

## جایگاه ایران در شبکه تجارت بین‌المللی گاز طبیعی: کاربرد نظریه گراف

۱ سحر دشتبان فاروجی، ۲ حسن درگاهی\*

### چکیده

رشد فزاینده تقاضای گاز طبیعی و پراکندگی آن در جهان، باعث وابستگی روزافزون کشورهای مصرف‌کننده گاز طبیعی به تجارت بین‌المللی و افزایش رقابت بین صادرکنندگان گاز طبیعی از نظر حجم و دامنه شده است. از این رو شبکه‌ای پیچیده از روابط تجاری بین کشورها ایجاد و تعاملات بین آن‌ها گسترش یافته است. هدف این مطالعه تجزیه و تحلیل جایگاه و رتبه کشورها در شبکه تجارت بین‌المللی گاز طبیعی با استفاده از نظریه گراف است. در این پژوهش شبکه تجارت بین‌المللی گاز طبیعی در سال ۲۰۱۸ به تفکیک دو کد HS مورد بررسی قرار گرفته است. وجه تمایز این مقاله این است که تمامی کشورها در شبکه تجارت بین‌المللی گاز طبیعی در نظر گرفته شده‌اند. تحلیل شبکه براساس شاخص‌های مختلف نشان می‌دهد که به رغم این که ایران دومین کشور دارنده منابع گاز طبیعی جهان است و موقعیت ویژه‌ای نیز در ترانزیت گاز طبیعی داراست ولی بازیگر مهمی در شبکه تجارت بین‌المللی گاز طبیعی نیست. علاوه بر این، با توجه به شاخص مرکزیت نزدیکی، کشورهای سنگاپور، انگلستان و ایتالیا بیش‌ترین میزان شاخص مرکزیت نزدیکی را به خود اختصاص داده‌اند و در نتیجه در ایجاد رابطه تجاری با دیگر کشورها در شبکه موفق‌تر عمل کرده‌اند. با اینکه کشورهایی مانند نروژ و روسیه جزء بزرگ‌ترین صادرکنندگان گاز طبیعی هستند، اما مرکزیت میانی کمتری دارند. بنابراین معیارهای دیگری مانند داشتن ارتباطات تجاری متنوع، در شبکه تجارت گاز طبیعی تعیین‌کننده است. همچنین نتایج حاکی از آن است که در شبکه تجارت گاز طبیعی مایع، چگالی شبکه نسبتاً بیش‌تر از چگالی شبکه تجارت از طریق خط لوله است زیرا زیرساخت‌های خط لوله تحت محدودیت‌های جغرافیایی، روابط دیپلماتیک و عوامل سیاسی قرار دارد در حالی که تجارت گاز طبیعی مایع دارای انعطاف‌پذیری نسبتاً بیش‌تری است. با افزایش تقاضا و منابع متمرکز عرضه در تجارت بین‌المللی گاز طبیعی در آینده، گاز طبیعی مایع احتمالاً به مهم‌ترین شکل تجارت گاز طبیعی تبدیل خواهد شد.

### تاریخ دریافت:

۱۴۰۰/۲/۱۰

### تاریخ پذیرش:

۱۴۰۰/۵/۴

### کلمات کلیدی:

گاز طبیعی،  
نظریه شبکه،  
تجارت بین‌المللی.

## ۱. مقدمه

یکی از مهم‌ترین منابع انرژی جهان گاز طبیعی است که بر اهمیت آن روز به روز افزوده می‌شود. بررسی‌های آماری نیز نشان می‌دهند که در سال‌های آتی در میان منابع انرژی جهان، مصرف گاز طبیعی بیشترین رشد را خواهد داشت؛ به طوری که پیش‌بینی می‌گردد مصرف این منبع انرژی با نرخ رشد سالانه ۱/۱ درصد تا سال ۲۰۵۰ ادامه یابد و به سطح مصرف ۱۹۱/۴ تریلیون فوت مکعب برسد. علاوه بر این، گاز طبیعی در سال ۲۰۱۹ حدود ۲۲ درصد از ترکیب انرژی جهان به خود اختصاص داده است. طی دهه‌های اخیر گاز طبیعی از سوختی بومی که در بازارهای محدود منطقه‌ای مصرف می‌شد، به عنوان یک منبع مهم انرژی در تجارت بین‌المللی انرژی تبدیل شده است. در واقع اهمیت روزافزون گاز طبیعی در بازارهای انرژی جهان باعث رشد بالای تجارت گاز در سال‌های اخیر شده است؛ به طوری که حجم تجارت آن از ۱۲/۹ تریلیون فوت مکعب در ۲۰۱۹ به ۱۳/۴ تریلیون فوت مکعب در ۲۰۵۰ افزایش خواهد یافت (۲۰۱۹، *EIA*<sup>۱</sup>). در شرایط کنونی جهان، حضور فعال‌تر در رقابت جهانی و توسعه صادرات امری اجتناب‌ناپذیر است، چون یکی از بخش‌های عمده اقتصادی در هر کشور تجارت خارجی است که می‌تواند نقش مهمی در آینده کشور داشته باشد. همچنین، علاوه بر تقاضای فزاینده گاز طبیعی تمایل کشورهای صادرکننده گاز طبیعی برای فروش می‌تواند نیروی محرکه جهانی شدن تجارت گاز طبیعی باشد (مازیقی،<sup>۲</sup> ۲۰۰۶). با توجه به اینکه دنیای آینده، دنیای گاز است، لذا برای کسب سهم قابل توجهی از بازار مصرف گاز دنیا، ضروری است برنامه‌ریزی راهبردی در حوزه تجارت گاز صورت گیرد، چون توسعه این بخش می‌تواند جایگزین مناسبی برای درآمدهای نفتی شود. ایران دومین دارنده ذخایر گاز جهان است. از سوی دیگر ایران در قطب انرژی جهان یعنی خاورمیانه و خلیج فارس قرار گرفته است. این عوامل جایگاه سیاسی و اقتصادی ویژه‌ای را برای کشور ایجاد کرده است. بهره‌گیری از این ظرفیت‌ها توان اقتصادی کشور را می‌تواند با افزایش سهم تجارت گاز، بهبود بخشد. با توجه به مسائل عدیده‌ای مانند گرمایش

1 U.S. Energy Information Administration

2 Mazighi

زمین و گرایش به استفاده از انرژی‌های پاک با آلاینده‌گی کم‌تر، تجارت گاز طبیعی مورد توجه بیش‌تری قرار گرفته است. چرا که گاز طبیعی به عنوان یک سوخت نسبتاً پاک (در مقایسه با سایر سوخت‌های فسیلی)، به شمار می‌رود و انتظار می‌رود نقش حیاتی‌تری در سیستم‌های انرژی آینده داشته باشد (آگیلرا<sup>۱</sup>، ۲۰۱۴). چون استفاده گسترده از انرژی غیر پاک مانند نفت تأثیرات مخرب قابل توجهی بر آب و هوا و محیط زیست دارد. از این‌رو، کاهش انتشار کربن مربوط به انرژی (ما و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۲۰) به بخش مهمی در کاهش تغییرات آب و هوایی جهانی تبدیل شده است (چن و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۲۰). بنابراین توسعه تدریجی و بهره‌برداری از انرژی کم کربن، سبز و پاک مانند گاز طبیعی برای حفاظت از ثبات زیست محیطی، افزایش مزایای اجتماعی و به طور کلی بهبود کیفیت زندگی مساعد است.

با توجه به اینکه درصد مصرف گاز از طریق تجارت در طی زمان افزایش یافته است، این امر سبب می‌شود کشورهای مصرف‌کننده گاز طبیعی به تجارت بین‌المللی گاز طبیعی روی آورند. تجارت گاز طبیعی شامل دو شکل اصلی گاز است: گاز خط لوله و گاز طبیعی مایع. گاز خط لوله شامل انتقال مقدار زیادی گاز طبیعی از طریق خطوط لوله، عمدتاً بین کشورهای همسایه از نظر جغرافیایی است. با این حال، به دلیل پراکنده‌گی گاز طبیعی در جهان و قطع ارتباط بین منابع گاز طبیعی و مناطق مصرف گاز طبیعی، بخش اعظم تجارت گاز طبیعی به صورت گاز مایع است که از طریق کشتی بین بندرهای مختلف حمل می‌شود (پوسپیسیل<sup>۴</sup>، ۲۰۱۹). روابط تجاری پیچیده بین صادرکنندگان و واردکنندگان سبب ایجاد شبکه پیچیده بین مناطق مختلف گشته است (پنگ و همکاران<sup>۵</sup>، ۲۰۱۸b). بنابراین، تجزیه و تحلیل شبکه تجارت بین‌المللی گاز طبیعی، کشورها را قادر می‌سازد تا استراتژی‌های تجاری مناسب اتخاذ کنند و به انجام برنامه‌ریزی دقیق در بخش انرژی کشور به صورت توسعه زیرساخت‌های لازم برای پرداختن به امر صادرات پردازند و از این طریق به تامین انرژی مطمئن دست یابند. همچنین، تسهیل برقراری ارتباط تجاری با کشورهایی که مطابق معیارهای معرفی شده در تحقیق اهمیت بیش‌تری در شبکه تجارت بین‌المللی گاز طبیعی دارند، اهمیت استراتژیک ایران در تجارت بین‌الملل را ارتقا می‌بخشد. از این‌رو،

---

1 Aguilera

2 Ma et al

3 Chen et al

4 Pospisil

5 Peng et al

نظریه شبکه روش مناسبی برای به تصویر کشیدن روابط تجاری بین‌المللی است. چون، استفاده از این روش محقق را قادر به بازیابی ساختار کلی تعاملات تجاری می‌نماید و به این وسیله امکان جستجوی ارتباطات و مسیرها در تجارت فراهم می‌شود (چن و همکاران، ۲۰۱۸).

با توجه به توضیحات فوق، هدف این مطالعه تجزیه و تحلیل جایگاه و رتبه کشورها به ویژه ایران در شبکه تجارت بین‌المللی گاز طبیعی با استفاده از نظریه گراف است. بنابراین، مطالعه حاضر به سوالات اساسی زیر پاسخ می‌دهد: کشورها از نظر اهمیت ارتباطات تجاری آن‌ها، تاثیرگذاری بر جریان تجارت و... دارای چه رتبه‌هایی هستند؟ جایگاه ایران در شبکه تجارت بین‌المللی گاز طبیعی را چگونه ارزیابی می‌نمایید؟

در ادامه، بخش دوم به مبانی نظری تحقیق و بخش سوم به مروری بر پیشینه تحقیق می‌پردازند. در بخش چهارم روش تحقیق و پایگاه داده‌ها و در بخش پنجم نتایج حاصل از محاسبات بیان شده است. در نهایت، این مقاله با نتیجه‌گیری در بخش ششم پایان می‌یابد.

## ۲. مبانی نظری

گسترش تجارت خارجی و حضور در بازارهای بین‌المللی یکی از مهمترین و اساسی‌ترین محورهای توسعه اقتصادی کشورها است. تجارت بین‌الملل از جمله مباحث اقتصادی است که به بررسی نحوه تعاملات تجاری میان کشورها می‌پردازد. شناسایی عوامل موثر در شکل‌گیری تجارت بین‌الملل و پیچیدگی‌های رفتاری عوامل حاضر در بازار تجارت جهانی، یکی از عمده‌ترین مسائل و چالش‌های مطرح شده در مباحث این حوزه است. در همین خصوص، ارزیابی مزیت نسبی در تولید و صدور کالاها و تعیین بازارهای هدف و اولویت‌بندی آنها، دو موضوع مهمی است که بایستی بدان‌ها توجه شود. برای کسب موفقیت و حضور مستمر در عرصه رقابت‌های بین‌المللی، آگاهی و شناخت از مزیت‌های نسبی در بخش‌های مختلف اقتصادی و به خصوص تجارت خارجی امری ضروری به نظر می‌رسد و به عنوان بهترین ابزار جهت تعیین خط‌مشی صادرات و تولید بخش‌های مختلف اقتصادی به شمار می‌آید: به طوری که توانمندی‌های یک کشور را در مقایسه با سایر رقبا در تولید و صدور یک کالا به بازارهای بین‌المللی با قیمت تمام شده کمتر آشکار می‌کند. گاز طبیعی نیز همواره به عنوان یکی از کالاهای ضروری و استراتژیک برای بسیاری از کشورهای جهان مطرح بوده و در حوزه تجارت بین‌الملل مسائل و چالش‌های مختلفی را به وجود آورده

است. در این راستا، در طول سال‌های متمادی نظریه‌های مختلف و متعددی از سوی اقتصاددانان در حوزه اقتصاد بین‌الملل مطرح شده است که همگی آن‌ها در پی پاسخ به چالش‌های موجود هستند. در خصوص تجارت بین‌المللی، طی اواسط قرن شانزدهم تا سال ۱۹۹۰ نظریه‌های مختلفی توسط صاحب‌نظران ارائه شده است که به برخی از آنها اشاره می‌شود. (سالواتوره، ۱۳۸۸)

نظریه‌های مزیت از بحث آدام اسمیت<sup>۲</sup> (۱۷۷۶) و دیوید ریکاردو<sup>۳</sup> (۱۸۱۷) شروع می‌شود. بدین صورت که، چنانچه کشوری بتواند کالایی را نسبت به کشور دیگری ارزان‌تر تولید کند و کشور مقابل نیز کالای دیگری را ارزان‌تر از کشور نخست تولید نماید، هر کدام از کشورها در تولید کالایی که ارزان‌تر تولید کرده‌اند، مزیت مطلق دارند. مزیت نسبی به وسیله دیوید ریکاردو پایه‌گذاری گردید و این نظریه پس از نظریه مزیت مطلق آدام اسمیت در مبحث مزایای تجارت آزاد بین‌المللی مطرح شد. براساس مفهوم مزیت نسبی، حتی اگر یک کشور در تولید هر دو کالا نسبت به کشور دیگر کارایی کمتری داشته باشد (یعنی در تولید هیچ کالایی مزیت مطلق نداشته باشد)، هنوز هم پایه‌ای برای تجارت دوجانبه سودآور وجود دارد. کشور اول باید در تولید و صدور کالایی تخصص پیدا کند که عدم مزیت مطلق کوچک‌تری دارد (کالایی که دارای مزیت نسبی است) و کالایی را وارد کند که دارای عدم مزیت مطلق بزرگ‌تری است (کالایی که دارای عدم مزیت نسبی است). بعد از جنگ جهانی دوم، لئون تیف<sup>۴</sup> شواهدی را ارائه داد که موجب شد الگوی تجارت خارجی ایالات متحده آمریکا مورد تردید قرار گیرد و در نتیجه نظریه‌های جدید مانند نظریه چرخه ورنن<sup>۵</sup> (۱۹۶۷)، نظریه شکاف فناوری پاسینی و کروگمن<sup>۶</sup> (۱۹۸۰) و همچنین نظریه مزیت رقابتی مایکل پورتر<sup>۷</sup> (۱۹۹۰) مطرح گردد. کروگمن با نقض فرض همگن بودن بنگاه‌ها در فناوری، اهمیت ویژگی‌های بنگاه در تجارت و صادرات را آشکار کرد. در سیر تکامل نظریه‌های مزیت، نظریه مزیت رقابتی توسط مایکل پورتر (۱۹۹۰) مطرح شد. براساس این نظریه، یک کشور براساس

1 Salvatore

2 Adam Smith

3 David Ricardo

4 Leontief

5 Vernon

6 Passini &amp; Krugman

7 Porter

ویژگی‌های خاص خود می‌تواند سبب تشویق بنگاه‌های داخلی به خلق مزیت رقابتی گردد. علاوه بر این، رقابت داخلی سبب افزایش کارایی بنگاه‌ها و در نتیجه ارتقاء توانایی آن‌ها برای رقابت در سطح بین‌المللی خواهد شد.

در رابطه با ساختار بازار گاز طبیعی، نظریه‌های متعددی وجود دارد. در مورد خرید و فروش گاز طبیعی معمولاً مذاکرات به طور چندجانبه صورت می‌گیرد. در تمام مراحل و بخش‌های مصرف گاز، تجارت و تولید، روند تحولات بر پایه معاملات بلندمدت و انتقال گاز طولانی و روند شکل‌گیری قراردادهای خرید است.

### ۳. پیشینه تحقیق

تحلیل شبکه مورد توجه محققان زیادی قرار گرفته است. مطالعات انجام شده در زمینه شبکه‌های تجارت انرژی عبارتند از مطالعه شفر<sup>۱</sup> (۲۰۱۲)، گنگ و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۴)، ناکایاما و هوریتا<sup>۳</sup> (۲۰۱۴)، ژنگ و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۱۴)، چن و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۱۶)، کایا و ارن<sup>۶</sup> (۲۰۱۶)، دو و همکاران<sup>۷</sup> (۲۰۱۶، ۲۰۱۷)، سان و همکاران<sup>۸</sup> (۲۰۱۷)، فراکاسو و همکاران<sup>۹</sup> (۲۰۱۸)، چن و همکاران (۲۰۱۸)، ورونیوک و همکاران<sup>۱۰</sup> (۲۰۱۹)، سمنور و همکاران<sup>۱۱</sup> (۲۰۲۰) و پنگ و همکاران<sup>۱۲</sup> (۲۰۲۱) که بر تجزیه و تحلیل ویژگی‌های شبکه‌ها متمرکز شده‌اند.

برای نمونه، ژنگ و همکاران (۲۰۱۴) به تجزیه و تحلیل پویای شبکه تجارت جهانی گاز طبیعی با استفاده از تحلیل شبکه طی دوره زمانی ۲۰۱۱-۲۰۰۰ پرداخته‌اند. در این مطالعه دو شبکه تجارت جهانی

1 Shaffer

2 Geng et al.

3 Nagayama and Horita

4 Zhang et al.

5 Chen et al.

6 Kaya & Eren

7 Due et al.

8 Sun et al.

9 Fracasso et al.

10 Woroniuk et al.

11 Semanur et al.

12 Peng et al.

گاز مایع و خطوط لوله مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که در دوره زمانی مورد مطالعه، کشورهای موجود در شبکه تجارت گاز مایع ارتباطات بیش‌تری نسبت به کشورهای موجود در شبکه تجارت گاز خطوط لوله دارند. بازارهای آمریکای شمالی، اروپا و آسیا یکپارچه نیستند که نشان می‌دهد هنوز بازار جهانی گاز طبیعی شکل نگرفته است. با این حال، درجه ادغام بین بازارهای اروپا و آسیا در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۱ نسبتاً قوی است. در نهایت، ادغام بین بازارهای بین‌المللی گاز طبیعی و معاملات داخلی گاز مایع به شدت وابسته و متقابلاً اثرگذار هستند.

چن و همکاران (۲۰۱۶) به تدوین الگوی رقابت تجارت جهانی گاز مایع با روش تحلیل شبکه طی دوره ۲۰۰۵-۲۰۱۴ پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که رقابت بین صادرکنندگان شدیدتر و پیچیده‌تر شده است به طوری که از رقابت منطقه‌ای به رقابت جهانی تبدیل شده است. با توجه به تجزیه و تحلیل شبکه، بیش‌تر کشورهای غیر *GECF*، مانند اندونزی، آنگولا و یمن، به گروه اصلی صادرکنندگان گاز مایع پیوسته‌اند که نشان‌دهنده تحولات تجارت گاز مایع برای جهانی‌سازی است. شدیدترین رقابت در تعداد محدودی از کشورها مانند قطر، استرالیا، مالزی، الجزایر و نیجریه که تقریباً عضو ۱۰ کشور برتر رقابتی برای صادرات گاز مایع هستند، ایجاد می‌شود. قطر از یک موقعیت منحصر به فرد برخوردار است زیرا تقریباً در تمام ۱۰ روابط برتر تجاری قطر وجود دارد و نقش غالب آن در تجارت جهانی گاز مایع مشهود است.

ورونیوک و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی بازارهای گاز اروپا، هاب‌های تجاری و شکل‌گیری قیمت بر اساس دیدگاه شبکه طی دوره زمانی ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۸ پرداخته‌اند. نتایج این مطالعه حاکی از آن است که تجارت گاز طبیعی در اروپا در کوتاه‌مدت در حال توسعه است، اما هر هاب دارای ویژگی‌های منحصر به فردی است که نرخ‌های مختلف توسعه و ادغام را فراهم می‌کند.

سمنور و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی نگاهت شبکه تجارت جهانی گاز مایع، چشم‌انداز حمل و نقل دریایی با استفاده از تحلیل شبکه طی دوره زمانی ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۷ پرداخته‌اند. تجزیه و تحلیل الگوی حمل و نقل برای بهینه‌سازی استراتژی‌های تجاری بین کشورها و اطمینان از واردات و صادرات انرژی از اهمیت بالایی برخوردار است. نتایج نشان می‌دهد که (۱) شبکه حمل و نقل گاز مایع با روابط تجاری نزدیک‌تر مشخص می‌شود. (۲) سنگاپور، راس لافان و خور فاکان نقش مهمی در شبکه حمل و نقل گاز مایع دارند. (۳) شبکه تجارت جهانی گاز مایع از سال ۲۰۱۳ چندین جامعه تجاری نزدیک را توسعه داده

است و بنادر در جوامع منحصر به فرد به تدریج از نظر جغرافیایی بیش‌تر متمرکز شده‌اند. (۴) شبکه تجارت جهانی گاز مایع به سه منطقه تجارتی نزدیک پیوند یافته است، به عنوان مثال، منطقه‌ای شامل برخی از بنادر در خاورمیانه، استرالیا، سنگاپور، آسیای شرقی و آسیای جنوب شرقی؛ منطقه‌ای شامل بندرهای باقی‌مانده از خاورمیانه، آفریقای شرقی و مدیترانه و اروپا؛ و بنادر در قاره آمریکا که یک منطقه تجارتی نسبتاً مستقل است.

در برخی از مطالعات داخلی نیز رویکرد شبکه مورد استفاده قرار گرفته است. شیرازی و همکاران (۱۳۹۴)، به بررسی جایگاه ایران در تجارت بین‌المللی بر اساس رهیافت شبکه در هر یک از سال‌های ۲۰۰۵، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ پرداخته‌اند. در این مطالعه ساختار جهانی صادرات و واردات کالا برای ۱۰۴ کشور بررسی و با استفاده از مفاهیم شبکه‌ها، توپولوژی و ویژگی این شبکه‌ها محاسبه شده‌اند. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که کلیه شبکه‌های تشکیل شده در همه سال‌ها دارای توزیع پاور و ضریب خوشه‌بندی بالا بوده‌اند. علاوه بر این، نتایج شاخص مرکزیت میانی نشان می‌دهد که ایران در همه سال‌های مطالعه شده کشوری تاثیرگذار در شبکه تجارت نبوده است و برخلاف کشورهای مهم در این شبکه با کشورهایی رابطه تجارتی داشته است که خود کمتر با دیگر کشورهای شبکه رابطه اندک تجارتی داشته‌اند.

نجزارزاده و بیابانی خامنه (۱۳۹۷)، به تحلیل توپولوژی شبکه تجارت بین‌الملل سوخت و جایگاه ایران در سال‌های ۱۹۹۵ و ۲۰۱۷ پرداخته‌اند. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که شبکه تجارت سوخت یک شبکه تماماً هم‌بند است که به طور محسوس تحولاتی از قبیل رشد تعداد ارتباطات تجارتی و افزایش شکل‌گیری روابط در قالب خوشه‌های تجارتی و منطقه‌ای شدن را شاهد بوده است. همچنین لزوماً کشورهای با سهم صادراتی بالا تاثیرگذاری بیش‌تری در تجارت سوخت ندارند و در عین حال با افزایش سهم در تجارت سوخت، کشورها به تجارت فراتر از خوشه‌های تجارتی متمایل‌تر می‌شوند. نهایتاً نتایج حاکی از کم شدن اهمیت ایران در تجارت سوخت است.

هادیان و همکاران (۱۳۹۸)، به بررسی آثار تحریم‌های بین‌المللی بر ساختار تجارتی ایران با کاربرد رویکرد نظریه شبکه در سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۱۶ پرداخته‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که نه تنها ایران جزء کشورهای پیرامون شبکه تجارتی بوده است، بلکه موقعیت ساختاری اقتصاد ایران در شبکه تجارت بین‌الملل نیز تاثیر چندانی از تحریم‌ها نگرفته است.

اگرچه مطالعات متعددی در زمینه تحلیل شبکه در حوزه انرژی صورت گرفته است ولی در خصوص مشخص کردن رتبه و جایگاه ایران و تک تک سایر کشورها در شبکه تجارت بین‌المللی گاز طبیعی براساس شاخص‌های شبکه مطالعه‌ای انجام نگرفته است. همچنین دوره زمانی در نظر گرفته شده در مطالعه حاضر نیز متفاوت و از آخرین آمارهای موجود استفاده شده است. در پژوهش حاضر، از گزارش سازمان ملل به نشانی (*comtrade.un.org*) که متداول‌ترین پایگاه برای استخراج اطلاعات و آمار تجارت دوجانبه بین کشورها است، استفاده گردیده است. طبق آمار موجود، تمامی کشورهایی که تجارت گاز دارند، در نظر گرفته شده‌اند. به این صورت که تعداد کشورها در شبکه تجاری حالت گازی ۱۲۱ با ۲۹۸ ارتباط تجاری و در شبکه حالت مایع ۱۲۷ با ۵۲۱ ارتباط تجاری بوده است. اهمیت در نظر گرفتن تمامی کشورها در شبکه تجاری آن است که برای اتخاذ سیاست‌های بین‌المللی، اطلاع داشتن هر کشور از موقعیت تجارت بین‌الملل خود، هر چند نقشی کلیدی در شبکه تجاری ایفا نکند، مهم است.

#### ۴. روش تحقیق

استفاده از تحلیل شبکه جهت مطالعه تجارت بین‌المللی برای این است که می‌توان ستون فقرات سیستم‌های معاملات و تجاری را با در نظر گرفتن کشورها و روابط تجاری آن‌ها به عنوان گره‌ها و یال‌ها به دست آورد. چارچوب مطالعه شبکه‌های پیچیده، علاوه بر اینکه ما را قادر می‌سازد تا تجارت بین‌الملل را به طور کلی درک کنیم، تلاش می‌کند تا دیدگاه جدیدی از اتصال را برای کشف سیستم‌های تجاری با دریافت اطلاعات بیش‌تر مانند استحکام سیستم‌های تجاری، چگالی سیستم و غیره بدست آوریم (وو و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۲۰).

یک شبکه در واقع، مجموعه‌ای از رأس‌ها<sup>۲</sup> و یا گره‌ها<sup>۳</sup> و ارتباطات میان آن‌ها که لبه (یال)<sup>۴</sup> نامیده می‌شوند، است (باجیو<sup>۵</sup>، ۲۰۰۸). گره‌ها می‌توانند فرد، گروه، سازمان، کشور و غیره باشند. ارتباطات بین گره‌ها در تحلیل شبکه مورد نظر است. این ارتباطات ممکن است جهت‌دار، بدون جهت و وزن‌دار باشد.

1 Wu et al.

2 Vertices

3 Node

4 Edge

5 Baggio

شبکه ارتباطات دوتایی بدون جهت، ساده‌ترین نوع شبکه است که تنها نشان‌دهنده وجود یا عدم وجود ارتباط بین گره‌ها است. حال اگر در شبکه ارتباطی جهت داشته باشد به آن کمان و اگر بدون جهت باشد به آن یال گفته می‌شود (هوگان<sup>۱</sup>، ۲۰۰۷). در حالتی که ارتباطات وزن دار باشد، وزن می‌تواند نشان‌دهنده میزان، تکرار یا شدت ارتباط باشد (وسرمن و همکاران<sup>۲</sup>، ۱۹۹۴، گارتون و دیگران<sup>۳</sup>، ۱۹۹۹، اسکات<sup>۴</sup>، ۱۹۹۱). کاربرد روش گراف دارای مزیت‌های زیر است:

- ۱- یکی از بخش‌های اقتصادی تاثیرگذار در روابط خارجی کشورها، تجارت خارجی بوده که در مسیر پیشرفت اقتصادی کشورها نقش مهمی دارد. به همین جهت، مطالعه روابط تجاری بین کشورها امری ضروری است و چون روابط بین‌الملل بین کشورها دارای یک نظام پیچیده است، بررسی روابط بین آن‌ها در قالب نظریه شبکه مفید خواهد بود. بنابراین، درک ساختار شبکه جهانی تجارت از دو جنبه مهم است: اول آنکه تجارت - که در آن ارتباطات مستقیم و غیرمستقیم بین کشورها در نظر گرفته می‌شود- یکی از راه‌های مهم ارتباط میان کشورهاست و فهم مفاهیمی مانند ملی‌گرایی و جهانی‌سازی، گسترش بحران‌های بین‌المللی و ... می‌تواند ما را به تحلیل بهتری رهنمون می‌سازد. از طرفی دیگر، شناخت ویژگی‌های ساختار و توپولوژی شبکه تجارت بین‌المللی گاز طبیعی می‌تواند پویایی‌های اقتصاد کلان را به صورت آماری شرح دهد. مثلاً کالی و ریس (۲۰۱۰) معتقدند که مرکزیت شبکه تجارت بین‌المللی (مرکزیت یکی از شاخص‌های تحلیل شبکه است) می‌تواند بهتر از شاخص‌های مرسوم مثل آزادی تجارت، یکپارچگی اقتصاد جهانی را اندازه‌گیری کند.
- ۲- با استفاده از معیارهای مبتنی بر نظریه گراف، علاوه بر اینکه می‌توانیم کشورها را از نظر معیارهای سنتی تجارت مانند تعداد روابط تجاری و سهم از تجارت بین‌الملل ارزیابی نماییم، خواهیم توانست که کشورها را از نظر تاثیرگذاری بر جریان تجارت، اهمیت ارتباطات تجاری آن‌ها و معیارهایی از این دست شناسایی و رتبه‌بندی کنیم.

---

1 Hogan

2 Wasserman et al.

3 Garton et al.

4 Scott

۳- مزیت بعدی روش تحلیل شبکه این است که نظریه شبکه می‌تواند روابط تجاری بین کشورها را با رفع محدودیت‌های نظریه جاذبه در زمینه بررسی روابط تجاری (در نظر گرفتن امکان عدم وجود رابطه تجاری بین کشورها)، بهتر بررسی و مطالعه کند.

۴- در نهایت اینکه، در شبکه تجارت بین‌المللی گاز طبیعی - همانند هر شبکه دیگری از روابط، عملکرد هر عضو آن در کنار روابط دیگر اعضای شبکه بررسی می‌شود و اینگونه نیست که عملکرد یک عضو آن به صورت جدا بررسی شود چون تغییر و تحولات توپولوژیک روابط شبکه بر چگونگی عملکرد یک عضو تاثیر غیرقابل انکاری خواهد داشت. به بیان دیگر، تجزیه و تحلیل مبتنی بر شبکه این امکان را مهیا می‌سازد تا توانایی‌های بازیگران را در شبکه‌ای از روابط متقابل شناسایی و ارزیابی کنیم. چون، تمامی کشورها برای تدوین سیاست خارجی نیاز به اطلاعاتی از موقعیت تجاری خود و سایر شرکای تجاری‌شان دارند که نظریه گراف ابزار کمی مهمی است که در تجزیه و تحلیل شبکه‌ها معیارهای محاسباتی قدرتمندی در اختیار محققین می‌گذارد. برای مثال، زمانی که برای بررسی میزان ادغام یک کشور در تجارت جهانی متغیر باز بودن تجاری (نسبت مجموع صادرات (غیرنفی) و واردات به تولید ناخالص داخلی) محاسبه می‌شود، فقط روابط تجاری بین دو کشور مدنظر قرار می‌گیرد، در حالی که، تجزیه و تحلیل شبکه می‌تواند ارتباطات تجاری بیش‌تری (واسطه‌گری در بخش تجارت) را در روابط بین‌المللی شناسایی کند و بنابراین تصویر عمیق‌تری از مراحل ادغام را نشان دهد. مثلاً در تجزیه و تحلیل شبکه می‌توان موقعیت خاص یک کشور در شبکه تجارت بین‌المللی گاز طبیعی را شناسایی کرد و این امکان وجود دارد که میزان ادغام بین‌المللی را برای کل شبکه ارزیابی کرد.

#### ۴-۱. نمایش ریاضی شبکه

یک گراف ساده را می‌توان به صورت  $G = (V, E)$  نشان داد که در آن  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_N\}$  شامل مجموعه‌ای از رأس‌ها یا گره‌ها و  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_M\}$  مجموعه‌ای از یال‌ها است.

#### ۴-۲. شاخص‌های مورد استفاده در تحلیل شبکه

از مهم‌ترین شاخص‌های شبکه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- اندازه شبکه<sup>۱</sup>: تعداد کل پیوندهای موجود در شبکه را اندازه شبکه می‌گویند (باستانی و رئیسی، ۱۳۹۰). به عبارت دیگر هر چه تعداد گره‌ها در شبکه زیاد باشد، کانال‌های ارتباطی بیش‌تری در شبکه ایجاد می‌گردد (می و لوی<sup>۲</sup>، ۲۰۱۲).

۲- چگالی (تراکم) شبکه<sup>۳</sup>: نسبت تعداد همه پیوندهای موجود به همه پیوندهای ممکن است که نشان‌دهنده میزان همبستگی<sup>۴</sup> شبکه می‌باشد. این شاخص مقداری بین صفر و یک است، به این صورت که اگر مقدار شاخص برابر صفر باشد نشان می‌دهد که هیچ پیوندی در شبکه مورد بررسی وجود ندارد و در نتیجه همبستگی شبکه بسیار پایین است. برعکس اگر مقدار شاخص تراکم معادل یک باشد نشان‌دهنده این است که شبکه دارای همبستگی بالایی است و ارتباط کشورها در کل تجارت بیش‌تر است (باجیو، ۲۰۰۸). بنابراین، چگالی شبکه برابر است با:

$$\rho = \frac{L}{g(g-1)/2} = \frac{2L}{g(g-1)} \quad (1)$$

۳- قطر شبکه<sup>۵</sup>: نشان‌دهنده فاصله دورترین گره‌های موجود در شبکه با یکدیگر است (باجیو، ۲۰۰۸). هم‌چنین کم‌ترین طول آن، شعاع شبکه ( $R$ ) نامیده می‌شود که می‌توان به صورت زیر نشان داد:

$$D = \max(d_{ij}) \quad . \quad R = \min(d_{ij}) \quad (2)$$

۴- متوسط طول مسیر جغرافیایی: اگر گراف وزن‌دار باشد، کوتاه‌ترین مسیر بین دو گره را می‌توان از الگوریتم دایکسترا به دست آورد. به این مسیر، مسیر جغرافیایی گفته می‌شود. در این صورت متوسط طول مسیر جغرافیایی شبکه، از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$L = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i,j \in N, i \neq j} d_{ij} \quad (3)$$

که در آن  $d_{ij}$  طول مسیر جغرافیایی از  $i$  تا  $j$  و  $N$  تعداد گره‌های شبکه است (بوکالتی<sup>۶</sup>، ۲۰۰۶)

---

1 Size  
2 Mei & Lui  
3 Density  
4 Cohesion  
5 Diameter  
6 Boccaletti, S., et al.

۵- ضریب خوشه‌بندی<sup>۱</sup>: در نظریه گراف، ضریب خوشه‌بندی معیاری است که درجه گره‌هایی که تمایل دارند در یک خوشه کنار هم قرار گیرند را اندازه‌گیری می‌کند. در عالم تجارت، خوشه‌بندی به بازاریان کمک می‌کند که در میان مشتریان خود گروه‌های متمایز و متفاوتی را پیدا کنند و یا گروه‌های مشتریان را براساس الگوهای خرید مشخص سازند.<sup>۲</sup>

دو نوع ضریب خوشه‌بندی وجود دارد: یک شاخص کلی از خوشه‌بندی در شبکه (عمومی) و دیگری ضریب خوشه‌بندی اطراف یک گره (محلی) است. ضریب خوشه‌بندی محلی گره  $i$ ،  $c_i$ ، از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$c_i = \frac{y_i}{\binom{k_i}{2}} \quad (۴)$$

که در آن  $y_i$  تعداد پیوندهای موجود میان همسایگان گره  $i$  و  $k_i$  درجه گره  $i$  است. ضریب خوشه‌بندی محلی یک گره در گراف تعیین می‌کند که چگونه همسایگان این گره به گراف کامل نزدیک می‌شوند. ضریب خوشه‌بندی  $C$  گراف، میانگین ضرایب خوشه‌بندی محلی همه گره‌های گراف است که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$C = \frac{1}{N} \sum_{i=N} c_i \quad (۵)$$

این شاخص نیز دارای مقداری بین صفر و یک است و نشان‌دهنده همبستگی یا انسجام در شبکه است، می‌توان گفت با شاخص تراکم (چگالی) شباهت زیادی دارد اما از شاخص تراکم گویاتر است (باجیو، ۲۰۰۸).

۶- تمرکز<sup>۳</sup>: شاخص تمرکز به میزان سازمان یافتن گره‌های موجود در شبکه در اطراف یک یا چند گره مرکزی دلالت دارد (نیومن<sup>۴</sup>، ۲۰۰۴).

1 Clustering Coefficient

۲ مفاهیم و تکنیک‌های داده‌کاوی، مهدی اسماعیلی.

3 Centralization

4 Newman

۷- شاخص مرکزیت<sup>۱</sup>: این شاخص معرف اهمیت یک گره یا رأس را در شبکه براساس میزان ارتباطی که در شبکه برقرار می‌کند، نشان می‌دهد. یک گره با درجه مرکزیت بالا در شبکه جایگاه ویژه‌ای دارد چون کوتاه‌ترین فاصله را با سایر گره‌ها در شبکه داراست (می و لیو، ۲۰۱۲).

مرکزیت گره‌های شبکه را می‌توان به سه شاخص درجه<sup>۲</sup>، میانی (وسط‌بودگی)<sup>۳</sup> و نزدیکی<sup>۴</sup> تقسیم کرد.

۸- مرکزیت درجه‌ای: نشان‌دهنده تعداد ارتباطات آن گره با سایر گره‌های تشکیل‌دهنده شبکه است (نیومن، ۲۰۱۰). در گراف‌های جهت‌دار دو درجه ورودی<sup>۵</sup> و درجه خروجی<sup>۶</sup> برای یک گره محاسبه می‌شود که درجه ورودی نشان‌دهنده پیوندهای خروجی است (تعداد اتصالاتی که از رئوس دیگر به یک رأس اشاره دارند) و دومی پیوندهای ورودی گره (تعداد اتصالاتی که از یک رأس منشا می‌گیرند و به رئوس دیگر اشاره دارند) را نشان می‌دهد (هوگان، ۲۰۰۷).

این شاخص به صورت فرمول زیر تعریف می‌گردد:

$$C_D(p_k) = \sum_{i=1}^n a(p_i \cdot p_k) \quad (6)$$

در این فرمول  $n$  معرف تعداد گره‌هایی است که در شبکه وجود دارد و  $a(p_i \cdot p_k)$  اگر گره  $p_i$  و  $p_k$  بهم متصل باشند برابر ۱ است و در غیر این صورت برابر صفر خواهد بود. شبکه اردوش و رنی یکی از ساده‌ترین شبکه‌های تصادفی است که برای اولین بار توسط دو ریاضیدان پال اردوش و آلفرد رنی<sup>۷</sup> در سال ۱۹۵۹ مطرح شد. این شبکه شامل  $n$  گره است که هر دو گره با احتمال  $p$  به یکدیگر متصل می‌شوند و تابع توزیع درجه این شبکه‌ها از نوع دوجمله‌ای یا پواسن است. در مدل اردوش و رنی، همه گراف‌ها با تعداد گره و یال ثابت، احتمال برابر دارند.

با بررسی ساختار شبکه‌ها در مطالعات مختلف انجام شده، دیده می‌شود که توزیع شبکه‌ها بیش‌تر از نوع توزیع قانون توانی<sup>۸</sup> است که توسط باراباسی و آلبرت در سال ۱۹۹۹ ارائه شده است. منظور از توزیع

- 
- 1 Centrality
  - 2 Degree
  - 3 Betweenness
  - 4 Closeness
  - 5 In-degree
  - 6 Out-degree
  - 7 Erdos & Renyi
  - 8 Power-Law

قانون توانی در گراف شبکه، بدین معنا است که تعداد محدودی گره با درجه بسیار بزرگ وجود دارد که به آن‌ها هاب می‌گویند و به همین ترتیب تعداد زیادی گره با درجه کوچک وجود دارد. بنابراین فرمول آن به صورت زیر بیان می‌گردد:

$$p(k) = Ck^\alpha \quad (7)$$

اگر  $k$  درجه گره باشد، این توزیع دارای مقدار  $Ck^\alpha$  است که بسته به مقادیر ثابت  $C$  و  $\alpha$  مشخص می‌گردد.

۹- مرکزیت میانی: این شاخص توسط فریمن در سال ۱۹۷۷ معرفی شده است و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$b_i = \sum_{j,k \in N, j \neq k} \frac{n_{jk}(i)}{N_{jk}} \quad (8)$$

که در آن  $b_i$  شاخص مرکزیت میانی گره  $i$ ،  $n_{jk}(i)$  تعداد کوتاه‌ترین مسیرها از گره  $j$  به  $k$  که از گره  $i$  بگذرد و  $N_{jk}$  تعداد کل کوتاه‌ترین مسیرها از گره  $j$  به  $k$  است. براساس این شاخص، گره مرکزی گره‌ای است که به لحاظ ساختاری در بسیاری از کوتاه‌ترین مسیرهای اتصال دو گره شرکت کند. گره‌هایی که میانی بالایی دارند نقش مهمی را در پیوستگی و اتصال شبکه بازی می‌کنند، به گونه‌ای که اگر آن گره از شبکه حذف شود تمامی ارتباطات موجود در شبکه تحت تاثیر قرار می‌گیرند (لو و ژنگ، ۲۰۱۳).

۱۰- مرکزیت نزدیکی: نزدیکی یکی از شاخص‌های مرکزی گرهی شبکه است که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$c_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^n d(n_i, n_j)} \quad (9)$$

که در آن  $c_i$  شاخص نزدیکی گره  $i$ ،  $d(n_i, n_j)$  نشان‌دهنده کوتاه‌ترین فاصله بین گره‌های  $i$  و  $j$  است (اسکات و همکاران، ۲۰۰۸). براساس این شاخص، گره‌هایی که نزدیکی بالایی دارند، در شبکه نیز از قدرت تاثیرگذاری بالاتری برخوردار هستند و بنابراین می‌توانند نقش مرکزی‌تری در شبکه ایفا نمایند (عباسی و لیدسدورف، ۲۰۱۲).

## ۳-۴. توصیف داده

هدف این مطالعه، تحلیل شبکه تجارت بین‌المللی گاز طبیعی با استفاده از نظریه شبکه است. با استناد به مقاله چن و همکاران (۲۰۱۶ و ۲۰۱۸)، از گزارش سازمان ملل به نشانی (comtrade.un.org) که متداول‌ترین پایگاه برای استخراج اطلاعات و آمار تجارت دوجانبه بین کشورها است، ارزش دلاری تجارت گاز صورت گرفته کشورها به یکدیگر برای سال ۲۰۱۸ دریافت شده است. در این پایگاه، داده‌های مورد نیاز براساس طبقه‌بندی *HS*<sup>۱</sup> (کد بین‌المللی کالا) ارائه شده‌اند. بدین صورت که سازمان تجارت جهانی برخی از کالاها را در گروه سوخت تحت کد ۳ *SITC*<sup>۲</sup> طبقه‌بندی می‌کند که شامل سوخت‌های معدنی، روان‌کننده‌ها و مواد وابسته است. گروه فوق چهار دسته محصولات شامل کد ۳۲ (زغال سنگ، کک و بریکت)، کد ۳۳ (نفت و فراورده‌های نفتی و محصولات وابسته)، کد ۳۴ (گاز طبیعی و مایع) و کد ۳۵ (برق) را در بر گرفته که هر یک از کدهای مذکور به اجزایی نیز تقسیم می‌شوند. معادل تعرفه *HS* کد ۳ *SITC* به شرح جدول ۱ است:

جدول ۱. گروه سوخت سازمان تجارت جهانی براساس طبقه‌بندی *HS*

کدهای متناظر براساس طبقه‌بندی <i>HS</i>	کد ۳ (براساس طبقه‌بندی <i>SITC</i> )
۲۷۰۴-۲۷۰۳-۲۷۰۲-۲۷۰۱۲-۲۷۰۲-۲۷۰۷۱۱	کد ۳۲
۲۷۰۸-۲۷۱۰۹۱-۲۷۰۷-۲۷۰۶-۲۷۱۰۱۱-۲۷۱۲- ۲۷۰۹۰۰-۲۷۱۵-۲۷۱۰۹۱ ۲۷۱۳۹۰ الی ۲۰۱۳۲۰-۲۷۱۰۱۹ الی ۲۷۱۰۱۱ ۲۷۱۳۱۲ الی ۲۷۱۳۱۱	کد ۳۳
۲۷۰۵۰۰-۲۷۱۱۲۹-۲۷۱۱۱۹-۲۷۱۱۱۴-۲۷۱۱۲۱- ۲۷۱۱۱۱-۲۷۱۱۱۳-۲۷۱۱۱۲	کد ۳۴
۲۷۱۶	کد ۳۵

ماخذ: اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی ایران

1 Harmonized System Code

2 Standard International Trade Classification

طبق جدول بالا کد HS، ۲۷۱۱۲۱ مربوط به گاز طبیعی مایع شده و ۲۷۱۱۱۱ مربوط به گاز طبیعی در حالت گازی است. با بررسی آخرین آمار منتشر شده داده‌های متناظر با هر کد HS در سال ۲۰۱۸، کشور ایران فقط در حالت گازی صادرکننده گاز طبیعی بوده است، بنابراین دو شبکه مجزا (در حالت گازی و در حالت مایع) طراحی شده است. در شبکه‌های طراحی شده که از نوع جهت دار است، گره‌ها معرف کشورها و یال‌ها نیز معرف صادرات از کشور  $i$  به  $j$  است. شبکه‌ها جهت‌دار در نظر گرفته شده‌اند، چون جهت صادراتی که بین کشورها صورت می‌گیرد دارای اهمیت است. از این رو در این مطالعه، با استفاده از شاخص‌های مربوط به نظریه شبکه، از جمله درجه و ضریب خوشه‌بندی و ...، به این موضوع پرداخته شده است. در این مطالعه، طبق آمار موجود، تمامی کشورهایی که تجارت گاز دارند، در نظر گرفته شده‌اند. اهمیت در نظر گرفتن تمامی کشورها در شبکه تجاری آن است که اطلاع داشتن هر کشور از موقعیت تجارت بین‌الملل خود، برای اتخاذ سیاست‌های بین‌المللی مهم است، هر چند نقشی کلیدی در شبکه تجاری ایفا نکند. پس از گردآوری آمارها، از نرم افزار Gephi جهت محاسبه و استخراج شبکه استفاده می‌شود.

## ۵. نتایج اجرای مدل

در مطالعه گنگ و همکاران (۲۰۱۴)، با استفاده از نظریه شبکه، مشخصه‌های تکامل ساختار تجارت بین‌المللی گاز طبیعی و ادغام بازار بین‌المللی گاز طبیعی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. کشورهای موجود در شبکه تجارت گاز طبیعی مایع ارتباط نزدیک‌تری نسبت به کشورهای موجود در شبکه تجارت گاز از طریق خط لوله دارند. بازارهای آمریکای شمالی، اروپا و آسیا یکپارچه نیستند که نشان می‌دهد هنوز بازار جهانی گاز طبیعی شکل نگرفته است. با این حال، درجه ادغام بین بازارهای اروپا و آسیا طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۱ نسبتاً قوی است. در نهایت، یکپارچگی بین بازارهای بین‌المللی گاز طبیعی و تجارت بین منطقه‌ای گاز طبیعی مایع بسیار به هم پیوسته و متقابل هستند. در مطالعه چن و همکاران (۲۰۱۶)، تجارت گاز طبیعی مایع از نظر تجارت و حجم معاملات سال به سال در حال رشد است و رقابت در بین صادرکنندگان گاز طبیعی شدیدتر و پیچیده‌تر شده است و از رقابت منطقه‌ای به رقابت جهانی تغییر کرده است. شدیدترین رقابت در تعداد معدودی از کشورها مانند قطر، استرالیا، مالزی، الجزایر و نیجریه که تقریباً ۱۰ کشور برتر رقابتی برای صادرات گاز طبیعی مایع هستند، ایجاد می‌شود. قطر یک

موقعیت منحصر به فرد دارد زیرا تقریباً تمامی ۱۰ روابط رقابتی برتر شامل قطر می‌باشد که نقش اساسی خود را در تجارت گاز طبیعی مایع نشان می‌دهد. با توجه به اینکه گاز شیل بیش‌تری از ایالات متحده وارد بازار بین‌المللی گاز طبیعی مایع می‌شود، تاثیر آن در تجارت جهانی گاز طبیعی مایع و الگوهای رقابت در آینده قابل توجه خواهد بود. در مطالعه چن و همکاران (۲۰۱۸)، نتایج حاکی از آن است که کشور روسیه در عین حال که دارای شرکای تجاری زیادی است اما در بازار جهانی گاز طبیعی نفوذ پایینی دارد. علاوه بر این، خطر تامین گاز خارجی برای کشورهای واردکننده گاز به شدت متفاوت بوده و نشان می‌دهد که کشورهای اروپایی در ریسک تجاری بالاتری قرار دارند، در حالی که چین و ژاپن بیش‌ترین ریسک تامین گاز در آسیا را دارند. سنگاپور و هند نیز احتمالاً به عنوان بزرگ‌ترین واسطه عمل می‌کنند و باعث سقوط تجاری به طور گسترده شده است. در مطالعه حاضر نیز، علی‌رغم اینکه روسیه جز بزرگ‌ترین صادرکنندگان گاز طبیعی است اما مرکزیت میانی کمتری از کشوری مانند سنگاپور دارد. بنابراین معیارهای دیگری مانند داشتن ارتباطات تجاری متنوع، در شبکه تجارت گاز طبیعی تعیین‌کننده است. در این قسمت ابتدا ساختار کلی شبکه تجارت جهانی به تفکیک کد HS بررسی و سپس شاخص‌ها و موقعیت ایران در این شبکه مورد مطالعه قرار خواهد گرفت.

### ۵-۱. بررسی شبکه‌های تجارت بین‌المللی گاز طبیعی

در این بخش، تصاویر شبکه‌های تجارت جهانی گاز طبیعی در سال ۲۰۱۸ آورده شده است (شکل ۱ و ۲). تعداد گره‌ها (معرف کشورها) معادل ۱۲۱ است و یال‌ها که نقش ارتباطات تجاری بین کشورها را بازی می‌کنند برابر ۲۹۸ است. در شکل (۱)، ایران به کشورهای آذربایجان، ارمنستان و افغانستان صادرات گاز دارد و از آذربایجان نیز گاز وارد می‌کند که ارزش دلاری گاز صادرشده بیش‌تر از گاز وارد شده به کشور است. کشورهای آذربایجان، قزاقستان، روسیه و ترکمنستان به عنوان رقبای ایران نیز به افغانستان صادرات گاز دارند. کشور روسیه به عنوان رقیب ایران به ارمنستان گاز صادر می‌کند. در نهایت کشورهای ایتالیا، قزاقستان و روسیه به عنوان رقبای ایران در صادرات گاز به آذربایجان هستند. در جدول ۲ شاخص‌های شبکه تجارت بین‌المللی گاز طبیعی در حالت گازی نشان داده شده است.

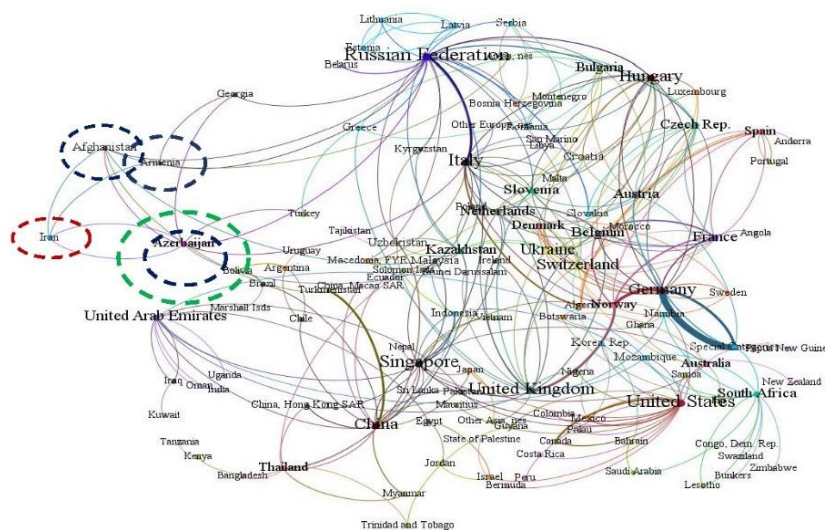
جدول ۲. شبکه تجارت بین‌المللی گاز طبیعی در سال ۲۰۱۸

متوسط ضریب خوشه‌بندی	متوسط طول مسیر	چگالی گراف	قطر گراف	تعداد یال‌ها (روابط تجاری)	تعداد گره‌ها (کشورها)	کد HS
۰/۱۴۷	۴/۴۳	۰/۰۲۱	۷	۲۹۸	۱۲۱	۲۷۱۱۲۱ (گازی)
۰/۱۶۵	۲/۸۴	۰/۰۳۳	۶	۵۲۱	۲۷۱۱۱۱ (مایع)	

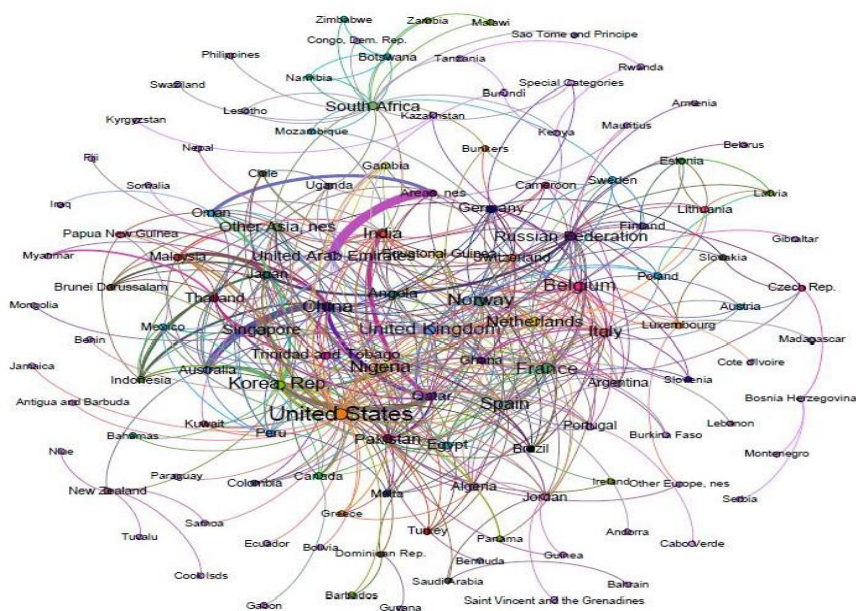
ماخذ: نتایج تحقیق

در شبکه‌های طراحی شده تمام کشورهای صادرکننده و واردکننده گاز طبیعی در سال ۲۰۱۸ در نظر گرفته شده‌اند که در حالت گازی ۱۲۱ کشور و ۲۹۸ ارتباط تجاری بین کشورها وجود دارد و در حالت مایع تعداد کشورها شامل ۱۲۷ و ارتباط تجاری بین آن‌ها معادل ۵۲۱ است. در شبکه‌های طراحی شده، اندازه گره‌ها نشان‌دهنده تعداد روابط تجاری یک کشور با دیگر کشورها است که هر چه اندازه گره‌ای بزرگ‌تر باشد به معنای این است که با کشورهای بیشتری رابطه تجاری دارد.

قطر شبکه معادل بزرگ‌ترین طول مسیر جغرافیایی بین دو گره در یک شبکه است که در شبکه حالت گازی معادل ۷ و در حالت مایع معادل ۶ است.



شکل ۱. شبکه تجارت بین‌المللی گاز طبیعی در حالت گازی (کد HS، ۲۷۱۱۲۱)



شکل ۲. شبکه تجارت بین‌المللی گاز طبیعی در حالت مایع (کد HS، ۲۷۱۱۱۱)

شاخص چگالی (تراکم) در حالت گازی معادل  $۰/۰۲۱$  و در حالت مایع  $۰/۰۳۳$  است. این شاخص به بررسی روابط تجاری میان کشورها می‌پردازد و در حالت کلی، مقداری بین صفر و یک است. همان‌طور که در جدول (۲) ملاحظه می‌گردد چگالی هر دو شبکه پایین است. دلیل این امر این است که تجارت عمدتاً بین کشورهای واردکننده و صادرکننده انجام می‌شود، یعنی به تجارت با یکدیگر به طور مستقیم می‌پردازند، و به ندرت در سایر کشورها انجام می‌شود. به عبارت دیگر، در شبکه‌های تجارت گاز تعدادی محدودی کشور صادرکننده وجود دارد که بیش‌ترین منابع گاز طبیعی را دارا هستند و کشورهای واردکننده گاز طبیعی تمایل بیش‌تری دارند تا اولویت خود را برای ایجاد روابط تجاری پایدار با این کشورها قرار دهند. اعداد  $۰/۰۲۱$  در حالت گازی و  $۰/۰۳۳$  در حالت مایع، بیانگر این هستند که در شبکه حالت گازی تنها  $۲/۱$  درصد از روابط ممکن میان کشورها در حوزه تجارت گاز طبیعی برقرار شده و تعداد پیوندها کم است و در حالت مایع نیز تنها  $۳/۳$  درصد از روابط ممکن میان کشورها در حوزه تجارت گاز طبیعی برقرار شده است که حاکی از انسجام پایین شبکه است. علاوه بر این، با مقایسه چگالی در دو شبکه مورد

بررسی، تراکم شبکه تجارت گاز طبیعی مایع، نسبت به تراکم شبکه گاز از طریق خط لوله بیش‌تر است. این بدان معناست که تجارت گاز طبیعی مایع، انعطاف‌پذیرتر از تجارت از طریق خط لوله است که با شرایط جغرافیایی محدود نمی‌شود (که معمولاً به صورت کشتی صورت می‌گیرد) و در نتیجه روابط تجاری (یا لوله‌های شبکه) به سرعت افزایش می‌یابد. علاوه بر این، ارتباط بین کشورهای تجارت‌کننده گاز طبیعی مایع، نسبتاً نزدیک است، چون مقیاس تجارت گاز طبیعی مایع بسیار کمتر از تجارت گاز از طریق خط لوله است و از طریق کشتی انجام می‌شود، در نتیجه تجارت در این حالت انعطاف‌پذیرتر و متنوع‌تر خواهد بود. در حالی که، تجارت گاز از طریق خط لوله در سراسر کشور انجام می‌شود و به زیرساخت‌های خط لوله بستگی دارد. در نتیجه می‌تواند باعث ایجاد محدودیت تجاری بین کشورها شود. تجارت گاز از طریق خط لوله عمدتاً در بازارهای منطقه‌ای انجام می‌شود و حجم تجارت گاز از طریق خط لوله بین منطقه‌ای نسبتاً کم است. این مساله عمدتاً به این دلیل است که لوله‌کشی یک خط لوله در سراسر اقیانوس بسیار دشوار است که امر مقیاس تجارت گاز بین منطقه‌ای از طریق خط لوله را بسیار محدود می‌کند.

شاخص متوسط کوتاه‌ترین طول مسیر بیانگر متوسط نزدیک‌ترین مسیری است که هر دو راس (گره) در شبکه می‌توانند با یکدیگر ارتباط داشته باشند. کوتاه‌ترین مسیر بین دو گره در شبکه حالت گازی برابر  $4/43$  و در حالت مایع  $2/84$  است و این نشان می‌دهد که متوسط کوتاه‌ترین مسیر در شبکه حالت مایع کمتر از شبکه با حالت گازی است. بنابراین وقتی فاصله کوتاه باشد کشورها ارتباط بیش‌تری با یکدیگر خواهند داشت. علاوه بر این می‌توان بیان کرد که در هر دو حالت گازی و مایع دو کشور حاضر در شبکه به طور میانگین تقریباً از طریق سه گره به یکدیگر متصل می‌شوند.

ضریب خوشه‌بندی معیاری است که درجه گره‌هایی که تمایل دارند در یک خوشه کنار هم قرار گیرند را اندازه‌گیری می‌کند. به عبارت دیگر، برای بررسی ارتباط تنگاتنگ تجاری میان همسایگان رؤس در شبکه تجاری گاز طبیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این شاخص نیز دارای مقداری بین صفر و یک است و نشان‌دهنده همبستگی یا انسجام در شبکه است. هر چه مقدار این شاخص به یک نزدیک باشد نشان‌دهنده این است که همسایگان یک راس با یکدیگر ارتباط تنگاتنگ تجاری دارند. در شبکه‌های مورد بررسی، متوسط ضریب خوشه‌بندی در حالت گازی معادل  $0/147$  و در حالت مایع  $0/165$  است. متوسط ضریب خوشه‌بندی در هر شبکه پایین است. بنابراین نشان‌دهنده انسجام پایین هر دو شبکه است.

## ۲-۵. توزیع درجه

در ادامه می‌توان تابع توزیع شدت و یا استحکام این دو شبکه را رسم کرد. در هر دو شبکه تابع توزیع از توزیع قانون توانی پیروی می‌کند. منظور از توزیع قانون توانی در گراف شبکه، بدین معنا است که تعداد محدودی گره با درجه بسیار بزرگ وجود دارد که به آن‌ها هاب می‌گویند و به همین ترتیب تعداد زیادی گره با درجه کوچک وجود دارد. بنابراین تعداد اندکی کشور وجود دارد که از درجه بالایی برخوردار هستند و تقریباً همه وزن تجارت را به خود اختصاص می‌دهند. در مقابل نیز اکثر کشورها حجم اندکی از تجارت را به خود می‌دهند. بیش‌تر کشورهای واردکننده نیز برای تضمین واردات خود ترجیح می‌دهند با کشورهای ارتباطی تجارتی برقرار کنند که منابع غنی داشته و حجم بالایی از صادرات را به خود اختصاص داده‌اند. در واقع با رسم نمودار پراکندگی تمام درجات گره‌ها، مشخص می‌شود که چه تعداد گره در شبکه دارای درجه‌های یکسانی هستند. در ادامه به بررسی توزیع درجه شبکه در دو حالت گازی و مایع می‌پردازیم.

### الف) حالت گازی

نمودار (۱) توزیع درجه شبکه در حالت گازی را نشان می‌دهد. توزیع درجه شبکه در یک شبکه با  $n$  راس، به صورت نسبت تعداد رئوس با درجه  $k$  و  $n$  تعداد کل رئوس در شبکه تعریف می‌گردد. حال اگر توزیع درجه از نوع توزیع پواسن باشد، بیانگر آن است که رئوس دارای درجه یکسان در شبکه هستند و اگر توزیع درجه از توزیع قانون توانی پیروی کند به شبکه‌های مقیاس آزاد معروف هستند و بدان معنی است که تعدادی از رئوس مرکزی، درجه بالایی دارند ولی بسیاری از رئوس شبکه نیز از درجه پایینی برخوردار هستند. حال در شبکه مورد بررسی، ۳۲ کشور دارای درجه ۱، همچنین ۲۵ کشور دارای درجه ۲، و در نهایت تنها یک کشور وجود دارد که دارای درجه ۲۴ است. بنابراین کشورهای محدودی مانند روسیه، آمریکا، سنگاپور و ایتالیا وجود دارند که تقریباً همه وزن شبکه یا تجارت را به خود اختصاص داده‌اند و در مقابل اکثر کشورهای موجود در شبکه از جمله هند، کویت، لیبی، ترکیه حجم اندکی از تجارت را به خود اختصاص داده‌اند در واقع ۸۰ درصد تجارت ناشی از ۲۰ درصد روابط تجاری است. بیش‌ترین روابط تجاری بین تعداد انگشت شماری از کشورها وجود دارد.

یکی از ساده‌ترین شاخص‌های مرکزیت، شاخص مرکزیت درجه است. در شبکه‌های وزنی، این شاخص، شاخص قدرت<sup>۱</sup> نامیده می‌شود بدین معنا که وزن‌های روابط یک رأس را محاسبه می‌کند. در شبکه جهت‌دار، این شاخص بصورت درجه ورودی و درجه خروجی تعریف می‌شود که به ترتیب در رابطه‌های (۱۰) و (۱۱) معرفی شده‌اند.

$$d_i^{in} = \sum_{j=1}^N a_{ji} \quad (10)$$

$$d_i^{out} = \sum_{j=1}^N a_{ij} \quad (11)$$

رابطه (۱۰) مبین جمع روابط وارد شده به رأس  $i$  و رابطه (۱۱) مبین جمع روابط خارج شده از رأس  $i$  است. در شبکه وزنی، درجه ورودی و درجه خروجی، به ترتیب قدرت ورودی و قدرت خروجی خوانده می‌شوند (نیومن، ۲۰۱۰). تفسیر اقتصادی این شاخص آن است که در شبکه صادراتی، شاخص درجه ورودی کشور  $i$  مبین میزان وابستگی این کشور به صادرات سایر کشورها و شاخص درجه خروجی کشور  $i$  نشان‌دهنده میزان قدرت یک کشور در زمینه صادرات است. در شبکه وارداتی نیز، شاخص درجه ورودی کشور  $i$  مبین میزان وابستگی کشور  $i$  به واردات از سایر کشورها و شاخص درجه خروجی کشور  $i$  مبین میزان وابستگی سایر کشورها به واردات از کشور  $i$  است.

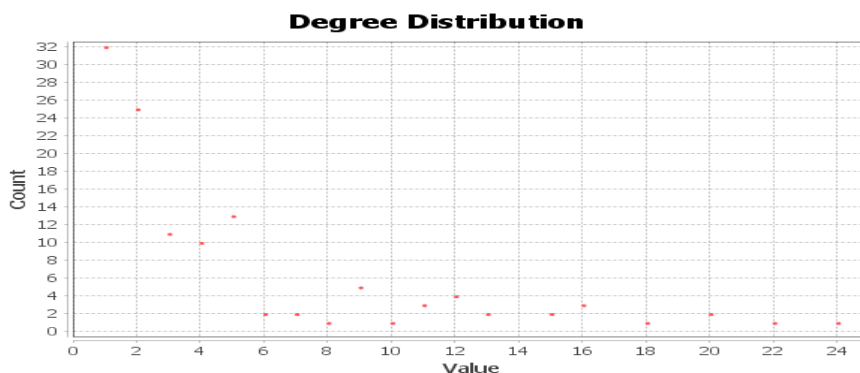
پس به طور کلی، درجه راس ارتباط دوتایی بین دو راس را اندازه‌گیری می‌کند و بیانگر تعداد شریک تجاری است که هر راس دارد (فاجیولو و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۰۸). در گراف‌های جهت‌دار درجه به دو نوع درجه وارد شده به راس (درجه ورودی) و درجه خارج شده از آن (درجه خروجی) تقسیم می‌شود که در ادامه در هر یک از دو حالت گازی و مایع، براساس درجه ورودی و خروجی مهم‌ترین صادرکنندگان و واردکنندگان گاز در بازار تجارت جهانی گاز مشخص گردیده‌اند.

نمودار (۲) توزیع درجه ورودی تجارت گاز طبیعی در حالت گازی را نشان می‌دهد. مطابق نمودار در شبکه ۳۰ کشور وجود دارد که درجه ۲ دارند، ۱۴ کشور نیز دارای درجه ۳ هستند و در نهایت تنها یک کشور

1 Strength  
2 Fagiolo et al.

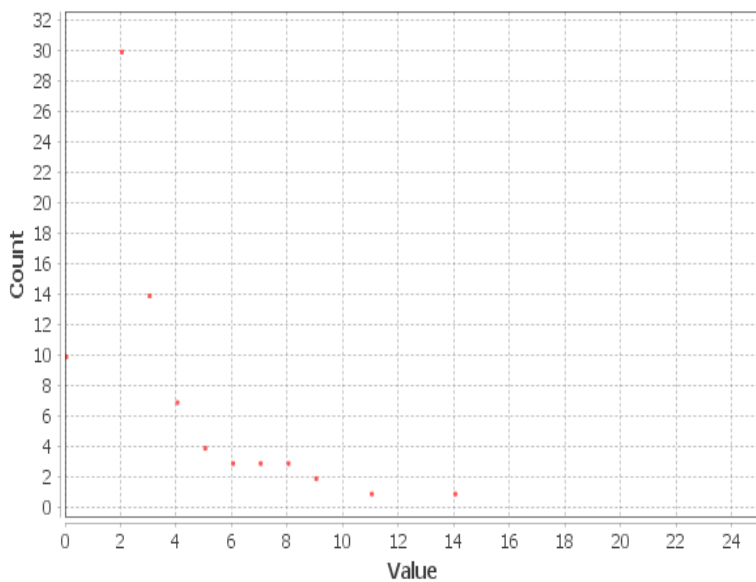
وجود دارد که دارای درجه ۱۴ است. بنابراین کشورهای اندکی، مانند اوکراین، سنگاپور و ایتالیا وجود دارند که تقریباً همه وزن شبکه یا تجارت را به خود اختصاص داده‌اند و در مقابل تقریباً اکثر کشورهای موجود، از جمله هند، کویت، لیبی، عمان، در شبکه حجم اندکی از تجارت را به خود اختصاص داده‌اند بنابراین با توجه به این شکل می‌توان مهم‌ترین واردکنندگان گاز در بازار تجارت جهانی گاز را شناخت.

نمودار (۳) توزیع درجه خروجی تجارت گاز طبیعی در حالت گازی را نشان می‌دهد. همچنانکه مشاهده می‌شود کشورهای اندکی وجود دارند که تقریباً همه وزن شبکه یا تجارت را به خود اختصاص داده‌اند (مانند کشورهای روسیه، آمریکا، ایتالیا و سنگاپور) و در مقابل تقریباً اکثر کشورهای موجود در شبکه حجم اندکی از تجارت را به خود اختصاص داده‌اند (مانند کشورهای بلاروس، هند، کویت). بنابراین با توجه به این شکل می‌توان مهم‌ترین صادرکنندگان گاز در بازار تجارت جهانی گاز را شناخت.



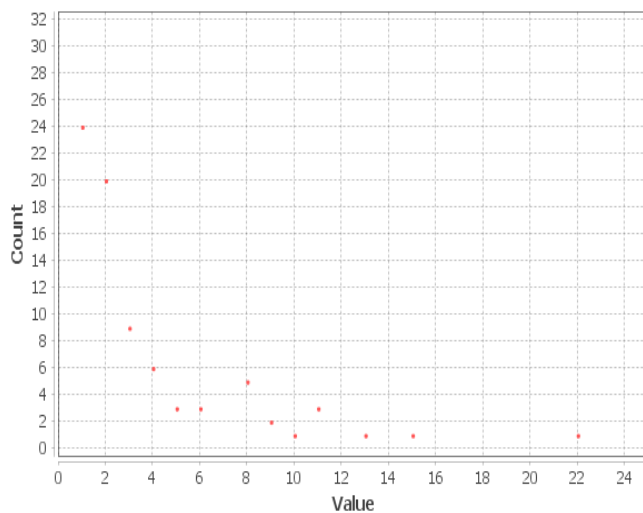
نمودار ۱. توزیع درجه شبکه حالت گازی

### In-Degree Distribution



نمودار ۲. توزیع درجه ورودی تجارت گاز طبیعی در حالت گازی

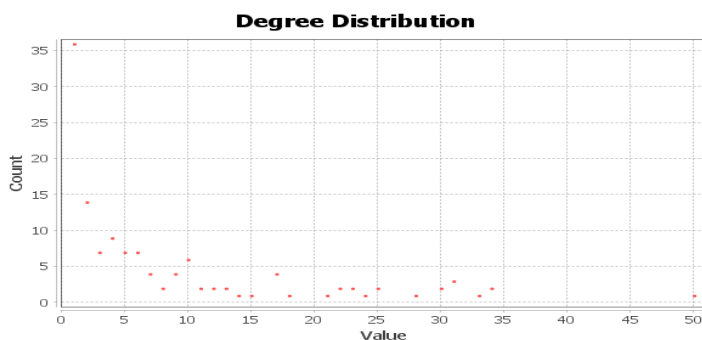
### Out-Degree Distribution



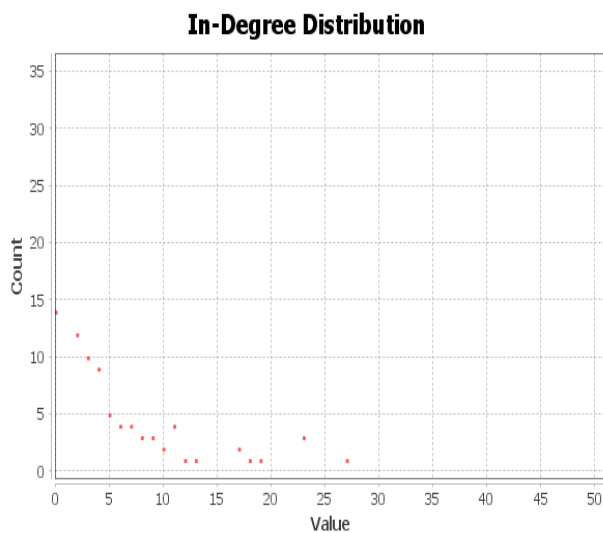
نمودار ۳. توزیع درجه خروجی تجارت گاز طبیعی در حالت گازی

**ب) حالت مایع**

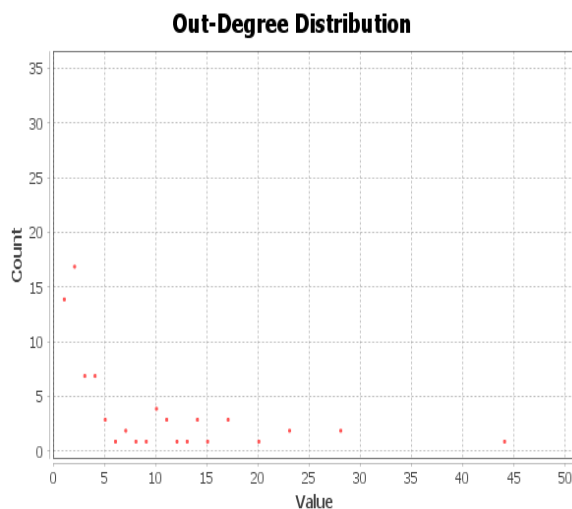
با توجه به اینکه توزیع درجه شبکه مورد بررسی متناسب با توزیع قانون پاور است، تعدادی از رئوس مرکزی، درجه بالایی دارند (مانند کشورهای آمریکا، فرانسه، بلژیک) و اما بسیاری از رئوس شبکه درجه پایینی دارند (مانند کشورهای ارمنستان، بلاروس، بحرین) (نمودار ۴).



نمودار ۴. توزیع درجه شبکه حالت مایع



نمودار ۵. توزیع درجه ورودی تجارت گاز طبیعی در حالت مایع



نمودار ۶. توزیع درجه خروجی تجارت گاز طبیعی در حالت مایع

نمودار (۵) نیز از توزیع قانون پاور تبعیت می‌کند. بنابراین تعدادی از رئوس مرکزی، درجه بالایی دارند (مانند کشورهای چین، هند، کره، ایتالیا) و اما بسیاری از رئوس شبکه درجه پایینی دارند (مانند کشورهای دانمارک، عراق، ارمنستان و قطر). بنابراین با توجه به این شکل می‌توان مهم‌ترین واردکنندگان گاز در بازار تجارت جهانی گاز را شناخت.

نمودار (۶) نیز از توزیع قانون پاور تبعیت می‌کند. بنابراین تعدادی از رئوس مرکزی، درجه بالایی دارند (مانند کشورهای آمریکا، فرانسه، نروژ و روسیه) و اما بسیاری از رئوس شبکه درجه پایینی دارند (مانند کشورهای ارمنستان، بحرین و بلاروس). بنابراین با توجه به این شکل می‌توان مهم‌ترین صادرکنندگان گاز در بازار تجارت جهانی گاز را شناخت.

### ۳-۵. ارزیابی جایگاه ایران در حالت گازی

شبکه طراحی در حالت گازی دارای ۱۲۱ گره (کشور) است. برای ارزیابی جایگاه ایران در این شبکه، نتایجی که برای تعدادی از کشورهای ماقبل ایران به دست آمده است، با ایران مورد مقایسه قرار می‌گیرد.

جدول ۳. کشورهای نخست شبکه تجارت بین‌المللی گاز طبیعی در حالت گازی

رتبه	درجه گره	رتبه	مرکزیت میانی	رتبه	مرکزیت نزدیکی
۱	روسیه	۱	سنگاپور	۱	سنگاپور
۲	آمریکا	۲	آمریکا	۲	انگلستان
۳	ایتالیا، سنگاپور	۳	چین	۳	ایتالیا، سوئیس
۵۲	ایران	۶۹	ایران	۱۰۴	ایران

ماخذ: نتایج تحقیق

درجه هر گره نشان‌دهنده تعداد ارتباطات آن گره با سایر گره‌های تشکیل‌دهنده شبکه است. هر چه درجه گره بیش‌تر باشد که به معنی داشتن روابط تجاری متعدد است. به بیان بهتر می‌توان به دسترسی بیش‌تر آن کشورها به بازارهای بیش‌تر اشاره کرد. در جدول (۳)، کشورهای دارای بیش‌ترین درجه مرکزیت کشورهایی هستند که در شبکه تجارت بین‌المللی گاز طبیعی گره‌هایی با اندازه بزرگ‌تر را به خود اختصاص داده‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌شود روسیه رتبه نخست را داراست، در نتیجه دارای بیش‌ترین رابطه تجاری در حوزه تجارت گاز طبیعی در حالت گازی محسوب می‌شوند. کشورهای آمریکا، ایتالیا به ترتیب رتبه‌های دوم و سوم را از این حیث در اختیار دارند. کشورهای همسایه از جمله قطر، قزاقستان، آذربایجان، افغانستان، پاکستان، عراق، ارمنستان، ترکمنستان، ترکیه، بحرین، عربستان، عمان و کویت به ترتیب رتبه‌های ۹، ۱۳، ۲۶، ۵۳، ۵۵، ۶۲، ۶۴، ۶۹، ۷۹، ۸۱، ۸۴، ۱۰۱ و ۱۱۹ را از این حیث در اختیار دارند. رتبه ایران ۵۲ است و این بدان معنا است که ایران با کشورهای کمتری ارتباط دارد، این نکته برای کشور ایران، که تحت تاثیر تحریم‌های اقتصادی بوده است دور از انتظار نیست، در حالی که کشورهایی مانند روسیه، قطر، قزاقستان و آذربایجان از جهت تعداد روابط تجاری در وضعیت بهتری نسبت به ایران قرار دارند. مثلاً کشوری مثل قزاقستان با ۱۰ کشور دیگر ارتباط تجاری دارد، به همین دلیل رتبه بهتری به خود اختصاص داده است.

شاخص مرکزیت میانی دفعاتی که یک گره در مسیر بین دو گره قرار می‌گیرد را اندازه می‌گیرد. کشورهایی که این مقدار شاخص را دارند هم واردکننده گاز طبیعی و هم صادرکننده گاز طبیعی هستند. با توجه به این شاخص، کشور سنگاپور با رتبه نخست، در بهم پیوستگی تجارت بین‌المللی گاز طبیعی

نقش اصلی را بر عهده دارد. ایران دارای رتبه ۶۹ در شاخص مرکزیت میانی است که در مقایسه با ۶۸ کشور قبل خود مرکزیت میانی کمتری دارد. گره‌هایی که میانی بالایی دارند نقش مهمی را در پیوستگی و اتصال شبکه بازی می‌کنند، به گونه‌ای که اگر آن گره از شبکه حذف شود تمامی ارتباطات موجود در شبکه تحت تاثیر قرار می‌گیرند. با توجه به جدول فوق، کشورهایمانند نروژ و روسیه بزرگ‌ترین صادرکنندگان گاز طبیعی هستند اما مرکزیت میانی کمتری از کشور سنگاپور دارند. بنابراین معیارهای دیگری مانند داشتن ارتباطات تجاری متنوع، در شبکه تجارت گاز طبیعی تعیین‌کننده است. کشورهای همسایه از جمله روسیه، قطر، قزاقستان، آذربایجان، عراق، افغانستان، پاکستان، ترکمنستان، بحرین، عربستان، ارمنستان، ترکیه، کویت و عمان به ترتیب رتبه‌های ۴، ۶، ۱۲، ۳۰، ۳۶، ۳۷، ۴۳، ۴۸، ۵۰، ۵۶، ۵۸، ۷۰ و ۹۴ را از این حیث در اختیار دارند. ایران دارای رتبه ۶۹ است، در حالی که کشورهای روسیه، قطر، قزاقستان، آذربایجان، عراق، افغانستان، پاکستان، ترکمنستان، بحرین، عربستان و ارمنستان نقش پررنگ‌تری در بهم پیوستگی تجارت بین‌المللی گاز طبیعی به عهده دارند.

شاخص مرکزیت نزدیکی، تعداد گام‌هایی که طول می‌کشد تا از یک گره خاص به گره دیگری در گراف برسیم را اندازه‌گیری می‌کند. یک گره با مرکزیت نزدیکی بالا می‌تواند سریع‌تر با دیگر گره‌ها ارتباط برقرار کند. با توجه به این شاخص، کشورهای سنگاپور، انگلستان و ایتالیا بیش‌ترین میزان شاخص مرکزیت نزدیکی را به خود اختصاص داده‌اند و در نتیجه در ایجاد رابطه تجاری با دیگر کشورها در شبکه موفق‌تر عمل کرده‌اند. در این شاخص ایران دارای رتبه ۱۰۴ است. کشورهای همسایه از جمله قزاقستان، روسیه، قطر، پاکستان، آذربایجان، ترکمنستان، افغانستان، عراق، عمان، ارمنستان، ترکیه، بحرین، عربستان و کویت به ترتیب رتبه‌های ۱۱، ۱۲، ۱۷، ۲۵، ۳۱، ۴۷، ۵۳، ۷۴، ۷۷، ۸۹، ۹۶، ۹۹، ۱۰۵ و ۱۱۹ را از این حیث در اختیار دارند. در این شاخص ایران دارای رتبه ۱۰۴ است. در حالی که کشورهای قزاقستان، روسیه، قطر، پاکستان، آذربایجان، ترکمنستان، افغانستان، عراق، عمان، ارمنستان، ترکیه، بحرین، عربستان در ایجاد رابطه تجاری با دیگر کشورها در شبکه موفق‌تر عمل کرده‌اند.

به طور مثال، همان‌طور که ملاحظه می‌شود اگرچه رتبه ایران از نظر تعداد روابط تجاری از کشوری مانند ترکمنستان بالاتر است، اما به دلیل اینکه ترکمنستان (نظیر چین) با کشورهای مهم‌تری در شبکه تجارت در ارتباط است (از نظر تعداد روابط) از نظر شاخص مرکزیت میانی و نزدیکی جایگاهی بهتر از ایران دارند.

بنابراین، با توجه به بررسی شاخص‌های شبکه، می‌توان به این نکته اشاره کرد که ایران بازیگر مهم در شبکه تجارت بین‌المللی گاز طبیعی در این حالت نیست و در شاخص‌های مورد بررسی دارای رتبه پایینی است.

#### ۴-۵. ارزیابی جایگاه ایران در حالت مایع

شبکه طراحی در حالت مایع دارای ۱۲۷ گره (کشور) است. ایران به عنوان دومین دارنده منابع گاز دنیا پس از روسیه، به دلایلی نتوانسته است در بین صادرکنندگان گاز طبیعی جهان جایگاهی داشته باشد و تنها به صادرات گاز به چند کشور همسایه به صورت محدود بسنده کرده است. همچنین به دلیل نبود سرمایه‌گذاری کافی در زیرساخت‌های لازم برای تولید گاز طبیعی مایع شده، هیچ نقشی در شبکه تجارت گاز طبیعی مایع شده ایفا نمی‌کند. به بیان دیگر، ایران گاز خود را تنها از طریق خط لوله منتقل می‌کند.

جدول ۴. کشورهای دارنده رتبه برتر در شبکه تجارت بین‌المللی گاز طبیعی در حالت مایع

رتبه	درجه گره	مرکزیت میانی	مرکزیت نزدیکی
۱	آمریکا	آمریکا	آمریکا
۲	بلژیک، فرانسه	آفریقای جنوبی	گرینلند، دانمارک
۳	انگلستان	روسیه	هند

ماخذ: نتایج تحقیق

روسیه در ابتدا گاز را از طریق خط لوله صادر می‌کرد ولی با توسعه LNG، بیش‌تر در بازارهای LNG متمرکز شده است. نروژ یکی از کشورهای دریایی در جهان است که حمل و نقل برای LNG را فراهم می‌کند و منجر به افزایش سریع تجارت LNG می‌شود. کشور عربستان سعودی عضو اوپک است و صادرات نفت منبع اصلی درآمد این کشور را تشکیل می‌دهد. با رشد تقاضای انرژی داخلی، این کشور صادرات گاز خود را برای تامین نیازهای داخلی کاهش داده و به افزایش صادرات نفت پرداخته است. مطابق نتایج (جدول ۴)، آمریکا رتبه نخست را از نظر درجه گره داراست، در نتیجه دارای بیش‌ترین رابطه تجاری در حوزه تجارت گاز طبیعی در حالت مایع محسوب می‌شود. کشورهای بلژیک و فرانسه، انگلستان، چین و اسپانیا و نروژ به ترتیب رتبه‌های دوم تا چهارم را از این حیث در اختیار داشته‌اند.

با توجه شاخص مرکزیت میانی نیز، کشور آمریکا با رتبه نخست، در بهم پیوستگی تجارت بین‌المللی گاز طبیعی نقش اصلی را بر عهده دارد. کشورهایی مانند امارات متحده عربی، استرالیا و قطر و روسیه بزرگ‌ترین صادرکنندگان گاز طبیعی حالت مایع هستند اما مرکزیت میانی کمتری از کشور آمریکا دارند. بنابراین معیارهای دیگری مانند داشتن ارتباطات تجاری متنوع، در شبکه تجارت گاز طبیعی تعیین‌کننده است.

در نهایت با توجه به شاخص مرکزیت نزدیکی، کشورهای آمریکا، گرینلند و دانمارک بیش‌ترین میزان شاخص مرکزیت نزدیکی را به خود اختصاص داده‌اند و در نتیجه در ایجاد رابطه تجاری با دیگر کشورها در شبکه موفق‌تر عمل کرده‌اند.

با توجه به بررسی شاخص‌های شبکه، آمریکا بازیگر مهم در شبکه تجارت بین‌المللی گاز طبیعی در حالت مایع است و در شاخص‌های مورد بررسی دارای بالاترین رتبه است هر چند بزرگ‌ترین صادرکننده گاز طبیعی حالت مایع نیست. بنابراین برای تعیین جایگاه یک کشور در شبکه تجارت بین‌المللی، شاخص‌ها و معیارهای مهمی نظیر مرکزیت میانی، مرکزیت نزدیکی، درجه هر گره مهم هستند و باید مورد توجه قرار گیرند.

## ۶. نتیجه‌گیری

گاز طبیعی یکی از مهم‌ترین منابع انرژی است که روز به روز بر اهمیت آن افزوده می‌شود و سهم آن در میان ترکیب انرژی بیش‌تر می‌شود. بررسی مصرف گاز طبیعی در کشورهای مختلف و مناطق جغرافیایی جهان به روشنی نشان می‌دهد که میزان مصرف گاز طبیعی در سال‌های گذشته و به خصوص در چند سال اخیر رشد قابل ملاحظه‌ای داشته است. پیش‌بینی مصرف گاز طبیعی برای دو دهه آتی نیز نشان می‌دهد که سهم گاز طبیعی از ترکیب انرژی جهان افزوده می‌شود و سهم انواع دیگر انرژی کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر، جهان وارد عصری شده است که در آن بسیاری از کشورها استفاده خود را از گاز طبیعی افزایش می‌دهند و تقاضا و تجارت برای گاز طبیعی روند رشد سریعی را در آینده خواهند داشت. ایران دومین کشور دارنده منابع گاز طبیعی جهان است و موقعیت ویژه‌ای نیز در ترانزیت گاز طبیعی داراست. این امر سبب می‌شود که بازارهای گاز طبیعی جهت انجام برنامه‌ریزی دقیق در بخش انرژی کشور مورد بررسی قرار گیرند. در نتیجه تحلیل جایگاه ایران در تامین گاز طبیعی مصرفی جهان از طریق شناخت این بازارها، می‌تواند تاثیر اساسی در هدف‌گذاری بخش انرژی کشور داشته باشد.

نتایج به دست آمده در شبکه تجارت بین‌المللی گاز طبیعی در حالت گازی حاکی از آن است که ایران بازیگر مهمی در شبکه تجارت بین‌المللی گاز طبیعی نیست و برای تعیین جایگاه یک کشور در شبکه تجارت بین‌المللی، شاخص‌ها و معیارهای مهمی نظیر مرکزیت میانی، مرکزیت نزدیکی، درجه هر گره مهم هستند و باید مورد توجه قرار گیرند.

در حال حاضر نیز، تجارت گاز طبیعی مایع به عنوان مکمل تجارت گاز از طریق خط لوله است و تجارت گاز طبیعی مایع بین کشورهایی که از نظر جغرافیایی دور هستند انجام می‌شود. در شبکه تجارت گاز طبیعی مایع چگالی شبکه نسبتاً بیش‌تر از چگالی شبکه تجارت از طریق خط لوله است. این امر به این دلیل است که زیرساخت‌های خط لوله پیش شرط تجارت گاز از طریق خط لوله است، در حالی که زیرساخت‌های خط لوله تحت محدودیت‌های جغرافیایی، روابط دیپلماتیک و عوامل سیاسی قرار دارد. با این حال، تجارت گاز طبیعی مایع که محدودیت جغرافیایی ندارد، انعطاف‌پذیری نسبتاً بیش‌تری دارد. علاوه بر این، با افزایش تقاضا و منابع متمرکز عرضه در تجارت بین‌المللی گاز طبیعی در آینده، گاز طبیعی مایع احتمالاً به مهم‌ترین شکل تجارت گاز طبیعی تبدیل خواهد شد که جریان گاز طبیعی را در جهان افزایش خواهد داد. این امر به معاملات جهانی مطابق با قوانین مکانسیم قیمت‌گذاری واحد گاز طبیعی و ارتقای شکل‌گیری یک بازار گاز طبیعی یکپارچه در سراسر جهان کمک خواهد کرد.

از این رو پیشنهاد می‌شود که جایگزین‌هایی برای شرکای فعلی، با توجه به نیاز ایران برای ایجاد یک تعامل پایدار با شرکای تجاری جهت افزایش سهم خود در بازارهای بین‌المللی، انتخاب شوند که اگر شرکای فعلی تمایلی به ادامه رابطه تجاری با ایران نداشته باشند، بتوان رابطه تجاری با جایگزین‌های بالقوه آن‌ها ایجاد کرد. همچنین، پیشنهاد می‌شود کشور ایران نقش و جایگاه خود را در شبکه جهانی تجارت بین‌المللی گاز طبیعی را از طریق افزایش بیش‌تر شرکای تجاری و تنوع بخشی و گسترش روابط تجاری با سایر مناطق، پرننگ‌تر نماید. بدین صورت که، برای داشتن روابط تجاری قوی‌تر با کشورهای مرکزی، سیاست‌های تجاری با در نظر گرفتن مسائل سیاسی و مانند آن اتخاذ شود. همچنین پیشنهاد می‌شود با سایر کشورها اتصالات غیرمستقیم تجاری خود را فراهم آورد. به بیان دیگر، می‌تواند با کشورهای وارد تجارت شود که اتصالات قوی‌تری با شبکه تجارت جهانی دارند.

موضوع دیگری که سیاست‌گذاران حوزه انرژی کشور بایستی مورد توجه قرار دهند، این است که کشور ایران نیاز به همکاری جدی با کشورهای ترانزیت از قبیل ترکیه، برای صادرات گاز از طریق خط

لوله به اروپا دارد. سیاست‌گذاران می‌توانند راهکارهای عملی و علمی برای رشد سهم ایران در شبکه تجارت بین‌المللی گاز ایران، با پیش‌بینی استراتژی و طرح رقبا و تدوین برنامه‌های بلندمدت صادرات گاز را ارائه نمایند.

ایران می‌تواند نقش کنترلی خود را در بازارهای جهانی، با توجه به وضعیت ژئوپلیتیکی تاثیرگذار خود بر جریان‌ات انتقالی در آب‌های آزاد ایفا کند و شرایط و زمینه همکاری و تعامل برای دسترسی به بازارهای جهان، با دنبال کردن سیاست‌های کشورهای رقیب مانند قطر و روسیه فراهم شود.

## منابع

- باستانی، سوسن. رئیس، مهین. (۱۳۹۰). "روش تحلیل شبکه: استفاده از رویکرد شبکه‌های کل در مطالعه اجتماعات متن‌باز"، مطالعات اجتماعی ایران، ۵(۲): ۳۱-۵۹.
- شیرازی، همایون. آذربایجانی، کریم. سامتی، مرتضی. (۱۳۹۴). "بررسی جایگاه ایران در تجارت بین‌المللی: یک رهیافت شبکه"، تحقیقات اقتصادی، دوره ۵۰، شماره ۴، ۹۰۲-۸۸۱.
- نجاززاده، رضا. بیابانی خامنه، کاظم. (۱۳۹۷). "توپولوژی شبکه تجارت بین‌الملل سوخت و جایگاه ایران"، فصلنامه پژوهش‌های سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی، شماره ۱۳، ۶۶-۴۱.
- هادیان، ابراهیم. ساجدیان فرد، نجمه. صمدی، علی حسین. دهقانی شبانی، زهرا. (۱۳۹۸). "بررسی آثار تحریم‌های بین‌المللی بر ساختار تجاری ایران: رویکرد نظریه شبکه"، فصلنامه اقتصاد و الگوسازی، دوره ۱۰، شماره ۳، ۲۹-۱.

Abbasi, A., Hossain, L., & Leydesdorff, L. (2012). "Betweenness centrality as a driver of preferential attachment in the evolution of research collaboration networks". *Journal of Informetrics*, 6(3): 403-412.

Aguilera, R.F. (2014). "The role of natural gas in a low carbon Asia Pacific". *Appl. Energy*, 113, 1795-1800.

Bhattacharya, K., Mukherjee, G., Sarāmaki, J., Kaski, K., & Manna, S.S. (2008). "The International Trade Network: Weighted Network Analysis and Modeling", *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, No. 2, 1-5.

Baggio, R. (2007). *Network analysis of a tourism destination*. School of Tourism the University of Queensland, Australia.

Baskaran T., Blochi F., Bruck T., & Theis, F.J. (2011). "The Heckscher-Ohlin Model and the Network Structure of International Trade", *International Review of Economics and Finance*, No. 20, 135-145.

- Barabasi, A. L., Albert, R. & Jeong, H.** (1999). "Mean-field theory for scale-free random networks", University of notre-Dame, Notre Dame, USA, *Physica A*. 272, 173-187.
- Chen, L., Cai, W., & Ma, M.** (2020). Decoupling or delusion? Mapping carbon emission per capita based on the human development index in Southwest China. *Sci.Total Environ.* 138722.
- Chen, Z., An, H., Gao, X., Li, H., & Hao, X.** (2016). "Competition pattern of the global liquefied natural gas(LNG) trade by network analysis", *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 1-26.
- Chen, Z., An, H., An, F., Guan, Q., & Hao, X.** (2018). "Structural risk evaluation of global gas trade by a network-based dynamics simulation model", *Energy* 159, 457-471.
- Du R., Dong G., Tian, L., Wang Y., Liu Y., Wang M., & Fang, G.** (2016). "A Complex Network Perspective on Features and Evolution of World Crude Oil Trade", *Energy Procedia*, Vol. 104, 221-226.
- Du R., Wang Y., Dong G., Tian L., Liu Y., Wang M., & Fang, G.** (2017). "A Complex Network Perspective on Interrelations and Evolution Features of International Oil Trade, 2002–2013", *Applied Energy*, Vol. 196, 142-151.
- Erdos, R.** (1959). "Graph theory and probability", *Can. J. Math.*, 11, 34-38.
- Fan Y., Ren S., Cai, H., & Cui, X.** (2014). "The State's Role and Position in International Trade: A Complex Network Perspective", *Economic Modelling*, No.39, 71-81.
- Fracasso, A., Hien, T., Nguyen, T., & Schiavo, E.** (2018). The Evolution of Oil Trade: A Complex Network Approach, Retrieved from:<https://doi.org/10.1017/nws.2018.6>.
- Fair, K. R., Bauch, C. T., & Anand, M.** (2017). "Dynamics of the Global Wheat Trade Network and Resilience to Shocks". *Scientific Reports*, 7(1): 1-14.
- Fagiolo, G., Rayes, J., & Schiavo, S.** (2008). "On the topological properties of the world trade web: A weighted network analysis", *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Elsevier, 387(15), 3868-3873.
- Garlaschelli, D., & Loffredo, M.I.** (2005). "Structure and Evolution of the World Trade Network", *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, Vol. 355, 138–144.
- Geng, J.B., Ji, Q., & Fan, Y.** (2014). "A Dynamic Analysis on Global Natural Gas Trade Network", *Applied Energy*, Vol. 132, 23-33.
- Garton, L., Haythornthwaite, C., & Wellman, B.** (1999). *Studying On- Line Social Network*, in Steve Jones (ed.), *Doing Internet Research*, London: Sage Publication.
- Hogan, B.** (2007). *Using Information Networks to Study Social Behavior: An Appraisal*, Oxford Internet Institute: IEEE.
- Lu, L., & Zhang, M.** (2019). "Edge Betweenness Centrality. In *Encyclopedia of systems Biology*". Springe, NewYork, 147 – 143.

- Mei, I., & Lui, H.** (2012). Effects of start-up firm's social network on knowledge transfer: An empirical study. *International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering*.
- Ma, M., Ma, X., Cai, W., & Cai, W.** (2020). Low carbon roadmap of residential building sector in China: historical mitigation and prospective peak. *Appl. Energy* 273,115247.
- Mazighi, AEH.** (2006). "The drivers behind the globalization of natural gas markets". *OPEC Review*, 30(2):71–84.
- Newman, M. E. J.** (2004). Detecting community structure in networks. *The European Physical Journal B - Condensed Matter*.
- Newman, M.** (2010). *Networks: An Introduction*, OUP Oxford.
- Nagayama, D., & Horita, M.** (2014). "A Network Game Analysis of Strategic Interactions in the International Trade of Russian Natural Gas Through Ukraine and Belarus", *Energy Economics*, No. 43, 89-101.
- Peng, P., Lu, F., Chen, S., & Yang, Y.** (2021). "Mapping the global liquefied natural gas trade network: A perspective of maritime transportation", *Journal of Cleaner Production*, 283, 1–9.
- Peng, P., Yang, Y., Lu, F., Cheng, S., Mou, N., & Yang, R.** (2018b). "Modelling the competitiveness of the ports along the Maritime Silk Road with big data". *Transport. Res. Pol. Pract.* 118, 852-867.
- Pospisil, J., Charviat, P., Arsenyeva, O., Klimeis, L., Spiliaicek, M., & Klimeis, J.J.** (2019). "Energy demand of liquefaction and regasification of natural gas and the po-tential of LNG for operative thermal energy storage. *Renew*". *Sustain. Energy Rev.* 99, 1-15.
- Kali, R., & Reyes, J.** (2007). "The architecture of globalization: a network approach to interna-tional economic integration". *J. Int. Bus. Stud.* 38 (4): 595–620.
- Tokito, S., Kagawa, S., & Nansai, K.** (2016). "Understanding international trade network complexity of platinum: The case of Japan". *Resources Policy*, 49, 415–421.
- Serrano, M.A., & Boguna, M.** (2003). *Topology of the World Trade Web*. *Physical Review E*, No. 68, 015101(R).
- Shaffer, B.** (2012). "Natural Gas Supply Stability and Foreign Policy", *Energy Policy*, Vol. 56, 114-125.
- Schaffer-Smith, D., Tomscha, S. A., Jarvis, K. J., Maguire, D. Y., Treglia, M. L., & Liu, J.** (2018). Network analysis as a tool for quantifying the dynamics of metacoupled systems: an example using global soybean trade. *Ecology and Society* 23(4):3.
- Smith, D.A., & White, D.R.** (1992). "Structure and Dynamics of the Global Economy: Network Analysis of International Trade 1965-1980", *Social Forces*, No. 70, 857-893.
- Sun, Q., Gao, X., Zhong, W. & Liu, N.** (2017). "The Stability of the International Oil Trade Network from Short-Term and Long-Term Perspectives", *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, Vol. 482, 345-356.

- Semanur, S., Huseyin, T., & Halil, O.** (2020). "An Alternative View to The Global Coal Trade: Complex Network Approach", *Studies in Business and Economics* no. 15(1): 270-288.
- Scott, J.** (1991). *Social Network Analysis*, London: Sage Publication.
- Scott, N., Cooper, C. and Baggio, R.** (2008). *Network Analysis and Tourism: From Theory to Practice (Aspects of Tourism)* Channel View Publications.
- Qiang, W., Niu, S., Wang, X., Zhang, C., Liu, A & Cheng, S** (2019). "Evolution of the Global Agricultural Trade Network and Policy Implications for China", *Sustainability* 2020,12, 192; doi:10.3390/su12010192, 1-16.
- Kaya, S, S., & Eren, E.** (2016). "Complex Network Approach to International Trade of Fossil Fuel", *International Science Index, Economics and Management Engineering* Vol:10, No:1, 2016 [waset.org/Publication/10003314](http://waset.org/Publication/10003314), 52-60.
- Wasserman, S., & Faust, K.** (1994). *Social Network Analysis Methods and Applications*, Cambridge University Press.
- Woroniuk, D., Karam, A., & Jamasb, T.** (2019). "European Gas Markets, Trading Hubs, and Price Formation: A Network Perspective", *Cambridge Working Papers in Economics*, 1-38.
- Wu, Z., Cai, H., Zhao, R., Fan, Y., Di, Z., & Zhang, J.** (2020). "A Topological Analysis of Trade Distance: Evidence from the Gravity Model and Complex Flow Networks", *Sustainability, MDPI, Open Access Journal*, vol. 12(9): 1-17.
- Zhang, J., Cui, Z., & Zu, L.** (2013). "The Evolution of Free Trade Networks", *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol. 38, 72-86.
- Zhong, W., An, H., Gao, X., & Sun, X.** (2014). "The Evolution of Communities in The International Oil Trade Network", *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, No. 213, 1-19.