تحقیقات اقتصادی / دورهٔ ۴۹، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۳ / ص ۸۶۸-۸۳۵

همکاری اعضای منتخب مجمع کشورهای صادرکنندهٔ گاز در صادرات LNG رویکرد نظریهٔ بازی‌های همکارانه

عاطفه تکلیف*

استادیار دانشکدهٔ اقتصاد دانشگاه علامه طباطبایی 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 هزینهٔ حمل LNG و الگوی جغرافیایی تجارت جهانی آن، ماتریس هزینهٔ حمل LNG از کشورهای منتخب صادرکنندهٔ عضو مجمع به کشورهای منتخب واردکنندهٔ LNG مدون شده است. به کمک این ماتریس، همکاری کشورهای منتخب عضو مجمع در صادرات LNG با رویکرد بازی‌های همکارانه به عنوان یک مطالعهٔ موردی بررسی و، ضمن بیان ائتلاف‌های ممکن، توابع مشخصه و صرفه‌جویی‌های حاصل از ائتلاف محاسبه شده است. تخصیص عقلایی پایدار بر مبنای هستهٔ بازی و تخصیص مازاد صرفه‌جویی بر اساس ارزش‌های شپلی 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 نظریهٔ 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 شپلی، بازی‌های همکارانه، گاز طبیعی مایع‌شده (LNG)، مجمع کشورهای صادرکنندهٔ گاز طبیعی (GECF)

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۲۱۸۸۷۲۵۴۰

۱. مقدمه

به‌رغم کاهش عرضهٔ مورد انتظار برای نفت خام در قرن بیست‌ویکم، رشد اقتصادی کشورهای در حال توسعه، به‌ویژه 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 زمین‌گرمایی برای جبران کاهش انرژی‌های حاصل از نفت خام کافی نیست، همهٔ امیدها معطوف به بهره‌برداری بیشتر از مخازن گاز طبیعی و زغال‌سنگ شده است. ملاحظات زیست‌محیطی از یک سو و بهره‌برداری بسیار طولانی از معادن موجود زغال‌سنگ از سوی دیگر به همراه هزینه‌های سنگین حمل و نقل و حجم بسیار کم انرژی موجود در زغال‌سنگ 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 پیشرفتهٔ صنعتی و کشورهای در حال توسعه نسبت به امنیت عرضهٔ گاز طبیعی در قرن بیست‌ویکم بسیار نگران‌اند. این نگرانی در سیاست‌گذاران بخش انرژی در کشورهای صنعتی و در حال توسعه فقط محدود به امکان دسترسی به ذخایر شناخته‌شدهٔ گاز طبیعی نیست، بلکه مسئلهٔ بسیار جدی‌تر مشکلات مرتبط با حمل و نقل گاز طبیعی به نقاط عمدهٔ مصرف گاز، به‌ویژه 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 پی (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 عرضهٔ 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 CH۳-O-CH۳ 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 واسطهٔ فعل و انفعال فیزیکی به‌دست می‌آید (پاک‌سرشت، ۱۳۸۹).

مهم‌ترین عامل تأثیرگذار فاصلهٔ جغرافیایی است[۱]، بنابراین، برای صادرات گاز به مقاصد نزدیک از خط لوله استفاده می‌شود و، در صورت وجود زیرساخت‌های مناسب، الگوی صادرات گاز به مناطق دورتر مبتنی بر صادرات LNG است. الگوی تجارت فعلی LNG نشان دهندهٔ آن است که در صورت وجود بازارهای مشترک میان کشورهای صادرکننده صرفه‌جویی ناشی از کاهش هزینهٔ حمل و نقل، به دلیل نزدیکی فواصل جغرافیایی، امکان‌پذیر است. در چنین شرایطی، طرح پیشنهاد تأسیس مجمع کشورهای صادرکنندهٔ گاز (GECF)[۲] در سال ۲۰۰۱ در تهران موجب شد که، علاوه بر مسائل مرتبط با تأمین امنیت عرضهٔ 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 نظریهٔ بازی‌های همکارانه است.

پس از مروری بر پیشینهٔ تحقیق در بخش دوم، به دسته‌بندی کشورهای عضو مجمع برای همکاری‌های متقابل در صادرات LNG در بخش سوم و مدل ریاضی بازی‌های همکارانه در بخش چهارم پرداخته شده است. در بخش پنجم، یک مطالعهٔ موردی در خصوص ائتلاف سه عضو مجمع برای صادرات به سه کشور عمده واردکنندهٔ LNG بررسی شده است و بخش ششم به جمع‌بندی اختصاص دارد.

۲. پیشینهٔ تحقیق

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

---

۱. خاطرنشان می‌شود که، علاوه بر لزوم سرمایه‌گذاری‌های 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 عرضهٔ انرژی به مشتریان اروپایی روسیه یکی از مصادیق این امر است.

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

مطالعاتی انجام شده است که عمدتاً بر قدرت بازاری مجمع به منزلهٔ یک کارتل متمرکز است. جف و سولیگو[1] (۲۰۰۶) برای نخستین بار مدل بنگاه مسلط را برای تحلیل رفتار مجمع به‌کار 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. فرضیهٔ 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[2]، ۲۰۱۰).

واگبارا[3] (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[4] (۲۰۰۸)، با بررسی عوامل بنیادین در شکل گیری و رفتار بازارهای نفت و گاز و شناسایی پارامترهایی که وجوه تمایز این دو بازار را از یکدیگر تعیین می‌کنند، به این نتیجه می‌رسد که این مجمع تفاوت‌های اساسی با اوپک دارد، بنابراین، حداقل در آیندهٔ نزدیک نمی‌تواند به اوپکِ گازی تبدیل شود. رفتار مجمع از منظر اوپک گازی در مطالعهٔ گابریل و همکاران[5] (۲۰۱۲) با استفاده از یک «مدل بزرگ تعادل انرژی» تحلیل و، من بررسی امکان شکل گیری کارتل گازی در آینده، تأثیر آن در قیمت گذاری گاز در نواحی مختلف ارزیابی شده است. همچنین، به این سؤال پرداخته شده که اعضای این کارتل گازی تا چه میزان می توانند از حضور در این کارتل سودآوری کنند. اورتونگ و اورلند[6] (۲۰۱۱) مجمع را در چارچوب اوپک گازی بررسی و جایگاه ویژهٔ 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. Tchung-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 رهبریِ این کارتل را برعهده بگیرد.

در مطالعات انگِوال و همکاران[1] (۱۹۹۸)، فینون[2] (۲۰۰۷)، هولز و همکاران[3] (۲۰۰۸)، هانتینگتون[4] (۲۰۰۹)، نویمن[5] (۲۰۰۹)، و روزندال و ساجن[6] (۲۰۰۹) تمرکز تمرکز اصلی بر صادرات گاز از طریق خط لوله است. در چنین چارچوبی استفاده از نظریهٔ بازی های همکارانه عمدتاً به این نتیجه منجر می‌شود که منافع برخی اعضای مجمع در آن است که با ایجاد فضای مناسب‌تر وارد ائتلاف نشوند.[7]

عبدلی و عمیدی (۱۳۹۱) تشکیل کارتل گازی را بر روند استخراج از منظر نظریهٔ بازی‌ها بررسی نموده‌اند. بر اساس نتایج یک مدل بین دوره‌ای برای استخراج منابع پایان‌پذیر، قاعدهٔ استخراج خطی است؛ به گونه‌ای که در صورت یکسان‌بودن نرخ تنزیل استخراج‌کننده‌ها ضریب شیب استخراج‌کننده‌ها یکسان است. تفاوت در هزینه‌ها 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 رابطهٔ خطی قوی بین استخراج و ذخایر نشان داده شده است؛ به گونه‌ای که ضریب شیب برای کشورهایی با ذخایر بزرگ‌تر کمتر تخمین زده می‌شود.

درخشان (۱۳۹۱) به بررسی سیاست های تجاری کشورهای بزرگ صادرکنندهٔ 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 میان‌مدت و بلندمدت (افق زمانی ۲۰۳۵)، کشورهای مصرف کننده، به‌ویژه بازار مصرف رو به رشد چین، در معرض عدم امنیت عرضهٔ 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 می‌توان به استراتژی کشورهایی چون روسیه و نروژ در نپیوستن به اوپک اشاره کرد، زیرا منافع این دو کشور بدون حضور در اوپک بهتر تأمین می‌شود تا اینکه به صورت رسمی وارد اوپک شوند (درخشان، ۱۳۸۱؛ تکلیف، ۱۳۸۹).

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

مهدوی عادلی و همکاران (۱۳۹۱) صادرات گاز با خط لوله در کشورهای عضو مجمع را از منظر نظریهٔ 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 زمینهٔ ترانزیت گاز داشته باشند. در تحلیل رفتار کشورهای صادرکنندهٔ گاز از طریق نظریهٔ بازی‌ها می‌توان به مطالعهٔ 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 بازی های همکارانه و با استفاده از روش ماسکین[۱] بررسی شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که موقعیت بهینه برای هر دو کشور صادرنکردنِ 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: صرفه های ناشی از مقیاس در طراحی واحدهای جدید تولید LNG (ینزن[۳]، ۲۰۰۳)، افزایش رقابت در بین عرضه‌کنندگان دانش فنی LNG (گریکر و ساجن[۴]، ۲۰۰۸)، و کاهش هزینهٔ حمل و نقل در قیمت تمام‌شدهٔ 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 نموده اند: وود (۲۰۱۲) به جنبه‌های

1. Erik Maskin (2003)

۲. بر اساس گزارش منتشرشده توسط بی پی، تجارت جهانی LNG در دههٔ اول قرن بیست‌ویکم به طور متوسط سالیانه حدود ۱۱/۷ درصد رشد داشته است. در سال ۲۰۱۲ سهم تجارت LNG از تجارت جهانی گاز طبیعی بیش از ۳۱/۷ 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 سالنامهٔ 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 توسعهٔ گازهای غیرمتعارف در تحولات آتی تقاضای جهانی گاز و اکتشاف گاز در عمق دریاها، به ویژه در شرق افریقا و شرق مدیترانه، توجه نموده است. پالتسف (۲۰۱۴) نقش روسیه به عنوان بزرگ‌ترین صادرکنندهٔ 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 ملاحظهٔ گازهای غیرمتعارف در آمریکا، امکان بالقوهٔ صادرات LNG توسط این کشور و تأثیر آن در تجارت جهانی LNG را در چارچوب یک مدل نظریهٔ بازی بررسی نموده‌اند.

عوامل فوق‌الذکر موجب شده است که حمل و نقل دریایی LNG به‌سرعت رشد کند و بازارهای بسیار دوردستی را در بازار LNG ادغام نماید. از این دیدگاه می توان ادعا کرد که مجمع نهادی است که با ایجاد فضای مناسب برای همکاری کشورهای عضو می تواند 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، هزینهٔ حمل، و حجم صادرات

بررسی ترکیب اعضای مجمع به منظور تحلیل نقشی که این سازمان می تواند در بازار گاز ایفا کند حائز اهمیت است. در حال حاضر، سیزده کشور ـ الجزایر، امارات، ایران، بولیوی، ترینیداد و توباگو، روسیه، عمان، قطر، گینهٔ استوایی[1]، لیبی، مصر، نیجریه، و ونزوئلا ـ 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[2] (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 سالنامهٔ آماری بی‌پی (۲۰۱۳)، ایران با ۳۳/۶ تریلیون متر مکعب ذخایر اثبات‌شدهٔ گاز طبیعی دارای مقام اول در جهان است و بعد از آنْ روسیه با ۳۲/۹ تریلیون متر مکعب در رتبهٔ دوم قرار دارد.

همکاری میان کشورهای عضو مجمع در صادرات گاز طبیعی به صورت LNG را می‌توان با استفاده از هزینهٔ حمل هر میلیون بی‌تی‌یو (Btu)[1] LNG از ۱۰ کشور صادرکنندهٔ 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 صادرکنندهٔ عضو مجمع به کشور واردکننده بر حسب مایل دریایی (nm)[2]؛ ب) هزینهٔ حمل LNG برای هر میلیون Btu بر حسب دلار؛ ج) حجم صادرات LNG بر حسب میلیارد متر مکعب.

عملکرد واقعی اعضای مجمع به‌خوبی این نکته را نشان می‌دهد که اکثر صادرکنندگان LNG در مجمع بازارهایی را هدف قرار داده‌اند که حداقل هزینهٔ حمل را داشته است، مثلاً روسیه فقط به چین، ژاپن، کرهٔ جنوبی، تایوان، و تایلند در حوزهٔ آسیا-پاسیفیک LNG صادر می‌کند. هزینهٔ حمل تئوریک هر میلیون Btu صادرات LNG روسیه به آمریکا یا فرانسه به‌ترتیب 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، هزینه های 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 می پردازیم. نخست کشورهای صادرکنندهٔ LNG را به سه گروه به شرح ذیل دسته‌بندی می‌کنیم:

- صادرکنندگان شمال و غرب افریقا: لیبی، مصر، الجزایر، نیجریه، و گینه؛
- صادرکنندگان حوزهٔ 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، کرهٔ 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 واردکنندهٔ LNG

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

صادرکنندگان	واردکنندگان	ژاپن	کرهٔ جنوبی	تایوان	چین	هند	فرانسه	انگلستان	اسپانیا	ایتالیا	آمریکا
روسیه	فاصله	۸۴۰	۸۴۴	۱۲۸۴	۹۴۲	–	–	–	–	–	–
	هزینهٔ حمل	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۴۲	۰/۳۲	–	–	–	–	–	–
	صادرات	۹/۸	۳/۹	۰/۳	۰/۳	–	–	–	–	–	–
قطر	فاصله	۶۴۸۲	۶۱۲۰	۵۲۸۶	۵۱۷۲	۱۲۴۵	۴۵۳۰	۶۱۸۴	۴۰۶۰	۳۹۳۶	۹۵۶۴
	هزینهٔ حمل	۱/۷۷	۱/۶۴	۱/۴۴	۱/۴۵	۰/۳۹	۱/۳۲	۱/۶۶	۱/۲۱	۱/۱۶	۲/۴۰
	صادرات	۱۵/۸	۱۱/۱	۵/۳	۳/۲	۱۳	۳/۲	۲۱/۹	۴/۸	۶/۱	۲/۶
امارات	فاصله	۶۴۸۲	–	۵۲۸۶	–	۱۲۴۵	–	–	–	–	–
	هزینهٔ حمل	۱/۷۷	–	۱/۴۴	–	۰/۳۹	–	–	–	–	–
	صادرات	۷/۷	–	۰/۱	–	۰/۲	–	–	–	–	–
عمان	فاصله	۶۰۵۱	۵۶۷۳	۴۸۳۹	–	۷۹۸	–	–	۳۵۱۹	–	–
	هزینهٔ حمل	۱/۶۵	۱/۵۲	۱/۳۳	–	۰/۲۹	–	–	۱/۰۲	–	–
	صادرات	۵/۴	۵	۰/۲	–	۰/۱	–	–	۰/۲	–	–
الجزایر	فاصله	–	–	–	–	–	۴۰۱	۱۵۱۴	۳۴۹	۴۶۱	–
	هزینهٔ حمل	–	–	–	–	–	۰/۱۲	۰/۴۶	۰/۱۸	۰/۲۱	–
	صادرات	–	–	–	–	–	۵/۷	۰/۲	۴	۱/۶	–
لیبی	فاصله	–	–	–	–	–	–	–	۱۰۷۰	–	–
	هزینهٔ حمل	–	–	–	–	–	–	–	۰/۳۵	–	–
	صادرات	–	–	–	–	–	–	–	۰/۱	–	–
مصر	فاصله	۷۸۲۷	۷۴۶۵	۶۶۳۱	۷۰۵۷	۲۹۵۸	۱۶۰۶	۳۲۶۰	۱۶۷۷	۱۰۱۲	۶۶۴۰
	هزینهٔ 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 واردکنندهٔ LNG

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

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

منبع: گزارش درون‌سازمانی «دفتر تحلیل بازار گاز و انرژی»، دبیرخانهٔ مجمع و نیز سالنامهٔ آماری بی‌پی (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 صادرکنندهٔ عضو مجمع را درنظر گرفت که قصد دارند در صادرات به سه کشور اصلی واردکنندهٔ LNG با یکدیگر همکاری کنند، مثلاً می توان 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، امکان‌پذیر 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 می‌تواند تعریف شود.

به ترتیبی مشابه می توان کلیهٔ حالات سه‌گانهٔ ممکن برای بازارهای مصرف را از بین ۱۰ کشور اصلی واردکنندهٔ LNG تعریف کرد و حالات مختلف صادرات هر زیرمجموعهٔ سه‌تایی از کشورهای اصلی صادرکنندهٔ 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 جنبهٔ نظری دارد، زیرا عملاً تجارت LNG بین آن‌ها صورت نمی‌پذیرد.

جدول ۱ نشان می‌دهد که زمینه‌های بسیار مناسبی برای همکاری بین صادرکنندگان LNG در مجمع وجود دارد. از این رو، سناریوهای مختلفی برای همکاری بین کشورهای صادرکنندهٔ LNG در مجمع وجود دارد که در این مقاله با استفاده از نظریهٔ بازی های همکارانه به یک مطالعهٔ موردی پرداخته شده است. مطالعهٔ موردی در این مقاله حالتی است که سه کشور قطر، نیجریه، و ترینیداد و توباگو وارد همکاری شوند. در واقع، این انتخاب می‌تواند عمومی‌ترین حالت را در همکاری نشان دهد، زیرا قطر یک کشور صادرکننده از حوزهٔ خلیج فارس است، نیجریه یک صادرکننده از شمال افریقا، و ترینیداد و توباگو یک صادرکننده از حوزهٔ کارائیب. بازارهای مصرف را سه کشور ژاپن، اسپانیا، و آمریکا درنظر می‌گیریم، که به‌ترتیب معرف مصرف‌کنندگان اصلی در حوزه‌های آسیا- پاسیفیک، اروپا، و آمریکای شمالی‌اند. بنابراین، اگر ماتریس پیامدها و شرایط تعادل را برای این مثال به‌دست آوریم، به ترتیبی مشابه می توان برای کلیهٔ حالات دیگر نیز محاسبات مربوط را انجام داد. اما پیش از ورود به این مبحث و حل مسئله، نخست مدل ریاضی بازی‌های همکارانه و حل آن را مرور خواهیم کرد.

۴. مدل ریاضی بازی‌های همکارانه

بازی‌های همکارانه در مقابل «بازی‌های غیرهمکارانه»[1] تعریف می‌شود. بازیکنان در بازی‌های غیرهمکارانه برای حداکثرکردن 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 همکارانهٔ بازیکنان سعی می‌کنند، برای دستیابی به منافع بیشتر، با بازیکن یا سایر بازیکنان همکاری نمایند. در این صورت به مجموعهٔ تکی، دوتایی، یا چندتایی از بازیکنان اصطلاحاً ائتلاف[2] گفته می‌شود.[3]

در نظریهٔ بازی‌های همکارانهٔ تمرکز اصلی بر شکل‌گیری ائتلاف‌های ممکن و محاسبهٔ مازادی[4] است که از طریق شکل‌گیری هر ائتلاف عاید مجموعهٔ بازیکنان عضو آن ائتلاف می‌شود. قدم بعدی، نحوهٔ تخصیص مازاد به‌دست‌آمده بین بازیکنان است که این امر در بازی‌های همکارانه با مطلوبیت انتقال‌پذیر[5] مطرح می‌شود.[6] تخصیص مازاد انگیزه‌ای برای بازیکنان ایجاد می‌کند تا به ائتلاف‌های ممکن بپیوندند.

در یک بازی عمومی با n بازیکن، هر زیرمجموعه‌ای (به‌جز مجموعهٔ تهی) از مجموعهٔ بازیکنان $N=\{1,2,3,...,n\}$ را یک ائتلاف، C، می نامیم. 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،[7] بازی

---

1. Non-cooperative games
2. Coalition

۳. مطالب این بخش مبتنی بر کتاب قهرمان عبدلی (۱۳۹۱) و مقالهٔ 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 چانه‌زنی نش استفاده می‌شود، اما اگر بیش از دو بازیکن در یک بازی همکارانه مشارکت داشته باشند، راه‌حل‌های دیگری نظیر هسته (Core)، محاسبهٔ ارزش شپلی (Shapley Value)، شپلی شوبیک (Shapley-Shubik)، و نوکلیلس 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 اندازهٔ 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. به‌سهولت می‌توان دید که تعداد کل زیرمجموعه‌های N، که شامل یک یا دو یا n بازیکن از n عضو مجموعه N باشد برابر است با n و تعداد ممکن ائتلاف‌ها برابر خواهد بود با $\#C = 2^n - 1$.

همکارانه به صورت (N,v) نمایش داده می‌شود. یک ائتلاف فرضی T را در بازی همکارانه درنظر می گیریم. محاسبهٔ تابع v(T) مبتنی بر جزئیات حاصل از یک بازی مشخص است. در هر بازی معین و به ازای هر ائتلاف T می توان «سطح امنیت»[1] یا v(T) را تعریف کرد که اصطلاحاً به آن «تابع مشخصه»[2] بازی می‌گویند. فرض بر این است که در تابع مشخصه عدم تقارن اطلاعات[3] 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 به‌دست می‌آورند چه مقدار است بدون آنکه این نکته درنظر گرفته شود که بازیکنان خارج از ائتلاف چه استراتژی‌هایی را اتخاذ می‌کنند.[4] به عبارت دیگر، بازیکنان ائتلاف T با سایر بازیکنان بازی، که در ائتلاف T نیستند و اصطلاحاً به آن ها ائتلاف مکمل[5] یا Tc گفته می شود، یک بازی رقابتی یا غیرهمکارانه انجام می‌دهند (مشابه روش Min-Max). حل بازی بر اساس روش تعادل نش[6] خواهد بود که انتخاب استراتژی بهینه [7] بر اساس حل مسئله بهینه‌سازی بهینه‌سازی ذیل است:

$$\max_{s \in S_i} u_i(s_i, s^*_{-i}), \qquad \forall i \in N \tag{۱}$$

و استراتژی تعادلی نش عبارت است از:

$$s^* = \left(s^*_۱, s^*_۲, ..., s^*_n\right)$$
$$s^*_i \in B_i(s^*_{-i}) = \left\{s^*_i \in S_i : u_i(s^*_i, s^*_{-i}) \geq u_i(s_i, s^*_{-i}), \forall s_i \in S_i\right\} \tag{۲}$$

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

$$U(T) = \sum_{i \in T} u_i(a_۱, a_۲, ..., a_k), \qquad i = ۱, ۲, ..., k \tag{۳}$$

---

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 درنظر 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 نظریهٔ بازی عمل بازیکن در بازی ایستا معادل استراتژی بازیکن درنظر گرفته می‌شود. در این مقاله عمدتاً استراتژی به عمل انتخابی در تعادل نش نظر دارد.

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

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

بیشترین منفعت از طریق تشکیل ائتلاف جمعی حاصل می‌شود که حـداقل برابـر بـا مجموع منافع حاصل از ائتلاف های مستقل بدون عضو مشترک است. مازاد پیامد حاصل از بازی در ائتلاف جمعی V=v(n) است که باید میان بازیکنان عادلانه تقسـیم شـود. در این بازی فرض می‌کنیم که

اولاً، ممکن است هیچ مازادی به بازیکن تعلق نگیرد، یعنی هـر بـازیکن از حضـور در ائتلاف حداقل معادل همان پیامـدی را بـه دسـت آورد کـه در بـازی رقـابتی در مقابـل ائتلاف‌های مکمل خود به‌دست می‌آورد.

ثانیاً، v(T)، که توسط ائتلاف T⊂N حاصل می شود، نتیجهٔ همکاری اعضـای ائـتلاف بدون کمک ائتلاف مکمل Tc است.

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

$$v(S) + v(T) \le v(S \cup T), \qquad S \cap T = \varnothing \tag{۵}$$

رابطهٔ ۵ بدین معنی است که مازاد حاصل از ائتلاف S و T حداقل به انـدازهٔ مجمـوع مازاد هر یک از ائتلاف های یادشده باشد. این شـرط لازم بـرای تشـکیل ائـتلاف جدیـدِ حاصل از پیوستن دو ائتلاف S و T است.

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

$$v_1 + v_2 + ... + v_n \le V \tag{۶}$$

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

فرض می‌کنیم ارزش v(T) برای هر ائتلافی از N یا T⊆N شامل ائتلاف تـک‌عضـوی T=i تا ائتلاف جمعی T=N باشد. آنگاه تابع v توسط مجموعه ای از اعداد ({v(T)}) و به صورت رابطهٔ ۷ تعریف می‌شود:

$$\begin{aligned} v &: \aleph \to \Re, \\ & T \mapsto v(T) \end{aligned} \tag{۷}$$

که $\aleph = \{T\}$ مجموعهٔ تمامی ائتلاف‌ها و $v(\varnothing) = ۰$ است. بنابراین، v برداری از ۲n-۱ جـزء است. هدف اصلی از حل بازیْ تقسیم V بین بازیکنان به صورت $(x_۱ + x_۲ + ... + x_n)$ است. x_i سهم بازیکن iام از مازاد ائتلاف است. تخصیصی که به رضایت اعضـای ائـتلاف منجـر شـود اصطلاحاً « تخصیص عقلایی»[1] نام دارد. تخصیص عقلایی باید به گونه‌ای باشد که بـه شکسـت ائتلاف یا فروپاشی آن منجر نشود و دارای شروط زیر است:

اولاً، کارایی فردی (عقلانیت فردی)[2]:

$$x_i \geq v(\{i\}), \forall i \in N \qquad (۸)$$

ثانیاً، کارایی گروهی (عقلانیت گروهی)[3]:

$$\sum_{i=۱}^{n} x_i = x_۱ + x_۲ + ... + x_n = V(N) \qquad (۹)$$

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

$$\left\{ x = (x_۱, x_۲, ..., x_n) : \sum_{i=۱}^{n} x_i = V(N), x_i \geq v(\{i\}), \forall i \in N \right\} \qquad (۱۰)$$

یک تخصیص عقلایی زمانی امکان پذیر است که در چارچوب قوانین آن بـازی متصـور باشد؛ بدین معنا که اساساً امکان تحقق آن وجود داشته باشد. آنچه در بازی های همکارانـه مد نظر است نحوهٔ تقسیم این مازاد میان بازیکنان ائـتلاف اسـت. در ادامـه بـه دو راه‌حـل اشاره می‌کنیم که در این مقاله برای تقسیم مازاد منافع ائتلاف استفاده شده است.[4]

۱.۴. راه حل هسته

اصطلاحاً می گوییم یک تخصیص ممکن توسط ائـتلاف T محصـور شـده اسـت[5] هرگـاه داشته باشیم:

$$v(T) > \sum_{i \in T} x_i \qquad (۱۱)$$

---

1. Rational allocation

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

۳. کل مازاد تخصیص‌یافته به اعضا برابر مازاد ائتلاف جمعی V(N) باشد.

۴. قطعاً روش‌های دیگری برای تقسیم مازاد منافع ائتلاف در بازی‌هـای همکارانـه وجـود دارد، امـا در اینجـا از دو روش هسته و شپلی استفاده شده است.

5. Blocked

رابطهٔ ۱۱ نشان می‌دهد که سطح امنیت ائتلاف، به معنای کل مازادی کـه مـی‌تـوان برای اعضای ائتلاف تأمین کرد، بیش از مجموع مازادی است که اعضای ائتلاف می توانند در ائتلاف جمعی به‌دست آورند. در چنین حالتی اولاً، شکل‌گیری ائتلاف T امکـان‌پـذیر است؛ ثانیاً این ائتلاف موجب می‌شود که اعضای آن وارد چانه‌زنی شوند، به گونـه‌ای کـه وضعیت آنان بهتر از تخصیص فوق‌الذکر شود. مجموعه‌ای از تخصیص‌ها که نمی‌تواند بـا ائتلافی محصور شود شامل همهٔ ارتباطات ممکن پایدار است. این مجموعه را نمی توان با کوشش گروهی از بازیکنان برای یافتن ارتباطـات بهتـر کـاهش داد. از ایـن رو، بـه ایـن مجموعه از تخصیص‌ها «هسته»[1] بـازی مـی‌گـوییم. شـرط آنکـه ائـتلاف جمعـی G=N شکسته نشود آن است که برای هر ائتلاف T که از زیرمجموعه اعضای N تشـکیل شـده است رابطهٔ ۱۲ برقرار باشد:

$$\sum_{i\in T} x_i \geq v(T), \quad i\in T \qquad (۱۲)$$

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

$$C=\left\{x=(x_1,x_2,...,x_n): \sum_{i=1}^{n} x_i = V(N), \sum_{i\in T} x_i \geq v(T),\ i\in T,\ \forall T\subseteq N\right\} \qquad (۱۳)$$

لزوماً هستهٔ یک تخصیص یکتا نیست، بلکه در بعضی از بـازی‌هـا مـی‌توانـد چنـدین تخصیص عقلایی پایدار را شامل شود و در برخی بازی ها این امکان وجود دارد که هسته تهی باشد.

هستهٔ بازی دارای دو ویژگی است. در اینجا به کارایی هسته و وجود هسته اشاره می‌کنیم:

الف) کارایی[2]: هرگاه تخصیص هایی که در یک هسته قرار می گیـرد بـرای n بـازیکن مازادهای (x1,x2 ,…,xn) را ایجاد کند آنگاه مجموع این مازادها باید حداقل بـه انـدازهٔ سطح امنیتی باشد که ائتلاف جمعی می‌تواند به آن دست یابد:

$$x_1 + x_2 + ... + x_n \geq v(\{1,2,...,n\}) \qquad (۱۴)$$

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 نمی‌توان یک تخصیص هسته‌ای معین را از میان تعدادی از این تخصیص‌ها انتخاب کرد. برای چنین انتخابی باید از تحلیل‌های دیگری بهره گرفت. بعداً خواهیم دید که با ارزش شپلی می‌توان توزیع عایدی بین بازیکنان را به‌دست آورد.

ب) وجود[۲]: در بازی‌هایی که بازیکنان آثار سرریز منفی (خارجی)[۳] نسبت به یکدیگر دارند هسته می‌تواند تهی باشد. ائتلاف چند بازیکن در این بازی‌ها به‌گونه‌ای 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. راه‌حل شپلی

یک هسته این ویژگی مطلوب را دارد که کاراست، اما برای برخی بازی‌ها اساساً هسته‌ای وجود ندارد و برای بازی‌های دیگر این هسته بسیار بزرگ است؛ به‌گونه‌ای که شامل دامنهٔ گسترده‌ای از نتایج است. به عبارت دیگر، با روش هسته نمی‌توان ارجحیت یک تخصیص را بر تخصیص دیگر تعیین کرد. بنابراین، مفاهیم بهتری در این خصوص مطرح شده که معروف‌ترین آن‌ها «ارزش شپلی»[۴] است.

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

---

۱. به‌رغم اهمیت مفهوم کارایی، این ویژگی صرفاً یکی از ویژگی‌هایی است که باید یک تخصیص هسته‌ای دارا باشد. اصطلاح کارایی صرفاً بر این نکته دلالت می‌کند که هیچ تخصیص دیگری را نمی‌توان یافت که بتواند عایدی بازیکنان را به صورت هم‌زمان 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 نمی‌تواند در خصوص تساوی یا عدالت توزیعی (distributional justice) یک تخصیص هسته‌ای قضاوتی داشته باشد. یک تخصیص هسته‌ای همواره حداکثر مجموع مازاد را نتیجه می‌دهد، اما هیچ‌گاه نمی‌تواند 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 مازاد 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 زیانی به آنان وارد می‌کند (بازیکنان مجازی)[1] ارزش شپلی صفر است:

$$v(T\cup\{i\})=v(T)\Rightarrow\phi_i(v)=0 \qquad (۱۵)$$

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

$$v(T\cup\{i\})=v(T\cup\{j\})\Rightarrow\phi_i(v)=\phi_j(v) \qquad (۱۶)$$

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

$$\phi_i=\sum_{T\subseteq N,i\in T}\frac{(n-k)!(k-1)!}{n!}\left[v(T)-v(T-\{i\})\right] \qquad (۱۷)$$

در رابطهٔ ۱۷، $k=|T|$ تعداد بازیکنان حاضر در ائتلاف T یا اندازهٔ ائتلاف[2] T است. ارزش $\left[v(T)-v(T-\{i\})\right]$ مازادی است که با پیوستن بازیکن iام به ائتلاف $S=T\backslash\{i\}$ و تشکیل ائتلاف T به‌دست می‌آید که اصطلاحاً به آن آورده یا دستاورد بازیکن iام می‌گویند. آنچه به عنوان ارزش شپلی از مازاد ائتلاف جمعی عاید بازیکن iام می‌شود متوسط آورده یا دستاوردی است که بازیکن iام برای ائتلاف‌هایی که عضو آن می‌شود به همراه دارد. برای محاسبهٔ ارزش شپلی، نخست همهٔ ائتلاف‌هایی را که بازیکن مورد نظر عضو آن است احصا می‌کنیم. سپس، با استفاده از تابع مشخصه، آوردهٔ بازیکن iام به هر ائتلاف را محاسبه می‌نماییم. ثابت می‌شود ارزش شپلی که از رابطهٔ ۱۷ به‌دست می‌آید در دو رابطهٔ زیر صدق می‌کند:

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

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 انگیزهٔ کافی برای انجام‌دادن آن کوشش‌ها به‌وجود آید. در اصطلاحات اقتصادی، دستاورد نهایی هر فرد را اصطلاحاً «تولید نهایی» او می‌گویند. بنابراین، مرتبط‌نمودن عایدی‌ها به دستاوردها در واقع همان «نظریهٔ بهره‌وری نهایی توزیع»[1] 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. نکتهٔ مهم بررسی میزان کاهش هزینه در صورت تشکیل ائتلاف و مهم‌تر از آن نحوهٔ تخصیص کاهش هزینه‌ها یا صرفه‌جویی در هزینه ها 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 مطالعهٔ موردی، سه کشور قطر، نیجریه، و ترینیداد و توباگو به عنوان سه عضو منتخب برای صادرات به سه بازار منتخب ژاپن، اسپانیا و آمریکا درنظر گرفته شدند.[2] جدول ۲ بر اساس جدول ۱ به‌دست آمده است، با این تفاوت که در جدول ۱ هزینهٔ صادرات LNG با واحد دلار به ازای هر میلیون Btu است، حال آنکه میزان صادرات LNG با واحد میلیارد متر مکعب است. به منظور محاسبهٔ هزینه های صادرات LNG از هر یک از کشورهای منتخب به بازارهای مصرف، هزینهٔ حمل را بر اساس دلار به ازای هر هزار متر مکعب محاسبه نموده‌ایم، که در سطر مربوط به هزینهٔ حمل در جدول ۲ ملاحظه می‌شود.[3]

---

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 $S\cap T=\varnothing$ یا بازی با شرط $v(N) \geq v(S)$ برای تمامی $S \subseteq N$ cohesive باشد، آنگاه ائتلاف بهینه ائتلافی است که همهٔ اعضا در آن همکاری کنند. بنابراین، انگیزهٔ خروج از ائتلاف کاهش می‌یابد. اما در خصوص ائتلاف‌هایی که میان اعضای GECF تشکیل می‌شود باید این نکته را درنظر داشت که، علاوه بر برقراری شرط ریاضی فوق، باید همکاری اعضا در صادرات LNG به لحاظ وجود بازارهای مشترک امکان پذیر باشد. به همین دلیل است که در این مقاله همکاری کلیهٔ اعضای صادرکنندهٔ LNG به کلیهٔ 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 همهٔ 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 هزینهٔ حمل داراست.

۳. دلار/ هزار متر مکعب= دلار/ هر میلیون Btu×۳۵/۷، محاسبات محقق با استفاده از واحدهای تبدیل سالنامهٔ آماری بی‌پی.

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

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

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

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

فرم استراتژیک بازی عبارت است از:

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

$Si = \{J,\ S,\ A\},\ i \hat{I} N$

$ui = C(j),\ j \hat{I} \{J, S, A\}$

Q: قطر J: ژاپن

N: نیجریه S: اسپانیا

T: ترینیداد و توباگو A: آمریکا

مجموعهٔ ائتلاف‌های ممکن:

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

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:

$C(\{N\}) = ۴۸۸,۸۴۰,۱۰۰$

$C(\{Q,T\}) = ۱,۴۰۲,۶۵۳,۰۰۰ + ۱۸۴,۷۴۷,۵۰۰ = ۱,۵۸۷,۴۰۰,۵۰۰$

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

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

$C(\{Q\}) = ۱,۴۲۸۴۹۹,۸۰۰$

$C(\{N,T\}) = ۴۸۵,۶۶۲,۸۰۰ + ۲۱۲,۳۰۷,۹۰۰ = ۶۹۷,۹۷۰,۷۰۰$

جدول ۳. متغیرهای موجود در هزینهٔ صادرات LNG توسط سه کشور منتخب مجمع به سه کشور اصلی واردکنندهٔ LNG با ائتلاف قطر و ترینیداد و توباگو

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

صادرکننده / واردکننده		ژاپن	اسپانیا	آمریکا	جمع هزینهٔ صادرات به سه بازار
قطر	فاصله	۶۴۸۲	۴۰۶۰	۹۵۶۴	
	هزینهٔ حمل	۶۳/۱۸۹	۴۳/۱۹۷	۲۱/۰۶۳و۸۵/۶۸	
	صادرات	۱۵/۸	۴/۸	۲/۶	
	هزینهٔ کل صادرات	۹۹۸,۳۸۶,۲۰۰	۲۰۷,۳۴۵,۶۰۰	۱۹۶,۹۲۱,۲۰۰	۱,۴۰۲,۶۵۳,۰۰۰
نیجریه	فاصله	۱۰۷۰۴	۳۲۸۳	۶۰۳۷	
	هزینهٔ حمل	۱۰۳/۱۷۳	۳۱/۰۵۹	۵۲/۸۳۶	
	صادرات	۲/۷	۶/۶	۰/۱	
	هزینهٔ کل صادرات	۲۷۸,۵۶۷,۱۰۰	۲۰۴,۹۸۹,۴۰۰	۵,۲۸۳,۶۰۰	۴۸۸,۸۴۰,۱۰۰
ترینیداد و توباگو	فاصله	۱۳۲۱۸	۳۳۶۰	۲۱۶۸	
	هزینهٔ حمل	۶۳/۱۸۹	۳۱/۷۷۳	۲۱/۰۶۳	
	صادرات	۰/۴	۲/۵	۳/۸	
	هزینهٔ کل صادرات	۲۵,۲۷۵,۶۰۰	۷۹,۴۳۲,۵۰۰	۸۰,۰۳۹,۴۰۰	۱۸۴,۷۴۷,۵۰۰
جمع هزینهٔ صادرات سه کشور					**۲,۰۷۶,۲۴۰,۶۰۰**

منبع: محاسبات محقق

جدول ۴. متغیرهای موجود در هزینهٔ صادرات LNG توسط سه کشور منتخب مجمع به سه کشور اصلی واردکنندهٔ LNG با ائتلاف نیجریه و ترینیداد و توباگو

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

صادرکننده / واردکننده		ژاپن	اسپانیا	آمریکا	جمع هزینهٔ صادرات به سه بازار
قطر	فاصله	۶۴۸۲	۴۰۶۰	۹۵۶۴	
	هزینهٔ حمل	۶۳/۱۸۹	۴۳/۱۹۷	۸۵/۶۸	
	صادرات	۱۵/۸	۴/۸	۲/۶	
	هزینهٔ کل صادرات	۹۹۸,۳۸۶,۲۰۰	۲۰۷,۳۴۵,۶۰۰	۲۲۲,۷۶۸,۰۰۰	۱,۴۲۸,۴۹۹,۸۰۰
نیجریه	فاصله	۱۰۷۰۴	۳۲۸۳	۶۰۳۷	
	هزینهٔ حمل	۱۰۳/۱۷۳	۳۱/۰۵۹	۲۱/۰۶۳	
	صادرات	۲/۷	۶/۶	۰/۱	
	هزینهٔ کل صادرات	۲۷۸,۵۶۷,۱۰۰	۲۰۴,۹۸۹,۴۰۰	۲,۱۰۶,۳۰۰	۴۸۵,۶۶۲,۸۰۰
ترینیداد و توباگو	فاصله	۱۳۲۱۸	۳۳۶۰	۲۱۶۸	
	هزینهٔ حمل	۱۴۱/۷۲۹و ۱۰۳/۱۷۳	۳۱/۷۷۳	۲۱/۰۶۳	
	صادرات	*۰/۴	۲/۵	۳/۸	
	هزینهٔ کل صادرات	۵۲,۸۳۶,۰۰۰	۷۹,۴۳۲,۵۰۰	۸۰,۰۳۹,۴۰۰	۲۱۲,۳۰۷,۹۰۰
جمع هزینهٔ صادرات سه کشور					**۲,۱۲۶,۴۷۰,۵۰۰**

* ۰/۳ میلیارد متر مکعب گاز به صورت LNG با هزینهٔ ۱۴۱/۷۲۹ و ۰/۱ میلیارد متر مکعب با هزینهٔ 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 هزینهٔ صادرات LNG توسط سه کشور منتخب مجمع به سه کشور اصلی واردکنندهٔ LNG با ائتلاف قطر و نیجریه

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

صادرکننده / واردکننده		ژاپن	اسپانیا	آمریکا	جمع هزینهٔ صادرات به سه بازار
قطر	فاصله	۶۴۸۲	۴۰۶۰	۹۵۶۴	
	هزینهٔ حمل	۶۳/۱۸۹	۳۱/۰۵۹ و۴۳/۱۹۷	۵۲/۸۳۶	
	صادرات	۱۵/۸	*۴/۸	۲/۶	
	هزینهٔ کل صادرات	۹۹۸,۳۸۶,۲۰۰	۲۰۶,۱۳۱,۸۰۰	۱۳۷,۳۷۳,۶۰۰	۱,۳۴۱,۸۹۱,۶۰۰

ادامه جدول ۵. متغیرهای موجود در هزینهٔ صادرات LNG توسط سه کشور منتخب مجمع به سه کشور اصلی واردکنندهٔ LNG با ائتلاف قطر و نیجریه

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

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

* ۴/۷ میلیارد متر مکعب گاز به صورت LNG با هزینهٔ ۴۳/۱۹۷ و ۰/۱ میلیارد متر مکعب با هزینهٔ ۳۱/۰۵۹ صادر خواهد شد.

منبع: محاسبات محقق

با توجه به جدول ۵، هزینهٔ 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

هزینهٔ 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 هزینهٔ صادرات LNG توسط سه کشور منتخب مجمع به سه کشور اصلی واردکنندهٔ LNG با ائتلاف سه کشور صادرکننده

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

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

منبع: محاسبات محقق

برای تعیین تابع مشخصه و حل بازی نخست هزینهٔ پرداختی هر یک از ائتلاف ها را محاسبه می‌نماییم تا مشخص شود که صرفه‌جویی حاصل از تشکیل یک ائتلاف چقدر است. خواهیم داشت:

$$C(\{Q\}) = ۱,۴۲۸,۴۹۹,۸۰۰$$
$$C(\{N\}) = ۴۸۸,۸۴۰,۱۰۰$$
$$C(\{T\}) = ۲۱۶,۱۶۳,۵۰۰$$
$$C(\{Q,T\}) = ۱,۴۰۲,۶۵۳,۰۰۰ + ۱۸۴,۷۴۷,۵۰۰ = ۱,۵۸۷,۴۰۰,۵۰۰$$
$$C(\{N,T\}) = ۴۸۵,۶۶۲,۸۰۰ + ۲۱۲,۳۰۷,۹۰۰ = ۶۹۷,۹۷۰,۷۰۰$$
$$C(\{Q,N\}) = ۱,۳۴۱,۸۹۱,۶۰۰ + ۳۸۰,۸۸۳,۳۰۰ = ۱,۷۲۲,۷۷۴,۹۰۰$$
$$C(\{Q,N,T\}) = ۱,۲۵۴,۴۲۶,۶۰۰ + ۳۷۷,۷۰۶,۰۰۰ + ۱۸۳,۱۰۵,۳۰۰ = ۱,۸۱۵,۲۳۷,۹۰۰$$

مقادیر صرفه‌جویی در صورت پیوستن هر کشور به ائتلاف به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$v(\{Q,T\}) = C(\{Q\}) + C(\{T\}) - C(\{Q,T\}) = ۱,۴۲۸,۴۹۹,۸۰۰ + ۲۱۶,۱۶۳,۵۰۰ - \\ - ۱,۵۸۷,۴۰۰,۵۰۰ = ۵۷,۲۶۲,۸۰۰$$

$$v(\{N,T\}) = C(\{N\}) + C(\{T\}) - C(\{N,T\}) = ۴۸۸,۸۴۰,۱۰۰ + ۲۱۶,۱۶۳,۵۰۰ - \\ - ۶۹۷,۹۷۰,۷۰۰ = ۷۰,۰۳۲,۹۰۰$$

$$v(\{Q,N\}) = C(\{Q\}) + C(\{N\}) - C(\{Q,N\}) = ۱,۴۲۸,۴۹۹,۸۰۰ + ۴۸۸,۸۴۰,۱۰۰ - \\ - ۱,۷۲۲,۷۷۴,۹۰۰ = ۱۹۴,۵۹۵,۰۰۰$$

$$v(\{Q,N,T\}) = C(\{Q\}) + C(\{N\}) + C(\{T\}) - C(\{Q,N,T\}) = ۸۰۰,۴۹۹,۴۲۸,۱ + \\ + ۴۸۸,۸۴۰,۱۰۰ + ۲۱۶,۱۶۳,۵۰۰ - ۱,۸۱۵,۲۳۷,۹۰۰ = ۳۱۸,۲۶۵,۵۰۰$$

$$v(\{Q\}) = v(\{N\}) = v(\{T\}) = ۰$$

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 تخصیص‌ها برقرار باشد، یعنی:

اولاً، سهمی که هر یک از بازیکنان از تخصیص منافع ائتلاف به‌دست می‌آورند حداقل به اندازهٔ مازاد ائتلاف تکی آن‌ها باشد (شرط کارایی فردی):

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

$$x_Q \geq v(\{Q\}) \Rightarrow x_Q \geq ۰$$

$$x_N \geq v(\{N\}) \Rightarrow x_N \geq ۰$$

$$x_T \geq v(\{T\}) \Rightarrow x_T \geq ۰$$

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

$$\sum_{i=۱}^{n} x_i = x_۱ + x_۲ + ... + x_n = V(N)$$

به عبارت دیگر:

$$\sum_{i=۱}^{۳} x_i = x_Q + x_N + x_T = V(\{Q,N,T\}) = ۳۱۸,۲۶۵,۵۰۰$$

برای آنکه معلوم شود کدام یک از تخصیص های عقلایی پایدار بوده و در هسته قرار می‌گیرد، باید شرط زیر برقرار باشد (M ائتلاف فرضی که زیرمجموعهٔ N است):

$$C = \left\{ x = (x_۱, x_۲, ..., x_n) : \sum_{i=۱}^{n} x_i = V(N), \sum_{i \in T} x_i \geq v(M), i \in M, \forall M \subseteq N \right\}$$

بدین ترتیب داریم:

$$X_Q \geq v(\{Q\}) \Rightarrow X_Q \geq ۰$$
$$X_N \geq v(\{N\}) \Rightarrow X_N \geq ۰$$
$$X_T \geq v(\{T\}) \Rightarrow X_T \geq ۰$$
$$X_Q + X_T \geq v(\{Q,T\}) \Rightarrow X_Q + X_T \geq ۵۷,۲۶۲,۸۰۰$$
$$X_N + X_T \geq v(\{N,T\}) \Rightarrow X_N + X_T \geq ۷۰,۰۳۲,۹۰۰$$
$$X_Q + X_N \geq v(\{Q,N\}) \Rightarrow X_Q + X_N \geq ۱۹۴,۵۹۵,۰۰۰$$
$$X_Q + X_N + X_T = ۳۱۸,۲۶۵,۵۰۰$$

با استفاده از روابط فوق خواهیم داشت:

$$۰ \leq X_Q \leq ۲۴۸,۲۳۲,۶۰۰$$
$$۰ \leq X_N \leq ۲۶۱,۰۰۲,۷۰۰$$
$$۰ \leq X_T \leq ۱۲۳,۶۷۰,۵۰۰$$

یعنی اگر تخصیص مازاد صرفه‌جویی 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 کوچک تر دیگری از این ائتلاف جمعی تشکیل نخواهد شد که سبب متلاشی‌شدن ائتلاف جمعی شود. سایر تخصیص‌هایی که شروط کارایی فردی و گروهی برای آن‌ها برقرار است، اما سه نامساوی یادشده در مورد آن‌ها صدق نمی کند، 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:

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

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

جدول ۷. محاسبهٔ ارزش شپلی برای قطر

ائتلاف با عضویت	$\lvert M\rvert$	$\left[V(M)-V(M-\{i\})\right]$	$\frac{(\lvert M\rvert-1)!(n-\lvert M\rvert)!}{n!}$	$\frac{(\lvert M\rvert-1)!(n-\lvert M\rvert)!}{n!}\left[V(M)-V(M-\{i\})\right]$
{Q}	۱	$[V(Q)-V(f)]=۰$	$\frac{(۱-۱)!(۳-۱)!}{۳!}=\frac{۱}{۳}$	$\left(\frac{۱}{۳}\right)(۰)=۰$
{Q,T}	۲	$\left[V(Q,T)-V(T)\right]=$ ۸۰۰,۲۶۲,۵۷	$\frac{(۲-۱)!(۳-۲)!}{۳!}=\frac{۱}{۶}$	$\left(\frac{۱}{۶}\right)(۵۷,۲۶۲,۸۰۰)=۹,۵۴۳,۸۰۰$
{Q,N}	۲	$\left[V(Q,N)-V(N)\right]=$ ۱۹۴,۵۹۵,۰۰۰	$\frac{(۲-۱)!(۳-۲)!}{۳!}=\frac{۱}{۶}$	$\left(\frac{۱}{۶}\right)(۱۹۴,۵۹۵,۰۰۰)=۳۲,۴۳۲,۵۰۰$
{Q,N,T}	۳	$\left[V(Q,N,T)-V(N,T)\right]=$ $(۳۱۸,۲۶۵,۵۰۰-۷۰,۰۳۲,۹۰۰)=$ ۲۴۸,۳۳۲,۶۰۰	$\frac{(۳-۱)!(۳-۳)!}{۳!}=\frac{۱}{۳}$	$\left(\frac{۱}{۳}\right)(۳۱۸,۲۶۵,۵۰۰-۷۰,۰۳۲,۹۰۰)$ $=۸۲,۷۴۴,۲۰۰$
φQ(V)	–			۱۲۴,۷۲۰,۵۰۰

منبع: محاسبات محقق

برای ائتلاف $\{Q\}$ در مقابل ائتلاف مکمل $\{N,T\}$ آوردهٔ قطر صفر است، اما اگر قطر با ترینیداد و توباگو یک ائتلاف تشکیل دهد، متوسط آوردهٔ 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 فوق‌الذکر، ارزش شپلی برای قطر معادل با ۱۲۴,۷۲۰,۵۰۰ دلار است. به ترتیب مشابه، ارزش شپلی برای نیجریه و ترینیداد و توباگو را در جدول ۸ و ۹ محاسبه می‌کنیم.

جدول ۸. محاسبهٔ ارزش شپلی برای نیجریه

ائتلاف با عضویت نیجریه	$\lvert M\rvert$	$\left[V(M)-V(M-\{i\})\right]$	$\frac{(\lvert M\rvert-1)!(n-\lvert M\rvert)!}{n!}$	$\frac{(\lvert M\rvert-1)!(n-\lvert M\rvert)!}{n!}\left[V(M)-V(M-\{i\})\right]$
{N}	۱	$[V(N)-V(f)]=۰$	$\frac{(۱-۱)!(۳-۱)!}{۳!}=\frac{۱}{۳}$	$\left(\frac{۱}{۳}\right)(۰)=۰$
{Q,N}	۲	$\left[V(Q,N)-V(Q)\right]=$ ۱۹۴,۵۹۵,۰۰۰	$\frac{(۲-۱)!(۳-۲)!}{۳!}=\frac{۱}{۶}$	$\left(\frac{۱}{۶}\right)(۱۹۴,۵۹۵,۰۰۰)=۳۲,۴۳۲,۵۰۰$
{N,T}	۲	$\left[V(N,T)-V(T)\right]=$ ۷۰,۰۳۲,۹۰۰	$\frac{(۲-۱)!(۳-۲)!}{۳!}=\frac{۱}{۶}$	$\left(\frac{۱}{۶}\right)(۷۰,۰۳۲,۹۰۰)=۱۱,۶۷۲,۱۵۰$
{Q,N,T}	۳	$\left[V(Q,N,T)-V(Q,T)\right]=$ ۲۶۱,۰۰۲,۷۰۰	$\frac{(۳-۱)!(۳-۳)!}{۳!}=\frac{۱}{۳}$	$\left(\frac{۱}{۳}\right)(۳۱۸,۲۶۵,۵۰۰-۵۷,۲۶۲,۸۰۰)$ $=۸۷,۰۰۰,۹۰۰$
φN(V)	-			۱۳۱,۱۰۵,۵۵۰

منبع: محاسبات محقق

جدول ۹. محاسبهٔ ارزش شپلی برای ترینیداد و توباگو

ائتلاف با عضویت ترینیداد و توباگو	$\|M\|$	$\left[V(M)-V(M-\{i\})\right]$	$\frac{(\|M\|-1)!(n-\|M\|)!}{n!}$	$\frac{(\|M\|-1)!(n-\|M\|)!}{n!}\left[V(M)-V(M-\{i\})\right]$
{T}	۱	$[V(T)-V(f)]=$ ۰	$\frac{(۱-۱)!(۳-۱)!}{۳!}=\frac{۱}{۳}$	$\left(\frac{۱}{۳}\right)(۰)=$ ۰
{Q,T}	۲	$\left[V(Q,T)-V(Q)\right]=$ ۵۷,۲۶۲,۸۰۰	$\frac{(۲-۱)!(۳-۲)!}{۳!}=\frac{۱}{۶}$	$\left(\frac{۱}{۶}\right)(۵۷,۲۶۲,۸۰۰)=$ ۹,۵۴۳,۸۰۰
{N,T}	۲	$\left[V(N,T)-V(N)\right]=$ ۷۰,۰۳۲,۹۰۰	$\frac{(۲-۱)!(۳-۲)!}{۳!}=\frac{۱}{۶}$	$\left(\frac{۱}{۶}\right)(۷۰,۰۳۲,۹۰۰)=$ ۱۱,۶۷۲,۱۵۰
{Q,N,T}	۳	$\left[V(Q,N,T)-V(Q,N)\right]=$ ۱۳۳,۶۷۰,۵۰۰	$\frac{(۳-۱)!(۳-۳)!}{۳!}=\frac{۱}{۳}$	$\left(\frac{۱}{۳}\right)(۳۱۸,۲۶۵,۵۰۰-۱۹۴,۵۹۵,۰۰۰)$ $=$ ۴۱,۴۳۹,۴۵۰
φT(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 صرفه‌جویی را نصیب خود می‌کنند. جدول ۱۰ نشان‌دهندهٔ هزینهٔ واقعی هر کشور در صورت تشکیل ائتلاف جمعی در صادرات به سه بازار ژاپن، اسپانیا، و آمریکاست که پس از کسر سهم صرفه جویی هر یک از کشورهای منتخب مجمع از هزینهٔ صادرات آن‌ها در صورت عدم تشکیل ائتلاف محاسبه شده است.[۱]

جدول ۱۰. محاسبهٔ هزینهٔ واقعی صادرات سه کشور منتخب در صورت تشکیل ائتلاف جمعی

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

منبع: محاسبات محقق

۱. البته، این امکان وجود دارد که اعضای ائتلاف ارزش شپلی را نپذیرند یا بر سر منافع حاصل چانه‌زنی کنند که در این مقاله موضوع بحث ما نیست و می‌تواند موضوع تحقیقات آینده باشد.

همان طور که ملاحظه می‌شود، تشکیل ائتلاف جمعی هزینهٔ هر کشور عضو مجمع را، با توجه به میزان معامله در سواپ، کاهش می دهد. این کاهش هزینه برای نیجریه، با توجه به نقشی که در حجم معاملات سواپ دارد، بیشتر است. به ترتیب مشابه می‌توان ائتلاف های 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 حالت های ممکن برای همکاری میان کشورهای عضو مجمع در صادرات LNG بررسی شد. سپس، با استفاده از الگوی فعلی صادرات، حالت های ممکن برای همکاری بالفعل کشورهای صادرکنندهٔ LNG مجمع توضیح داده شد. با بررسی مدل ریاضی بازی همکارانه، فرم استراتژیک و توابع مشخصهٔ بازی را به‌دست آوردیم. بر این اساس، مازاد نهایی ناشی از هر ائتلاف محاسبه شد. یکی از مسائل بازیکنان در یک ائتلاف نحوهٔ تخصیص این مازاد به اعضاست. در روش هسته، تخصیص های عقلایی پایدار به دست می آید، اما مشکل این روش آن است که در برخی موارد هستهٔ بازی تهی است و در برخی موارد هستهٔ بازی دارای بی نهایت تخصیص عقلایی پایدار است. بنابراین، برای محاسبهٔ یک تخصیص یکتا از روش شپلی استفاده شد. اساس این روش محاسبهٔ متوسط مازاد نهایی هر یک از بازیکنان به ائتلاف‌های ممکن است.

برای به‌کارگیری نظریهٔ بازی همکارانه در همکاری اعضای مجمع در صادرات LNG، یک ائتلاف عمومی متشکل از سه کشور اصلی صادرکننده به سه بازار اصلی واردکننده درنظر گرفته شد. این سه کشور منتخب عبارت اند از: قطر، نیجریه، و ترینیداد و توباگو، که به‌ترتیب از صادرکنندگان LNG از سه حوزهٔ خلیج فارس، افریقای شمالی، و حوزهٔ 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 واردکنندهٔ بزرگ نیز از سه حوزهٔ اصلی مصرف، یعنی آسیا- پاسیفیک، آمریکای شمالی، و اروپا، درنظر گرفته شد، که به‌ترتیب عبارت‌اند از: ژاپن، آمریکا، و اسپانیا، که دارای جامع‌ترین الگوی واردات LNG از کشورهای صادرکنندهٔ LNG در مجمع و غیرمجمع‌اند.

با استفاده از ماتریس هزینه‌های مربوط به صادرات LNG از کشورهای عضو مجمع به ۱۰ بازار اصلی واردکنندهٔ LNG در جهان (جدول ۱)، یک بازی همکارانه برای این سه کشور صادرکننده معرفی و ائتلاف های 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 به‌دست آمد. ضمن تعیین محدودهٔ تخصیص‌های عقلایی پایدار در روش هسته، ارزش‌های شپلی هر یک از کشورها از مقادیر صرفه‌جویی نیز محاسبه شد.

بدین ترتیب، می توان نتیجه گرفت که ظرفیت بسیار بالایی برای همکاری کشورهای عضو مجمع برای صادرات گاز به صورت LNG وجود دارد، زیرا ـ به‌رغم آنکه عملکرد واقعی اعضای مجمع به‌خوبی این نکته را نشان می‌دهد که اکثر صادرکنندگان LNG بازارهایی را هدف قرار داده‌اند که حداقل هزینهٔ حمل را داشته است ـ 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 هزینهٔ حمل آن به‌مراتب 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 حوزهٔ ذکرشده نیز وجود دارد. بنابراین، الگوی فعلی صادرات LNG اعضای GECF نشان می دهد که هرچند عمدهٔ صادرات این کشورها بر اساس نزدیکی فواصل جغرافیایی به بازارهای هدف است، آن ها به دنبال متنوع سازی 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 هزینهٔ 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 ـ ۶۰۳.

۲. ترکان، اکبر (۱۳۹۱). «نقش گاز طبیعی در امنیت ملی ایران، روسیه، و قطر؛ مطالعهٔ تطبیقی»، فصلنامهٔ راهبرد اقتصادی، فصلنامهٔ علمی- پژوهشی مرکز تحقیقات استراتژیک، ۱ (۱)، ۱۴۵ ـ ۱۹۸.

۳. تکلیف، عاطفه (۱۳۸۹). «استراتژی بلندمدت اوپک با توجه به تحولات بازار جهانی نفت»، فصلنامهٔ راهبرد اقتصادی، فصلنامهٔ علمی- پژوهشی مرکز تحقیقات استراتژیک، ۵۷، ۱۳۳ ـ 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). «امکان پذیری همکاری یا رقابت بین اعضای مجمع کشورهای صادرکنندهٔ گاز در صادرات گاز طبیعی از طریق خط لوله»، فصلنامهٔ اقتصاد محیط زیست و انرژی، ۵، ۴۹ ـ ۷۹.

۶. جعفرزاده، امیر و نیسی، عبدالساده (۱۳۹۱). «تحلیل سیاست صادرات گاز به کشورهای هند و پاکستان در چارچوب نظریهٔ بازی‌ها»، فصلنامهٔ اقتصاد محیط زیست و انرژی، ۱ (۲)، ۷۳ ـ ۹۱.

۷. درخشان، مسعود (۱۳۸۱). «اوپک و منافع ملی»، مجلس و پژوهش، ویژه نامهٔ نفت و منافع ملی، ۹ (۳۴)، ۱۳ ـ ۶۶.

۸. درخشان، مسعود (۱۳۸۹). «ملاحظات استراتژیک در تدوین سیاست‌گذاری‌های بالادستی نفت و گاز کشور»، نشریهٔ راهبرد، فصلنامهٔ علمی- پژوهشی مرکز تحقیقات استراتژیک، ویژه‌نامهٔ اقتصادی، ۵۷، ۱۰۹ ـ ۱۳۲.

۹. درخشان، مسعود (۱۳۹۱). «امنیت انرژی و تحولات آیندهٔ بازارهای نفت و گاز»، نشریهٔ راهبرد، فصلنامهٔ علمی- پژوهشی مرکز تحقیقات استراتژیک، ۲۱ (۶۴)، ۱۵۹ ـ ۱۸۸.

۱۰. عبدلی، قهرمان (۱۳۸۶). نظریهٔ بازی‌ها و کاربردهای آن (بازی‌های ایستا و پویا با اطلاعات کامل)، تهران: انتشارت جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران، ۴۵۳ ص.

۱۱. عبدلی، قهرمان (۱۳۹۱). نظریهٔ بازی‌ها و کاربردهای آن (بازی‌های اطلاعات ناقص، تکاملی و همکارانه)، تهران: انتشارت سمت، ۳۵۲ ص.

۱۲. عبدلی، قهرمان و عمیدی، پژمان (۱۳۹۱). «بررسی تأثیر تشکیل کارتل گازی بر روند استخراج ذخایر با رویکرد نظریهٔ بازی»، فصلنامهٔ اقتصاد محیط زیست و انرژی، ۱ (۴)، ۱۱۷ ـ ۱۴۴.

۱۳. عبدلی، قهرمان و ماجد، وحید (۱۳۹۱). «بررسی رفتار اوپک در قالب یک بازی همکارانه»، فصلنامهٔ تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی، ۷، ۲۷ ـ ۵۰.

۱۴. مهدوی عادلی، محمدحسین، فلاحی، محمدعلی، عبدلی، قهرمان، و دهنوی، جلال (۱۳۹۱). «تدوین بازی همکارانه بین کشورهای عضو مجمع کشورهای صادرکنندهٔ گاز در زمینهٔ صادرات گاز از طریق خط لوله». فصلنامهٔ مطالعات اقتصاد انرژی، ۹ (۳۵)، ۱ ـ ۲۱.

۱۵. مهرابی راد، سینا (۱۳۹۱). «یک مدل نظریهٔ بازی همکارانه برای تحلیل خط لولهٔ صلح»، رسالهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ اقتصاد دانشگاه تهران، به راهنمایی دکتر قهرمان عبدلی و مشاورهٔ دکتر علی امامی میبدی.

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. Greaker, 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. & Tchung-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.globallnginfo.com

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی