Shahid Bahonar University of Kerman

Journal of Development and Capital

Print ISSN: 2008-2428 Online ISSN: 2645-3606

Homepage: https://jdc.uk.ac.ir

Iranian E-Commerce Scientific Association

The importance and Competition Intensity of Cross-Border Electricity Trade of Iran in West Asia Community, using Trade Network Theory

Leila Mirtajadini[*]
Shamsollah Shirin Bakhsh[**]
Mir Hossein Mousavi[***]
Kioumars Heydari[****]

Abstract

Objective: This study aims to model electricity cross border trade policy based on the network theory and to investigate the position and importance of West Asia community in the global electricity trade network. The cohesion in the electricity trade between countries will ensure the security of electricity supply and reduce costs. West Asia community is a group of countries in the network that includes Iran.

Method: For this purpose, the global network is constructed to examine the role of each node in the network for the time period of 2010-2018. Different communities are identified to proceed with the network analysis. We detect the communities based on the Louvain method as it has the large z-scores for all years and it's an efficient algorithm. An innovative analysis is introduced; that is competitiveness to capture the competition intensity among electricity exporters. To capture the competition intensity between two electricity exporters, we use Glick and Rose (1999) suggested indicator.

Results of this study clearly show the influence and necessity of Iran for stabilizing of the network within its community. Iran mostly has electricity trade with seven of its neighboring countries, which are Turkey, Pakistan, Iraq, Afghanistan, Turkmenistan, Azerbaijan and Armenia. Among them, Iran exports electricity to three countries, Afghanistan, Pakistan and Iraq, and conducts bilateral trade with four other partners.

Journal of Development and Capital, Vol. 7, No.1, 227-250.

[*] Ph.D Candidate, Department of Economics, Faculty of Social Sciences and Economics, Alzahra University, Tehran, Iran. **Email:** leilamirtajadini@gmail.com

[**]Associate Professor, Department of Economics, Faculty of Social Sciences and Economics, Alzahra University, Tehran, Iran. **Email:** sh_shirinbakhsh@yahoo.com

[***] **Corresponding Author**, Department of Economics, Faculty of Social Sciences and Economics, Alzahra University, Tehran, Iran. **Email:** hmousavi@alzahra.ac.ir

[****] Assistant Professor, Department of Economics, Niroo Research Institute, Tehran, Iran. **Email:** kheydari@nri.ac.ir

Submitted: 27 February 2022 **Revised:** 14 March 2022 **Accepted:** 19 April 2022 **Published:** 30 July 2022

Publisher: Faculty of Management & Economics, Shahid Bahonar University of Kerman.

DOI: 10.22103/jdc.2022.19086.1210

©The Authors.

Abstract

The results of the competition intensity suggest more interconnectedness among community members, and show Iran compete with Turkey, Azerbaijan and Russia on the regional market share. The competition intensity trend, extracted from the competition networks, escalated during the time period. Also Iran is a key node of its community in the competition networks. Finally, it is showed that electricity trade can be increased between Iran and other regional partners. Also based on all different kind of the centrality measures, Iran is the most important node in these networks. All in all, the competition intensity networks for the region, depict intense competition among the nodes, and especially Iran is considered to be the most central node, showing the highest competition relation with its partners. Turkey in the first years and Azerbaijan in the last years of the period are in second place in terms of the competition intensity (These extracted competition networks can be scrutinized in details that give researchers crucial information about the condition of export competition).

Conclusion: Community of Iran usually consists of Iraq, Afghanistan, Pakistan, Tajikistan, and Uzbekistan, Turkey and Armenia. The position of Iran within its community has been scrutinized. For the first part, among all, community of Iran is in the middle ranking (for example, 8 and 10 among 16 and 15 communities in 2011 and 2018, respectively) based on the total weight. The share of weight of this community to the total trade, varies between 0.2% in 2015 to 14.7% in 2014. By conducting a measure for finding trade hubs in different communities, it's been found Iran had the greatest score and considered to be the trade hub in west Asia region. Its score in some years puts it among top five trade hubs in whole network (for 4 years).

There are eight main electricity importers from Iran. From this aspect, this importing markets have been examined to identify the rivals. In terms of Afghanistan, Iran has the second place after Uzbekistan. In case of Turkey, in the first half of the period, Iran is the biggest exporter, but it started to compete and give away its position to Bulgaria, Azerbaijan and Georgia. Armenia imports from just Iran and Georgia till 2015. The trend in trade of Azerbaijan is similar to Turkey. Iran is the biggest exporter in the first years, but Russia and Armenia gradually took the position. so as a summary, Iran in terms of export to Iraq, Pakistan and Turkmenistan has the dominant share in all years; but in other markets like Afghanistan, Armenia and Azerbaijan, it's competing; and in Turkey it's losing the competition. The results from competition measure support the real data.

Keywords: *Network Theory, Electricity Trade Network, Community, Competitiveness Analysis.*
JEL Classification: D85, Q47.
Paper Type: *Research Paper*.

Citation: Mirtajadini, L., Shirin Bakhsh, Sh., Mousavi, M.H., & Heydari, K. (2022). The importance and Competition Intensity of Cross-Border Electricity Trade of Iran in West Asia Community, using Trade Network Theory. *Journal of Development and Capital*, 7(1), 227-250 [In Persian].

مجله توسعه و سرمایه
شاپا چاپی: ۲۴۲۸-۲۰۰۸ شاپا الکترونیکی: ۳۶۰۶-۲۶۴۵
Homepage: https://jdc.uk.ac.ir

بررسی جایگاه و شدت رقابت تجارت برق ایران در منطقه غرب آسیا با استفاده از رویکرد تئوری شبکه

لیلا میرتاج الدینی*
شمس اله شیرین بخش ماسوله**
میرحسین موسوی***
کیومرث حیدری****

چکیده

هدف: هدف مطالعه تعیین جایگاه و شدت رقابت تجارت برق ایران در منطقه غرب آسیا به منظور کمک به سیاست‌گذاری تجاری برق است.

روش: به منظور تعیین جایگاه کشورها در شبکه تجارت برق و مشخص کردن منطقه مورد مطالعه، ابتدا شبکه تجارت جهانی برق با استفاده از تئوری شبکه، با درنظر گرفتن کشورها به عنوان گره و صادرات برق به عنوان لینک برای هر سال طی دوره زمانی ۲۰۱۸-۲۰۱۰ ساخته شده و اجتماعات مختلف تشخیص داده شده‌اند. برای بررسی نقش هر کشور یا به اصطلاح گره در شبکه، شاخص‌های تمرکز محاسبه و تحلیل شده است. در گام دوم تحلیل رقابت‌پذیری با محاسبه شدت رقابت میان صادرکنندگان برق و ایجاد شبکه رقابتی با تعریف شدت رقابت به عنوان لینک صورت گرفته است.

یافته‌ها: یافته‌های حاصل از تحلیل شبکه تجاری نشان می‌دهند ایران هاب تجاری منطقه است. کشورهای ایران و ترکیه پیشروترین گره‌ها محسوب می‌شوند. ایران با کشورهای ترکیه، آذربایجان و روسیه برای حفظ سهم بازار در منطقه رقابت دارد.

نتیجه‌گیری: نتایج تحلیل شبکه رقابتی نشان می‌دهد ایران مرکزی‌ترین گره شبکه بوده است؛ یعنی بیشترین رقابت با کشورهای منطقه را دارد. در نهایت، طی زمان رقابت و انسجام شبکه در منطقه در حال افزایش بوده است.

واژه‌های کلیدی: *تئوری شبکه، شبکه تجاری برق، اجتماع، تحلیل رقابت‌پذیری.*
طبقه‌بندی JEL: D85، Q47.
نوع مقاله: پژوهشی.
استناد: میرتاج الدینی، لیلا؛ شیرین بخش ماسوله، شمس اله؛ موسوی، میرحسین و حیدری، کیومرث (۱۴۰۱). بررسی جایگاه و شدت رقابت تجارت برق ایران در منطقه غرب آسیا با استفاده از رویکرد تئوری شبکه. *مجله توسعه و سرمایه*، ۷(۱)، ۲۵۰-۲۲۷.

مجله توسعه و سرمایه، دوره هفتم، ش ۱، صص. ۲۵۰-۲۲۷.

* دانشجوی دکتری گروه اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و اجتماعی، گروه اقتصاد، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران. **رایانامه:** leilamirtajadini@gmail.com
** دانشیار گروه اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و اجتماعی، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران. **رایانامه:** sh_shirinbakhsh@yahoo.com
*** **نویسنده مسئول**، دانشیار گروه اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و اجتماعی، گروه اقتصاد، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران. **رایانامه:** hmousavi@alzahra.ac.ir
**** عضو هیأت علمی (استادیار) پژوهشگاه نیرو، تهران، ایران. **رایانامه:** kheydari@nri.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۸ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۰/۱۲/۲۳ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۱/۱/۳۰ **تاریخ انتشار برخط:** ۱۴۰۱/۵/۸
ناشر: دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
DOI: 10.22103/jdc.2022.19086.1210
©The Authors.

مقدمه

در شرایطی که جهانی شدن به سرعت در حال توسعه است، رقابت‌پذیری یک اقتصاد و محیط کسب و کار[1] آن عامل حیاتی برای توسعه اقتصادی، سیاسی و اجتماعی است. مفهوم رقابت بین‌المللی اغلب در تحلیل عملکرد اقتصاد کلان کشورها استفاده می‌شود. در چارچوب اقتصاد ملی، نتایج تحقیقات حاصل از این تحلیل‌ها منبع ارزشمندی برای سیاست‌گذاران اقتصاد ملی یا برنامه‌ریزان توسعه اقتصادی ارائه می‌دهد. بنابراین مطالعه سطوح مختلف رقابت‌پذیری از دیدگاه دولتی با ارزش است؛ زیرا سیاست‌های دولت می‌تواند تأثیر مثبت یا منفی بر فضای اقتصادی و رقابت‌پذیری بگذارد. تحلیل جایگاه کشورها و قدرت رقابت آنها در مورد تجارت یک کالا در سیاست‌گذاری اهمیت ویژه‌ای دارد.

از طرفی برق کالایی استراژیک است که در توسعه اقتصادی نقش عمده‌ای دارد؛ لذا تحلیل جایگاه رقابتی ایران در مورد این کالا اهمیت به سزایی دارد. برق به عنوان منعطف‌ترین شکل انرژی، نقشی حیاتی در توسعه اقتصادی- اجتماعی مدرن ایفا می‌کند (شهباز و لین[2]، ۲۰۱۲) و در حال حاضر به عنوان مفیدترین و عمومی‌ترین حامل انرژی (اتوکاکپان[3] و همکاران، ۲۰۲۰) و همچنین به عنوان یک نهاده تولیدی کلیدی در چرخه تولید شناخته می‌شود. در ادبیات اقتصاد انرژی، ارتباط بین مصرف انرژی (برق) و رشد اقتصادی توجه زیادی را به خود جلب کرده است (کرافت و کرافت[4]، ۱۹۷۸). مطالعات زیادی به نقش تسهیل‌کننده انرژی در رشد اقتصادی اشاره دارند (بست و بورک[5]، ۲۰۱۸؛ گوار و گوپتا[6]، ۲۰۱۶). تعداد زیادی از این مطالعات به طور مشخص ارتباط بین مصرف برق سرانه را با تولید ملی سرانه، ثروت (فرگوسن[7] و همکاران، ۱۹۹۷) و رشد اقتصادی (ژونگ[8] و همکاران، ۲۰۱۹؛ روباد و شهباز[9]، ۲۰۱۷؛ اتوکپان و همکاران، ۲۰۲۰؛ و چاندران[10] و همکاران، ۲۰۱۰) بررسی کرده‌اند. از طرف دیگر برخی مطالعات اثر منفی عرضه ناکافی برق و کاهش در پایداری برق بر رشد اقتصادی را بررسی نموده‌اند (آتبا[11] و همکاران، ۲۰۱۹؛ ابهوتا و تاباکوف[12]، ۲۰۱۸؛ آدامز[13] و همکاران، ۲۰۲۰).

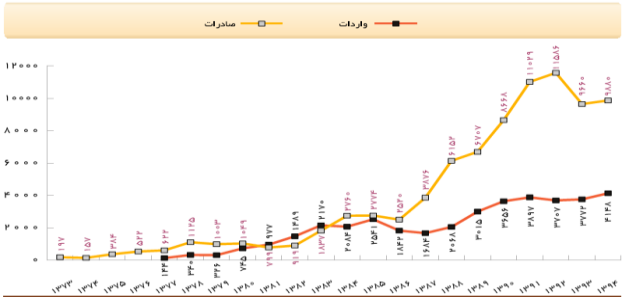
بررسی‌های اخیر نشان می‌دهند که تقاضای برق در دنیا به بیشتر از ۱۰۰۰ تراوات ساعت (TWh) در سال ۲۰۲۱ افزایش یافته است. در حدود ۸۰ درصد افزایش پیش‌بینی شده در تقاضا در سال ۲۰۲۱ در میان اقتصادهای در حال توسعه بوده است (آژانس بین المللی انرژی[14]، ۲۰۲۱). کشش درآمدی تقاضای برق در کوتاه‌مدت بین صفر و یک است (سرینیواسان[15]، ۲۰۱۳؛ فل و پاول[16]، ۲۰۱۴) که به معنای ضروری بودن این کالاست. آزادسازی تجاری در بازار برق طی سه دهه گذشته به شکل گسترده‌ای صورت گرفته است (نهاچابرا و باسو[17]، ۲۰۲۰) که هدف اصلی آن، تولید با کارایی بیشتر و کاهش قیمت برق است (لیز[18] و

[1] business environment
[2] Shahbaz and Lean
[3] Etokakpan
[4] Kraft and Kraft
[5] Best and Burk
[6] Gaur and Gupta
[7] Ferguson
[8] Zhong
[9] Roubaud and Shahbaz
[10] Chandran
[11] Ateba
[12] Ebhota and Tabakov
[13] Adams
[14] International Energy Agency
[15] Srinivasan
[16] Fell and Paul
[17] Neha Chhabra and Basu
[18] Lise

همکاران، ۲۰۰۶). حرکت تدریجی به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر، تقاضای برق و همکاری‌های منطقه‌ای را افزایش خواهد داد.

گسترش تجارت برق در بین کشورهای مختلف در سال‌های اخیر توجه سیاست‌گذاران بخش انرژی در ایران به استفاده از ظرفیت‌های تولید و تجارت برق را افزایش داده است. در حال حاضر ایران با هفت کشور ارمنستان، آذربایجان، ترکیه، پاکستان، افغانستان، ترکمنستان و عراق مبادله برق دارد که در این میان به چهار کشور ترکیه، عراق، پاکستان و افغانستان برق صادر می‌کند. نمودار (۱) میزان صادرات برق ایران به کشورهای افغانستان، پاکستان، عراق، ترکیه، جمهوری آذربایجان، ارمنستان و نخجوان و واردات برق از کشورهای، ترکیه، جمهوری آذربایجان و ارمنستان را نشان می‌دهد.

موقعیت جغرافیایی ایران نسبت به کشورهای منطقه و همچنین دسترسی به سوخت‌های فسیلی به ویژه گاز طبیعی، منجر به مزیت نسبی ایران در تولید برق شده است. همچنین به دلیل اختلاف افق، درجه حرارت، شرایط مختلف آب و هوایی و اقلیمی، میزان مصرف برق و زمان اوج مصرف (و تفاوت شکل منحنی‌های بار در زمانهای مختلف روز و سال در بین کشورهای همجوار امکان تبادل برق بین این کشورها وجود دارد.



شکل ۱. حجم صادرات و واردات برق ایران از سال ۱۳۷۳ تا ۱۳۹۴ (بر حسب میلیون کیلووات ساعت)

منبع: چهل و نه سال صنعت برق ایران در آینه آمار ۱۳۹۴-۱۳۴۶

شبکه‌ها نقش مهمی در طیف وسیعی از پدیده‌های اقتصادی دارند. یک نوآوری عمده در تئوری اقتصادی، استفاده از روش‌های ناشی از نظریه شبکه برای توصیف و مطالعه روابط بین عوامل اقتصادی در شبکه‌ها بوده است. این پیشرفت اخیر منجر به افزایش سریع تحقیقات نظری در مورد شبکه‌های اقتصادی شده است. شبکه ها در بسیاری از پدیده‌های اجتماعی و اقتصادی حضور دارند. در تحلیل جایگاه تجاری هر کشور از آنجایی که تمرکز بر ارتباط بین عناصر به جای ویژگی‌های خاص یک عنصر است، استفاده از روش‌های مبتنی بر شبکه کاراتر خواهد بود.

در حد اطلاع نویسندگان، تاکنون در ایران در زمینه تجارت برق مطالعات اندکی صورت گرفته که در هیچکدام از آنها نقش و جایگاه هر کشور، قدرت رقابتی آن و روابط متقابل بین کشورها مورد بررسی قرار نگرفته است. همچنین در زمینه رقابت‌پذیری در تجارت برق در دنیا مطالعه‌ای انجام نشده است. برای بررسی قدرت رقابتی ایران در منطقه، بر اساس ادبیات نظری موجود در خصوص قدرت رقابت‌پذیری صادرات، معادله مربوطه بایستی تصریح شود. در عین حال، برای پاسخ دقیق به این سؤال که کدام کشورها در معادله رقابتی وارد شوند، لازم است شبکه جهانی تجارت برق بر اساس تئوری شبکه ساخته

شود تا اجتماعی (زیرگروهی) که ایران در آن عضو است، شناسایی شود. با تشکیل شبکه جهانی، می‌توان بر اساس ویژگی‌های کاربردی این تئوری، موقعیت و جایگاه گره‌ها را با استفاده از شاخص‌های مختلف بررسی نمود. تحلیل رقابت پذیری[۱] به عنوان ابزار جدید برای اندازه‌گیری شدت رقابت میان صادرکنندگان در منطقه معرفی می‌شود. این مطالعه شامل پنج بخش است: بخش دوم مبانی نظری، بخش سوم پیشینه تحقیق، بخش چهارم روش تحقیق، بخش پنجم نتایج برآورد، بخش ششم نتیجه‌گیری و پیشنهادات است.

مبانی نظری

شبکه شامل مجموعه‌ای از بازیگران و ارتباطات تعریف شده بین آنهاست. متغیرهای موجود در شبکه به دو دسته تقسیم می‌شود: الف-متغیرهای ساختاری[۲]: سنگ بنای تحلیل شبکه‌ها هستند و پیوند بین بازیگران مانند تجارت بین کشورها و دوستی بین افراد و غیره را اندازه‌گیری می‌کنند. ب-متغیرهای ترکیبی[۳]: یک ویژگی خاص از بازیگران مانند تولید ملی یا جمعیت هر کشور، جنسیت و قومیت افراد و را اندازه‌گیری می‌کنند. تحلیل شبکه[۴] مطالعه ارتباط بین عناصر به جای ویژگی‌های خاص یک عنصر است. از اواسط دهه ۱۹۷۰ مطالعات بررسی شبکه افزایش یافته است (واسرمن و فاست[۵]، ۱۹۹۴). مفهوم شبکه در مطالعات سیاسی، اجتماعی، زیست‌شناسی، پزشکی و اقتصادی، مطرح شده است. نظریه شبکه سیستم‌های پیچیده تکنیک‌هایی را برای تجزیه و تحلیل ساختار سیستم‌های شامل عناصر دارای روابط متقابل ارائه می‌دهد. تئوری گراف در حقیقت نمایش تصویری از تئوری شبکه است. برخی مطالعات مانند دواناس و فاگیلو[۶] (۲۰۱۳) و باتاچاریا[۷] و همکاران (۲۰۰۸) مدل جاذبه را چارچوب نظری استفاده از تئوری شبکه در تجارت دانسته‌اند.

در ادبیات تجارت بین الملل، سنجش شدت رقابت بین کشورهای مختلف جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است. اگر چه موضوع رقابت‌پذیری در تحقیقات اقتصادی و سیاسی متعددی مورد توجه بوده است، اما مفهوم عمومی پذیرفته شده واحد از این اصطلاح پیچیده مطرح نشده است. چکموا[۸] (۲۰۱۶) بیان می‌کند که «رقابت ملی[۹] را می‌توان به عنوان توانایی یک کشور برای تثبیت خود در بازارهای خارجی به دلیل قیمت یا عوامل دیگر، همچنین به عنوان توانایی یک اقتصاد در دستیابی به سطح بالایی از درآمد واقعی، نرخ بیکاری پایین و رشد پایدار بلندمدت تعریف کرد». بریس[۱۰] (۲۰۱۸) نشان می‌دهد چگونه دستیابی به رقابت‌پذیری بالاتر راهی برای پیشرفت است که منجر به برنده و بازنده شدن نمی‌شود؛ زیرا وقتی دو کشور با هم رقابت می‌کنند، هر دو وضعیت بهتری دارند.

مفهوم رقابت‌پذیری، در نظریه اقتصادی مانند مرکانتیلیسم[۱۱]، اقتصاد کلاسیک و نئوکلاسیک مد نظر قرار داشته است. مرکانتیلیسم به صورت آشکار از اصطلاح رقابت‌پذیری استفاده نکرده است، با این حال، با بیان این مطلب که داشتن قدرت

---

[1] Competitiveness
[2] Structural Variables
[3] Composition Variable
[4] Network Analysis
[5] Wasserman and Faust
[6] Duenas and Fagiolo
[7] Bhattacharya
[8] Čekmeová
[9] National Competitiveness
[10] Bris
[11] Mercantilism

رقابت یک کشور به معنی ثروت و موفقیت در بازارهای بین المللی است، به نوعی این مفهوم را به رسمیت شناخته است. از طرفی اقتصادان کلاسیک و برجسته‌ترین آن‌ها اسمیت و ریکاردو با طرح مفهوم مزیت نسبی به این موضوع اشاره کرده‌اند. همچنین طرح مزیت نسبی در تولید محصولات متنوع برای ارزیابی تجارت بین المللی به وسیله هکچر–اوهلین[1] گواه اهمیت این مفهوم در مکتب نئوکلاسیک است. رقابت‌پذیری را نمی‌توان به راحتی اندازه‌گیری کرد؛ زیرا شاخص‌های رقابت‌پذیری، عوامل کیفی را در بر می‌گیرد که به راحتی کمی نمی‌شوند. بنابراین، ظرفیت نوآوری تکنولوژیکی، درجه تخصصی شدن محصول، کیفیت محصولات درگیر، یا ارزش خدمات پس از فروش، همه عواملی هستند که ممکن است عملکرد تجاری یک کشور را به طور مطلوب تحت تأثیر قرار دهند. در حالت ایده‌آل، معیارهای رقابت‌پذیری باید سه معیار اساسی را برآورده کنند: اول، باید تمام بخش‌های در معرض رقابت را پوشش دهند به عبارتی نماینده تمام کالاهای قابل معامله و معامله شده مشمول رقابت باشد. دوم باید همه بازارهای در معرض رقابت را در برگیرند و سوم، باید از داده‌های قابل مقایسه در سطح بین المللی استفاده کنند. در عمل هیچکدام از شاخص‌های موجود این سه معیار را برآورده نمی‌کند. به طوری که هر شاخص رقابت در واقع تنها یک برآورد تقریبی از شاخص ایده‌آل است. نویما[2] (۲۰۱۴) به این واقعیت اشاره می‌کند که این مفهوم را می‌توان با توجه به تعداد زیادی از شاخص‌های تک عاملی و چند عاملی کمی‌سازی و تجزیه و تحلیل کرد. شاخص‌های رقابتی چندعاملی عمومی‌تر و پیچیده‌تر تلقی می‌شوند، یعنی عواملی که می‌توانند سطح رقابت‌پذیری اقتصاد یک کشور را در زمینه بین‌المللی شناسایی کرده و درک دقیق‌تری از ساختار رقابت‌پذیری کشور را ارائه می کنند. در مورد شاخص‌های رقابتی تک عاملی، تمرکز بر روی شاخص‌های محدودتری است به‌عنوان مثال، صادرات و واردات، عملکرد صادرات[3] و یا روابط هزینه و قیمت[4] (بالاز[5] و همکاران، ۲۰۱۷).

شاخص‌های چند فاکتوره رقابت‌پذیری عبارتند از: رقابت‌پذیری سراسری (GCI)، رقابت‌پذیری جهانی (WCI)، کسب و کار (DBI) و دانش اقتصادی (KEI). شاخص‌های تک فاکتوره رقابت‌پذیری عبارتند از: شاخص توسعه حجم صادرات، توسعه نرخ رشد صادرات، متوسط تجمعی صادرات، متوسط تجمعی واردات، تعادل نسبی تجارت، عملکرد صادرات، توسعه ارزش خالص صادرات، صادرات به ازاء هر واحد سرمایه، مزیت رقابتی آشکار شده (RCA)، معاملات گردش مالی (TOT)، هزینه واحد نیروی کار (ULC)، نرخ ارز مؤثر واقعی (REER). شاخص‌های متکی بر متوسط ارزش واحد صادراتی خصوصاً زمانی که تمرکز تنها بر یک کالا است. بیشترین استفاده را دارند. مزیت خاص آن‌ها این است که علاوه بر سهولت، حاوی اطلاعات مربوط به کالاهایی هستند که واقعاً در بازارهای خارجی رقابت می کنند.

گلیک و رز[6] (۱۹۹۹) با تمرکز بر میزان رقابت دو کشور در بازار سوم، ارتباط تجاری بین یک کشور و سایر کشورها را کمی‌سازی کرده‌اند. آنها شدت رقابت (لینک تجاری) را با استفاده از معیار تعدیل‌شده سهم تجارت هر یک از کشورها

[1] Ohlin and Heckscher
[2] Nevima
[3] export performance
[4] cost-and-price relations
[5] Balaž
[6] Glick and Rose

(خصوصاً زمانی که اندازه کشورها متفاوت است) تعریف کرده‌اند. معادله یک تصریح این مدل را نشان می‌دهد. در این فرمول x_{ik} صادرات دو جانبه کل از کشور i به کشور k و x_i کل صادرات دو جانبه کشور i است. این شاخص در واقع یک میانگین وزنی از اهمیت صادرات کشورهای i و j به کشور k را نشان می‌دهد. اهمیت کشور k زمانی بزرگترین است که یک بازار صادراتی با اهمیت یکسان برای کشورهای i و j باشد. بر اساس این شاخص، ژانگ[1] و همکاران (۲۰۱۴) رقابت‌پذیری میان واردکنندگان نفت را محاسبه کرده‌اند.

$$Trade_{ij} = \sum_k \{[(x_{ik} + x_{jk})/(x_i + x_j)][1 - |(x_{jk} - x_{ik})/(x_{jk} + x_{ik})|]\} \quad (۱)$$

پیشینه تحقیق

مطالعات داخلی

مطالعات اندکی در داخل در ارتباط با تجارت برق صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به مطالعات زیر اشاره کرد: لطفعلی‌پور و همکاران (۱۳۸۸) اثر الحاق به سازمان جهانی تجارت بر صادرات برق ایران به کشورهای ترکمنستان، آذربایجان و ارمنستان را برای دوره زمانی ۱۳۸۷-۱۳۸۳ بررسی نموده‌اند. در این مطالعه، رابطه بلندمدت بین دو متغیر در بلندمدت تأیید شده است. البته رابطه بین دو متغیر در کوتاه مدت منفی بوده است. طاهری‌فرد و اخوان (۱۳۸۸) با استفاده از روش داده-ستانده به محاسبه ضریب مصرف برق، صادرات مستقیم و غیرمستقیم برق و یارانه ضمنی برق به بخش صادرات در دو سطح ملی و صنعت برق پرداخته‌اند. در این مطالعه، صادرات مستقیم و غیرمستقیم برق محاسبه شده تابعی از ضریب مصرف برق و مقدار صادرات هر بخش است. نتایج نشان می‌دهد که ضریب مصرف مستقیم در بخش‌های برق، آب و گاز، ماهیگیری و صنعت بیش از سایر بخش‌هاست.

از جمله مطالعاتی که شبکه تجاری را در مورد ایران مطالعه نموده‌اند، می‌توان به مطالعات رفعت (۱۳۹۷)؛ شیرازی و همکاران (۱۳۹۴) و آذربایجانی و همکاران (۱۳۹۴) اشاره نمود. رفعت (۱۳۹۷) داده‌های تجارت دو جانبه ۱۸۰ کشور در دوره زمانی ۲۰۱۵-۱۹۹۵ را برای تشکیل شبکه تجاری مورد استفاده قرار داده است. این مطالعه به بررسی روابط تجاری ایران با شرکای اصلی آن در آسیا با استفاده از تکنیک تحلیل شبکه و محاسبه شاخص‌های تحلیل شبکه، نظیر درجه گره و شدت گره پرداخته است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که کشورهای منتخب شرق آسیا، افزایش بیشتری در تعداد شرکای تجاری داشته‌اند. شیرازی و همکاران (۱۳۹۴) ساختار شبکه جهانی صادرات و واردات کالا را برای ۱۰۴ کشور برای سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ بررسی و شاخص‌های شبکه برای ایران، به عنوان عضوی از آن را محاسبه نموده‌اند. با توجه به نتایج به دست آمده، کلیه شبکه‌های تشکیل شده در همه سال‌ها دارای ضریب خوشه‌بندی بالا بوده‌اند. همچنین، نتایج شاخص مرکزیت نشان می دهد ایران در هیچ یک از سال‌های مورد مطالعه کشور تأثیرگذاری در شبکه تجارت نبوده است.

[1] Zhang

همچنین مطالعاتی در زمینه رقابت پذیری صورت گرفته که از جمله می‌توان به شیوا و شهبازی (۱۳۹۹) و رفاح کهریز و همکاران (۱۳۹۸) اشاره کرد. شیوا و شهبازی (۱۳۹۹) به بررسی قدرت رقابتی در بازار برق عمده فروشی برق و تأثیر قدرت بازاری بر قیمت عمده فروشی با به کار بردن داده‌های سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۶پرداخته‌اند. بدین منظور ب استفاده از شاخص هرفیندال-هیرشمن[1] برای سنجش سهم بازار و قدرت رقابت، نشان داده‌اند که سهم بازاری نیروگاه‌ها در بازار عمده فروشی در ایران قابل قبول نبوده است. این شاخص طی سال‌های مورد بررسی روند کاهشی داشته و علی‌رغم عدم وجود قدرت بازاری تأثیر معناداری بر شاخص قیمت عمده فروشی دارد. رفاح کهریز و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی رابطه رقابت‌پذیری و عملکرد اقتصادی با استفاده از داده‌های دو گروه از کشورهای درحال توسعه و توسعه‌یافته در دوره زمانی ۲۰۱۴- ۲۰۰۶ و کاربرد تکنیک گشتاورهای تعمیم یافته (GMM) پرداخته‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد شاخص رقابت‌پذیری به طور معنی‌داری در هر دو گروه از کشورهای منتخب در حال توسعه و توسعه یافته موجب رشد اقتصادی و گسترش صادرات می‌شود. بنابراین به نظر می‌رسد امروزه سیاست تقویت رقابت‌پذیری اقتصاد باید از اولویت‌های اصلی برنامه‌ریزان و سیاستگذاران کشورها باشد.

مطالعات خارجی

برخی مطالعات سعی در مدل‌سازی تجارت برق (آنتویلر[2]، ۲۰۱۶) و یا طراحی سیاست تجارت برق داشته‌اند (بوون[3] و همکاران، ۱۹۹۹). آبرل و راش[4] (۲۰۱۶) یک مدل تعادل عمومی چندبخشی-چندکشوری را برای بررسی اثرات توسعه زیرساخت انتقال برق و گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر در اروپا را طراحی نموده‌اند تا اثر بر عایدی‌های حاصل از تجارت و انتشار دی‌اکسیدکربن را در بخش انرژی بررسی نمایند. شکوری و همکاران (۲۰۰۹) امکان تجارت برق بین ایران و ترکیه را بر اساس هزینه‌های تولید انرژی و هزینه‌های برق کشور بررسی نموده و پیش‌بینی کرده‌اند که افزایش در تجارت در هر دو دوره کوتاه‌مدت و بلندمدت رخ خواهد داد. در منطقه غرب آسیا، هزینه تولید در برخی کشورها نسبتاً پایین است و همچنین یک رشد معنی‌دار در تقاضای برق کشورهای منطقه مانند ترکیه وجود داشته است.

جی[5] و همکاران (۲۰۱۶) شبکه تجارت جهانی برق را با استفاده از تئوری شبکه و با نگاه اقتصاد کلان به موضوع تجارت بررسی نموده‌اند. آنها از معیارهای مرکزیت برای تجزیه و تحلیل موقعیت هر کشور خاص در شبکه تجاری برای بررسی اهمیت هر گره بهره برده‌اند. تئوری شبکه به صورت گسترده‌ای در تجزیه و تحلیل شبکه تجاری مورد استفاده قرار گرفته است (واگنر و نشات[6]، ۲۰۱۰؛ آلر[7] و همکاران، ۲۰۱۵).

تورگیانی[8] و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی طی دوره ۲۰۱۱-۲۰۰۱ دریافتند کشورها بیشتر تمایل دارند بیشتر با کشورهایی که با آنها ارتباط بیشتری دارند، مراوده تجاری داشته باشند. برآوردها نشان می‌دهد احتمال تعلق دو جفت کشوری به یک اجتماع تجارت مواد غذایی مشترک بیشتر بستگی به عوامل اقتصادی و ژئوپلیتیکی مانند نزدیکی جغرافیایی و توافق نامه تجاری

[1] Herfindahl Hirschman Index (HHI)
[2] Antweiler
[3] Bowen
[4] Abrell and Rausch
[5] Ji
[6] Wagner and Neshat
[7] Aller
[8] Torreggiani

مشترک[1] دارد تا اندازه اقتصادی و یا درآمد آن کشور. دونگ[2] و همکاران (۲۰۲۱) یک شبکه دوبخشی توزیع را برای مدل‌سازی تجارت نفت خام با استفاده از داده‌های تجاری ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۶ پیشنهاد کرده‌اند. مدل بهینه‌سازی ارائه شده، در چارچوب نظریه شبکه پیچیده از حداقل‌سازی هزینه کل تجارت به دست می‌آید. کشورهای تجارت کننده نفت به عنوان گره و پیوندها جریان نفت خام است. آنها نشان داده‌اند کشورهای عمده صادرکننده نفت شرکای خود را عاقلانه‌تر انتخاب می‌کنند و روابط تجاری پایدارتر دارند. پتریدیس[3] و همکاران (۲۰۲۰) مطالعه‌ای برای تجارت ضایعات تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی (WEEE) برای ۱۷۵ کشور در سراسر جهان طی دوره زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۴ انجام داده‌اند. نتایج نشان می‌دهد فاصله، مجاورت، ارز مشترک، روابط استعماری، زبان مشترک و تفاوت در سطوح CO_2 به طور قابل توجهی بر درجه کشورهای درگیر در شبکه تجاری تأثیر می‌گذارد. ژی[4] و همکاران (۲۰۲۰) شبکه تجارت جهانی مواد معدنی را ایجاد نموده‌اند و از پارامترهای شبکه برای و تجزیه و تحلیل ویژگی‌های کلی کشورها استفاده کرده‌اند. آنها دریافتند که ارتباطات تجاری بین کشورها به صورت فزاینده افزایش یافته است؛ یعنی تجارت جهانی مواد معدنی به طور مداوم در حال افزایش است و این موضوع اقتصادها را به اشتراک منابع در توسعه اقتصادی سوق می‌دهد. لیو[5] و همکاران (۲۰۲۰) پویایی عملکرد صادرات LNG استرالیا را در چهار دوره مجزا از ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۷ تجزیه و تحلیل کرده‌اند. این مطالعه نشان می‌دهد که اثر رقابت‌پذیری بیشترین سهم را در عملکرد صادرات LNG استرالیا در سه دهه گذشته، به ویژه در بازارهای فعلی داشته است. همچنین صادرکنندگان LNG استرالیا باید همگام با بازیگران جدید، بازارهای موجود را گسترش دهند و برای اثرات تغییر در مکانیسم قیمت‌گذاری آماده شوند. لیو و همکاران (۲۰۲۰) یک چارچوب ارزیابی ترکیبی از ادغام شاخص‌های شبکه پیچیده تجارت جهانی نفت با شاخص‌های سنتی برای ارزیابی امنیت نفت در سطح جهانی و ملی از سال ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۶ ارائه کرده‌اند. آنها دریافته‌اند که با تقویت منابع و همکاری‌های منطقه‌ای کاهش قابل توجهی در وابستگی واردات نفت به خاورمیانه ایجاد شده است. ژانگ[6] و همکاران (۲۰۲۱)، تأثیر الگوهای تجارت انرژی بر انتشار CO_2 را برای یک نمونه جهانی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ تجزیه و تحلیل کرده‌اند. برای این منظور شبکه تجاری سوخت فسیلی بین‌المللی ایجاد و برخی پارامترهای ساختاری محاسبه شده است. سپس، به طور سیستماتیک تأثیر تجارت انرژی بر انتشار CO_2 ارزیابی شده است. آنها نشان داده‌اند که قدرت تجاری عمدتاً بر انتشار CO_2 از طریق اثر مقیاس، اثر ترکیب و اثر تکنیک اثر دارد. همچنین امنیت تجاری و وضعیت مرکزیت تجاری یک کشور به طور قابل توجهی بر انتشار CO_2 مؤثر است.

روش پژوهش

داده‌های تجارت برق برای تعداد کشورها در هر سال بسته به وجود یا وجود تجارت برق، متفاوت بوده است؛ در مجموع ارزش دلاری صادرات و واردات برق ۱۲۵ کشور به طور متوسط، طی دوره زمانی ۲۰۱۸-۲۰۱۰ از وبسایت *un.comtrade*

[1] Trade-agreement co-membership
[2] Dong
[3] Petridis
[4] Xi
[5] Liu
[6] Zhang

جمع‌آوری شده‌اند. برخی داده‌های از دست رفته کشورهای با اهمیت در اجتماع مورد مطالعه، از منابع مختلف مانند مراکز آماری و بانک اطلاعات وزارت‌های انرژی کشورهای مذکور استخراج شده‌اند. با توجه به اینکه برخی کشورها، ارزش‌های متفاوتی از صادرات و واردات برق را گزارش کرده‌اند، دو مقدار برای برخی از جریان‌های تجاری وجود داشته که در این موارد، ارزش تجارت بزرگتر مورد استفاده قرار گرفته است؛ اگر چه معمولاً میزان تفاوت‌ها قابل چشم‌پوشی بوده‌اند. همچنین در ارائه نتایج، برای سادگی نام کشورها بر اساس کدهای سه حرفی استاندارد[۱] نشان داده شده است. با واردکردن دادهای صادرات کشورها به نرم افزار گفی[۲] شبکه تجاری برق (برای هر سال) ساخته شده است (به این معنی شبکه‌ها به صورت مقطعی حاصل می‌شوند). همچنین با استفاده از دستورهای برنامه‌نویسی در نرم‌افزار R، شاخص‌های مختلف شبکه برآورد شده‌اند.

مدلسازی شبکه تجارت برق

شبکه تجارت جهانی برق با تعریف کشورها به عنوان گره و تجارت میان آنها به عنوان لینک تشکیل می‌شود. بنابراین شبکه را می‌توان به صورت $G=(N, E)$ تعریف کرد؛ که در آن کشورها به صورت مجموعه $N = \{n_1, n_2, \dots, n_g\}$ (مجموعه گره‌ها[۳]) و روابط $E=\{e_{ij}\}$ به عنوان لینک‌های ارتباطی[۴] هستند. اگر کشور n_i برق را به کشور n_j صادر نماید، $e_{ij}=x$ در غیر این صورت $e_{ij}=0$ خواهد بود. شبکه موزون[۵] است زیرا لینک‌ها دارای ارزش هستند. همچنین جهت‌دار[۶] است زیرا صادرات کشور n_i به n_j با صادرات n_j به n_i متفاوت است؛ یعنی $e_{ij}\neq e_{ji}$. همچنین شبکه یک مدی[۷] است زیرا از گره‌های مشابه (یعنی کشورها) تشکیل شده است.

ساختار اجتماعات

برای درک بهتر از ساختار شبکه مهم است که اجتماعات[۸] مختلف شبکه استخراج شوند. یک اجتماع یا گروه معمولاً به عنوان زیر مجموعه‌ای از گره‌ها که به صورت قابل توجهی با یکدیگر در مقایسه با بقیه اعضای شبکه در ارتباط هستند، تعریف می‌شود (نیومن و گیروان[۹]، ۲۰۰۴). اجتماعات (خوشه‌ها یا ماژول‌ها[۱۰]) گروه‌هایی از گره‌ها هستند که احتمالاً خصوصیات مشترک و یا الگوهای مشابهی در گراف دارند. گره‌های اصلی[۱۱] با موقعیت مرکزی در خوشه‌های خود، ارتباطات بسیاری با شرکای دیگر در همان گروه دارند و معمولاً نقش مهمی در کنترل و پایداری گروه ایفا می‌نمایند. گره‌های حاشیه‌ای[۱۲] در مرز میان ماژول‌ها، در واسطه‌گری و کنترل ارتباطات میان جوامع مختلف حیاتی هستند. هرقدر گره‌های شبکه بیشتر با هم در ارتباط باشند، از رفتار یکدیگر بیشتر تأثیر می‌پذیرند. بنابراین فهم ساختار شبکه، نقش اساسی در تجزیه و تحلیل رفتار گره‌ها دارد. علاوه بر این تشخیص اجتماعات شبکه به یافتن زیرگروه‌های منسجم و تمرکز بر تحلیل گروه خاص از گره‌ها کمک می‌کند.

---

[1] ISO 3-digit codes
[2] GEPHI
[3] nodes
[4] edges
[5] weighted
[6] directed
[7] One Mode
[8] communities
[9] Newman and Girvan
[10] clusters or modules
[11] core nodes
[12] periphery

مسئله دسته‌بندی گره‌ها در خوشه‌ها یک موضوع پیچیده است. بنابراین الگوریتم‌های بسیاری برای یافتن گروه‌بندی‌های معقول در کمترین زمان مناسب معرفی شده‌اند (بلوندل[1] و همکاران، ۲۰۰۸). تعریف یک شاخص (معیار) کمی برای تعیین مناسب بودن گروه‌بندی ضروری به نظر می‌رسد. نیومن و گیروان (۲۰۰۴) یک الگوریتم بر اساس ماژول‌ها برای تشخیص ساختار جامعه پیشنهاد داده‌اند. با در نظر گرفتن شبکه، این الگوریتم همیشه بخشی از گره‌ها را فارغ از اینکه شبکه چنین بخش‌هایی داشته باشد یا خیر، به جوامع تقسیم می‌کند. برای سنجش سازگاری این طبقه‌بندی با واقعیت، آنها یک تابع مقداری به نام ماژولاریتی تعریف کرده‌اند. ماژولاریتی نیومن و گیروان (۲۰۰۴) مشهورترین و کاراترین تابع در این زمینه است و می‌تواند به شکل معادله (۱) نوشته شود:

$$Q = \frac{1}{2m}\sum_{ij}\left(A_{ij} - P_{ij}\right)\delta\left(C_i . C_j\right) \qquad (۲)$$

A ماتریس مجاورت[2] است، m کل تعداد لینک‌های گراف (شبکه) است و P_{ij} تعداد مورد انتظار از لینک‌های بین گره‌های i و j در مدل اولیه را نشان می‌دهد. وقتی که گره‌های i و j در یک اجتماع قرار دارند ($Ci = Cj$)، نتیجه تابع عدد یک است؛ در غیر این صورت، نتیجه تابع صفر است. در این روش، اجتماعات را می‌توان بر اساس امتیازات آنها با توجه به تابع فوق رتبه‌بندی نمود. اجتماعات با امتیاز بالا مطلوب هستند. چند روش برای تشخیص اجتماعات در مطالعات مختلف و طی سالیان مختلف معرفی شده‌اند. در این میان، روش‌های سریع و به صرفه، روش بهینه (براندس[3] و همکاران، ۲۰۰۸)، لوون (بلوندل و همکاران، ۲۰۰۸)، چگالی لینک، مرکزیت لینک و گام تصادفی[4] اصلی‌ترین روش‌ها برای انتخاب میان اجتماعات مختلف بوده‌اند. شاخص‌های ماژولاریتی محاسبه شده برای هر سال و برای هر روش، بهترین روش انتخاب می‌شود. در این مطالعه بر اساس نتایج شاخص، از روش لوون استفاده شده است.

شاخص‌های مرکزیت

در ادبیات شبکه، شاخص‌های مرکزیت مختلفی برای تشخیص اهمیت گره‌ها معرفی شده‌اند. مرکزیت درجه[5] می‌تواند به عنوان اولین شاخص معرفی شود. این شاخص علیرغم سادگی، معمولاً درک کارایی از مفهوم مرکزیت ارائه می‌دهد. شاخص مرکزیت درجه ورودی[6] نشان می‌دهد چه تعداد لینک به یک گره مشخص وارد شده است و یا تعداد لینک‌های وارداتی آن گره را نشان می‌دهد. به همین شکل شاخص درجه خروجی[7] تعداد لینک‌های صادراتی را مشخص می‌کند. درجه گره مجموع شاخص‌های ورودی و خروجی گره است. شاخص مرکزیت نزدیک بودن[8]، نزدیکی یک گره را به تمامی گره‌های دیگر در

[1] Blondel
[2] Adjacent Matrix
[3] Brandes
[4] Fast greedy, Optimal, Louvain, edge_ density, edge_ betweenness, edge_ betweenness, and Walktrap
[5] Degree centrality
[6] In-Degree
[7] Out-Degree
[8] Closeness Centrality

یک شبکه مشخص بیان می‌کند. این شاخص به صورت معکوس مجموع فواصل محاسبه می‌شود. مرکزیت نزدیکی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$C_c(p_k) = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} d(p_i, p_k)} \quad (۳)$$

در معادله فوق $d(p_i, p_k)$ فاصله جئودسیک[1] از p_i به p_k است. اگر گره‌های a، b و c گره‌هایی که با یکدیگر ارتباط دارند در نظر گرفته شوند، شاخص مرکزیت میانجیگری[2] نسبت تعداد کوتاه‌ترین مسیرها بین b و c که *از* a عبور می‌کنند، به کل کوتاه‌ترین مسیرهای بین b و c در شبکه هستند (آلر[3] و همکاران، ۲۰۱۵). رابطه (۴) این شاخص را برای یک گره در یک شبکه بیان می‌کند. در این معادله g_{jk} تعداد کوتاه‌ترین مسیرها از گره j به گره k است و $g_{jk}(n_i)$ تعداد مسیرهایی است که از i عبور می‌کنند (برندس، ۲۰۰۱).

$$C_B(n_i) = \frac{\sum_{j<k} g_{jk}(n_i)}{g_{jk}} \quad (۴)$$

شاخص مرکزیت ایگن[4] شبیه شاخص نزدیک‌بودن است، ولی تنها بزرگترین مسیرهای جئودسیک را در نظر می‌گیرد (گراندو[5] و همکاران، ۲۰۱۶). این شاخص بر اساس مرکزیت یک گره به صورت متقابل اندازه‌گیری شده است (کرنچ[6] و همکاران، ۲۰۱۵). به عنوان اختصار، در این مطالعه BC، CC و EC به ترتیب برای مرکزیت میانجیگری، مرکزیت بر اساس نزدیکی و مرکزیت ایگن به کار برده شده‌اند.

$$C_x(p_k) = \frac{1}{max_{i \in V} d(p_i, p_k)} \quad (۵)$$

علاوه بر شاخص‌های مرکزیت برای گره‌ها، می توان از شاخصی در مورد تشخیص قطب(هاب)های شبکه استفاده نمود. شاخص تشخیص هاب تجاری یا ضریب ورودی[7] (محاسبه شده توسط درجه ماژول درونی[8] Z) شاخصی برای تشخیص هاب‌های شبکه بر اساس ارتباط آنها با سایر گره‌ها می‌باشد. این شاخص یک معیار برای سنجش ارتباط از یک گره مشخص به سایر گره‌ها در آن اجتماع یا ماژول معرفی می‌شود. اگر S_i ماژولی (گروهی) را نشان دهد گره i به آن متعلق است، k_{iSi} تعداد ارتباطات از گره i به ماژول S_i باشد، $\bar{k}_{S_i}$ میانگین k_{iS_i} در میان کل گره‌های S_i باشد و $\sigma_{k_{S_i}}$ انحراف معیار باشد، شاخص به صورت زیر تعریف می‌شود (گیمرا و آمارال[9]، ۲۰۰۵).

$$z_i = \frac{k_{iS_i} - \bar{k}_{S_i}}{\sigma_{k_{S_i}}} \quad (۶)$$

شاخص رقابت‌پذیری

برای محاسبه وضعیت رقابتی بین ایران و شرکای تجاری، با انجام تصریح برای رقابت صادراتی، معادله زیر برای برآورد شدت رقابت میان صادرکنندگان برق در این مطالعه، استفاده شده است:

---

[1] Geodesic distance
[2] Betweenness Centrality
[3] Aller
[4] Eccentricity Centrality
[5] Grando
[6] Krnc
[7] gateway coefficient
[8] within module degree Z-score
[9] Guimerà and Amaral

$$S_{direct}(ij) = \sum_{c}\left\{\left(\frac{X_{ic}+X_{jc}}{X_w}\right)\times\left[1-\frac{\left|(X_{ic}/X_i)-(X_{jc}/X_j)\right|}{(X_{ic}/X_i)+(X_{jc}/X_j)}\right]\right\}\times 100 \qquad (۷)$$

در این معادله $S_{direct}(ij)$ شدت رقابت مستقیم میان صادرکنندگان برق i و j، c مقصد صادراتی مشترک i و j، X_{ic} (X_{jc}) ارزش صادرات برق است که صادرکننده i (j) به c صادر می‌کند، X_w ارزش کل صادراتی برق دنیا است و X_i (X_j) ارزش کل صادرات برق صادرکننده i (j) است. قسمت اول معادله، سهم ارزش تجارت رقابتی واردکننده c از کل ارزش تجارت دنیا را نشان می‌دهد. قسمت دوم بیانگر میزان شباهت ساختار بازارهای صادراتی i و jاست.

شبکه رقابت تجاری برق

با الگوبرداری از روش ژانگ و همکاران (۲۰۱۴)، شبکه‌های رقابتی[1] برق با تعریف کشورها به عنوان گره و شدت رقابت میان آنها به عنوان لینک تشکیل می‌شود. بنابراین شبکه را می‌توان به صورت H = (N, L) تعریف کرد؛ که در آن کشورها به صورت مجموعه P = {$n_1, n_2, \dots, n$} (مجموعه گره‌ها[2]) و روابط L={l_{ij}} به عنوان لینک‌های ارتباطی[3] هستند. اگر کشور n_i برق با کشور n_j برای صادارت برق به کشور n_c رقابت نماید، $(l_{ij}= T_{ij})$ در غیر این صورت $l_{ij}=0$ خواهد بود.

برآورد و تجزیه و تحلیل داده‌ها

ویژگی‌های اصلی شبکه تجاری برق جهان در جدول (۱) نشان داده شده‌اند. همانطور که از ارقام جدول پیداست، درجه گره‌ها از ۱۲۱ که کمترین میزان در سال ۲۰۱۷ بوده تا ۱۴۸ بیشترین میزان در سال ۲۰۱۵ متغیر بوده است. حداکثر تعداد لینک‌ها برابر با ۵۷۵ در سال ۲۰۱۵ و کمترین تعداد لینک نیز در سال ۲۰۱۰ با رقم ۴۴۶ بوده است. حداکثر تعداد اجتماعات برابر با ۱۵ بوده است.

جدول ۱. ویژگی‌های اصلی شبکه جهانی تجارت برق

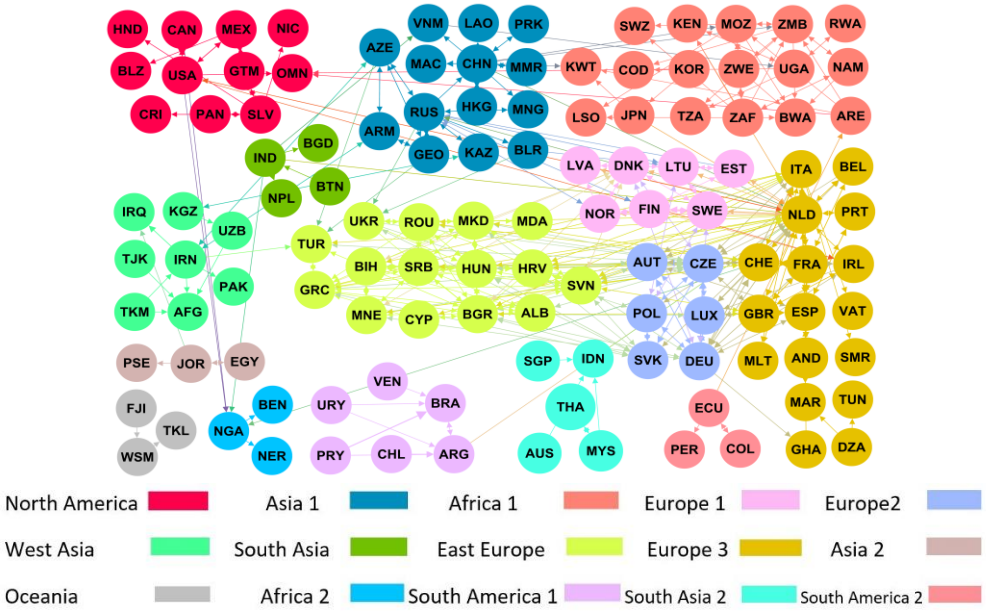
	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳	۲۰۱۴	۲۰۱۵	۲۰۱۶	۲۰۱۷	۲۰۱۸
تعداد گره‌ها	۱۲۵	۱۳۶	۱۴۰	۱۴۱	۱۳۵	۱۴۸	۱۲۸	۱۲۱	۱۲۹
تعداد لینک‌ها	۴۴۶	۴۷۷	۵۲۲	۵۳۹	۵۶۵	۵۷۵	۴۴۷	۴۸۳	۴۷۸
ارزش کل تجارت شبکه (میلیارد دلار)	۴۴	۵۶/۴	۵۴	۴۶/۱	۴۳/۹	۳۶/۳	۳۴/۴	۳۷	۴۵/۳
تعداد اجتماعات	۱۵	۱۵	۱۴	۱۳	۱۳	۱۳	۱۳	۱۵	۱۴

نتایج حاصل از به کارگیری روش لوون در نرم افزار R اجتماعات مربوط به شبکه استخراج شده است. به عنوان دو نمونه از کل دوره مورد بررسی، شکل (۲) شبکه جهانی تجارت برق را برای نمونه در سال ۲۰۱۷ نشان می‌دهد.

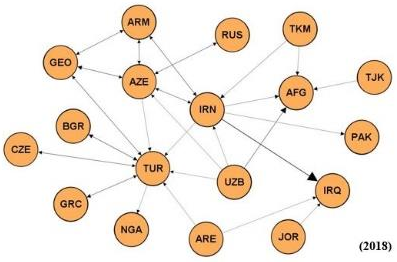
منظور از اجتماع غرب آسیا، کشورهای زیرمجموعه شبکه تجارت جهانی برق است که بایکدیگر ارتباط بیشتر و با بقیه اعضا شبکه ارتباط کمتری دارند و شامل کشور ایران می‌شود. کشورهای ایران، عراق، ترکمنستان، افغانستان، پاکستان، تاجیکستان و ازبکستان در تمامی نه سال مورد بررسی به این اجتماع تعلق داشته‌اند. ارمنستان تنها در یک سال عضو این گروه نبوده است. ترکیه سه بار و کشورهای سوریه، لبنان، مصر، قرقیزستان، اردن و لیبی نیز هر کدام دو بار عضو این گروه بوده‌اند. برخی

[1] Competition Network
[2] nodes
[3] edges

کشورها تنها یک بار طی سال‌های مختلف در این اجتماع حضور داشته‌اند؛ از جمله آلبانی، امارات، بلغارستان، بوسنی و هرزگوین، قبرس، یونان، کرواسی، مقدونیه، مجارستان، مونته نگرو، عمان، رومانی، صربستان، اسلوونی، ژاپن، کره جنوبی، کویت و سنگاپور. لازم به ذکر است شرکای تجاری و زیر گروه غرب آسیا کاملاً بر هم منطبق نیستند. ایران معمولاً هفت شریک تجاری داشته است. از بین این شرکا، آذربایجان در تمامی سال‌ها و ترکیه در بیشتر سال‌ها، عضو اجتماع دیگر بوده‌اند. شکل (۳) مهمترین شرکای تجاری ایران و شرکای تجاری آنها (بر اساس نمونه‌گیری گلوله برفی[1]) طی دوره مورد بررسی نشان می‌دهد.



شکل ۲. شبکه تجارت جهانی برق، سال ۲۰۱۷



شکل۳. شرکای تجاری ایران، ۲۰۱۸

شاخص‌های مرکزیت

جدول (۲)، گره‌های مرکزی اجتماع غرب آسیا و شبکه تجاری دنیا را نشان می‌دهد (چهار گره اول). درجه ورودی و خروجی گره، به ترتیب تعداد شرکای صادراتی و وارداتی گره را نشان می‌دهند. درجه گره، مجموع دو درجه ورودی و خروجی است و بر اساس آن رتبه گره‌ها نشان داده شده است. BC، CC و EC نمایانگر مرکزیت میانجیگری، نزدیکی و ایگن

[1] Snowball sampling

هستند. شاخص تمرکز بر مبنای درجه برابر با تعداد پیوندهای ارتباطی بازیگر با بازیگران مجاورش است. هر چه این شاخص کمتر باشد، اهمیت بازیگر کمتر است و بازیگران حاشیه‌ای[1] نام دارند. عنصری که درجه بالاتری در شبکه دارد، نقش پیشرو[2] را ایفا می‌نماید. در شبکه موزون، ارزش ارتباط هم در محاسبه شاخص وارد می‌شود. ستون اول جدول (از چپ) رتبه کشورها بر اساس شاخص تمرکز بر مبنای درجه را نشان می‌دهد.

تحلیل اهمیت گره‌ها برای اعضا اجتماع غرب آسیا، به همراه برخی شرکای تجاری ایران مانند ترکیه و آذربایجان انجام شده است. طی سال‌های مورد مطالعه پیشروترین کشورها در گروه مورد بررسی به ترتیب عبارتند از: ایران، ترکیه، افغانستان، ارمنستان، آذربایجان و ازبکستان که در بین چهار کشور اول از نظر شاخص تمرکز بر مبنای درجه قرار داشته‌اند. برای تحلیل بهتر نیاز است درجه ورودی و بیرونی هم مد نظر قرار گیرد. ساده‌ترین معیار اندازه گیری منزلت[3] بازیگر (برابر با درجه درونی هر بازیگر) است. بازیگری با منزلت است که به وسیله بازیگران بیشتری انتخاب شود. اگر بازیگران با منزلت یک بازیگر را انتخاب کنند، آنگاه منزلت بازیگر انتخاب شده از زمانی که تنها به وسیله بازیگران حاشیه‌ای انتخاب شود، بیشتر خواهد بود. کشوری مرکزی یا در مرکز است که به کشورهای بیشتری صادر کند. کشورهای ترکیه، افغانستان، آذربایجان دارای بالاترین درجه ورودی[4] هستند و کشورهای ایران، ترکیه، آذربایجان بالاترین درجه خروجی دارند؛ به این معنی که نسبت به بقیه کشورها مرکزی‌ترند. شاخص تمرکز نزدیکی (CC) میزان نزدیکی یک بازیگر به سایر بازیگران را نشان می‌دهد. یک بازیگر در مرکز است اگر به سرعت بتواند با بقیه بازیگران ارتباط برقرار کند. بر اساس این شاخص به ترتیب تاجیکستان، ازبکستان، ایران و ارمنستان دارای بالاترین میزان معیار تمرکز نزدیکی بوده‌اند. شاخص ایگن (EC) نوعی از شاخص تمرکز نزدیکی است که تنها بزرگترین مسیرهای جئودسیک را در نظر می‌گیرد. بر اساس این شاخص، به ترتیب کشورهای ترکمنستان، ایران، ارمنستان و ازبکستان جزو کشورهای دارای بالاترین شاخص نزدیکی ایگن بوده‌اند. بر اساس هر دو شاخص نزدیکی کشور ایران و ازبکستان در مرکزند، زیرا به سرعت می‌توان به آنها دسترسی داشت.

جدول ۲. رتبه بندی اعضای اجتماع غرب آسیا بر اساس شاخص های مرکزیت

Year	Node Degree Rank	EC Rank	CC Rank	BC Rank
2010	IRN ,AZE, TUR, AFG	PAK,AFG,IRQ,JOR	PAK,AFG,IRQ,ARM	AZE, TUR, IRN, SYR
2011	TUR,IRN,EGY,JOR	UZB,TKM,ARM,IRN	TJK,EGY,JOR,SYR	TUR,IRN,SYR,EGY
2012	IRN,UZB,ARM,AFG	TKM,IRN,ARM,TJK	IRN,UZB,ARM,TJK	IRN,UZB,ARM,AFG
2013	IRN,AFG,TUR,ARM	TKM,ARM,IRN,UZB	TJK,IRN,UZB,TKM	IRN,UZB,ARM,PAK
2014	TUR,IRN,AFG,ARM	TKM,IRN,ARM,UZB	UZB,TJK,TUR,IRN	TUR,IRN,UZB,ARM
2015	TUR,IRN,ARM,AFG	TJK,ARM,TKM,IRN	UZB,TUR,IRN,ARM	TUR,IRN,UZB,ARM
2016	PSE,SYR,TJK,UZB	PSE, AFG,SYR,TJK	IRN, TUR,JOR,EGY	PSE,SYR,TJK,UZB
2017	TUR,IRN,AZE,ARM	TKM,ARM,GEO,IRN	UZB,TJK,JOR,EGY	AZE,IRN,TUR,ARM
2018	UZB,IRN,AZE,GEO	TKM,IRN,,ARM,AZE	UZB,TJK,AZE,GEO	UZB,GEO,TJK,AZE

شاخص تمرکز میانجی گری (BC) یک بازیگر (توانایی میانجی شدن یک بازیگر بین دو بازیگر) نسبت تعداد دفعاتی است که یک عنصر در جئودسیک به عنوان میانجی بین دو بازیگر دیگر قرار می گیرد. بازیگرانی که در این مسیر قرار دارند می توانند

[1] peripheral
[2] prominent
[3] Prestige
[4] Prestigious

نقش اساسی در کنترل ارتباط یا دسترسی بین این دو بازیگر داشته باشند. هر چه درجه میانجی بودن بیشتر باشد، توانایی بازیگر در کنترل یا بهم ریختن رابطه دو عنصری که بین آنها قرار دارد بیشتر می‌شود. بر اساس این شاخص، به ترتیب ایران، ازبکستان، ترکمنستان و ارمنستان دارای بالاترین رتبه در شاخص میانجی‌گری بودند. بنابراین، این کشورها در کنترل روابط تجاری سایر کشورهای گروه نقش بالاتری دارند؛ هر چند در سال‌های مختلف این رتبه‌بندی متفاوت بوده است. همانطور که در مورد شبکه کلی استفاده شد، در مطالعه حاضر از شاخص درجه ماژول درونی Z برای تشخیص هاب‌های شبکه بر اساس اتصالات آنها با سایر گروه‌ها استفاده شده است. در آسیا، ازبکستان (۲/۷۱)، چین (۲/۲۳)، هند (۱/۵) و ایران (۱/۳۷) مهمترین کشورها در اجتماعات خود محسوب می‌شوند. جدول (۳)، شاخص محاسبه شده برای ایران و رتبه آن را برای سال‌های مختلف نشان می‌دهد. همانطور که دیده می‌شود، ایران در اجتماع خود همواره نقش مهمترین گره را به عنوان یک هاب تجاری را ایفا می‌کرده است. جدول شماره (۴) رتبه‌بندی کشورهای گروه غرب آسیا را بر اساس این شاخص است. همانطور که مشاهده می‌شود، ایران (۹ بار) ، افغانستان (۷ بار)، ترکمنستان (۶ بار) و ارمنستان (۳ بار) بالاترین رتبه و بنابراین نقش هاب را داشته‌اند. از جمع‌بندی موارد بالا می‌توان به این نتیجه رسید که کشور ایران در تجارت برق پیشروترین کشور و بعد از ترکیه مرکزی‌ترین گره است. از لحاظ شاخص میانجیگری هم در وضعیت مناسبی در شبکه قرار دارد. بنابراین توانایی کنترل ارتباطات میان اعضا زیرگروه را دارد.

جدول ۳. شاخص درجه ماژول بین گروهی ایران، ۲۰۱۸-۲۰۱۰

	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳	۲۰۱۴	۲۰۱۵	۲۰۱۶	۲۰۱۷	۲۰۱۸
Z-score	۲/۱۹	۲/۲۳	۲/۱۰	۲/۱۰	۰/۱۲	۲/۱۰	۲/۳۵	۱/۵۳	۱/۳۷
رتبه (در شبکه)	۲	۳	۶	۴	۴۶	۵	۲	۱۱	۱۵
رتبه (در اجتماع)	۱	۱	۱	۱	۳	۱	۱	۲	۱
تعداد گره‌های اجتماع	۱۱	۱۵	۷	۷	۱۳	۲۱	۲۱	۱۸	۱۴

جدول ۴. چهار گره اول بر اساس شاخص تشخیص هاب تجاری

Within degree Z-score rank order			
2010	IRN,TUR,AFG,TKM	2011	IRN, EGY,JOR, SYR
2012	IRN,AFG,TKM,ARM	2013	IRN,AFG,TKM,ARM
2014	IRN,TUR,AFG,TKM	2015	IRN,AFG,TKM,ARM
2016	IRN,EGY,AFG,JOR	2017	IRN,AFG,JOR, ARM
2018	UZB,IRN,TUR,AFG		

نتایج رقابت‌پذیری میان صادرکنندگان برق

به منظور اندازه‌گیری شدت رقابت میان دو صادرکننده برق، فرمول پیشنهادشده (معادله ۷) به کار گرفته شده است. در فرمول یادشده، i و j صادرکنندگان برق به c هستند که با یکدیگر رقابت دارند. همچنین T_{ij} شدت رقابت میان i و j را نشان می‌دهد. شاخص فوق با استفاده از داده‌های تجارت برای صادرکنندگان و برنامه‌نویسی در نرم افزار *R* برآورد شده است. می‌توان با

الگوبرداری از روش ژانگ و همکاران (۲۰۱۴)، شبکه‌های رقابتی[1] را در سال‌های مختلف برای صادرکنندگان برق تشکیل داد. در این شبکه گره‌ها، صادرکنندگان و لینک‌ها شدت رقابت (T_{ij}) محاسبه شده بر اساس معادله (۷) هستند. در این شبکه، گره‌ها صادرکنندگان عضو اجتماع غرب آسیا هستند که روی بازار واردات کشورهای عضو با هم رقابت دارند. همچنین کشورهایی مانند روسیه، گرجستان و آذربایجان، علی‌رغم عضو نبودن در این اجتماع به دلیل رقابت برای صادرات به کشورهای عضو، در شبکه رقابتی حضور دارند.

رقابت پذیری با تمرکز بر واردکنندگان

از بین کشورهای مورد بررسی، کشورهای افغانستان، آذربایجان، ایران، روسیه و ترکیه به عنوان مقاصد صادراتی شناخته می‌شوند که کشورهای دیگر برای صادرات به این کشورها رقابت دارند. جدول (۵) خلاصه‌ای از روابط رقابتی برای کشورهای منطقه و جدول (۶) بیشترین مقدار T_{ij} بین دو کشور i و j برای صادرات برق به کشور k طی سال‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. نتایج حاصل از جدول ذیل نشان می‌دهند که افغانستان، ایران، روسیه، ترکیه و عراق مقاصد صادراتی هستند که برای رسیدن به آنها رقابت زیادی وجود دارد.

جدول ۵. نتایج شدت رقابت در مورد واردکنندگان برق

واردکننده	روابط رقابتی
ایران	بین کشورهای ارمنستان-ترکمنستان، آذربایجان- ترکمنستان و ارمنستان-آذربایجان برای صادرات به ایران رقابت وجود دارد که از این میان بین ارمنستان-ترکمنستان بیشترین میزان رقابت دیده شده است.
افغانستان	بیشترین رقابت بین دو کشور تاجیکستان و ازبکستان برای دستیابی به افغانستان است و در هر سال بیشترین میزان رقابت را داشته‌اند؛ بعد از آن رقابت بین دو جفت کشورهای ترکمنستان- ازبکستان و تاجیکستان-ترکمنستان وجود داشته است. رقابت بین ایران-ترکمنستان و ایران- ازبکستان نزدیک به صفر بوده است.
ارمنستان	رقابت بسیار اندک حدود (T_{ij}=۰/۳) بین آذربایجان و گرجستان وجود داشته است.
آذربایجان	رقابت بسیار کم بین ارمنستان و گرجستان و تنها در دو سال ۲۰۱۶ و ۲۰۱۸ وجود دارد.
مصر	تنها در سال ۲۰۱۰ بین اردن و سوریه رقابت اندک (۰/۹) وجود داشته است.
گرجستان	بیشترین رقابت بین آذربایجان-روسیه، ارمنستان-روسیه، ارمنستان-آذربایجان است؛ و تمام T_{ij}ها کمتر از ۰/۱ است.
عراق	بین کشورهای ایران- ترکیه، ایران- اردن و اردن - ترکیه برای صادرات به عراق رقابت وجود دارد؛ بیشترین رقابت بین دو کشور ایران و اردن است.
قزاقستان	بین کشورهای قرقیزستان- روسیه برای صادرات به قزاقستان رقابت اندک (کمتر از ۰/۱) وجود دارد.
روسیه	بین کشورهای آذربایجان -گرجستان، آذربایجان- قزاقستان و گرجستان- قزاقستان برای صادرات برق به روسیه رقابت وجود دارد؛ بیشترین رقابت بین دو کشور آذربایجان- قزاقستان است.
ترکیه	رقابت بین جفت کشورهای آذربایجان-بلغارستان، گرجستان-بلغارستان، ایران-بلغارستان، ایران-یونان، آذربایجان-گرجستان، آذربایجان-یونان، گرجستان-یونان، آذربایجان-ایران و گرجستان-ایران است. بیشترین رقابت بین دو کشور آذربایجان- گرجستان بوده است.

رقابت پذیری با تمرکز بر صادرکنندگان

تجزیه و تحلیل رقابت پذیری با تمرکز بر صادرکنندگان نیز می‌تواند انجام شود. شاخص شدت رقابت‌پذیری برای سال‌های مختلف محاسبه شده است. بر اساس رقم محاسبه شده در سال‌های مورد مطالعه، روابط رقابتی به سه دسته تقسیم شده‌اند. اگر رقم محاسبه شده مساوی یا کمتر از سه باشد (گروه z)، اگر مساوی یا کمتر از شش باشد (گروه y) و یا اگر بزرگتر از شش باشد (گروه x). جدول (۸) نتایج حاصله را نشان می‌دهد. همچنین T_{ij} برای هر سال محاسبه شده و میانگین آنها برای هر رابطه

[1] Competition Network

رقابتی برآورد شده است. جدول (۷) طبقه‌بندی‌های مختلف را برای T_{ij}ها نشان می‌دهد. در مجموع نه (۹) حالت ممکن برای هر رابطه رقابتی متصور خواهد بود (*az*، *ay*، *ax*، *bz*، *by*، *bx*، *cz*، *cy* و *cx*).

جدول ۶. نتایج شاخص رقابت پذیری

k	AFG		ARM		AZE		EGY		GEO	
year	i,j	Tij	i,j	Tij	i,j	Tij	i,j	Tij	i,j	Tij
2010	TJK,UZB	0.91	-	-	-	-	JOR,SYR	0.09	-	-
2011	TJK,UZB	1.00	-	-	-	-	-	-	AZE,RUS	0.01
2012	TJK,UZB	0.98	-	-	-	-	-	-	ARM,RUS	0.01
2013	TJK,UZB	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-
2014	TJK,UZB	1.00	-	-	-	-	-	-	RUS,ARM	0.04
2015	TJK,UZB	0.94	AZE,GEO	0.03	-	-	-	-	ARM,RUS	0.02
2016	TJK,UZB	1.00	AZE,GEO	0.03	ARM,GEO	0.01	-	-	ARM,AZE	0.09
2017	TJK,UZB	1.00	AZE,GEO	0.02	-	-	-	-	AZE,RUS	0.01
2018	TJK,UZB	0.62	AZE,GEO	0.03	ARM,GEO	0.08	-	-	ARM,AZE	0.02
k	IRN		IRQ		KAZ		RUS		TUR	
year	i,j	Tij	i,j	Tij	i,j	Tij	i,j	Tij	i,j	Tij
2010	-	-	IRN,TUR	0.01	-	-	-	-	-	-
2011	ARM,TKM	0.89	IRN,JOR	0.17	-	-	-	-	-	-
2012	ARM,TKM	0.73	IRN,JOR	0.13	KGZ,RUS	0.04	AZE,KAZ	0.64	AZE,GEO	0.30
2013	ARM,TKM	0.88	IRN,TUR	0.70	KGZ,RUS	0.02	GEO,KAZ	0.81	AZE,GRC	0.26
2014	ARM,TKM	0.66	TUR,IRN	0.67	-	-	GEO,AZE	0.16	GRC,GEO	0.59
2015	ARM,TKM	0.78	IRN,TUR	0.43	KGZ,RUS	0.01	AZE,KAZ	0.24	GEO,GRC	0.21
2016	ARM,TKM	0.84	IRN,ARE	0.77	KGZ,RUS	0.01	AZE,KAZ	0.14	AZE,GEO	0.59
2017	ARM,TKM	0.64	IRN,TKM	0.80	KGZ,RUS	0.02	GEO,KAZ	0.27	AZE,GEO	0.20
2018	ARM,TKM	0.55	IRN,JOR	0.14	-	-	-	-	AZE,GEO	0.17

جدول ۷. طبقه بندی روابط رقابتی

تعداد سال ها	$y > 6$	$3 < y \leq 6$	$y \leq 3$
گروه	x	y	z
T_{ij}	$0.1 > T_{ij}$	$0.5 > T_{ij} \geq 0.1$	$T_{ij} \geq 0.5$
گروه	c	b	a

روابط رقابتی *cz*، به عنوان روابط رقابتی ضعیف در نظر گرفته می‌شوند و می‌توانند از تحلیل رقابتی حذف شوند. بر اساس برآورد انجام شده، نتایج به دست آمده در جدول (۸) نشان داده شده است. ایران در رابطه با بازار وارداتی افغانستان، با تاجیکستان و ترکمنستان، با اردن و ترکیه در مورد بازار عراق، و با آذربایجان، گرجستان، بلغارستان و یونان در مورد بازار ترکیه رقابت دارد. بیشترین رابطه رقابتی ایران با ترکیه (*ay*) و اردن (*bx*) در صادرات به عراق است. ارمنستان با آذربایجان و ترکمنستان در صادرات به ایران و با آذربایجان در صادرات به گرجستان (ستون اول) رقابت داشته است. جدی‌ترین رقابت ارمنستان با ترکمنستان بوده و به گروه *ax* تعلق داشته است. بقیه روابط رقابتی تقریباً برابر و ضعیف بوده‌اند (متعلق به گروه *c*).

آذربایجان می‌بایست با ارمنستان و روسیه در صادرات به گرجستان رقابت نماید؛ همچنین با گرجستان در صادرات به ارمنستان، با ارمنستان و ترکمنستان در صادرات به ایران، با گرجستان، بلغارستان، یونان، ایران و ترکمنستان در صادرات به ترکیه، و نهایتاً با گرجستان و قزاقستان در صادرات به روسیه. رقابت با گرجستان در صادرات به روسیه (*ax*) و بعد با گرجستان

در صادرات به ترکیه (*ay*)، شدیدترین روابط رقابتی هستند. به نظر می‌رسد که آذربایجان بیشترین رقابت در صادرات برق برای دستیابی به سهم بیشتر از بازار کشورهای منطقه را داراست. بجز دو بازار وارداتی ارمنستان و گرجستان، در بقیه موارد جدی‌ترین رابطه رقابت صادراتی با بقیه صادرکنندگان را داشته است. گرجستان نیز به همین منوال با آذربایجان، قزاقستان، ترکمنستان، بلغارستان، یونان و ایران رقابت دارد. بیشترین رقابت این کشور با قزاقستان و آذربایجان در صادرات به ترکیه (*ax*) و آنگاه با بلغارستان و یونان در صادرات به ترکیه (*by*) داشته است. بقیه روابط به گروه c تعلق دارند. برای اردن، شدیدترین رقابت با ایران (*bx*) است. روابط رقابتی روسیه، با ارمنستان، آذربایجان و قرقیزستان چندان شدید نیست (*cy*). بنابراین، روسیه با سایر صادرکنندگان در منطقه رقابت چندانی ندارد.

جدول ۸. امتیازات رقابت پذیری برای صادرکنندگان مختلف

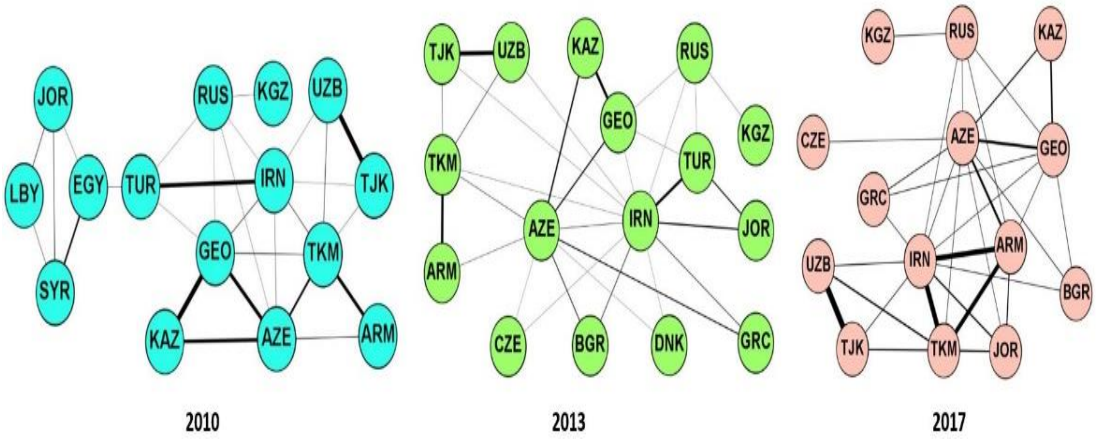
ARM		AZE		GEO		IRN		TKM		KAZ											
j		k		j		k		j		k		j		k		j		k		j	k
AZE		→IRN		ARM		→GEO		AZE		→TUR		TAJ		→GEO		IRN		→IRQ		AZE	→RUS
TRK				RUS				KAZ				TKM				JOR				GEO	
RUS		→ GEO		ARM		→IRN		AZE		→RUS		JOR		→IRQ		AZE		→TUR		KGZ	→UZB
AZE				TKM				KAZ				TUR				ARM		→IRN		TAJ	
JOR		GEO		→ARM		AZE		→ARM		AZE		→TUR		IRN		→AFG		j		k	
j		k		KAZ		→RUS		BUL		→TUR		GEO				AZE				IRN	
IRN				GEO				GRC				BUL				ARM				TKM	→AFG
TKM		→IRQ		TKM				AZE				GRC				TAJ				UZB	
TUR				GRC		→TUR		TKM		→TUR		UZB		UZB				TUR			
ARM		→IRN		BUL				BUL				j		k		RUS		j		k	
		IRN				GRC				IRN				j		k		IRN		→IRQ	
		GEO				IRN				TAJ		→AFG		ARM		→GEO		JOR			
						TKM				AZE				AZE		→GEO					
										SYR		→KAZ		EGY		→SYR					

قزاقستان بیشترین رقابت را با گرجستان (*ay*) و پس از آن با آذربایجان (*bx*)، در صادرات به روسیه دارد. تاجیکستان و ترکمنستان بیشترین رقابت را به ترتیب با ازبکستان (*ax*) و ارمنستان (*ax*) دارند. ترکیه با ایران و اردن در صادرات برق به عراق، با آذربایجان درصادرات به گرجستان (*cy*)، با مصر در صادرات به سوریه (*bz*) و همچنین با ایران (بیشترین رقابت) در صادرات به عراق (*ay*) رقابت دارد. نهایتاً، ازبکستان بیشترین رقابت را با تاجیکستان (*ax*) دارد.

شدت رقابت بین ایران و سایر صادرکنندگان منطقه‌ای

جدول (۹)، نتایج برآورد شاخص شدت رقابت را بین ایران و صادرکننده (*j*) در صادرات برق به کشور (*k*) نشان می‌دهد. هشت واردکننده عمده از برق ایران وجود دارند. ترکمنستان و ازبکستان با ایران در راه صادرات به افغانستان رقابت دارند. همچنین یک رقابت شدید میان ایران و تاجیکستان در سال ۲۰۱۱ وجود داشته است. در بیشتر سال‌ها، سهم‌های بازار نسبتاً برای این صادرکنندگان ثابت مانده است (در حدود ۵۵، ۲۰، ۱۸ و ۱۲ درصد برای به ترتیب ازبکستان، ایران، تاجیکستان و ترکمنستان).

همانگونه که مطرح شد، شبکه‌های رقابتی برای تمامی سال‌های مورد بررسی ۲۰۱۸-۲۰۱۰ ساخته شده‌اند. شکل (۴) شبکه رقابتی را برای سال‌های منتخب نشان می‌دهد. با گذشت زمان، تعداد لینک‌ها بین گره‌ها یا همان رقابت تجاری در شبکه‌های رقابتی در حال افزایش بوده و چگالی شبکه (گراف)، ضریب میانگین خوشه‌بندی[1] و میانگین درجه در طول زمان در حال افزایش بوده‌اند. ضریب میانگین خوشه‌بندی ($\bar{C}$) در سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۱۳، ۲۰۱۷ و ۲۰۱۸ به ترتیب ۰/۶۹، ۰/۷۶، ۰/۷۷ و ۰/۸۲ بوده است. میانگین درجه، از حدود ۴ در سال‌های ابتدایی به ۶/۵ در سال‌های انتهایی افزایش یافته است. چگالی شبکه نیز وضعیت مشابهی را تجربه کرده است. افزایش شاخص های فوق به معنای متراکم‌ترشدن شبکه و شدت بیشتر روابط هستند. همگی شاخص‌های مرتبط نشان‌دهنده این هستند که شدت رقابت در حال بیشترشدن بوده است. ایران بزرگترین درجه را در شبکه رقابتی (۷، ۱۲ و ۱۰ در سال‌های ۲۰۱۱، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۷) داشته و بر اساس شاخص‌های مرکزیت (میانجیگری، نزدیک بودن و ایگن) به عنوان مرکزی‌ترین گره شناخته می‌شود. آذربایجان، گرجستان، ترکمنستان و روسیه، بر حسب این شاخص‌ها در رده‌های بعدی قرار می‌گیرند.



شکل ۴. شبکه‌های شدت رقابت برای سال های ۲۰۱۰، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۷

جدول ۱۰. شدت رقابت پذیری در طول زمان

2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018	
j	k	j	K	j	k	j	k	j	K	j	k	j	K	j	k	j	k
TUR	IRQ	JOR	IRQ	JOR	IRQ	TUR	IRQ	TUR	IRQ	TKM	AFG	JOR	IRQ	TKM	AFG	UZB	AFG
GEO	TUR	CZE	TUR	TKM	AFG	JOR	IRQ	JOR	IRQ	ARE	AFG	TKM	AFG	UZB	AFG	TKM	AFG
TKM	TUR	GEO	TUR	UZB	AFG	BGR	TUR	ARE	PAK	UZB	AFG	BGR	TUR	AZE	ARM	TJK	AFG
AZE	TUR	BGR	TUR	TJK	AFG	GRC	TUR	ARE	AFG	AZE	ARM	UZB	AFG	GEO	ARM	AZE	ARM
TKM	AFG	TKM	AFG	RUS	AZE	AZE	TUR	TKM	AFG	GEO	ARM	GRC	TUR	ARM	AZE	GEO	ARM
UZB	AFG	GRC	TUR	TUR	AZE	TKM	AFG	UZB	AFG	ARM	AZE	TJK	AFG	GEO	AZE	ARM	AZE
TJK	AFG	UZB	AFG	GEO	AZE	CZE	TUR	TJK	AFG	GEO	AZE	AZE	TUR	RUS	AZE	GEO	AZE
ESP	AFG	TUR	AZE	GEO	ARM	UZB	AFG	RUS	AZE	NLD	AZE	GEO	TUR	JOR	IRQ	-	-

$T_{ij} < 0.01$ $0.01 < T_{ij} < 0.1$ $0.1 < T_{ij}$

[1] average clustering coefficient

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

این مطالعه سعی در تجزیه و تحلیل جایگاه ایران در منطقه غرب آسیا به عنوان یک زیرمجموعه از شبکه تجارت جهانی برق به منظور کمک به سیاست‌گذاری در تجارت برق از طریق تحلیل شبکه دارد. برای مشخص کردن اجتماعات و تحلیل کامل‌تر شبکه ابتدا، شبکه تجارت جهانی برق برای هر سال تشکیل و خصوصیات اصلی گره‌ها استخراج شده است. روش *لوون* به عنوان کاراترین روش برای تشخیص اجتماعات به کار گرفته شده است. سپس، شاخص‌های مرکزیت (درجه گره، شاخص نزدیک‌بودن، شاخص ایگن و میانجیگیری) به عنوان شاخص‌های بیانگر اهمیت گره‌ها برآورد شده‌اند. همچنین اهمیت اجتماع غرب آسیا (با عضویت ایران) در کل شبکه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحقیق را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:

۱- در میان تمامی اجتماعات، این اجتماع به لحاظ وزن در رده‌های میانی قرار داشته است (برای مثال، رتبه ۸ و ۱۰ در میان ۱۶ و ۱۵ اجتماع در سال‌های به ترتیب ۲۰۱۱ و ۲۰۱۸)؛

۲- ایران معمولاً مرکزی‌ترین گره اجتماع غرب آسیا بوده است؛ ترکیه و ازبکستان در رتبه‌های بعدی قرار داشته‌اند؛

۳- با به کارگیری معیار مناسب برای یافتن هاب‌های تجاری، یافته‌ها نشان می‌دهند که ایران دارای بالاترین امتیاز به لحاظ ضریب مربوطه بوده و هاب تجاری منطقه نام می‌گیرد. میزان ضریب مورد نظر برای ایران در برخی سال‌ها (برای چهار سال)، ایران را در میان پنج هاب تجاری اول در کل شبکه تجاری برق دنیا قرار می‌دهد؛

۴- پیشروترین گره در اجتماع غرب آسیا، ایران بوده است. ترکیه با وجود عضویت در اجتماع تنها برای چند سال، از گره‌های پیشرو به همراه ایران محسوب می‌شود. همچنین بررسی شبکه جهانی نشان می‌دهد که روسیه به عنوان یک بازیگر منطقه‌ای (به لحاظ جغرافیایی)، نقش گره پیشرو را داشته است. مرکزی‌ترین گره‌ها، به ترتیب ایران، ترکیه و آذربایجان بوده‌اند. در طول دوره، ترکیه، افغانستان و آذربایجان، با منزلت‌ترین گره‌ها (بیشترین درجه وارداتی) بوده‌اند؛

۵- ابزار جدید به کار گرفته شده در این مطالعه، تحلیل شدت رقابت میان صادرکنندگان برق بوده است. رقابت شدیدی میان صادرکنندگان برق برای ورود به بازارهای وارداتی افغانستان، ایران، روسیه، ترکیه و عراق وجود داشته است. بر اساس یافته‌ها، بیشترین برآوردهای شدت رقابت به رقابت میان تاجیکستان و ازبکستان در صادرات به افغانستان برآورد شده است. بعد از آن، رقابت شدیدی بین ارمنستان و ترکمنستان در صادرات به ایران و همچنین بین ایران و اردن و بین ایران و ترکیه، هر دو در صادرات به عراق وجود داشته است. به طور کلی ایران در رابطه با بازار وارداتی افغانستان، با تاجیکستان و ترکمنستان، در مورد بازار عراق با اردن و ترکیه، و در مورد بازار ترکیه با آذربایجان، گرجستان، بلغارستان و یونان رقابت دارد؛

۶- با تشکیل شبکه رقابتی، مشخص می‌شود شدت رقابت صادرکنندگان طی زمان در حال افزایش بوده است. همچنین ایران مرکزی‌ترین گره شبکه و به بیان دیگر، مهمترین بازیگر منطقه‌ای به لحاظ رقابت با سایر صادرکنندگان است؛

۷- ضریب خوشه‌بندی شبکه رقابتی افزایش می‌یابد که نشان می‌دهد شبکه‌های برق می‌توانند ویژگی‌های شبکه جهانی کوچک را داشته باشند، یعنی هزینه تجارت برق می‌تواند کاهش یابد؛

۸- تحلیل سهم بازار کشورهای منطقه نشان می‌دهد که ایران در برخی بازارهای وارداتی خود از جمله عراق، پاکستان و ترکمنستان، کماکان سهم عمده را داراست؛ ولی سهم خود را در بازارهای افغانستان، ترکیه، ارمنستان و آذربایجان به سایر رقبای منطقه‌ای واگذار کرده است. در سال‌های پایانی دوره زمانی سهم ایران در این بازارها ناچیز بوده است.

اگر گره‌های مرکزی در شبکه، تجارت میان خود را افزایش دهند، شبکه تجاری پایدارتر خواهد بود. نتایج، ارتباط درون شبکه‌ای بیشتر بین اعضا اجتماع غرب آسیا را پیشنهاد می‌دهند؛ به خصوص بین ایران و ترکیه. رقابت صادراتی بین تاجیکستان و ازبکستان در صادرات به افغانستان، فرصت انتخاب بین صادرکنندگان را برای افغانستان فراهم می آورد؛ در عین اینکه نباید از تأثیر مسائل فنی بر تجارت برق غافل شد. عوامل مختلفی برای تعیین احتمال وقوع جریان تجاری برق بین دو کشور وجود دارند؛ مانند موقعیت جغرافیایی، روابط سیاسی، آزادسازی تجاری و انعطاف‌پذیری شبکه‌ای انتقال برق برای پذیرش شریک جدید تجاری.

مجموعه نکات فوق، رهنمودهایی در خصوص سیاست‌گذاری تجارت برق ارائه می‌دهند. با توجه به نقش هاب تجاری ایران در منطقه، این فرصت برای ایران وجود دارد که با افزایش ظرفیت تولید برق داخلی از مزایای تجارت برق بهره‌مند گردد. البته مسئله افزایش ظرفیت تولید برق نیازمند مطالعه جداگانه است. در صورتی که افزایش ظرفیت تولید داخلی در دستور کار قرار نگیرد، بازارهای منطقه‌ای به رقبای منطقه‌ای مانند ترکیه و آذربایجان می رسند. این به نوبه خود، علاوه بر محروم شدن از مزایای تجارت و کاهش صادرات، به عدم پایداری شبکه برق (تولید، توزیع و انتقال) منجر می‌شود. در صورت کاهش صادرات برق به کشورهایی مانند ترکیه که هر دوی صادرات و واردات صورت می‌پذیرد، امکان اخلال در واردات و مشکل پایداری شبکه نیز وجود دارد. در مورد کشورهای افغانستان، پاکستان و عراق که صادرات یک‌طرفه است؛ مخصوصاً کشور افغانستان به دلیل داشتن قدرت انتخاب بیشتر، امکان از دست رفتن سهم بازار صادراتی و مزایای تجارت وجود دارد.

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه الزهرا به‌خاطر حمایت معنوی در اجرای پژوهش حاضر سپاسگزاری می‌شود. همچنین به پاس زحمات، به روح استاد گرانقدر، مرحوم دکتر شمس‌اله شیرین‌بخش تقدیم می‌شود.

منابع

آذربایجانی، کریم؛ طیبی، سید کمیل؛ صفادرگیری، حلیمه (۱۳۹۴). اثر تحریم های اقتصادی ایالات متحده و اتحادیهٔ اروپا بر تجارت دوجانبه ایران و شرکای عمدهٔ تجاری آن: کاربرد مدل جاذبه. *تحقیقات اقتصادی*، ۵۰(۳)، ۵۶۲-۵۳۹.

شیرازی، همایون؛ آذربایجانی، کریم؛ سامتی، مرتضی (۱۳۹۴). بررسی جایگاه ایران در تجارت بین المللی: یک رهیافت شبکه. *تحقیقات اقتصادی*، ۵۰(۴)، ۹۰۲-۸۸۱

رفاح کهریز، آرش؛ محمدزاده، یوسف؛ محسنی زنوزی، سیدکمال الدین؛ هاشمی برنج آبادی، نیر؛ قاسم زاده، نگار (۱۳۹۸). تأثیر رقابت‌پذیری بر عملکرد اقتصادی در کشورهای منتخب در حال توسعه و توسعه‌یافته. *سیاست های راهبردی و کلان*، ۷(۱)، ۱۰۷-۸۶.

رفعت، منیره (۱۳۹۷). کاربرد تکنیک تحلیل شبکه در بررسی روابط چندجانبه تجاری ایران با مهم ترین شرکای تجاری در آسیا. *تحقیقات مدل سازی اقتصادی*، ۹(۳۴)، ۱۳۷-۱۰۷.

شیوا، رضا؛ شهبازی، معصومه (۱۳۹۹). ارزیابی وضعیت رقابت پذیری و تأثیر قدرت بازاری بر قیمت برق: مطالعه موردی بازار عمده فروشی برق ایران. *پژوهش‌های سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی*، ۵(۱۸)، ۱۰۸-۶۷.

طاهری‌فرد، علی؛ اخوان، مهدی (۱۳۸۸). محاسبه صادرات مستقیم و غیرمستقیم برق و یارانه ضمنی پرداختی بخش برق به بخش صادرات با استفاده از جدول داده ستانده. *بررسی‌های بازرگانی*، ۷(۳۷)، ۸-۲.

لطفعلی‌پور، محمدرضا؛ نوروزی، روح‌اله؛ آشنا، ملیحه؛ ذبیحی، مریم (۱۳۸۸). بررسی تأثیر الحاق به سازمان جهانی تجارت بر صادرات برق ایران. *مدلسازی اقتصادی*، ۳(۳)، ۲۰۲-۱۷۷.

شرکت مادرتخصصی وزارت نیرو (۱۳۹۵). چهل و نه سال صنعت برق ایران در آینه آمار ۱۳۹۴-۱۳۴۶.

References

Abrell, J., Rausch, S. (2016). Cross-country electricity trade, renewable energy and European transmission infrastructure policy. *SSRN Electronic Journal*, 10.2139/ssrn.2713900.

Adams, S., Atsu, F., Klobodu, E., Richmond, L. (2020). Electricity transmission, distribution losses and economic growth in South Africa. *Heliyon*, 6. e05564. 10.1016/j.heliyon.2020.e05564.

Aller, C., Ductor, L., Herrerias, M.J. (2015). The world trade network and the environment. *Energy Economics*, 52, 55–68.

Antweiler, W. (2016). Cross-border trade in electricity. *Journal of Int. Economics*, 101, 42–51.

Ateba, B., Prinsloo, J.J., Gawlik, R. (2019). The significance of electricity supply sustainability to industrial growth in South Africa. *Energy Reports*, 5, 1324-1338.

Azarbayejani, K., Tayebi, S., Safa Dargiri, H. (2015). The effect of US and EU economic sanctions on bilateral trade flows between Iran and its major trading partners: An application of gravity model. *Tahghighat-e-Eghtesadi*, 50(3), 539-562 [In Persian].

Baláž, P., Hamara, A., Sopková, G. (2017). Konkurencieschopnosť a jej význam v národnejekonomike: (Zmeny a výzvy v období globálnej finančnej kríz y) (2. vyd).Bratislava: Sprint 2.

Bhattacharya, K., Mukherjee, G., Manna, S. (2007). The international trade network, In: Chatterjee A, hakrabarti B (eds), Econophysics of markets and business networks, *Springer*, Milan.

Best, R., Burke, P.J. (2018). Electricity availability: A precondition for faster economic growth?. *Energy Economy*, 74, 321–329.

Blondel, V.D., Guillaume, J.L., Lambiotte, R., Lefebvre., E. (2008). Fast unfolding of communities in large networks. *Journal* of *Statistical Mechanics*, P10008, https://doi.org/10.48550/arXiv.0803.0476.

Bowen, B.H., Sparrow, F.T., Yu, Z. (1999). Modeling electricity trade policy for the twelve nations of the Southern African Power Pool (SAPP). *Utilities Policy*, 8, 183–197.

Brandes, U. (2001). A faster algorithm for betweenness centrality. *Journal of Mathematical Sociology*, 25(2), 163–177.

Brandes, U., Delling, D. Gaertler, M., Gorke, R.H.M., Nikoloski, Z., Wagner, D. (2008). On Modularity Clustering. *IEEE Trans Knowl Data*, Eng, 20(2), 172–188.

Bris, A. (2018). IMD World Competitiveness Center. Retrieved February 4, 2019, from https://www.imd.org/wcc/world-competitiveness-center.

Čekmeová, P. (2016). Konkurencieschopnosť ako cieľ hospodárskej politiky. Politická Ekonomie: Teorie, Modelování, Aplikace, 64 (3), 338–350.

Chandran, G., Sharma, S., Madhavan, K. (2010). Electricity consumption-growth nexus: The case of Malaysia. *Energy Policy*. 38. 606-612.

Dagoumas, A., Koltsaklis, N., Panapakidis, I. (2017). An integrated model for risk management in electricity trade. *Economics*, 15, 313–321.

Dong, G., Qing, T., Tian, L., Du, R., Li, J. (2021). Optimization of crude oil trade structure: A complex network analysis. *Complexity*, 2021.

Duenas, M., Fagiolo, G. (2013). Modeling the international-trade network: A gravity approach. *Journal of Economic Interaction and Coordination*, 8, 155-178.

Ebhota, W.S., Tabakov, P.Y. (2018). Power inadequacy, the thorn in economic growth of Nigeria. *International Journal of Applied Engineering Research*, 13(16), 12602–12610.

Etokakpan, M., Osundina, O., Victor B.F., Asumadu S. (2020). Rethinking electricity consumption and economic growth nexus in Turkey: environmental pros and cons. *Environmental Science and Pollution Research*, 24. 10.1007/s11356-020-09612-4.

Fell, H., Li, Sh., Paul, A. (2014). A new look at residential electricity demand using household expenditure data. *International Journal of Industrial Organization*, 33, 37–47.

Ferguson, R., Hill, R., Craggs, C. (1997). Benefits of electricity generation. *IEE Engineering Science and Education Journal*, 6(6), 255-259.

Gaur, V., Gupta, E. (2016). The determinants of electricity theft: An empirical analysis of Indian states. *Energy Policy*, 93, 127–136.

Glick, R., Rose, A.K. (1999). Contagion and trade: Why are currency crises regional? *Journal of International Money and Finance*, 18(4), 603–617.

Grando, F., Noble, D., Lamb, L. (2016). An analysis of centrality measures for complex and social networks. In: *2016 IEEE Global Communications Conference* (GLOBECOM), pp. 1-6. 10.1109/GLOCOM.2016.7841580.

Guimerà, R., Amaral, L.A.N. (2005) Cartography of complex networks: modules and universal roles. *Journal of Statistical Mechanics*: Theory and Experiment, 02, P02001.

IEA. (2021). Global energy review 2021. *IEA*, Paris, https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2021.

Ji, L., Jia. X, Chiu. A., Xu. M. (2016). Global electricity trade network: Structures and implications. *PLoS ONE*, 11(8), https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160869.

Kraft, J., Kraft, A. (1978). On the relationship between energy and GNP. *Energy and Development*, 3, 401-403.

Krnc, M., Sereni, J.S., Skrekovski, R., Yilma, Z.B. (2015). Eccentricity of networks with structural constraints. Discussiones mathematicae graph theory. *University of Zielona Góra*, 40(4), 1141–1162.

Lise, W., Linderhof, V., Kuik, O., Kemfert, C., Stling, R., Heinzow, Th. (2006). A Game theoretic model of the northwestern european electricity market, market power and the environment. *Energy Policy*, 34, 123–126.

Liu, Y., Shi, X., Laurenceson, J. (2020). Dynamics of Australia's LNG export performance: A modified constant market shares analysis. *Energy Economics*, 89, 104808. 10.1016/j.eneco.2020.104808.

Lotfalipour, M., Noruzi, R., Ashena, M., Zabihi, M. (2009). The effects of accession to world trade organization on electricity exports of Iran. *Economic Modelling*, 3(3), 177-202 [In Persian].

Neha Chhabra, R., Basu, S. (2020). Seasonal effect and electricity trading market—an emerging nation experience. *The Electricity Journal*, 33(7), 1-12.

Nevima, J. (2014). Konkurenceschopnost regionů Visegrádské čtyřky (Teoretické an empirické přístupy kvymezení, měření a hodnocení). *Praha: Professional Publishing*.

Newman, M.E.J., Girvan, M. (2004). Finding and evaluating community structure in networks. *Physical Review*, E 69, 026113.

Petridis, N., Petridis, K., Stiakakis, E. (2020). Global e-waste trade network analysis. *Resources, Conservation and Recycling*, 158. 104742. 10.1016/j.resconrec.2020.104742.

Rafat, M. (2019). The application of complex networks analysis to assess Iran's trade and it's most important trading partners in Asia. *Journal of Economic Modeling Research*, 9(34), 107-137 [In Persian].

Refah Kahriz, A., Mohammadzadeh, Y., Mohseni Zonouzi, S.J., Hashemi Berenjabadi, N., Ghasemzadeh N. (2019). The effect of competitiveness on economic performance in selected developing and developed countries. *Quarterly Journal of the Macro and Strategic Policies*, 7(25), 86-107 [In Persian].

Roubaud, D., Shahbaz, M. (2017). Financial development, economic growth, and electricity demand: A sector analysis of an emerging economy. *Journal of Energy and Development*, 43, 47-98.

Shahbaz, M., Lean, H.H. (2012). The dynamics of electricity consumption and economic growth: A revisit study of their causality in Pakistan. *Energy*, 39, 10.1016/j.energy.2012.01.048.

Shakouri H., Eghlimi, M., Manzoor, D. (2009). Economically optimized electricity trade modeling: Iran–Turkey case. *Energy Policy*, 37, 472–483.

Shirazi, H., Azarbaiejani, K., Sameti, M. (2016). Iran's position in the world trade: A network approach. *Tahghighat-e-Eghtesadi*, 50(4), 881-902 [In Persian].

Shiva, R., Shahbazi, M. (2020). Investigating the competition status and the impact of market power on electricity price: case of Iran's wholesale electricity market. *Journal of Energy Planning and Policy Research*, 6(18), 67-108 [In Persian].

Srinivasan, S. (2013). Electricity as a traded good. *Energy Policy*, 62, 1048–1052.

Steinhauser, D., Ružeková, V. & Kittová, Z. (2020). Export performance as a measurement of competitiveness. *Journal of Competitiveness*, 12, 145-160.

Taherifard, A., Akhavan, M. (2009). Estimation of direct and indirect electricity export and embodied energy subsidy of electricity in export sector, by using output-input. *Commercial Surveys*, 7(37), 2-8 [In Persian].

Tavanir Holding Company. (2016). Statistical report on 49 years of activities of Iran electric power industry (1967-2015) [In Persian].

Tennbakk, B. (2000). Power trade and competition in Northern Europe. *Energy Policy*, 28, 857-866.

Torreggiani, S., Mangioni, G., Puma, M., Fagiolo, G. (2018). Identifying the community structure of the international food-trade multi network. *Environmental Research Letters*, 13, 1-14.

Wagner, S., Neshat, N. (2010). Assessing the vulnerability of supply chains using graph theory. *International Journal of Production Economics*, 126, 121-129.

Wasserman, S., Faust, K. (1994). Social network analysis: Methods and applications, (Vol. 8). *Cambridge University Press*.

Xi, X., Zhou, J., Gao, X., Wang, Z., Si, J. (2020). Impact of the global mineral trade structure on national economies based on complex network and panel quantile regression analyses. *Resources, Conservation and Recycling*, 154, 104637. 10.1016/j.resconrec.2019.104637.

Zhang, H-Y., Ji, Q., Fan, Y. (2014). Competition, transmission and pattern evolution: A network analysis of global oil trade. *Energy Policy*, 73, 10.1016/j.enpol.2014.06.020.

Zhang, H., Wang, Y., Yang, C., Guo, Y. (2021). The impact of country risk on energy trade patterns based on complex network and panel regression analyses. *Energy*, 222, 1-11.

Zhong, X., Jiang, H., Zhang, C., Shi, R. (2019). Electricity consumption and economic growth nexus in China: an autoregressive distributed lag approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 10.1007/s11356-019-04699-w.