکنان به ائتلاف‌های ممکن است.

برای به‌کارگیری نظریه بازی همکارانه در همکاری اعضای مجمع در صادرات LNG، یک ائتلاف عمومی متشکل از سه کشور اصلی صادرکننده به سه بازار اصلی واردکننده در نظر گرفته شد. این سه کشور منتخب عبارت‌اند از: قطر، نیجریه، و ترینیداد و توباگو، که به ترتیب از صادرکنندگان LNG از سه حوزه خلیج فارس، افریقای شمالی، و حوزه کارائیب‌اند، ضمن آنکه دارای گسترده‌ترین الگوی تجارت LNG در بین کشورهای عضو مجمع‌اند. از این رو، ائتلافی که موضوع بحث قرار گرفت جامع‌ترین حالتی است که می‌توان از میان ائتلاف‌های ممکن در همکاری اعضای مجمع مطرح کرد. سه واردکننده بزرگ نیز از سه حوزه اصلی مصرف، یعنی آسیا-پاسیفیک، آمریکای شمالی، و اروپا، در نظر گرفته شد، که به ترتیب عبارت‌اند از: ژاپن، آمریکا، و اسپانیا، که دارای جامع‌ترین الگوی واردات LNG از کشورهای صادرکننده LNG در مجمع و غیرمجمع‌اند.

با استفاده از ماتریس هزینه‌های مربوط به صادرات LNG از کشورهای عضو مجمع به ۱۰ بازار اصلی واردکننده LNG در جهان (جدول ۱)، یک بازی همکارانه برای این سه کشور صادرکننده معرفی و ائتلاف‌های ممکن این بازی مشتمل بر هفت ائتلاف تعریف شد. هزینه‌های بازیکنان در هر یک از ائتلاف‌ها محاسبه و نتایج حاصل از صرفه‌جویی در این همکاری‌ها به دست آمد. ضمن تعیین محدوده تخصیص‌های عقلایی پایدار در روش هسته، ارزش‌های شیلی هر یک از کشورها از مقادیر صرفه‌جویی نیز محاسبه شد.

بدین ترتیب، می‌توان نتیجه گرفت که ظرفیت بسیار بالایی برای همکاری کشورهای عضو مجمع برای صادرات گاز به صورت LNG وجود دارد، زیرا - به رغم آنکه عملکرد واقعی اعضای مجمع به خوبی این نکته را نشان می‌دهد که اکثر صادرکنندگان LNG بازاریابی را هدف قرار داده‌اند که حداقل هزینه حمل را داشته است - صادرکنندگان بزرگ مجمع بر متنوع‌سازی بازارهای هدف صادراتی نیز توجه ویژه دارند. جدول ۱ نشان می‌دهد که ۴۸/۴ درصد صادرات LNG قطر به کشورهای منتخب آسیایی و ۳۸/۶ درصد آن به کشورهای منتخب اروپایی و آمریکاست که هزینه حمل آن به مراتب بیش از بازارهای آسیایی است. در مورد مصر نیز ۶۱/۵۳ درصد صادرات LNG به کشورهای منتخب اروپایی و ۳۸/۴۶ درصد آن به کشورهای منتخب آسیایی است. این آمار برای ترینیداد و توباگو نیز ساختار مشابهی دارد، یعنی ۶۶/۳۷ درصد صادرات به کشورهای منتخب اروپایی و آمریکا انجام می‌شود، در حالی که ۳۳/۶۲ درصد صادرات LNG این کشور به کشورهای منتخب آسیایی است. ساختار مشابهی در صادرات نیجریه به دو حوزه ذکر شده نیز وجود دارد. بنابراین، الگوی فعلی صادرات LNG اعضای GECF نشان می‌دهد که هر چند عمده صادرات این کشورها بر اساس نزدیکی فواصل جغرافیایی به بازارهای هدف است، آن‌ها به دنبال متنوع‌سازی بازارهای هدف صادراتی خود نیز هستند. بنابراین، در قالب الگوی فعلی، چنانچه GECF بتواند به عنوان یک نهاد نظارتی بر همکاری‌های اعضا در سواپ LNG نظارت نماید، ضمن تأمین متنوع‌سازی بازارهای صادراتی، صرفه‌جویی در هزینه صادرات نیز برای اعضا امکان‌پذیر می‌شود.

منابع

۱. پاک‌سرشت، سعید (۱۳۸۹). «آشنایی با صنعت گاز ایران و جهان»، فصل نوزدهم از کتاب صنعت نفت و گاز به زبان غیر فنی، مستند ۳۲ کارگاه پژوهشی، به کوشش عاطفه تکلیف (پائیز ۱۳۹۱)، تهران: انتشارات کمیل، ۵۷۷ - ۶۰۳.
۲. ترکان، اکبر (۱۳۹۱). «نقش گاز طبیعی در امنیت ملی ایران، روسیه، و قطر؛ مطالعه تطبیقی»، فصلنامه راهبرد اقتصادی، فصلنامه علمی - پژوهشی مرکز تحقیقات استراتژیک، ۱ (۱)، ۱۴۵ - ۱۹۸.
۳. تکلیف، عاطفه (۱۳۸۹). «استراتژی بلندمدت اوپک با توجه به تحولات بازار جهانی نفت»، فصلنامه راهبرد اقتصادی، فصلنامه علمی - پژوهشی مرکز تحقیقات استراتژیک، ۵۷، ۱۳۳ - ۱۵۴.
۴. تکلیف، عاطفه (۱۳۸۹). صنعت نفت و گاز به زبان غیر فنی، مستند ۳۲ کارگاه پژوهشی، به کوشش عاطفه تکلیف (پاییز ۱۳۹۱)، تهران: انتشارات کمیل، ۹۶۶ ص.
۵. تکلیف، عاطفه (۱۳۹۱). «امکان‌پذیری همکاری یا رقابت بین اعضای مجمع کشورهای صادرکننده گاز در صادرات گاز طبیعی از طریق خط لوله»، فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی، ۵، ۴۹ - ۷۹.
۶. جعفرزاده، امیر و نیسی، عبدالساده (۱۳۹۱). «تحلیل سیاست صادرات گاز به کشورهای هند و پاکستان در چارچوب نظریه بازی‌ها»، فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی، ۱ (۲)، ۷۳ - ۹۱.
۷. درخشان، مسعود (۱۳۸۱). «اوپک و منافع ملی»، مجلس و پژوهش، ویژه نامه نفت و منافع ملی، ۹ (۳۴)، ۱۳ - ۶۶.
۸. درخشان، مسعود (۱۳۸۹). «ملاحظات استراتژیک در تدوین سیاست‌گذاری‌های بالادستی نفت و گاز کشور»، نشریه راهبرد، فصلنامه علمی - پژوهشی مرکز تحقیقات استراتژیک، ویژه‌نامه اقتصادی، ۵۷، ۱۰۹ - ۱۳۲.
۹. درخشان، مسعود (۱۳۹۱). «امنیت انرژی و تحولات آینده بازارهای نفت و گاز»، نشریه راهبرد، فصلنامه علمی - پژوهشی مرکز تحقیقات استراتژیک، ۲۱ (۶۴)، ۱۵۹ - ۱۸۸.

۱۰. عبدلی، قهرمان (۱۳۸۶). نظریه بازی‌ها و کاربردهای آن (بازی‌های ایستا و پویا با اطلاعات کامل)، تهران: انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران، ۴۵۳ ص.
۱۱. عبدلی، قهرمان (۱۳۹۱). نظریه بازی‌ها و کاربردهای آن (بازی‌های اطلاعات ناقص، تکاملی و همکارانه)، تهران: انتشارات سمت، ۳۵۲ ص.
۱۲. عبدلی، قهرمان و عمیدی، پژمان (۱۳۹۱). «بررسی تأثیر تشکیل کارتل گازی بر روند استخراج ذخایر با رویکرد نظریه بازی»، فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی، ۱ (۴)، ۱۱۷ - ۱۴۴.
۱۳. عبدلی، قهرمان و ماجد، وحید (۱۳۹۱). «بررسی رفتار اوپک در قالب یک بازی همکارانه»، فصلنامه تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی، ۷، ۲۷ - ۵۰.
۱۴. مهدوی عادل، محمدحسین، فلاحی، محمدعلی، عبدلی، قهرمان، و دهنوی، جلال (۱۳۹۱). «تدوین بازی همکارانه بین کشورهای عضو مجمع کشورهای صادرکننده گاز در زمینه صادرات گاز از طریق خط لوله». فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، ۹ (۳۵)، ۱ - ۲۱.
۱۵. مهربابی راد، سینا (۱۳۹۱). «یک مدل نظریه بازی همکارانه برای تحلیل خط لوله صلح»، رساله کارشناسی ارشد، دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران، به راهنمایی دکتر قهرمان عبدلی و مشاوره دکتر علی امامی مینیدی.
16. Bahgat, G. (2008). Gas OPEC? Rhetoric versus Reality. *The Journal of Social, Political, and Economic Studies*, Washington, Fall, 33 (3), 281-295.
17. BP Statistical Review of World Energy (2012). <http://www.bp.com>.
18. Brito, D.L. & Hartley, P.R. (2007). Expectations and the Evolving World Gas Market. *Energy Journal*, 28 (1), 1-24.
19. BP Energy Outlook 2035 (2014). bp.com/energyoutlook, January.
20. Dixit, A. & Skeath, S. (1999). *Games of Strategy*, W.W. Norton & Company.
21. Engevall, S., Göthe-Lundgren, M. & Värbrand, P. (1998). The Traveling Salesman Game: An Application of Cost Allocation in a Gas and Oil Company, *Annals of Operations Research*, 82(1), 453-472.

22. Finon, D. (2007). Russia and the "Gas-OPEC": Real or Perceived Threat?. IFRI Russia/NIS Center, Paris.
23. Finon, D. (2011). The EU Foreign Gas Policy of Transit Corridors: Autopsy of the Stillborn Nabucco Project, OPEC Energy Review, March, 47-69.
24. Gabriel, S.A., Rosendahl, K.E., Egging, R. & Siddiqui, H.G.S. (2012). Cartelization in Gas Markets: Studying the Potential for a "Gas OPEC". Energy Economics, 34, 137-152.
25. GECF (2012). The Study on the Cost of Gas Transportation. Energy and Gas Market Analysis Department, September.
26. GECF Secretariat (2012). Energy and Gas Market Analysis, www.gecf.org.
27. Grecker, M. & Sagen, E. (2008). Explaining Experience Curves for New Energy Technologies: A Case Study of Liquefied Natural Gas. Energy Economics, 30, 2899-2911.
28. Holz, F., Hirschhausen, C.V. & Kemfert, C. (2008). A Strategic Model of European Gas Supply (GASMOD). Energy Economics, 30(3), 766-788.
29. Huntington, H.G. (2009). World Natural Gas Markets and Trade: A Multi-Modeling Perspective. The Energy Journal, Special Issue.
30. International Energy Agency (2013). World Energy Outlook.
31. Jaffe, A.M. & Soligo, R. (2006). Market Structure in the New Gas Economy: Is Cartelization Possible? in D.G. Victor, A.M. Jaffe & Hayes, M.H. (Eds.). Natural Gas and Geopolitics: From 1970-2040, Chapter 12, Cambridge University Press.
32. Jensen, J.T. (2003). The LNG Revolution, Energy Journal, 24(2), 14-58.
33. Kiselev, V. Yu. (2005). Cooperative Games: Historical Problems, Modern Theory, The Mathematical Intelligencer, 27(3), 33-40.
34. Maskin, E. (2003). Coalitional Bargaining with Externalities. Keynote Lecture for the European Economic Association Conference, Stockholm.
35. Massol, O. & Tchong-Ming, S. (2010). Cooperation Among Liquefied Natural Gas Supplier: Is Rationalization the Sole Objective?. Energy Economics, 32, 933-947.
36. Moryadee, S., Steven, A., Gabriel, H. & Avetisyan, G. (2014). Investigating the Potential Effect of US LNG Exports on Global Natural Gas Markets. Energy Strategy Reviews, 2, 273-288.

37. Neumann, A. (2009). Linking Natural Gas Markets: Is LNG Doing Its Job?. *The Energy Journal*, Special Issue: World Natural Gas Markets and Trade: A Multi-Modeling Perspective, 187-199.
38. Orttung, R.W. & Overland, I. (2011). Russia and the Formation of Gas Cartel, *Problems of Post-Communism*, 58(3), 53-66.
39. Paltsev, S. (2014). Scenario for Russia's Natural Gas Export to 2050, *Energy Economics*, 42, 262-270.
40. Rosendahl, K.E. & Sagen, E.L. (2009). The Global Natural Gas Market: Will Transport Cost Reductions Lead to Lower Prices?. *Energy Journal*, 30(2), 17-40.
41. US Energy Information Administration (2012). *Annual Energy Outlook with Projections to 2035*, June.
42. Wagbara, O.N. (2007). How Would the Gas Exporting Countries Forum Influence Gas Trade?. *Energy Policy*, 35, 1224-1234.
43. Wood, D.A. (2012). A Review and Outlook for the Global LNG Trade, *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 9, 16-22.
44. www.cedigaz.com
45. www.globalnginfo.com