

توپولوژی شبکه تجارت بین‌الملل سوخت و جایگاه ایران

رضا نجارزاده

دانشیار دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس (نویسنده مسئول)

najarzar@modares.ac.ir

کاظم بیابانی خامنه

دانشجوی دکتری علوم اقتصادی، دانشگاه تربیت مدرس

biabany@outlook.com

تمرکز منابع سوخت‌های فسیلی در مناطق جغرافیایی خاص و ماهیت استراتژیک سوخت به عنوان یک کالای قابل مبادله، شبکه‌ای در هم تبادله و پیچیده از روابط تجاری میان کشورهای وارد کننده و صادر کننده سوخت را پدید آورده است. در این تحقیق با بهره‌گیری از نظریه گراف، توپولوژی شبکه تجارت سوخت در سال ۱۹۹۵ و ۲۰۱۷ تجزیه و تحلیل و خوش‌های تجاری در تجارت سوخت و کشورهای عضو آنها شناسایی شده‌اند. سپس جایگاه و اهمیت بازیگران اصلی تجارت سوخت مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که شبکه تجارت سوخت یک شبکه تمام‌هم‌بند است که به طور محسوس تحولاتی از قبیل رشد تعداد ارتباطات تجاری و افزایش شکل‌گیری روابط در قالب خوش‌های تجاری و منطقه‌ای شدن را شاهد بوده است. همچنین لزوماً کشورهای با سهم صادراتی بالا تأثیرگذاری بیشتری در تجارت سوخت ندارند و در عین حال با افزایش سهم در تجارت سوخت، کشورها به تجارت فراتر از خوش‌های تجاری متمایل‌تر می‌شوند. نهایتاً نتایج حاکی از کم شدن اهمیت ایران در تجارت سوخت است.

واژگان کلیدی: نظریه گراف، سوخت‌های فسیلی، شبکه‌های پیچیده، خوش‌های تجاری

۱. مقدمه

در عصر جهانی شدن که تمام کشورها برای تأمین پایدار نیازهای خود به تجارت بین‌الملل متکی هستند، سوخت یکی از کالاهای ضروری و استراتژیک است که از یک‌سو کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه برای فعالیت‌های اقتصادی شدیداً به این نهاده وابسته هستند و از سوی دیگر به دلیل عدم توزیع یکسان منابع سوخت‌های فسیلی جریانی از تجارت سوخت بین کشورها وجود دارد (نیکی اسکویی و همکاران، ۱۳۹۷) که عمدتاً منبع مهم درآمدی کشورهای صادرکننده نیز تلقی می‌شود. ویژگی‌هایی که این کالا دارد (امکان ذخیره‌سازی و درجه همگنی بالا) باعث می‌شود کشورهای عرضه‌کننده سوخت با درجه بالایی از رقابت در سطح جهانی مواجه باشند و کشورهای مصرف‌کننده نیز بتوانند از کشورهای مختلفی این کالا را تأمین کنند. در نتیجه شبکه درهم‌تینده‌ای از روابط در تجارت سوخت شکل می‌گیرد که کشورهای عرضه‌کننده و واردکننده در مجموعه‌ای از رفتارهای استراتژیک، هر دو تمایل خواهند داشت در جهت ثبات تجاری و متنوع سازی ریسک (یکی به جهت افزایش امنیت انرژی و دیگری برای کاهش ریسک درآمد صادراتی) بیشترین تعداد روابط تجاری پایدار و اقتصادی را برقرار کنند. از سوی دیگر هر دو نوع کشور خواهان این هستند که اهمیت خود را در شبکه تجارت سوخت افزایش دهند تا به بازیگری مهم در این صحنه تبدیل شوند و از این طریق بتوانند به قدرت چانه‌زنی دست یافته، منافع خود را حداکثر نموده و حتی قواعد بازی را تعیین کنند.

بنابراین فهم نقش کشورها در تجارت بین‌الملل سوخت و پویایی‌های روابط بین کشورها برای سیاستگذاری در حوزه تجارت و امنیت انرژی بسیار کلیدی خواهد بود. با این حال شبکه تجارت بین‌الملل -مانند هر شبکه دیگری از روابط- به گونه‌ای نیست که عملکرد یک عضو آن

به صورت ایزوله ارزیابی شود بلکه ساختار روابط دیگر اعضای شبکه و تغییر و تحولات توپولوژیک^۱ روابط شبکه بر چگونگی عملکرد یک عضو تأثیر غیرقابل انکاری خواهد داشت. تجزیه و تحلیل مبتنی بر شبکه این امکان را مهیا می‌کند که الگوهای در حال ظهر و محدودیت‌ها و توانایی‌های بازیگران را در شبکه‌ای از روابط متقابل شناسایی و ارزیابی کنیم. در این چهارچوب نظریه گراف^۲ ابزار کمی مهمی است که در تجزیه و تحلیل شبکه‌ها معیارهای محاسباتی قدرتمندی در اختیار محققین می‌گذارد. از این‌رو هدف از تحقیق حاضر تجزیه و تحلیل شبکه تجارت بین‌المللی سوخت و ارزیابی نقش کشورهای اصلی به‌ویژه ایران در تجارت سوخت با به کار بردن نظریه گراف در ریاضیات است. با استفاده از معیارهای مبتنی بر نظریه گراف علاوه بر اینکه امکان ارزیابی کشورها از نظر معیارهای سنتی تجارت نظری تعداد روابط تجاری و سهم از تجارت بین‌الملل وجود دارد، قادر خواهیم بود که کشورها را از نظر اهمیت ارتباطات تجاری آنها، تأثیرگذاری بر جریان تجارت، تجارت در خوش‌های تجاری و معیارهایی از این دست شناسایی و رتبه‌بندی کنیم.

به این ترتیب در ادامه ابتدا مفاهیم اصلی نظریه گراف به صورت اجمالی ارائه می‌گردد. آنگاه پیشینه‌ای از تحقیقات انجام‌شده در این حوزه مرور شده و در نهایت داده‌های شبکه تجارت سوخت تجزیه و تحلیل و نتایج به دست آمده ارائه می‌شود.

۲. نظریه گراف^۳

مفهوم پایه: یک گراف ساده را با $(V, E) = G$ نشان می‌دهیم که در آن V رأس‌ها^۴ یا گره‌ها^۱ و E مجموعه‌ای از یال‌ها^۵ است. یک گراف از یال‌هایی شکل گرفته که گره‌ها را به هم

-
1. Topologic
 2. Graph Theory

^۳. این بخش عمده‌تاً بر گرفته از دوبنديکتيس و همکاران (۲۰۱۴) و شنتون (۲۰۱۷) است.

4. Vertex

متصل کرده است. می‌گوییم که دو گره متصل^۳ هستند اگر یک یال مشترک داشته باشند. ویژگی‌های اتصال‌های یک گراف را با استفاده از ماتریس مجاورت^۴ A توصیف می‌کنیم. ماتریس مجاورت ماتریسی $n \times n$ است که در آن تعداد گره‌ها در گراف است. اگر یک جفت از گره‌ها با یک یال متصل باشند به آنها مجاور می‌گوییم و درایه سطر i و ستون j ماتریس مجاورت گراف که با a_{ij} نشان می‌دهیم به ازای آن مقدار ۱ می‌گیرد و در غیر این صورت مقدار صفر. اگر ماتریس مجاورت متقارن باشد یعنی $a_{ij} = a_{ji}$ ، آنگاه نشان‌دهنده یک گراف غیرجهت دار^۵ است. در مقابل گراف جهت دار^۶ گرافی است که یال‌ها از یک گره به سمت گره دیگری برقرار هستند و ماتریس مجاورت لزوماً متقارن نیست. به عبارت دیگر اگر یالی گره i را به گره j متصل کرده باشد لزوماً عکس آن برقرار نیست. اگرچه این امکان نیز وجود دارد که در گراف جهت دار از گره i به گره j نیز یالی برقرار باشد. در گراف جهت دار باید درجه-وروود^۷ k_i^{in} و درجه-خروج^۸ k_i^{out} را مشخص کنیم که نشان‌دهنده تعداد یال‌های ورودی و خروجی به گره i هستند. جمع این دو درجه کل گره خواهد بود. درجه یک گره اطلاعات مهمی درباره گره ارائه می‌دهد مثلاً می‌توان اهمیت گره را نسبت به دیگر گره‌ها مشخص کرد.

مسیر بین دو گره دنباله‌ای از گره‌های مجاور است که هر جفت گره متوالی با یک یال به هم متصل هستند. علاوه بر این نمی‌توان از یک گره بیش از یک بار عبور کرد. به این ترتیب طول یک مسیر با محاسبه تعداد یال‌هایی که برای رسیدن به گره زاز گره i باید طی نمود به دست

-
1. Node
 2. Edge
 3. Connected
 4. Adjacency matrix
 5. Undirected graph
 6. Directed graph
 7. In-degree
 8. Out-degree

می‌آید. کوتاه‌ترین مسیر بین دو گره، مسیر ژئودسیک^۱ و طول آن مسیر، فاصله ژئودسیک^۲ نامیده می‌شود. تعداد کوتاه‌ترین مسیرها، N_{ij} ، بین یک جفت گره از ماتریس مجاورت مشخص می‌شود. اگر مسیری مستقیم بین دو گره باشد یعنی $d_{ij} = 1$. تعداد مسیرهای با طول d به صورت ذیل مشخص می‌شود:

$$N_{ij}^{(d)} = \left[A^d \right]_{ij} \quad (1)$$

که در آن $\left[\dots \right]_{ij}$ نشان‌دهنده درایه ij ماتریس A است. این رابطه برای هر دو گراف جهت‌دار و بی‌جهت برقرار است. فاصله بین گره i و j مسیر با کوتاه‌ترین d است که درجه $N_{ij}^{(d)}$. ماتریس درجه یک ماتریس $n \times n$ است که درایه‌های قطری آن متناظر با درجه گره i و درایه‌های غیر قطری آن برابر صفر است. در یک گراف جهت‌دار تعداد کل یال‌ها به صورت ذیل است:

$$|E| = \sum_{i=1}^N k_i^{in} = \sum_{i=1}^N k_i^{out} \quad (2)$$

و میانگین درجه یک گراف برابر $k = \frac{|E|}{N}$ بوده و چگالی^۳ یا تراکم گراف از تقسیم میانگین درجه به حداقل تعداد یال‌های ممکن بدست می‌آید: $\delta = \frac{k}{N-1}$. در گراف‌هایی که تماماً همبند^۴ هستند، یعنی همه گره‌ها از یک گره دیگر قابل دستیابی است، قطر گراف را می‌توان به صورت طولانی‌ترین-کوتاه‌ترین مسیر بر روی تمام جفت گره‌ها (n_i, n_j) اندازه گرفت. قطر گراف در واقع طولانی‌ترین مسیر بین دو گره‌ای است که بیشترین فاصله را از یکدیگر

-
1. Geodesic path
 2. Geodesic distance
 3. Density
 4. Fully connected

دارند. متوسط طول مسیر d ، میانگین فاصله بین تمام جفت گره‌ها در یک گراف است. برای یک گراف جهت‌دار با N گره داریم^۱:

$$d = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i \neq j}^N d(n_i, n_j) \quad (3)$$

گراف وزن دار^۲ گرافی است که به یال‌های آن مقادیری نسبت داده شده که اهمیت یا وزن آن یال را نشان می‌دهد. ماتریس مجاورت چنین گرافی ماتریس مجاورت وزن‌دهی شده نامیده می‌شود و درایه‌های آن مانند قبل شامل درایه‌های صفر و یک نیست بلکه هر مقداری می‌تواند داشته باشد. مؤلفه‌های^۳ یک گراف زیرمجموعه‌های گراف با خصیصه‌هایی هستند که هر گره‌ای و هر گره دیگری در این زیرمجموعه متصل هستند یعنی دو به دو قابل دستیابی‌اند. اگر کل گراف تشکیل یک مؤلفه بددهد می‌گوییم که گراف تماماً هم‌بند است. گراف غیرهم‌بند نیز شامل دو یا چند مؤلفه است.

معیارهای سنجش گراف: اغلب مایلیم بینیم که چه تعداد گره در یک گراف درجه‌های یکسانی دارند. رسم نمودار پراکندگی تمام درجات گره‌ها توزیع درجه را نشان می‌دهد. اگر N گره در گراف وجود داشته باشند و N_k تا از آنها درجه k داشته باشند توزیع درجه به صورت $P(k) = \frac{N_k}{N}$ است. توزیع درجه را می‌توان به عنوان احتمال اینکه به صورت تصادفی گره‌ای انتخاب شود که درجه k داشته باشد در نظر گرفت. میانگین درجه یک گراف را نیز می‌توان به صورت $k = \sum_{k=0}^{\infty} k P(k)$ حساب کرد. دسته‌های متراکم و با پیوستگی بالای گره‌ها تشکیل

۱. برای گراف بی‌جهت سمت راست را در 2 ضرب می‌کنیم.

2. Weighted graph
3. Components

خوشه می دهنند. ضریب خوشه بندی^۱ به تعداد مثلث ها^۲ در گراف مرتبط است. ضریب خوشه بندی محلی^۳ گره i از تقسیم تعداد مثلث های بسته متصل به گره i به تعداد مثلث های متumer کز به گره i بدست می آید. منظور از مثلث نیز گره واحدی است که با یال هایی به دو گره دیگر متصل است. ضریب خوشه بندی محلی را می توان به عنوان معیاری از چگالی محلی گراف در نظر گرفت. هرچه تراکم اتصالات متقابل همسایگی های یک گره بیشتر باشد، ضریب خوشه بندی بزرگ تر است. ضریب خوشه بندی گراف جهت دار به صورت

$$Cl_d(i) = \frac{E_i}{k_i(k_i - 1)}$$

ضریب خوشه بندی محلی در بازه $0 \leq Cl(i) \leq 1$ قرار دارد که به معنی نبود هیچ گونه یالی بین همسایه های i است و $Cl(i) = 1$ دلالت دارد بر اینکه هر همسایه به دیگری متصل است. برای گره های با درجه صفر و یک ضریب خوشه بندی محلی در گراف می دهیم. ضریب خوشه بندی فراگیر نیز میانگین ضرایب خوشه بندی محلی در گراف است. این معیار را می توان به این احتمال در نظر گرفت که اگر دو گره همسایه به طور تصادفی انتخاب شوند به یکدیگر متصل اند. در گراف های تصادفی ضریب خوشه بندی فراگیر عموماً کم بوده و با افزایش اندازه گراف به صفر میل می کند.

برخی گره ها به خاطر موقعیت توپولوژیکی که در گراف دارند حائز اهمیت هستند. این ویژگی گراف را مرکزیت^۴ می نامیم. با این حال معیارهای مختلفی برای مرکزیت وجود دارد.

-
1. Clustering
 2. Triangular
 3. Local clustering coefficient
 4. Centrality

مرکزیت استحکام^۱ یا استحکام گره در گراف‌های وزن‌دار با کل وزن یال‌های گره اندازه گرفته می‌شود. برای گره i ، مرکزیت استحکام به صورت ذیل است:

$$C_s(i) = \sum_{j=1}^N a_{ij} w_{ij} \quad (4)$$

که در آن w_{ij} وزن یال بین گره i و j است. مرکزیت نزدیکی^۲ تعداد گام‌هایی که طول می‌کشد تا از یک گره خاص به گره دیگری در گراف بررسیم را اندازه می‌گیرد. برای گره i :

$$C_c(i) = \sum_{j \neq i}^N \frac{1}{d_{ij}} \quad (5)$$

که در آن d_{ij} کوتاه‌ترین فاصله میان گره i و j است. اگر گره i مستقیماً به تمام گره‌ها متصل باشد معیار فوق برابر ۱ می‌شود. یک گره با مرکزیت نزدیکی بالا می‌تواند سریع‌تر با دیگر گره‌ها ارتباط برقرار کند. این گره‌های می‌توانند موقعیت بهتری داشته باشد به گونه‌ای با افزایش ارتباطات امکان تأمین نیازهای گره افزایش و وابستگی گره به گره‌های خاص کاهش می‌یابد. همچنین دسترسی گره به منابع موجود در گراف افزایش می‌یابد ضمن اینکه گره می‌تواند نقش بازارساز، واسطه و کارگزار^۳ را بازی کند. مرکزیت میانی^۴ دفعاتی که یک گره در مسیر بین دو گره قرار می‌گیرد را اندازه می‌گیرد (به این صورت که مثلاً برای رسیدن به گره j با شروع از گره k باید از گره i گذشت):

$$C_b(i) = \sum_{j,k \neq i} \frac{d_{ijk}(i)}{d_{jk}} \quad (6)$$

که در آن d_{jk} تعداد کوتاه‌ترین مسیرهای j به k و $d_{ijk}(i)$ تعداد آن مسیرهایی است که از i می‌گذرد. گره‌ای با مرکزیت میانی بالا گره‌ای برجسته و مهم است زیرا در

-
1. Strengthens centrality
 2. Closeness centrality
 3. Broker
 4. Betweenness centrality

موقعیتی است که جریان اطلاعات جاری شده در گراف را مشاهده یا کنترل می‌تواند کند. گره با مرکزیت میانی بالا با قرار گرفتن در یک مسیر ژئودیسیک دارای قدرت بالایی در گراف است. در گراف‌های وزن‌دار، مرکزیت میانی براساس تمام مسیرهای بین گره‌ها اندازه گرفته می‌شود، نه فقط مسیرهای ژئودیسیک، در نتیجه مرکزیت میانی جریانی^۱ نام می‌گیرد و سهم یک گره را در حداکثر جریان‌های جاری در گراف اندازه می‌گیرد. مرکزیت بردار ویژه^۲ اهمیت یک گره را براساس اهمیت گره‌هایی که به آن متصل است، اندازه می‌گیرد. به عبارتی مرکزیت گره‌هایی که به گره n متصل هستند اهمیت گره n را در گراف مشخص می‌کنند. مرکزیت بردار ویژه گره n براساس مجموع مرکزیت بردار ویژه همسایگان آن به دست می‌آید، که به فرم ماتریسی $\overrightarrow{C}_E = (1-L)^{-1}$ است و در آن 1 ماتریس واحد $n \times n$ و L ماتریس مجاورت و \overrightarrow{C}_E بردار $n \times 1$ مرکزیت بردار ویژه گره‌ها است. در واقع گره‌های با مرکزیت بردار ویژه بالا گره‌هایی هستند که به گره‌هایی بسیار متصل‌اند که خود آن گره‌ها نیز به بسیاری گره دیگر متصل‌اند. جزیره‌ای بودن، برای اندازه‌گیری ارتباطات متقابل گره‌هایی است که به شکل خوشی یا اجتماع^۳ با یکدیگر در ارتباط هستند. جزیره‌ای بودن تعداد یال‌هایی است که در داخل گروه‌ها است منهای تعدادی که انتظار می‌رود در یک شبکه تصادفی هم‌ارز وجود داشته باشد که با تابع مقداری Q اندازه گرفته می‌شود به طوری که این تابع باید بیشینه شود؛ برای یک گراف جهت‌دار (ژونگ و همکاران، ۲۰۱۷):

-
1. Flow Betweenness centrality
 2. Eigenvector centrality
 3. modularity
 4. Community

$$Q = \frac{1}{m} \sum_i \sum_j \left[a_{ij} - \frac{k_i^{out} k_i^{in}}{m} \right] \delta(c_i, c_j) \quad (V)$$

که در آن $c_i = c_j$ و $c_i \neq c_j$ ، $m = \sum_i k_i^{out} = \sum_i k_i^{in} = \sum_i \sum_j a_{ij}$

است که گره i به آن تعلق دارد، آنگاه اگر گره i و j در یک اجتماع باشند، در غیر این صورت $\delta(c_i, c_j) = 0$.

۳. پیشینه تحقیق

با افزایش قدرت محاسباتی رایانه‌ها، تحلیل‌های شبکه‌ای با تأکید بر مدل‌های ریاضی نظریه گراف در مطالعات انجام شده توسط جامعه شناسان، فیزیکدانان و بسیاری حوزه‌های دیگر رشد چشمگیری داشته است. اقتصاددانان تجربی نیز با در نظر گرفتن بازارها، صنایع و سیستم اقتصاد جهانی به شکل ساختار شبکه‌ای به تحلیل‌های مبتنی بر نظریه گراف بهای بیشتری داده‌اند و مطالعات تجربی در حوزه تجارت بین‌الملل نیز از جمله پیشتازان مطالعات مبتنی بر شبکه در اقتصاد بوده‌اند.

در یکی از نخستین کاربردهای نظریه گراف در تجارت بین‌الملل، سرانو و بوگانا (۲۰۰۳) توپولوژی شبکه تجارت جهانی را بررسی کرده‌اند. به نظر آنها این شبکه ویژگی‌های عادی شبکه‌های پیچیده نظیر توزیع درجه بدون مقیاس را به گونه‌ای دارد که ویژگی‌های جهان کوچک^۱ نظیر ضریب خوشبندی بالا را نیز دارد، فلذًا شیوه به شبکه‌های تصادفی نیست. به نظر باتاچاریا و همکاران (۲۰۰۸) شبکه تجارت بین‌الملل به عنوان مثالی عالی از شبکه‌های وزن‌دار است که وزن یال‌های شبکه اندازه حجم تجارت بین دو کشور است. آنها داده‌های تجارت بین‌الملل را برای ۵۳ سال بررسی کردند و نتیجه گرفتند که شبکه تجارت بین‌الملل نظیر بسیاری

1. Small world

از شبکه‌های جهان واقعی، ساختاری ثابت مقیاس^۱ دارد. دوندیکتیس و تاجولی (۲۰۱۱) ویژگی‌های ساختاری جریانات تجاری در صنایع مختلف را بررسی کردند. آنها با بررسی معیارهایی نظیر تراکم، توزیع درجه و مرکزیت نتیجه گرفتند که شبکه تجارت در صنایع مختلف تفاوت‌های قابل توجهی دارد و لزوماً رقابت بین‌المللی در صنایعی که کالاهای همگن تولید می‌کنند بیشتر نیست. آنها با توجه به چگالی پایین شبکه تجارت جهانی نتیجه گرفتند که تجارت جهانی یک شبکه ناکامل است. کشورها شرکای خود را انتخاب می‌کنند و از تمام بازارهای صادراتی و وارداتی استفاده نمی‌کنند. دوندیکتیس و همکاران (۲۰۱۴) برخی از ویژگی‌های کاربردی نظریه گراف‌ها را معرفی نموده و با تأکید بر معیارهای مرکزیت، راهی برای توصیف سطح ناهمگنی کشورها در جریان تجارت دو جانبه نشان می‌دهند. آنها همچنین شبکه تجارت جهانی را برای سال‌های ۱۹۹۵-۲۰۱۰ به دو صورت گراف وزن‌دار و بی‌وزن تجزیه تحلیل نموده‌اند. نتایج آنها حاکی از اهمیت امریکا و کشورهای اروپایی در تجارت بین‌الملل و اهمیت چین به عنوان شریک تجاری اغلب کشورهای پیشفرته است.

جی و همکاران (۲۰۱۴) شبکه تجارت نفت را در سال ۲۰۱۰ تجزیه و تحلیل نمودند. نتایج آنها نشان می‌دهد که شبکه تجارت نفت یک شبکه بی مقیاس است و سه بلوک تجارتی شامل «بلوک امریکای جنوبی-افریقای غربی-شمال امریکا»، «بلوک خاورمیانه-آسیا-منطقه پاسیفیک» و «بلوک اتحادیه جماهیر شوروی سابق-شمال امریکا-اروپا» است. ژونگ و همکاران (۲۰۱۷) الگوی جهانی تجارت سوت‌های فسیلی را برای سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۱۴ بررسی کردند. آنها با استفاده از الگوریتم جزیره‌ای، وجود پنج اجتماع تجاری را شناسایی کرده و عقیده دارند بلوک‌های تجارتی و سازمان‌های تجاری نقش مهمی در اجتماعات تجاری شناسایی شده دارند ولیکن اثر آنها محدود است. به نظر آنها عوامل جغرافیایی و امریکا و روسیه اهمیت بیشتری در تجارت سوت‌های فسیلی

1. Scale invariant structure

پیدا کرده‌اند. کندو گان (۲۰۱۸) با تعدیل برخی معیارهای نظریه گراف نظری خوشبندی، مرکزیت نزدیکی، میانی و درجه‌ای به تجزیه و تحلیل ویژگی‌های توپولوژیکی شبکه تجارت بین‌الملل پرداخت. نتایج وی نشان می‌دهد که ضریب خوشبندی برای کشورهای کوچک‌تر توسعه یافته بزرگ‌تر است. همچنین کشورهای بزرگ توسعه یافته و برخی کشورهای آسیایی در معیارهای مرکزیت دیگر جزو کشورهای بالای در رتبه‌بندی براساس معیارها هستند. نتایج تحقیق وی نشان می‌دهد که در طول زمان خوشبندی و متوسط مرکزیت میانی شبکه تجارت بین‌الملل کاهش و متوسط مرکزیت درجه‌ای آن افزایش یافته است.

شیرازی و همکاران (۱۳۹۴) جایگاه ایران در تجارت بین‌المللی را در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ با محاسبه معیارهای مرکزیت در نظریه گراف، تجزیه و تحلیل نمودند. نتایج آنها نشان می‌دهد که در همه سال‌ها شبکه تجارت بین‌المللی دارای توزیع پاور^۱ و ضریب خوشبندی بالا بوده است. همچنین براساس محاسبات انجام شده تراکم شبکه، میانگین ارتباطات تجاری و ضریب خوشبندی روندی افزایشی در طول دوره بررسی داشته‌اند. ایران نیز براساس معیارهای مرکزیت کشوری تأثیرگذار در شبکه تجارت نبوده است.

۴. تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این بخش از تحقیق به تجزیه و تحلیل داده‌ها براساس معیارهای معرفی شده در بخش قبلی خواهیم پرداخت. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق مربوط به گروه کالایی سوخت^۲ بوده و از بانک اطلاعاتی UNCTAD^۳، بخش ماتریس تجارت کالایی و براساس گزارش کشورهای

-
1. Power distribution
 2. Fuel (SITC 3): Electric current, natural and manufactured Gas, petroleum products, Coal, coke and briquettes.
 3. <http://unctadstat.unctad.org>

صادر کننده^۱ استخراج شده و دو سال ۱۹۹۵ و ۲۰۱۷ (اولین و آخرین سالی که ماتریس تجارت در دسترس است) را در بر می‌گیرد. به این ترتیب برای هر سال جداگانه یک گراف جهت دار خواهیم ساخت و برای ارزیابی تحولات شبکه، خصیصه‌های دو گراف را مقایسه می‌کنیم. در این گراف‌ها، گره‌ها کشورها و یال‌ها صادرات از کشور α به β است. برای وزن دهنی به یال‌های گراف‌ها و امکان مقایسه بهتر گراف سال ۱۹۹۵ با سال ۲۰۱۷، ارزش دلاری صادرات هر کشور به کشور دیگر بر ارزش کل تجارت جهانی سوخت در آن سال تقسیم شده است. در نتیجه هر یال (رابطه تجاری) وزنی برابر درصد سهم صادرات کشور α به β کل تجارت سوخت دارد و جمع وزن تمام یال‌های گراف برابر ۱۰۰ می‌شود. در اولین گام از تجزیه و تحلیل داده‌ها، توپولوژی شبکه تجارت سوخت را برای دو سال ذکر شده با استفاده از معیارهای معرفی شده در بخش پیشین ارزیابی می‌کنیم. نتایج محاسبات انجام شده در جدول (۱) گزارش شده‌اند. با بررسی و ارزیابی توپولوژی دو گراف تجارت سوخت در سال ۱۹۹۵ و ۲۰۱۷ چند نکته قابل توجه است:

۱. تعداد کشورهای حاضر در شبکه تجارت سوخت افزایش یافته‌اند (افزایش گره‌ها به ۲۳۱).
۲. تعداد روابط تجاری حدود ۲ برابر شده است (افزایش تعداد یال‌ها به ۱۰۷۰۱).
۳. میانگین ارتباطات تجاری هر کشور حدود ۲ برابر شده و برابر ۴۶ طرف تجاری است (افزایش میانگین درجه به ۴۶).
۴. فاصله کشورهایی که با یکدیگر ارتباط تجاری مستقیم ندارند کاهش یافته است (کاهش قطر گراف از ۵ به ۴).
۵. چگالی شبکه روابط تجاری سوخت دو برابر شده است (افزایش چگالی گراف به ۰/۲).

1. Merchandise trade matrix - product groups, exports in thousands of United States dollars, annual

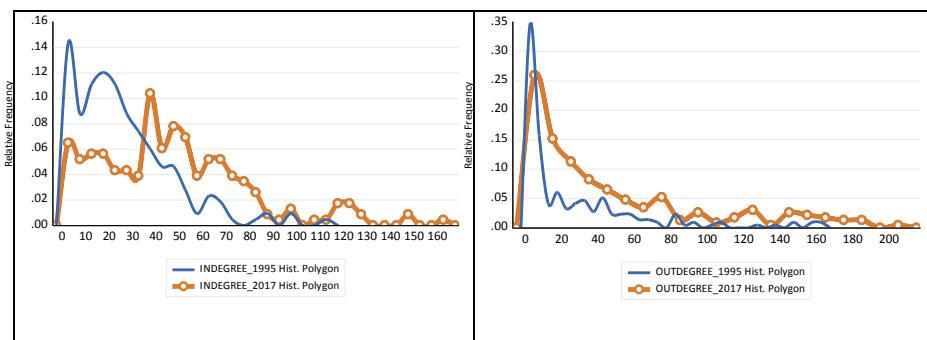
۶. متوسط فاصله بین دو کشور که رابطه تجاری مستقیم با یکدیگر ندارند کاهش یافته است (کاهش متوسط طول مسیر به ۱/۸۵%).
۷. شبکه تجارت سوخت در هر دو سال نمونه تماماً هم‌بند بوده و در نتیجه تمام کشورها تحت تأثیر کل روابط شبکه هستند (تعداد مؤلفه‌ها برابر ۱).
۸. رشد شکل‌گیری ارتباطات تجاری در قالب خوش‌های تجاری (افزایش متوسط ضرب خوش‌بندی به ۰/۶۲۵).
۹. به طور متوسط توانایی هر کشور در تأثیر بر جریان تجارت سوخت کاهش یافته است (کاهش متوسط مرکزیت میانی به ۰/۰۰۳۴).
۱۰. در هم تنیدگی روابط تجاری کشورها و تعداد شرکای تجاری مشترک میان کشورها افزایش یافته است (افزایش متوسط مرکزیت نزدیکی به ۰/۵۱۴).
۱۱. کشورها ارتباطات تجاری با شرکایی که نقش بیشتری در شبکه تجارت دارند را افزایش داده‌اند (افزایش متوسط مرکزیت بردار ویژه به ۰/۳۶۹).
- به طور کلی آن‌طور که از شواهد به دست آمده حاکی است، افزایش روابط تجاری هم برای کشورهای صادرکننده و هم کشورهای واردکننده در راستای متنوع سازی طرفهای تجاری و عدم وابستگی شدید به چند کشور خاص انجام شده است. ضمن اینکه اهمیت کشورهای خاص در طول زمان در شبکه تجارت کاهش یافته و کاملاً همسو با استراتژی‌های بهبود امنیت انرژی است که تقریباً همه کشورها به دنبال آن هستند. افزایش ضرب خوش‌بندی نشان می‌دهد روابط تجاری به شکل مثلثی افزایش یافته است. همچنین افزایش خوش‌بندی حکایت از افزایش یکپارچگی در بلاک‌های تجاری و رشد موانع تجارتی خارج از بلاک‌ها است. مضمون دیگری که این ویژگی دارد افزایش احتمال سرایت بحران‌های اقتصادی بین کشورهای داخل خوش‌های تجاری است، البته در این صورت بحران‌های بروز یافته با احتمال کمتری به صورت فراگیر در کل شبکه تجارت گستردۀ می‌شوند، با این حال کشورهای داخل خوش‌های تجاری بیشتر از یکدیگر متأثر می‌شوند (کندوگان، ۲۰۱۸). علاوه بر این از آنجا که شبکه تجارت سوخت تماماً هم‌بند

است تمام روابط تجاري بين کشورها بر تک تک کشورهای حاضر در تجارت سوخت تأثير می‌گذارد و هیچ کشوری مستقل از تجارت بین الملل نیست. در نمودارهای (۱) و (۲) نیز فراوانی نسبی درجه شبکه تجارت بر حسب تعداد درجه-ورود و درجه-خروج ترسیم شده است. در فاصله سال‌های ۱۹۹۵-۲۰۱۷ بهوضوح هر دو دسته کشورهای صادرکننده و واردکننده اقدام به گسترش و متنوع سازی تعداد ارتباطات تجاري نموده‌اند.

جدول ۱. توپولوژی شبکه تجارت سوخت در سال‌های ۱۹۹۵ و ۲۰۱۷

سال		معیار
۱۹۹۵	۲۰۱۷	
۲۲۰	۲۳۱	تعداد گره‌ها (کشورها)
۵۶۵۳	۱۰۷۰۱	تعداد یال‌ها (روابط تجاري)
۲۵/۶۹	۴۶/۳	میانگین درجه
۵	۴	قطر گراف
۰/۱۱	۰/۲۰	چگالی گراف
۲/۱۰۶	۱/۸۵۴	متوسط طول مسیر
۱	۱	تعداد مؤلفه‌ها
۰/۵۳	۰/۶۲۵	متوسط ضریب خوشبندی
۰/۰۰۴۳	۰/۰۰۳۴	متوسط مرکزیت میانی
۰/۴۱۹	۰/۵۱۴	متوسط مرکزیت نزدیکی
۰/۲۸۵	۰/۳۶۹	متوسط مرکزیت بردار ویژه

مأخذ: تابع تحقیق



نمودار ۱. فراوانی نسبی درجه - خروج
(تعداد روابط صادراتی) در سال‌های ۱۹۹۵ و ۲۰۱۷

در ادامه، با استفاده از الگوریتم جزیره‌ای بودن که پیش‌تر معرفی شد کشورهای شبکه تجارت سوخت در سال‌های ۱۹۹۵ و ۲۰۱۷ به اجتماع‌های تجاری تقسیم شدند که ۱۰ کشور نخست هر اجتماع تجاری براساس سهم آن از تجارت در جدول (۲) گزارش شده است. از کشورهای عضو هر اجتماع گرایش به منطقه‌ای بودن تجارت سوخت قابل برداشت است و این پدیده در فاصله این سال‌ها افزایش نیز یافته است (که همسو با نتیجه افزایش متوسط ضریب خوشبندی است). به طور مثال، در سال ۱۹۹۵ ایران در اجتماعی قرار دارد که کشورهای فرانسه، ایتالیا و اسپانیا در آن هستند در حالی که در سال ۲۰۱۷ ایران در اجتماعی حضور دارد که چین، ژاپن، سنگاپور و اندونزی حضور دارند. در مقابل فرانسه، ایتالیا و اسپانیا در سال ۲۰۱۷ در اجتماعی هستند که هلند، روسیه و آلمان قرار دارند. نمونه دیگر نیجریه است که در سال ۱۹۹۵ در اجتماع کشورهای امریکای شمالی و لاتین قرار دارد اما در سال ۲۰۱۷ در اجتماع کشورهای هند، عربستان، استرالیا و کشورهای آفریقایی قرار گرفته است.

جدول ۲. کشورهای عضو اجتماع‌های تجاری در سال ۱۹۹۵ و ۲۰۱۷

اجتماع تجاری سال ۲۰۱۷					اجتماع تجاری سال ۱۹۹۵					رتبه (سهم از تجارت)
۵	۴	۳	۲	۱	۵	۴	۳	۲	۱	
روسیه	اردن	ژاپن	فرانسه	امریکا	چین	امریکا	هلند	عربستان	ساحل عاج	۱
انگلستان	عراق	صعودی	اسپانیا	کانادا	کانادا	کانادا	روسیه	هند	سنگال	۲
آلمان	-	سنگاپور	ایران	سنگاپور	مکزیک	سنگاپور	انگلستان	کره جنوبی	مالی	۳
هلند	-	امارات	اسپانیا	نیجریه	اندونزی	برزیل	آلمان	امارات	بورکینافاسو	۴
نروژ	-	کره جنوبی	لیبی	مکریک	مالزی	مالزی	بلژیک	استرالیا	بنین	۵
اکراین	-	اندونزی	الجزایر	برزیل	تایوان	کلمبیا	ایتالیا	عراق	نیجر	۶
سوئیس	-	چین	ترکیه	آنگولا	قطر	اکوادور	فرانسه	نیجریه	سیرالئون	۷
سوئد	-	کویت	افریقای جنوبی	کلمبیا	ایران	پاناما	پاناما	نروژ	کویت	ست
لهستان	-	آرژانتین	پرتغال	استرالیا	تایلند	شیلی	اسپانیا	افریقای جنوبی	جزایر تورکس و کایکوس	۹
ایرلند	-	مالزی	آنگولا	آنیل هلند	سوریه	پرو	الجزایر	مصر	-	۱۰

مأخذ: نتایج تحقیق

در گام بعدی برای ارزیابی و شناسایی اهمیت بازیگران اصلی شبکه تجارت سوخت، کشورها را بر حسب معیارهایی که در بخش پیشین معرفی شد رتبه‌بندی می‌کنیم. در جدول (۳) ده کشور نخست بر حسب بیشترین روابط تجاری صادراتی (میزان درجه-ورود) و وارداتی (میزان درجه-خروج) و بیشترین سهم در صادرات (درجه-ورود با لحاظ وزن) و بیشترین سهم در واردات (درجه-خروج با لحاظ وزن) سوخت گزارش شده‌اند. همان‌طور که ملاحظه می‌شود از نظر تعداد روابط صادراتی و وارداتی هلند رتبه نخست را دارد درحالی که بزرگ‌ترین

صادر کننده سوخت عربستان سعودی و بزرگ‌ترین وارد کننده سوخت چین هستند و هلند در رتبه بندی سهم صادراتی و سهم وارداتی ششم است. ایران نیز از نظر سهم در ارزش صادرات سوخت رتبه ۹ را دارد اما در شاخص‌های دیگر جزء ۱۰ کشور نخست نیست. تعداد روابط تجاری (درجه هر گره در گراف) دو مضمون مهم دارد. هر چه تعداد روابط تجاری یک کشور بیشتر باشد احتمال اینکه کشور از جریان وقایع حادث شده در شبکه متأثر شود بیشتر می‌شود. این می‌تواند یک بحران اقتصادی و یا پیشرفت تکنولوژی باشد. ضمن اینکه افزایش ارتباطات هر کشور (درجه هر گره) بازارهای صادراتی را برای کشورهای صادر کننده افزایش می‌دهد و برای کشورهای وارد کننده منابع متنوعی برای واردات مهیا می‌کند (کندو گان، ۲۰۱۸).

با این حال برای ارزیابی دقیق اهمیت هر کشور در شبکه تجارت سوخت باید از معیارهای مرکزیت استفاده نمود. چه بسا کشوری با سهمی کمتر از تجارت اهمیت بیشتری در تجارت جهانی داشته باشد. ملاحظه می‌شود که از نظر هر چهار معیار گزارش شده کشور هلند رتبه نخست را در میان کشورها دارد. در نتیجه بازیگر اصلی شبکه تجارت سوخت کشور هلند است. این کشور با وجود اینکه از نظر سهم صادرات و واردات از کشورهایی نظیر عربستان، روسیه و امریکا رتبه پایین‌تری دارد اما به گونه‌ای روابط تجاری با کشورهای مختلف به ویژه کشورهای اصلی صادر کننده و وارد کننده برقرار نموده که کمترین ضریب خوشبندی، بیشترین مرکزیت بردار ویژه، مرکزیت نزدیکی و میانی را دارد و در نتیجه بیش از دیگر کشورها قادر به کنترل جریان تجارت و تأثیرگذاری بر شبکه تجارت سوخت است. پس از این کشور امریکا و فرانسه هستند که نقش بیشتری در شبکه تجارت سوخت بازی می‌کنند. نکته قابل توجه در این جدول عدم حضور کشورهای بزرگ صادر کننده سوخت نظیر روسیه و عربستان است. در بین کشورهای حوزه خلیج فارس کشور امارات به نظر می‌رسد موفق‌ترین کشور در شبکه تجارت سوخت در سال ۲۰۱۷ است که توانسته با گسترش ارتباطات تجاری خود نقش بیشتری داشته باشد. البته همچنان از نظر مرکزیت میانی جزء ۱۰ کشور نخست نیست.

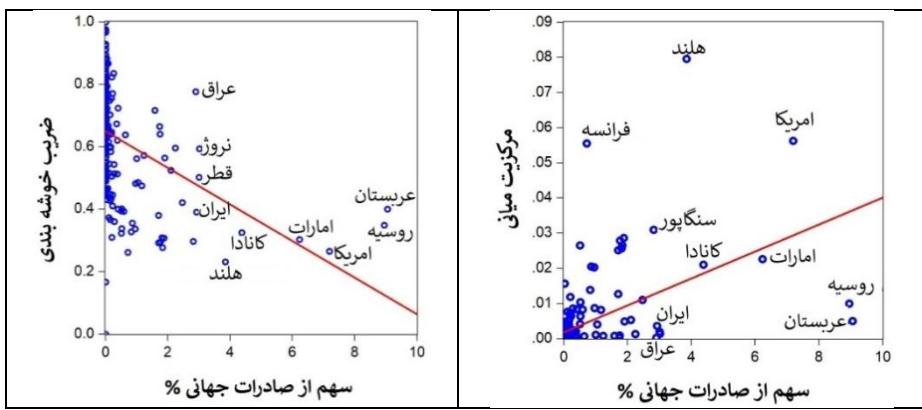
جدول ۳. ۵ کشور نخست شبکه تجارت سوخت در در معيارهای درجه‌ای و مرکزیت در سال ۲۰۱۷

ردیف	مرکزیت بودار و پژوهش	معکوس ضریب خوشبندی	مرکزیت تجاری وارداتی	تعداد روابط تجاری وارداتی	سهم در واردات جهانی	مرکزیت میانی	سهم در واردات	تعداد روابط صادرات جهانی	مرکزیت تجاری صادراتی	هند	چین	عربستان	هند	هند	هند	هند	هند	هند	۱
۱	امريكا	فرانسه	آمريكا	روسيه	آمارات	فرانسه	آمريكا	آمريكا	آمريكا	آمريكا	آمريكا	آمريكا	آمريكا	آمريكا	آمريكا	آمريكا	آمريكا	آمريكا	۲
۲	فرانسه	آمريكا	آمريكا	آمريكا	آمارات	آمريكا	آمريكا	آمريكا	آمريكا	آمريكا	آمريكا	آمريكا	آمريكا	آمريكا	آمريكا	آمريكا	آمريكا	آمريكا	۳
۳	سنگاپور	چين	انگلستان	هند	آمارات	چين	آنگلستان	چين	آنگلستان	چين	آنگلستان	۴							
۴	کره جنوبی	بلزیک	بلزیک	كنادا	سنگاپور	بلزیک	بلزیک	بلزیک	بلزیک	بلزیک	بلزیک	بلزیک	بلزیک	بلزیک	بلزیک	بلزیک	بلزیک	بلزیک	۵
۵	هند	هند	هند	هند	آمارات	آمارات	آمارات	آمارات	آمارات	آمارات	آمارات	آمارات	آمارات	آمارات	آمارات	آمارات	آمارات	آمارات	۶
۶	افريقيا جنوبی	سنگاپور	نروژ	بلزیک	ترکيه	ترکيه	ترکيه	ترکيه	ترکيه	ترکيه	ترکيه	ترکيه	ترکيه	ترکيه	ترکيه	ترکيه	ترکيه	ترکيه	۷
۷	آلمان	سنگاپور	آلمان	قطر	آيتاليا	آيتاليا	آيتاليا	آيتاليا	آيتاليا	آيتاليا	آيتاليا	آيتاليا	آيتاليا	آيتاليا	آيتاليا	آيتاليا	آيتاليا	آيتاليا	۸
۸	سنگاپور	کره جنوبی	انگلستان	ایران	انگلستان	انگلستان	انگلستان	انگلستان	انگلستان	انگلستان	انگلستان	انگلستان	انگلستان	انگلستان	انگلستان	انگلستان	انگلستان	انگلستان	۹
۹	هند	انگلستان	ایطاليا	کره جنوبی	عراقي	هند	هند	هند	هند	هند	هند	هند	هند	هند	هند	هند	هند	هند	۱۰

مأخذ: نتایج تحقیق

در نمودار (۳) پراکندگی معیار مرکزیت میانی در مقابل سهم صادراتی کشورها ترسیم شده است. ملاحظه می‌شود که لزوماً کشورهای با سهم صادراتی بالا مرکزیت میانی بالاتری ندارند. کشورهایی نظیر عربستان و روسیه با آن که بزرگ‌ترین صادرکننده سوخت هستند، اما مرکزیت میانی کمتری از کشورهای امارات، فرانسه، هلنند یا حتی سنگاپور دارند. بنابراین تنوع ارتباطات تجاری و اهمیت طرفهای تجاری در نقش کشورها در شبکه صادرات سوخت نیز تعیین کننده است و تنها سهم از جریان تجاری تعیین کننده نیست. در نمودار (۴) نیز پراکندگی سهم صادراتی در مقابل ضریب خوشبندی ترسیم شده است. ملاحظه می‌شود که کشورهایی با سهم صادرات بالا ضریب خوشبندی پایین‌تری دارند که نشان می‌دهد کمتر تمایل به تجارت در قالب خوشها و بلوک‌های تجاری داشته‌اند (همین وضعیت برای کشورهای با سهم واردات بزرگ‌تر نیز صادق

است). نکته دیگر حضور کشورهای بزرگ مصرف کننده انرژی نظیر چین، هند، فرانسه، سنگاپور و کره جنوبی در بین ۱۰ کشور نخست از نظر معیار مرکزیت میانی و مرکزیت نزدیکی است. این نکته از این نظر حائز اهمیت است که اختلال در تقاضای سوخت این کشورها می‌تواند کل شبکه تجارت جهانی سوخت را متأثر نموده و بهویژه کشورهای صادر کننده به این کشورها را دچار چالش اساسی کند. این مسئله برای چین، سنگاپور، کره جنوبی، هند و فرانسه که مرکزیت نزدیکی بالایی نیز دارند بیشتر حائز اهمیت است. به طور مثال تغییر تقاضای سوخت این کشورها می‌تواند ضمن تغییر درآمد اکثر کشورهای صادر کننده، باعث تغییر قیمت سوخت و حتی تأثیر بر جریان صادرات (عرضه) سوخت به کشورهای دیگر شود.



نمودار ۳. پراکنش درصد سهم صادراتی و امتیاز
نمودار ۴. پراکنش درصد سهم صادراتی و امتیاز
مرکزیت میانی در سال ۲۰۱۷

جدول ۴. رتبه ایران، عربستان و روسیه در شبکه تجارت سوخت سال ۲۰۱۷

مرکزیت میانی	مرکزیت نزدیکی	تعداد روابط تجاری	تعداد روابط تجاری وارداتی	معکوس ضریب خوشبندی	ضریب ویژه	مرکزیت بردار	تعداد روابط تجاری وارداتی	صادراتی	مرکزیت میانی
۲۷	۲۵	۲۵	۲۷	۵۸	۲۳	۵۸	۲۳	۲۳	۲۷
۲۵	۲۷	۲۷	۱۷	۲۸	۲۴	۲۷	۲۴	۲۴	۲۵
۱۷	۱۷	۱۷	۲۵	۲۶	۱۶	۱۷	۱۶	۱۶	۱۷

مأخذ: نتایج تحقیق

در جدول (۴) نیز رتبه کشورهای ایران، عربستان و روسیه از نظر معیارهای سنجش گراف برای سال ۲۰۱۷ گزارش شده است. ملاحظه می‌شود که روسیه نسبت به دو کشور دیگر جایگاه بالاتری دارد که علت آن می‌تواند دسترسی بیشتر روسیه به بازارهای امریکا و اروپا باشد. اگرچه رتبه ایران از نظر تعداد روابط صادراتی از کشور عربستان بالاتر است، اما به دلیل اینکه عربستان با کشورهای مهم‌تری در شبکه تجارت (نظیر امریکا) در ارتباط است (هم از نظر تعداد روابط و هم حجم تجارت) از نظر مرکزیت بردار ویژه و معیار مرکزیت میانی جایگاهی بهتر از ایران دارد. با این حال تفاوت رتبه ایران و عربستان چندان چشمگیر نیست.

جدول ۵. مقایسه عملکرد ایران با ۶ کشور منتخب در شبکه تجارت سوخت بین سال‌های ۱۹۹۵ و ۲۰۱۷

					سهم از تعداد روابط	سهم از تعداد تجاری	سهم از تعداد صادراتی	سهم از تعداد روابط	سهم از تعداد تجاری	سهم از تعداد صادراتی	سهم از تعداد روابط	سهم از تعداد تجاری	سهم از تعداد صادراتی	
					سال	سال	سال	سال	سال	سال	سال	سال	سال	سال
		مرکزیت نژدیکی	مرکزیت میانی	ضريب خوش بندی	ازرش	ازرش	تجاری	روابط	تجاری	صادراتی	روابط	تجاری	تجاری	روابط
۰/۰۰۷	۰/۶۱	۰/۳۲	۰/۴۶	۰/۰۸	۳/۹۷	۳۹	۸۳	۱۹۹۵	۱۳۷	۲۰۱۷	۱۳۷	۱۳۷	۱۳۷	۱۳۷
۰/۰۰۳	۰/۷۱	۰/۳۹	۰/۵۰	۰/۰۶	۲/۹۲	۶۳	۱۳۷	۲۰۱۷	۱۱۳	۰/۱۱۲	۰/۷۶	۰/۷۶	۰/۷۶	۰/۷۶
۰/۰۵۶	۰/۸۴	۰/۲۶	۰/۹۳	۹/۸۰	۷/۱۹	۱۱۳	۱۵۶	۱۹۹۵	۱۴۸	۰/۰۰۹	۰/۵۹	۰/۵۹	۰/۵۹	۰/۵۹
۰/۰۱۰	۰/۷۴	۰/۳۴	۰/۵۹	۰/۱۳	۹/۰۸	۸۰	۱۵۳	۲۰۱۷	۸۳	۰/۰۰۹	۰/۵۹	۰/۵۹	۰/۵۹	۰/۵۹
۰/۰۰۵	۰/۶۹	۰/۴۰	۰/۶۱	۰/۱۸	۹/۲۳	۷۹	۱۲۸	۲۰۱۷	۷۲	۰/۰۰۵	۰/۵۹	۰/۵۹	۰/۵۹	۰/۵۹
۰/۰۰۹	۰/۵۹	۰/۳۴	۰/۵۵	۰/۰۲	۱۱/۳۰	۵۰	۷۲	۱۹۹۵	۱۱۵	۰/۰۰۱	۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۵۲
۰/۰۰۲	۰/۶۳	۰/۵۰	۰/۵۲	۰/۰۲۹	۳/۰۱	۶۵	۹۵	۲۰۱۷	۱۱۵	۰/۰۰۲	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۴
۰/۰۰۰۵	۰/۴۴	۰/۳۳	۰/۰۳	۰/۰۰۱	۰/۱۲	۳	۵	۱۹۹۵	۱۷۳	۰/۰۰۰۵	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۵۵
۰/۰۰۰۲	۰/۷۷	۰/۴۴	۰/۱۴	۲/۹	۵۳	۴۷	۲۰۱۷	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲					

مأخذ: نتایج تحقیق

برای بررسی دقیق‌تر جایگاه ایران در شبکه تجارت سوخت به‌طور جزئی‌تر به مقایسه شاخص‌های محاسبه‌شده برای ایران و چند کشور منتخب می‌پردازیم. در جدول (۵) ملاحظه می‌شود که ایران در فاصله سال‌های ۱۹۹۵-۲۰۱۷ توانسته است تعداد ارتباطات تجاری صادراتی و وارداتی خود را به مقداری قابل توجه افزایش دهد که این مسئله به افزایش مرکزیت بردار ویژه و مرکزیت نزدیکی ایران در شبکه تجارت سوخت منجر شده است. با این حال ایران حدود ۱ درصد از سهم تجارت جهانی سوخت را ازدست‌داده و این مسئله امتیاز مرکزیت میانی ایران را هم کاهش داده است. البته مشکلات ناشی از تحریم‌ها و محدود شدن حجم صادرات و عدم امکان برقراری رابطه تجاری با بازیگران اصلی شبکه تجارت سوخت نقش مهمی در این مسئله دارد. به نظر می‌رسد این مسئله نیز باعث افزایش ضریب خوش‌بندی ایران در فاصله سال ۱۹۹۵-۲۰۱۷ شده است.

برای کشور امریکا ملاحظه می‌شود که این کشور توانسته ضمن افزایش ارتباطات تجاری، سهم خود از صادرات را بیش از ۲ برابر کند و سهم از واردات را نیز کاهش دهد. با این حال به دلیل متمایل شدن این کشور به افزایش تجارت با کشورهای خاص در غالب خوش‌بندی تجاری، ضریب خوش‌بندی افزایش و مرکزیت بردار ویژه آن کاهش یافته، ضمن اینکه امتیاز مرکزیت میانی نیز کاهش یافته که حاکی از کاهش توانایی این کشور در کنترل جریان تجارت سوخت در فاصله این سال‌ها است. چنین وضعیتی برای روسیه نیز مشاهده می‌شود با این تفاوت که روسیه نتوانسته سهم صادرات خود را چندان افزایش دهد. امارات با وجود اینکه سهم از صادرات کمتری نسبت به عربستان و روسیه دارد اما توانسته است با گسترش ارتباطات تجاری با کشورهای مهم در شبکه تجارت سوخت عملکردی خوب داشته باشد و نقش خود را در تجارت سوخت اهمیت بخشد به گونه‌ای که در مرکزیت میانی، نزدیکی و بردار ویژه از تمام کشورهای حوزه خلیج فارس و حتی روسیه امتیاز بالاتری در سال ۲۰۱۷ داشته باشد. نکته آخر ظهور کشورهای قطر و امارات در تجارت سوخت است. این دو کشور با افزایش بیش از ۲ برابری سهم خود از صادرات جهانی و افزایش ارتباطات تجاری در فاصله ۱۹۹۵-۲۰۱۷ توانسته‌اند امتیاز

خود را از نظر تمامی معیارهای سنجش گراف بهبود دهنده و به عنوان یک کشور مهم در شبکه تجارت سوخت ظاهر شوند. در این میان قطر توانته تقریباً به جایگاه ایران در تجارت سوخت برسد. همچنین ملاحظه می‌کنیم که ضریب خوشبندی این دو کشور برخلاف دیگر کشورهای گزارش شده کاهش یافته است که نشان می‌دهد امارات و قطر در این فاصله زمانی به تجارت در داخل خوشبدهای تجاری تمايل کمتری دارند.

یکی از استراتژی‌های افزایش اهمیت یک کشور در شبکه تجارت جهانی برقراری رابطه تجاری با کشورهایی است که اهمیت نسبی بیشتری در شبکه تجارت دارند. در جدول (۶) پانزده کشوری که با ایران در سال ۲۰۱۷ رابطه تجاری در سوخت نداشته‌اند براساس معیارهای مرکزیت میانی و مرکزیت بردار ویژه رتبه‌بندی و گزارش شده‌اند. برقراری ارتباط تجاری ایران با این کشورها به افزایش اهمیت ایران در شبکه تجارت سوخت کمک خواهد نمود. در نتیجه، برای افزایش نفوذ ایران، ورود به بازارهای این کشورها به سیاستگذاران ایران توصیه می‌شود.

جدول ۶. پانزده کشوری که در سال ۲۰۱۷ تجارت سوخت با ایران نداشته‌اند

مرکزیت میانی بردار ویژه	مرکزیت میانی بردار ویژه	مرکزیت بردار ویژه	مرکزیت میانی بردار ویژه	مرکزیت میانی	مرکزیت بردار ویژه	مرکزیت میانی بردار ویژه	مرکزیت میانی
لیبی	لوکزامبورگ	۱۱	مجارستان	مالت	سورینام	پالائو	۱
باهاما	پاپوآ گینه نو	۱۲	ایسلند	معجارستان	نروژ	سورینام	۲
نامیبیا	ایرلند	۱۳	لوکزامبورگ	ساموآ	قبرس	باهاما	۳
سیشل	کابو وود	۱۴	اسلواکی	نروژ	مالت	نامیبیا	۴
سنگال و نویس	پاپوآ گینه نو	۱۵	پاراگوئه	آنتیگوا و باربودا	ایسلند	ایرلند	۵

مأخذ: نتایج تحقیق

۵. نتیجه‌گیری

در این تحقیق با در نظر گرفتن شبکه تجارت بین‌الملل سوخت به عنوان یک گراف وزن دار و جهت دار، توپولوژی شبکه تجارت و جایگاه کشورها در دو سال ۱۹۹۵ و ۲۰۱۷ مورد ارزیابی قرار گرفت. اهمیت بررسی روابط تجاری کشورها در قالب شبکه از آنچاست که اهمیت یک کشور در یک شبکه، مستقل از نقش دیگر کشورها نیست و استفاده از معیارهای سنتی نظری سهم از صادرات و واردات، درجه باز بودن تجاری، تعداد شرکای تجاری و غیره در رتبه‌بندی اهمیت کشورها و ارزیابی ساختار شبکه می‌تواند نتایج تورش دار ایجاد کند. به این منظور در ابتدا با استفاده از معیارهای کمی نظریه گراف توپولوژی شبکه تجارت سوخت در سال ۱۹۹۵ و ۲۰۱۷ تجزیه و تحلیل شد. ملاحظه گردید به دلیل اینکه شبکه تجارت سوخت نک مؤلفه‌ای است، هیچ کشوری و هیچ ارتباط تجاری مستقل از شبکه نیست. همچنین متوسط ارتباطات تجاری (هم صادرات و هم واردات) و تراکم شبکه تجارت افزایش یافته و به طور متوسط نقش کشورها در تأثیرگذاری بر جریان تجارت سوخت کاهش یافته است. به طور کلی شبکه تجارت سوخت متراکم‌تر و در هم تنیده‌تر و فاصله میان کشورها کاسته شده، اما تجارت به شکل خوش‌های تجاری و منطقه‌ای افزایش یافته است. این نتایج همسو با نتایج تحقیقات قبلی در تجارت سوخت نظری ژونگ و همکاران (۲۰۱۷) و تجارت دیگر کالاهای نظری شیرازی و همکاران (۱۳۹۴) است. نهایتاً، محاسبه معیارهای مرکزیت ارزیابی جایگاه و اهمیت کشورها را در شبکه تجارت محدود می‌کند. برخی کشورها اگرچه از تجارت سهمی بیشتری دارند (مثل روسیه و عربستان) اما لزوماً اهمیت بیشتری در شبکه تجارت ندارند، در حالی که کشورهایی مثل هلند یا امارات متحده عربی با شکل دهی روابط تجاری بهینه اهمیت خود در تجارت سوخت را افزایش داده‌اند. همچنین جایگاه ایران در تجارت سوخت تنزل داشته که شیرازی و همکاران (۱۳۹۴) نیز چنین نتیجه‌ای را در تجارت دیگر کالاهای به دست آورده‌اند. در واقع اگرچه تعداد ارتباطات تجاری ایران افزایش یافته، اما این ارتباطات تجاری با کشورهایی بوده که اهمیت کمتری در شبکه جهانی داشته‌اند.

بنابراین برای بهبود توان رقابتی و نقش استراتژیک ایران در تجارت جهانی سوخت که از اهداف سند چشم انداز ۲۰ ساله است (امرايی و همکاران، ۱۳۹۲)، ارتباط تجاری با کشورهای نافذ در شبکه تجارت (براساس معیارها و نتایج تحقیق) به سیاستگذاران کشور توصیه می‌شود. تسهیل برقراری ارتباط تجاری با کشورهایی که مطابق معیارهای معروفی شده در تحقیق اهمیت بیشتری در شبکه تجارت سوخت دارند، اهمیت استراتژیک ایران در تجارت بین‌الملل را ارتقا می‌بخشد. ضمن اینکه متنوعسازی ارتباطات تجاری گامی مؤثر در جهت افزایش نفوذ و انعطاف‌پذیری اقتصادی-سیاسی در عرصه بین‌المللی بوده و در راستای اهداف اقتصاد مقاومتی است.

در تحقیق حاضر کاربرد نظریه گراف در تجزیه و تحلیل و شناخت توپولوژی شبکه تجارت سوخت مورد توجه بوده است. در تحقیقات آتی بررسی علل شکل‌گیری تجارت در قالب پدیده‌های مذکور می‌تواند مورد توجه محققین قرار گیرد. همچنین مطالعه و ارزیابی تجارت بین‌المللی انواع حامل‌های انرژی با تفکیک بیشتر نظیر گاز طبیعی، فرآورده‌های نفتی و غیره برای تحقیقات آتی توصیه می‌شود.

منابع

- امرايی، فرييد؛ کلانتر، اسدالله و امين امرايی (۱۳۹۲). "نگاهي به برنامه‌های چهارم و پنجم توسعه در چشم‌انداز صنعت نفت"، *فصلنامه پژوهش‌های سیاستگذاری و برنامه‌ريزي انرژي*. ۱(۲)، صص ۷۷-۹۲.
- شيرازی، همایون؛ آذری‌يگانی، کريم و مرتضی سامتی (۱۳۹۴)، "بررسی جايگاه ايران در تجارت بین‌المللي: يك رهیافت شبکه"، *تحقیقات اقتصادی*، دوره ۵۰، شماره ۴، صص ۹۰۲-۸۸۱.
- نيکي اسکوبی، کامران؛ بهبودي، داود و حسين اصغرپور (۱۳۹۷). "طراحی مدل عامل بنیان برای تعیین استراتژی ايران در تجارت بین‌المللی گاز"، *فصلنامه پژوهش‌های سیاستگذاری و برنامه‌ريزي انرژي*. ۴(۱۰)، صص ۹۷-۶۷.

- Bhattacharya K., Mukherjee G., Saramäki J., Kaski K. and S.S. Manna** (2008). “The International Trade Network: Weighted Network Analysis and Modelling”. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, No. 02.
- De Benedictis L., Nenci S., Santoni G., Tajoli L. and C. Vicarelli** (2014). “Network Analysis of World Trade Using the BACI-CEPII Dataset”, *Global Economy Journal*, 14(3-4), pp. 287-343.
- Ji Q., Zhang H.Y. and Y. Fan** (2014). “Identification of Global Oil Trade Patterns: An Empirical Research Based on Complex Network Theory”, *Energy Conversion and Management*, No. 85, pp. 856-865.
- Kandogan Y.** (2018). “Topological Properties of the International Trade Network Using Modified Measures”. *The International Trade Journal*, 32(3), pp. 268-292.
- Serrano M.A. and M. Boguná** (2003). “Topology of the World Trade Web”. *Physical Review E*, 68(1), pp. 15-101.
- Shenton C.R.** (2017). A Network Theory Approach to the Study of International Commodity Markets (Doctoral Dissertation, University of Surrey).
- Tajoli L. and L. De Benedictis** (2010). “Comparing Sectoral International Trade Networks”. *AUSSENWIRTSCHAFT*, 65(II), pp. 53-73.
- Zhong W., An H., Shen L., Dai T., Fang W., Gao X. and D. Dong** (2017). “Global Pattern of the International Fossil Fuel Trade: The Evolution of Communities”. *Energy*, No. 123, pp. 260-270.