

بررسی اثر تحریم نفت ایران بر شبکه همبستگی تلاطم بازارهای نفت

سمانه باقری^۱

چکیده

ایران یک صادرکننده نفت و از اعضای مهم اوپک است که اقتصاد وابسته به نفت دارد. براین اساس پژوهش حاضر در زمینه تحریم نفت ایران و اثری که این تحریم بر شبکه بازارهای نفت دارد، بعنوان یک بررسی ضروری به انجام رسیده است. هدف اصلی این پژوهش، بررسی اثر تحریم نفت ایران بر شبکه همبستگی بازارهای نفت است. دوره زمانی این پژوهش ۱-۱۹۹۱ تا ۱۲-۲۰۱۹ میلادی با روش شبکه پیچیده است. مطابق نتایج این شبکه پیچیده، همبستگی بازار نفت ایران و دیگر بازارهای نفت پس از تحریم نفت ایران، کاهش یافته است. در شبکه پیچیده قبل از تحریم ایران، بیش‌ترین **Weighted Degree** مربوط به بازار نفت لیبی و بازار نفت اندونزی کم‌ترین **Weighted Degree** را خواهد داشت. در شبکه همبستگی تلاطم بازارهای نفت پس از تحریم نفت ایران، بیش‌ترین مقدار **Weighted Degree** مربوط به به بازار نفت اندونزی و کم‌ترین مقدار **Weighted Degree** مربوط به بازار نفت الجزایر است. همبستگی تلاطم بازار نفت ایران در شبکه بعد از تحریم نفت ایران نسبت به شبکه قبل از تحریم نفت ایران کاهش می‌یابد. قبل از تحریم نفت ایران، بیش‌ترین همبستگی بازار نفت ایران با بازار نفت روسیه و امارات است و بعد از تحریم نفت ایران، بیش‌ترین همبستگی بازار نفت ایران با بازار نفت عمان و روسیه است.

واژه های کلیدی: شبکه پیچیده، بازار نفت، تحریم نفت ایران، آزمون همبستگی پیرسون، **HEATMAP**

^۱ دکترای اقتصاد، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد (نویسنده مسئول) samanehbagheri@stu.yazd.ac.ir

۱. مقدمه

طی چند دهه گذشته، تحریم‌های اقتصادی به یک ابزار در سیاست بین‌الملل تبدیل شده است. این اقدامات اغلب توسط سازمان ملل متحد (UN)، ایالات متحده و اتحادیه اروپا استفاده شده است (Nguyen and Do, 2021). تحریم‌های اقتصادی یک ابزار سیاست خارجی کشورهای غربی است، که خروج از روابط تجاری و مالی مرسوم برای تغییر تصمیم‌ها یا راهبردی است که منافع کشورهای تحریم شده را تهدید می‌کند. تحریم‌های اقتصادی زمانی که دیپلماسی شکست بخورد و به عنوان یک اقدام کم هزینه و کم خطر در مقایسه با اقدامات تهاجمی مانند جنگ در نظر گرفته می‌شوند و به شکل محدودیت سرمایه، محدودیت واردات و صادرات، تحریم تسلیحاتی و ممنوعیت سفر است. ایالات متحده بیش از هر کشور دیگری از تحریم‌های اقتصادی استفاده کرده است (سبتان^۱ و دیگران، ۲۰۱۹). تحریم‌های اقتصادی به عنوان یک ابزار سیاستی مورد استفاده بسیاری از کشورها برای تغییر در عمل‌کرد کشور هدف، از طریق آسیب رساندن اقتصادی است (افسررگبور و ماهادوان^۲، ۲۰۱۶). تأثیرات تحریم‌های اقتصادی مورد توجه سیاست‌گذاران، اقتصاددانان و مردم قرار گرفته است. در تجارت بین‌المللی، تحریم‌های اقتصادی شامل محدودیت واردات، صادرات کالاها و خدمات می‌شود (داودی و دجانی^۳، ۱۹۸۳؛ حکیم داور^۴، ۲۰۱۳؛ شیفمن و جوچوم^۵، ۲۰۱۱). هدف از تحریم‌های تجاری، ایجاد محدودیت‌های تجاری برای کشور هدف برای ایجاد هزینه اقتصادی است. تحریم‌های اقتصادی از سوی سازمان ملل، اتحادیه اروپا و ایالات متحده آمریکا انجام شده است. ایران از زمان انقلاب اسلامی در سال ۱۹۷۹ هدف تحریم‌های مختلف بوده است. از ابتدای سال ۲۰۰۶ شدیدتر شد. در سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۰، تحریم‌های اعمال شده علیه ایران با هدف جلوگیری از عرضه سلاح‌های سنگین و فناوری‌هایی که در پروژه‌های نظامی و هسته‌ای ایران می‌توانستند مورد استفاده قرار گیرند، انجام شد. قطعنامه ۱۹۲۹ شورای امنیت سازمان ملل حاکی از اعمال تحریم‌ها علیه نفت ایران بود.

۲. مرور ادبیات:

در مورد اثرگذاری تحریم بر اقتصاد کشورهای هدف تحریم، اختلاف نظر وجود دارد (Naghavi and Pignataro, 2015). Neuenkirch and Neumeier (2016) معتقدند که تحریم‌های سازمان ملل متحد و ایالات متحده نرخ رشد سرانه تولید ناخالص داخلی واقعی کشور هدف را به ترتیب بیش از ۲ و ۰.۷۵ تا ۱ درصد کاهش می‌دهد. از سوی دیگر، تحمیل تحریم‌های اقتصادی اغلب به شدت مورد انتقاد قرار می‌گیرد، زیرا تحریم‌ها در ۶۵ تا ۹۵ درصد موارد به اهداف مورد نظر دست نمی‌یابند (Hufbauer et al., 2009)، حتی تحریم‌ها می‌توانند اثر معکوس داشته باشند. به عنوان مثال، محدودیت‌های تجاری می‌تواند بر کشور دریافت‌کننده تحریم‌ها تأثیر بگذارد، اما ممکن است به دلیل ضد تحریم‌ها، به کشور

¹ Sabtan

² Afesorgbor and Mahadevan

³ Daoudi and Dajani

⁴ Hakimdavar

⁵ Shiffman and Jochum

ارسال کننده تحریم نیز آسیب برساند (درگر و همکاران، ۲۰۱۶). نتیجه در مورد میزان موفقیت تحریم‌ها، در تغییر رفتار کشورهای هدف تحریم‌ها به طور قطع مشخص نیست (Beladi and Oladi, 2015). در صورتی که هدف تحریم‌ها بیش از حد بلندپروازانه باشد، مانند ایجاد یک تغییر عمده در سیاست، میزان موفقیت هدف از وضع تحریم، کاهش می‌یابد. Kaempf and Lowenberg (2007) بر نقش اندازه هدف تاکید کردند. تأثیر تحریم‌ها را می‌توان بر حسب اثرات اقتصادی و هم‌چنین از نظر تأثیر سیاستی آن‌ها سنجید، یعنی تحریم‌ها در صورتی موفق تلقی می‌شوند که به تغییر سیاست مطلوب منجر شده باشند. هال^۱ (۲۰۰۵)، معتقد است، تحریم‌ها نوعی دیپلماسی «هویج و چماق»^۲ در برخورد با تجارت و سیاست بین‌المللی است و چون اثر منفی بر غیرنظامیان می‌تواند داشته باشد، اغلب مورد انتقاد است. از مطالعاتی که به بررسی تحریم پرداخته‌اند می‌توان موارد زیر را نام برد.

Nakhli et al, 2021 به بررسی تحریم‌های نفتی و کانال انتقال آن در اقتصاد ایران با روش DSGE پرداختند و به این نتیجه رسیدند که، تحریم‌های نفتی در قالب صادرات، فناوری استخراج و تأمین مالی خارجی مهم‌ترین تحریم‌هایی است که تأثیرات قابل توجهی بر متغیرهای کلان اقتصادی ایران داشته‌اند. شبیه‌سازی شوک تحریم‌های نفتی نشان می‌دهد، تحریم‌های نفتی در صنعت نفت، میزان سرمایه‌گذاری خارجی و دولتی، سطح فناوری استخراج و صادرات نفت را کاهش می‌دهد که باعث کاهش تولید نفت شده است. در بخش پولی، تحریم‌ها، نسبت ذخایر خارجی بانک مرکزی را به پایه پولی کاهش می‌دهد که باعث افزایش نرخ اسمی ارز و به نوبه خود صادرات غیرنفتی و افزایش واردات می‌شود. در بخش دولتی، درآمدهای نفتی دولت کاهش می‌یابد و این مستلزم ایجاد پول و جریمه توسط بانک مرکزی برای تأمین کسری بودجه است به طوری که دولت بودجه را به سمت حفظ هزینه‌های جاری و کاهش هزینه‌های سرمایه‌ای سوق می‌دهد. در بخش خانوار، افزایش هزینه‌های مصرف و کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری به دلیل تورم مورد انتظار و در نهایت، افزایش تولیدات داخلی به دلیل افزایش صادرات غیر نفتی و کاهش واردات و در نهایت، تورم بالا می‌رود. گرشاسبی و یوسفی دیندارلو (۱۳۹۵) به بررسی اثرات تحریم بین‌المللی بر متغیرهای کلان اقتصادی ایران در ایران برای دوره زمانی ۸۹-۱۳۵۷ با روش حداقل مربعات سه مرحله‌ای پرداختند و به این نتیجه رسیدند که دلالت‌های مرتبط با تحریم‌ها بر متغیرهای مهم کلان اقتصادی نظیر رشد اقتصادی، تجارت، سرمایه‌گذاری و اشتغال مورد ارزیابی قرار گرفت. آثار مستقیم تحریم‌ها تنها در خصوص رشد اقتصادی و رابطه مبادله معنادار است. رابطه مستقیمی میان شدت تحریم‌ها و آثار آن بر متغیرهای اقتصادی وجود دارد.

نادمی و حسونند (۱۳۹۸) به بررسی شدت تحریم‌ها و فقر در ایران، لزوم لغو تحریم‌ها از منظر حقوق بشر و با استفاده از مدل مارکوف سویچینگ در دوره ۹۲-۱۳۶۴ پرداختند و به این نتیجه رسیدند که تحریم‌ها موجب افزایش فقر مطلق شده است و با افزایش درجه تشدید تحریم‌های اقتصادی، فقر مطلق در کشور افزایش داشته است، پس لازم است به دلایل حقوق بشری، تحریم‌های اقتصادی لغو شوند. از مطالعات خارجی که به تحریم‌های اقتصادی پرداخته‌اند می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

¹ Hall

² carrot-and-stick

هافباوئر^۱ و دیگران (۲۰۰۷) نشان می‌دهد که در بلندمدت، نسبت موفقیت به شکست تحریم‌ها در تغییر رفتار سیاسی کشور هدف به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. نسبت موفقیت به شکست در سال اول پس از شوک تحریم، ۲.۴ است، در دو سال به ۲.۳ می‌رسد و پس از آن در ۰.۶ ثابت می‌ماند (Dizaji and van Bergeijk, 2013). دلیل کاهش نسبت موفقیت تحریم‌ها، روند تطبیق اقتصاد هدف‌مند با یک تعادل جدید است. در واقع، اقتصاد تحت تحریم می‌تواند با افزایش مالیات، اصلاح سیستم یارانه‌ها یا تخصیص مجدد منابع، کاهش درآمدهای خود را جبران کند. اگر سیاست‌های تحریم به خوبی مدیریت شوند و به بی‌ثباتی سیاسی منجر نشوند، تحریم‌ها در بلندمدت کارایی خود را از دست می‌دهند (فرزانگان^۲، ۲۰۱۶). از پژوهش‌هایی که به تحریم‌های اقتصادی با استفاده از مدل‌های CGE پرداخته‌اند شامل مک‌دونالد و رابرتز^۳ (۱۹۹۸)، هوبارد و فیلیپیدیس^۴ (۲۰۰۱)، فیلیپیدیس و هوبارد^۵ (۲۰۰۵)، و سیدیگ^۶ (۲۰۰۱) و (۲۰۱۱) است.

۳. روش شناسی تحقیق

۳.۱. آزمون همبستگی پیرسون

روش همبستگی پیرسون، یک روش متغیر عددی است و مقداری بین ۱ و -۱ دارد. همبستگی صفر نشان دهنده این است که، همبستگی بین متغیرها وجود ندارد. همبستگی ۱، به معنی همبستگی مثبت کامل و همبستگی -۱ به معنی همبستگی کامل منفی است. همبستگی مثبت، به این معنی است که با افزایش متغیر A ، متغیر B هم بالا خواهد رفت. در صورتی که همبستگی منفی باشد، با افزایش A ، مقدار B هم کاهش می‌یابد (Nettleton, 2014). ضریب همبستگی پیرسون به شکل معادله زیر نوشته می‌شود:

$$\rho_{i,j}^{t,\Delta} = \frac{(R_i^t R_j^t) - (R_i^t)(R_j^t)}{\sqrt{[(R_j^t)^2 - (R_i^t)^2][(R_j^t)^2 - (R_i^t)^2]}} \quad (1)$$

در معادله (1)، Δ فاصله اطمینان، N تعداد متغیرهای تحقیق، $\rho_{i,j}^{t,\Delta}$ ضرایب همبستگی متغیرها، $R_j^t =$ و $R_i^t = \{r_i(t)\}$ لگاریتم بازده هستند (zhao and cai, 2016).

۳.۲. شبکه پیچیده^۷

¹ Hufauer

² Farzanegan

³ McDonald and Roberts

⁴ Hubbard and Philippidis

⁵ Philippidis and Hubbard

⁶ Siddig

⁷ Complexity Network

در دهه‌های اخیر تئوری شبکه پیچیده، برای شناسایی بهتر شبکه به کار می‌رود (Kito and Ueda, 2014). Romance, 2011 بر اهمیت centrality در پژوهش خود تأکید داشتند و به بررسی معیارهای مرکزیت در شبکه و نقش این معیارها در اهمیت گره‌ها در شبکه پرداختند. شبکه پیچیده از نظریه گراف^۱ به دست آمده است (Moghadam et al, 2019) و ترکیبی از علم فیزیک و آمار است که می‌تواند برای بررسی رفتارهای مالی و بازارهای سهام از آن استفاده کرد (Majapa and Gossel, 2016). کاربرد شبکه پیچیده زمانی بهتر دیده می‌شود که امکان استفاده از نظریه گراف کلاسیک^۲ امکان‌پذیر نیست (Caraiani, 2012). با کمک شبکه پیچیده می‌توان ساختار بازارهای سهام را بررسی نمود. بازارها دارای ساختارهای پیچیده‌ای هستند که در این ساختارهای پیچیده اقتصادی، شرایط متغیر است (Gomes and Gubareva, 2021). اخیراً در مورد موضوعات مالی، به کاربرد شبکه پیچیده، توجه شده است. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از شبکه استفاده می‌شود. عناصری که با هم پیوستگی داشته باشند، را شبکه گفته می‌شود و شکل‌های به دست آمده را نمودار شبکه^۳ می‌گویند (Schuenemann et al, 2020). شبکه پیچیده از گره^۴ و یال^۵ تشکیل شده است. هر شبکه پیچیده از $G = (V, E)$ تشکیل شده است که، V گره و E یال‌هایی است که گره‌ها را به هم متصل می‌کند (Costa et al, 2007). یک شبکه می‌تواند شامل حلقه^۶ باشد. حلقه در شبکه به یال‌هایی گفته می‌شود که از رأس^۷ خود به با بیش از یک یال به هم متصل شده باشند (Zou et al, 2018).

$$c_p = \left(\frac{1}{N-1} \sum_{q=1}^N l_{pq} \right)^{-1} \quad (2)$$

closeness centrality در معادله (۲) کوتاه‌ترین مسیر (l_{pq}) بین رأس p و رأس دیگر q که شامل مجموعه v در شبکه هستند، گفته می‌شود. N طول^۸ سری زمانی است (Zou et al, 2018).

$$b_p = \sum_{q,r=1, r \neq 1}^N \frac{\sigma_{qr}(p)}{\sigma_{qr}} \quad (3)$$

betweenness centrality در شبکه پیچیده کوتاه‌ترین مسیرها در شبکه‌ای که از یک رأس مشخص می‌گذرد، را اندازه‌گیری می‌کند. σ_{qr} در معادله (۳) به تعداد کل کوتاه‌ترین مسیرهای بین دو رأس q و r اشاره دارد و $\sigma_{qr}(p)$ تعداد کوتاه‌ترین مسیرها را که شامل رأس p است را نشان می‌دهد (Zou et al, 2018).

۴. یافته‌های تحقیق

¹ graph theory
² classical graph theory
³ network graph
⁴ Node
⁵ Edge
⁶ loop
⁷ vertex
⁸ length

این پژوهش به بررسی تحریم‌های نفتی ایران بر شبکه بازارهای نفتی بین‌المللی برای دوره زمانی ۱۰-۹۱ تا ۲-۲۰۱۲ میلادی برای شبکه بازارهای نفت قبل از تحریم نفت ایران و ۳-۲۰۱۲ تا ۱۲-۲۰۱۹ برای شبکه بازارهای نفت بعد از تحریم نفت ایران است. این پژوهش به دو دوره زمانی شامل ۱۰-۹۱ تا ۲-۲۰۱۲ میلادی برای شبکه بازارهای نفت قبل از تحریم نفت ایران و ۳-۲۰۱۲ تا ۱۲-۲۰۱۹ برای شبکه بازارهای نفت بعد از تحریم نفت ایران است. در ۲-۲۰۱۲ میلادی تحریم‌های نفتی ایران وضع شد. گره‌های شبکه پیچیده در این پژوهش بازار کشورهای نفتی شامل: ایران، عمان، نروژ، وست تگزاس، برنت، عربستان، امارات متحده عربی، نیجریه، مصر، لیبی، مکزیک، روسیه، اندونزی، الجزایر و مالزی هستند. داده‌های این پژوهش از سایت اوپک^۱ به صورت ماهانه به دست آمده است. متغیرهای تحقیق، مطابق پژوهش ژنگ و دیگران (۲۰۲۰) و چادهوری^۲ و دیگران (۲۰۱۹) به صورت $100 \times \ln\left(\frac{p_t}{p_{t-1}}\right)$ برآورد شده است. ابتدا به بررسی همبستگی بازارهای نفت با آزمون ضریب همبستگی پیرسون می‌پردازیم. داده‌های این پژوهش از سایت اوپک به صورت ماهانه به دست آمده است.

۱.۴. شبکه همبستگی بازارهای نفت قبل از بحران مالی

پس از تخمین آزمون همبستگی پیرسون، شبکه پیچیده بر اساس این آزمون ساخته می‌شود. بر اساس جدول (۱) که همبستگی تلاطم قبل از تحریم را نشان می‌دهد، بیش‌ترین همبستگی بازار نفت ایران با بازار نفت روسیه و امارات است.

¹ opec

² Chowdhury

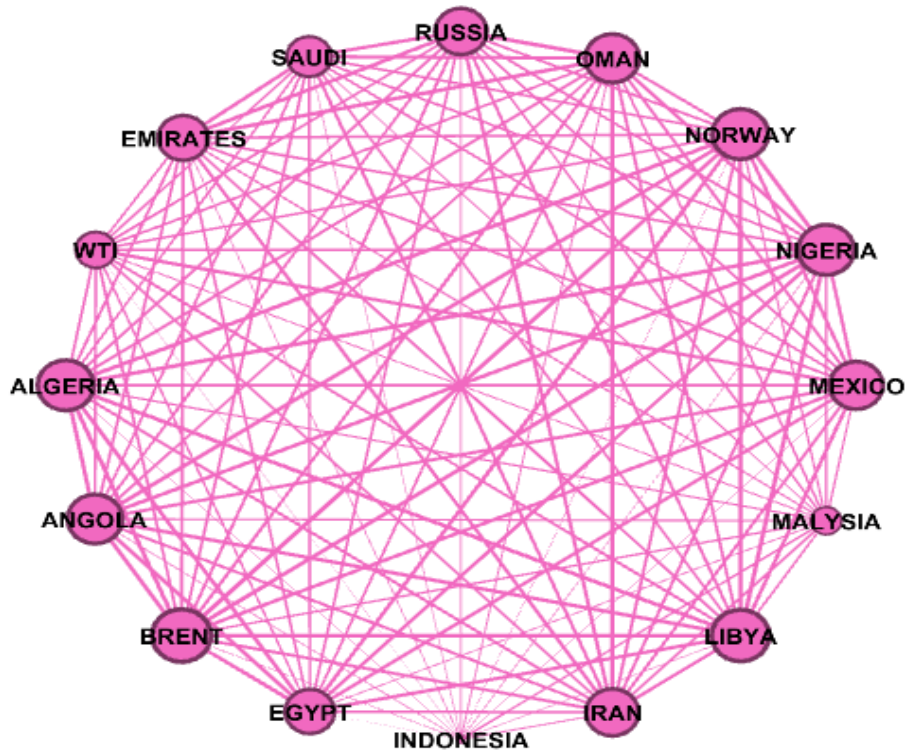
جدول (۱): ماتریس همبستگی پیرسون قبل از تحریم نفت

	algeria	angola	brent	egypt	indonesia	iran	libya	malaysia	mexico	nigeria	norway	oman	ruusia	saudi	emirates	wti
algeria	1	.984**	.994**	.981**	.843**	.949**	.995**	.898**	.966**	.992**	.995**	.940**	.937**	.917**	.934**	.929**
angola	.984**	1	.987**	.974**	.856**	.946**	.986**	.897**	.962**	.987**	.986**	.939**	.933**	.927**	.932**	.920**
brent	.994**	.987**	1	.980**	.848**	.959**	.997**	.901**	.972**	.991**	.995**	.950**	.947**	.932**	.945**	.934**
egypt	.981**	.974**	.980**	1	.816**	.931**	.978**	.867**	.954**	.978**	.980**	.929**	.926**	.915**	.927**	.909**
indonesia	.843**	.856**	.848**	.816**	1	.870**	.844**	.909**	.845**	.840**	.839**	.872**	.867**	.845**	.854**	.825**
iran	.949**	.946**	.959**	.931**	.870**	1	.953**	.912**	.947**	.946**	.949**	.971**	.966**	.955**	.962**	.924**
libya	.995**	.986**	.997**	.978**	.844**	.953**	1	.900**	.970**	.991**	.995**	.943**	.940**	.925**	.938**	.931**
malaysia	.898**	.897**	.901**	.867**	.909**	.912**	.900**	1	.895**	.898**	.891**	.912**	.912**	.879**	.894**	.879**
mexico	.966**	.962**	.972**	.954**	.845**	.947**	.970**	.895**	1	.961**	.965**	.943**	.939**	.928**	.934**	.974**
nigeria	.992**	.987**	.991**	.978**	.840**	.946**	.991**	.898**	.961**	1	.992**	.942**	.938**	.922**	.935**	.922**
norway	.995**	.986**	.995**	.980**	.839**	.949**	.995**	.891**	.965**	.992**	1	.941**	.937**	.922**	.936**	.927**
oman	.940**	.939**	.950**	.929**	.872**	.971**	.943**	.912**	.943**	.942**	.941**	1	.993**	.978**	.991**	.921**
ruusia	.937**	.933**	.947**	.926**	.867**	.966**	.940**	.912**	.939**	.938**	.937**	.993**	1	.970**	.984**	.922**
saudi	.917**	.927**	.932**	.915**	.845**	.955**	.925**	.879**	.928**	.922**	.922**	.978**	.970**	1	.979**	.906**
emirates	.934**	.932**	.945**	.927**	.854**	.962**	.938**	.894**	.934**	.935**	.936**	.991**	.984**	.979**	1	.913**
wti	.929**	.920**	.934**	.909**	.825**	.924**	.931**	.879**	.974**	.922**	.927**	.921**	.922**	.906**	.913**	1

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

مأخذ: یافته‌های تحقیق

شکل (۱): شبکه پیچیده بازارهای نفت قبل از تحریم نفت ایران



مأخذ: یافته‌های تحقیق

شبکه پیچیده در شکل (۱) بر اساس **Weighted Degree** ساخته شده است و در این شبکه، بزرگ‌ترین گره مربوط به بازار نفت لیبی و بازار نفت اندونزی کوچک‌ترین گره خواهد بود. در این پژوهش، بازار نفت لیبی بیش‌ترین همبستگی را در این شبکه دارد و کم‌ترین همبستگی مربوط به بازار نفت اندونزی است.

جدول (۲): خصوصیات شبکه پیچیده قبل از تحریم نفت ایران

Market oil	Degree	Weighted Degree	Closness centrality	Betweenness centrality
RUSSIA	15	28.08	1	0
SAUDI	15	27.64	1	0
OMAN	15	28.24	1	0
NORWAY	15	28.36	1	0
EMIRATES	15	27.98	1	0
NIGERIA	15	28.36	1	0
WTI	15	27.34	1	0
ALGERIA	15	28.36	1	0
MEXICO	15	28.18	1	0
ANGOLA	15	28.28	1	0
MALAYSIA	15	26.74	1	0
BRENT	15	28.54	1	0
LIBYA	15	28.46	1	0
EGYPT	15	27.94	1	0
IRAN	15	28.14	1	0
INDONESIA	15	25.4	1	0

مأخذ: یافته‌های تحقیق

مطابق جدول (۲)، در شبکه پیچیده قبل از تحریم ایران، بیش‌ترین Weighted Degree مربوط به بازار نفت لیبی و بازار نفت اندونزی کم‌ترین Weighted Degree را خواهد داشت. مقدار Closness Centrality و Betweenness Centrality در شبکه همبستگی برای همه گره‌ها یکسان است و این نشان می‌دهد که اثرگذاری بازارهای نفت در شبکه یکسان هستند.

۲.۴. شبکه همبستگی بازارهای نفت بعد از تحریم نفت ایران

پس از تخمین آزمون پیرسون، ماتریس همبستگی به دست آمد که در مرحله بعد شبکه پیچیده مبتنی بر آزمون همبستگی پیرسون ساخته می‌شود. مطابق جدول (۳) که همبستگی تلاطم را در بعد از تحریم نفت ایران نشان می‌دهد، بیش‌ترین همبستگی بازار نفت ایران با بازار نفت عمان و روسیه است.

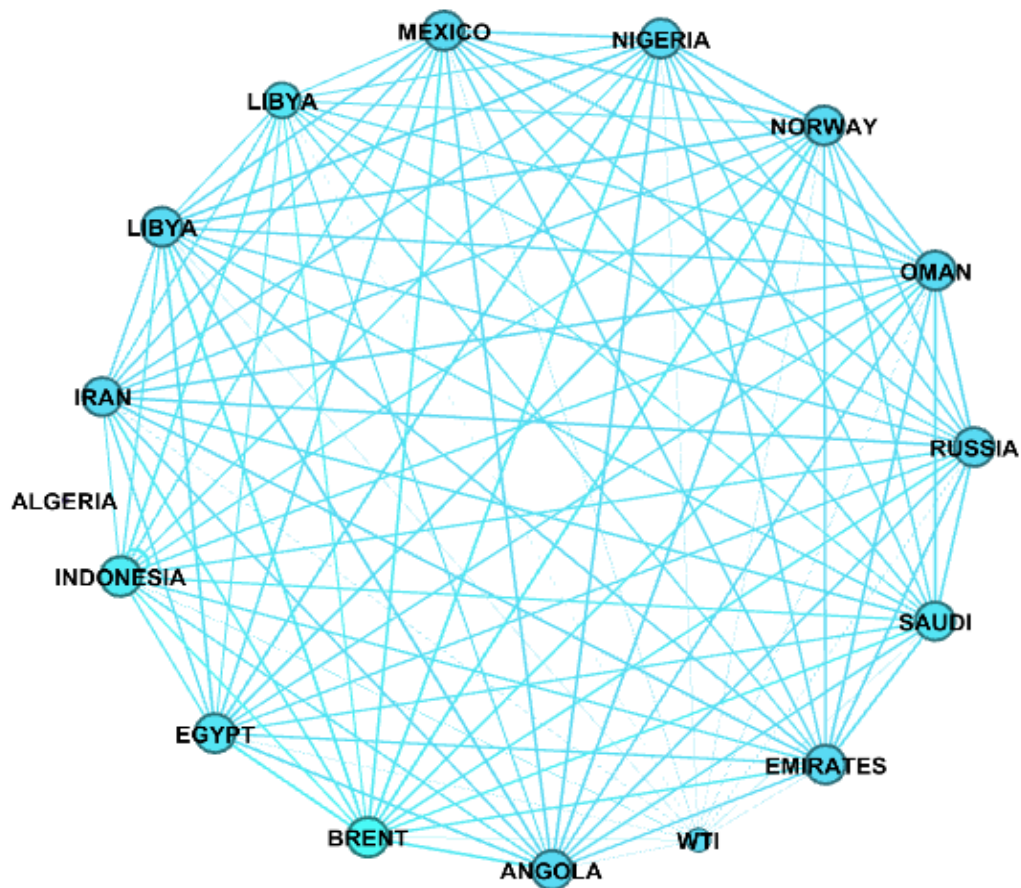
جدول (۳): ماتریس همبستگی بازارهای نفت بعد از تحریم نفت ایران

	algeria	angola	brent	egypt	indonesia	iran	libya	malaysia	mexico	nigeria	norway	oman	ruissia	saudi	emirates	wti
algeria	1	.054	.050	.069	-.184	.022	.054	-.020	-.001	.069	.049	.021	.037	.032	.028	-.024
angola	.054	1	.989**	.980**	.711**	.893**	.986**	.793**	.956**	.984**	.985**	.908**	.894**	.893**	.903**	.928**
brent	.050	.989**	1	.983**	.705**	.910**	.996**	.792**	.966**	.992**	.993**	.922**	.912**	.902**	.919**	.940**
egypt	.069	.980**	.983**	1	.685**	.881**	.983**	.764**	.945**	.980**	.986**	.894**	.884**	.878**	.894**	.905**
indonesia	-.184	.711**	.705**	.685**	1	.769**	.695**	.887**	.727**	.704**	.684**	.787**	.776**	.715**	.761**	.736**
iran	.022	.893**	.910**	.881**	.769**	1	.896**	.825**	.900**	.894**	.887**	.974**	.972**	.945**	.959**	.900**
libya	.054	.986**	.996**	.983**	.695**	.896**	1	.788**	.964**	.990**	.994**	.910**	.900**	.887**	.910**	.933**
malaysia	-.020	.793**	.792**	.764**	.887**	.825**	.788**	1	.795**	.789**	.774**	.840**	.836**	.785**	.821**	.806**
mexico	-.001	.956**	.966**	.945**	.727**	.900**	.964**	.795**	1	.954**	.956**	.924**	.909**	.902**	.917**	.977**
nigeria	.069	.984**	.992**	.980**	.704**	.894**	.990**	.789**	.954**	1	.990**	.904**	.893**	.888**	.899**	.924**
norway	.049	.985**	.993**	.986**	.684**	.887**	.994**	.774**	.956**	.990**	1	.900**	.889**	.877**	.899**	.922**
oman	.021	.908**	.922**	.894**	.787**	.974**	.910**	.840**	.924**	.904**	.900**	1	.992**	.961**	.986**	.929**
ruissia	.037	.894**	.912**	.884**	.776**	.972**	.900**	.836**	.909**	.893**	.889**	.992**	1	.955**	.979**	.916**
saudi	.032	.893**	.902**	.878**	.715**	.945**	.887**	.785**	.902**	.888**	.877**	.961**	.955**	1	.960**	.912**
emirates	.028	.903**	.919**	.894**	.761**	.959**	.910**	.821**	.917**	.899**	.899**	.986**	.979**	.960**	1	.923**
wti	-.024	.928**	.940**	.905**	.736**	.900**	.933**	.806**	.977**	.924**	.922**	.929**	.916**	.912**	.923**	1

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

مأخذ: یافته‌های تحقیق

شکل (۲): شبکه پیچیده بازارهای نفت بعد از تحریم نفت ایران



مأخذ: یافته‌های تحقیق

شکل (۲)، شبکه همبستگی بازارهای نفت مربوط به بعد از تحریم نفت ایران بر اساس $Weighted Degree$ ساخته شده است. در این شبکه، بزرگ‌ترین گره، بازار نفت اندونزی و کوچک‌ترین گره، مربوط به بازار نفت الجزایر است. بازار نفت اندونزی بیش‌ترین همبستگی تلاطم در شبکه بازارهای نفت را دارد و کم‌ترین همبستگی مربوط به بازار نفت الجزایر است.

جدول (۴): خصوصیات شبکه پیچیده بعد از تحریم نفت ایران

Market oil	Degree	Weighted Degree	Closness centrality	Betweenness centrality
RUSSIA	14	24.6	1	0
OMAN	14	24.86	1	0
SAUDI	14	24.18	1	0
NORWAY	14	24.74	1	0
EMIRATES	14	24.64	1	0
NIGERIA	14	24.84	1	0
WTI	14	12.86	1	0
MEXICO	14	24.74	1	0
ANGOLA	14	24.85	1	0
MALAYSIA	14	21.78	1	0
BRENT	14	25.1	1	0
LIBYA	14	24.93	1	0
EGYPT	14	24.6	1	0
IRAN	14	24.2	1	0
INDONESIA	16	25.3	1	0
ALGERIA	0	0	0	0

مأخذ: یافته‌های تحقیق

مطابق جدول (۴)، تعداد یال‌ها نسبت به شبکه قبل از تحریم کاسته شده است و همبستگی تلاطم در بازار نفت با سایر بازارها به صفر رسیده است و این بازار نفت در شبکه پس از تحریم نفت ایران به یک گره جدا تبدیل شده است. در شبکه همبستگی تلاطم بازارهای نفت پس از تحریم نفت ایران، بیش‌ترین مقدار **Weighted Degree** و **Degree** مربوط به به بازار نفت اندونزی و کم‌ترین مقدار **Weighted Degree** مربوط به بازار نفت الجزایر است. کم‌ترین مقدار **Closness Centrality** و **Betweenness Centrality** مربوط به بازار نفت الجزایر است که نشان می‌دهد اثری در شبکه ندارد و بقیه بازارهای نفت **Closness Centrality** و **Betweenness Centrality** یکسانی دارند که به این معناست که اثرگذاری یکسانی در شبکه دارند.

جدول (۵): مقایسه شبکه قبل و بعد از تحریم نفت ایران

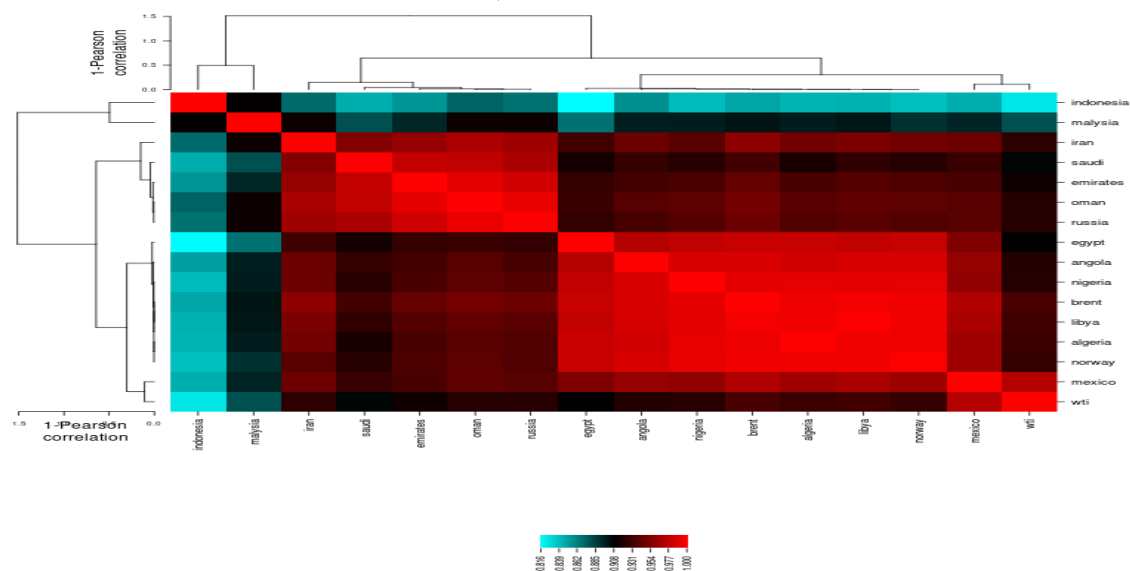
	قبل از تحریم	بعد از تحریم
Average Degree	15	13/25
Graph Density	1	0/88
Avg Weighted Degree	22/87	22/26

در جدول (۵) شبکه همبستگی تلاطم قبل و بعد از تحریم نفت ایران با هم مقایسه شدند و نتایج این جدول نشان می‌دهد، چگالی شبکه، میانگین یال‌ها و میانگین وزن یال‌ها در شبکه پس از تحریم کاسته شده است. کاهش چگالی شبکه و کاهش میانگین و وزن یال‌ها، نشان دهنده این موضوع هست که پس از تحریم نفت ایران، همبستگی بازارهای نفت کاهش داشته است.

نمودار HEATMAP

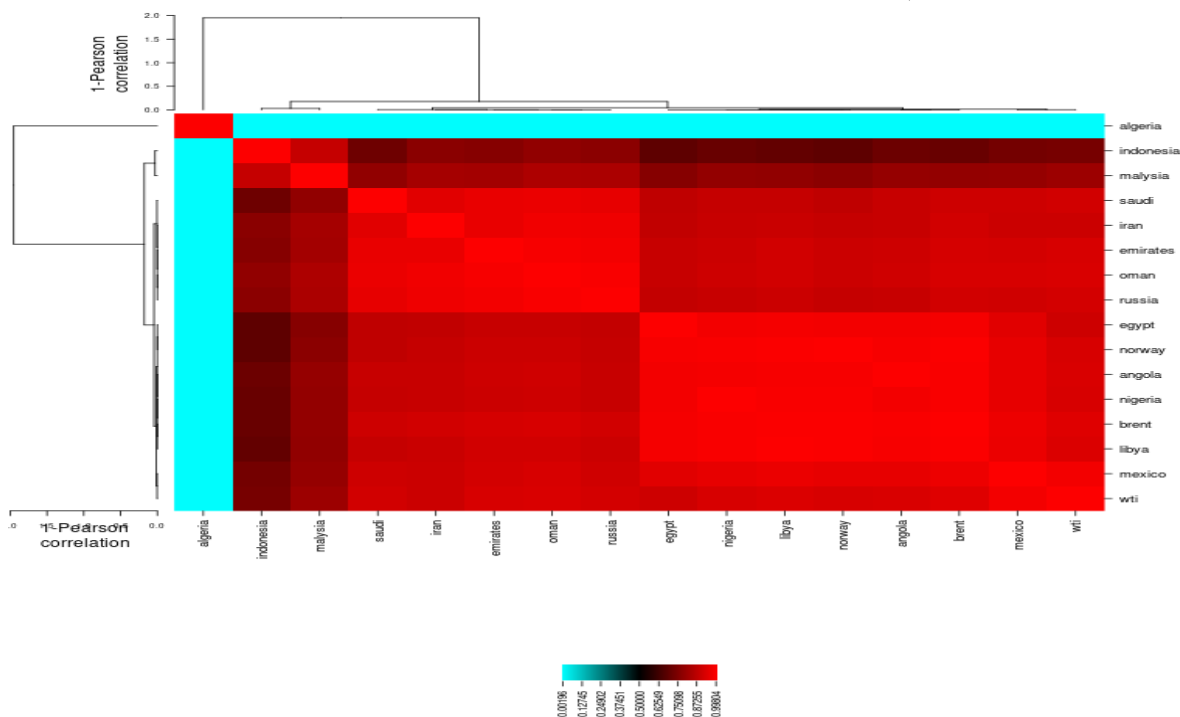
در این قسمت نمودار HEATMAP قبل از تحریم نفت ایران با نمودار بعد از تحریم نفت ایران مقایسه می‌شود.

نمودار (۱): HEATMAP قبل از تحریم نفت ایران



مطابق نمودار HEATMAP قبل از تحریم نفت ایران، بازارهای نفت اندونزی و مالزی در یک شبکه قرار می‌گیرند و بازارهای نفت ایران، امارات، عمان و روسیه در یک دسته همبستگی قرار می‌گیرند و بازارهای مصر، آنگولا، نیجریه، برنت، الجزایر، لیبی و نروژ در یک دسته قرار می‌گیرند و بازارهای نفت مکزیک و wti در یک دسته همبستگی تلاطم قرار می‌گیرند.

نمودار (۲): HEATMAP بعد از تحریم نفت ایران



مطابق نمودار HEATMAP بازارهای نفت مالزی و اندونزی در یک دسته قرار می‌گیرند و بازارهای عربستان، ایران و عمان در یک دسته، بازارهای مصر، نروژ، آنگولا، نیجریه، برنت، لیبی در یک دسته و بازارهای مکزیک و وست‌تگزاس در یک دسته از همبستگی قرار می‌گیرند. با مقایسه نمودار HEATMAP قبل از تحریم نفت ایران و بعد از تحریم نفت ایران، نشان داده می‌شود که همبستگی تلاطم بازارهای نفت بعد از تحریم نفت ایران کاسته شده است.

۵. نتیجه‌گیری:

ایران یک کشور وابسته به نفت است که بیش‌ترین منبع درآمد بودجه این کشور از درآمدهای نفتی است و یکی از اعضای مهم کشورهای عضو اوپک می‌باشد و به دلایل گفته شده، پژوهش در این زمینه اهمیت می‌یابد. در این پژوهش به مقایسه شبکه همبستگی قبل و بعد از تحریم‌های نفت ایران پرداخته شد و مطابق نتایج به‌دست آمده و مقایسه دو شبکه، شبکه همبستگی تلاطم قبل و بعد از تحریم نفت ایران با هم مقایسه شدند و نتایج نشان می‌دهد، چگالی شبکه، میانگین یال‌ها و میانگین وزن یال‌ها در شبکه پس از تحریم کاسته شده است، که نشان دهنده کاهش همبستگی تلاطم در شبکه است. Weighted Degree قبل از تحریم ایران ۲۵/۴ است که به ۲۴/۲ بعد از تحریم نفت ایران کاهش می‌یابد. قبل از تحریم

نفت ایران، بیش‌ترین همبستگی تلاطم بازار نفت ایران با بازار نفت روسیه و امارات است و بعد از تحریم نفت ایران، بیش‌ترین همبستگی بازار نفت ایران با بازار نفت عمان و روسیه است.

با بررسی نمودار HEATMAP قبل و بعد از تحریم نفت ایران به این نتیجه می‌رسیم که همبستگی تلاطم بازارهای نفت در شبکه بازارهای نفت، بعد از تحریم نفت ایران کاسته شده است. تحریم نفت ایران بر همبستگی تلاطم بازارهای نفت در شبکه اثرگذار بوده است.

۶. منابع:

گرشاسبی، علیرضا، یوسفی دیندارلو، مجتبی. (۱۳۹۵). بررسی اثرات تحریم بین‌المللی بر متغیرهای کلان اقتصادی ایران. تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی. ۱۲۹-۱۸۹.

نادمی، یونس و حسنوند، داریوش. (۱۳۹۸). شدت تحریم‌ها و فقر در ایران: لزوم لغو تحریم‌ها از منظر حقوق بشر. مرکز بررسی‌های استراتژیک ریاست جمهوری. ۱۷۱-۱۵۴: (۳۱)۹.

Afesorgbor, S.K., Mahadevan, R., 2016. The impact of economic sanctions on income inequality of target states. *World Dev.* 83, 1–11.

Beladi, H., Oladi, R., 2015. On smart sanctions. *Econom. Lett.* 130, 24–27.

Chowdhury, MD, Balli, F., Kabir Hassan, M. (2020). Network Connectedness of World's Islamic Equity Markets. *Finance Research Letters*. in press.

Caraiani, p. (2012). Characterizing emerging European stock markets through complex networks: From local properties to self-similar characteristics. *Physica A* 391 (2012) 3629–3637.

Du, R., Wang, Y., Dong, G., Tian, L., Liu, Y., Wang, M., Fang, G. (2017). A complex network perspective on interrelations and evolution features of international oil trade, 2002–2013. *Applied Energy*. 196: 142-151.

Dizaji, S. F., & Van Bergeijk, P. A. G. (2013). Potential early phase success and ultimate failure of economic sanctions: A VAR approach with an application to Iran. *Journal of Peace Research*, 50, 721–736.

Daoudi, M.S., Dajani, M.S., 1983. *Economic Sanctions, Ideals and Experience*. Routledge Kegan & Paul.

Farzanegan, P. Alaedini (eds.), *Economic Welfare and Inequality in Iran* (2016).

Sabtan, B., Kilgour, M, D. Hipel, K, W, (2019). Assessing the effectiveness of economic sanctions. *EURO J Decis Process*.

Shiffman, G., Jochum, J.J., 2011. *Economic Instruments of Security Policy: Influencing Choices of Leaders*. Springer.

Schuenemann, J.H., Ribberink, N., Katenka, N. (2020). Japanese and Chinese Stock Market Behaviour in Comparison – an analysis of dynamic networks. *Asia Pacific Management Review*. 25(2): 99-110.

Wang, M., Tian, L., Du, R. (2016). Research on the interaction patterns among the global crude oil import dependency countries: A complex network approach. *Applied Energy*. 180: 779-791.

Gomes, O., Gubareva, M. (2021). Complex Systems in Economics and Where to Find Them. *J Syst Sci Complex* 34, 314–338.

Hufbauer, G. C., Schott, J. J., Elliott, K. A., & Oegg, B. (2007). *Economic sanctions reconsidered* (3rd ed.). Washington, DC: Peterson Institute for International Economics.

Hufbauer, G.C., Schott, J., Elliott, K.A., Oegg, B., (2009). *Economic Sanctions Reconsidered*, third ed. Peterson Institute for International Economics, Washington, DC.

Hakimdavar, G., (2013). *A Strategic Understanding of UN Economic Sanctions: International Relations, Law and Development*. Routledge.

Hall, C.M. (2005). *Tourism: Rethinking the social science of mobility*. Harlow: Pearson.

Hubbard, L. J., & Philippidis, G. (2001). General equilibrium and the ban on British beef exports. *Journal of Agricultural Economics*, 52, 87–95.

Ji, Q., Zhang, H, Y., Fan, Y (2014). Identification of global oil trade patterns: An empirical research based on complex network theory. *Energy Conversion and Management*. 85: 856-865.

Korotin, V., Dolgonosov, M., Popov, V., Korotina, O., Korolkova, I. (2019). The Ukrainian crisis, economic sanctions, oil shock and commodity currency: Analysis based on EMD approach. *Research in International Business and Finance*. 48: 156-168.

Kitamura, T and Managi, S. (2017). Driving force and resistance: Network feature in oil trade. *Applied Energy*. 208: 361-375.

Kanjilal, S. Ghosh, Dynamics of crude oil and gold price post 2008 global financial crisis—New evidence from threshold vector error-correction model, *Resour. Policy* 52 (2017) 358–365.

Kito, T. and Ueda, K., 2014. The implications of automobile parts supply network structures: A complex network approach. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 63(1), pp.393-396.

Liu, L., Cao, Z., Liu, X., Shi, L., Cheng, S., Liu, G. (2020). Oil security revisited: An assessment based on complex network analysis. *Energy*.

Moghadam, H.E., Mohammadi, T., Kashani, M.F., Shakeri, A. (2019). Complex networks analysis in Iran stock market: The application of centrality. *Physica A*.

McDonald, S., & Roberts, D. (1998). The economy-wide effects of the BSE crises: A CGE analysis. *Journal of Agricultural Economics*, 49, 458–471.

Majapa, M, and Gossel, S.J. (2016). Topology of the South African stock market network across the 2008 financial crisis. *Physica A*. 445 :35–47.

Ma, Y. Liao, Y. Zhang, et al., Harnessing jump component for crude oil volatility forecasting in the presence of extreme shocks, *J. Empir. Financ.* 52 (2019) 40–55.

Nettleton, D.(2014). *Commercial Data Mining. Processing, Analysis and Modeling for Predictive Analytics Projects*. Elsevier.

Nakhli, S.R. Rafat M. Dastjerdi R.B. Rafei.M. (2021). Oil sanctions and their transmission channels in the Iranian economy: A DSGE model. *Resources Policy*.

Nguyen, T.T and Do, M.H.(2021). Impact of economic sanctions and counter-sanctions on the Russian Federation's trade. *Economic Analysis and Policy*. 71 (2021) 267–278.

Naghavi, A., Pignataro, G., 2015. Theocracy and resilience against economic sanctions. *J. Econ. Behav. Organ.* 111, 1–12.

Neuenkirch, M., Neumeier, F., 2016. The impact of US sanctions on poverty. *J. Dev. Econ.* 121, 110–119.

Sun, Q Gao, X, G, Zhong, W, Liu, N. (2017). The stability of the international oil trade network from short-term and long-term perspectives. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. 482: 345-356.

Siddig, K. H. A. (2010). Macroeconomy and agriculture in Sudan: Analysis of trade policies, external shocks, and economic bans in a computable general equilibrium approach. Retrieved April 22, 2016, from

Siddig, K. H. A. (2011). From bilateral trade to multilateral pressure: A scenario of European Union relations with Sudan. *Middle East Development Journal*, 3, 55–73.

Wen, F, Zhang, M, Deng, M, Zhao, Y, Ouyang, J.(2019). Exploring the dynamic effects of financial factors on oil prices based on a TVP-VAR model. *Physica A*.

Yelena, T Qayum, F.(2016). Global oil glut and sanctions: The impact on Putin's Russia. *Energy Policy*. 90: 140-151.

Zhang, F. Ma, B. Shi, et al., Forecasting the prices of crude oil: An iterated combination approach, *Energy Econ.* 70 (2018) 472–483.

Zavadzka, M , Morales, L., Coughlan, J.(2018). Brent Crude Oil Prices Volatility during Major Crises. *Finance Research Letters*.

Zhao, L , Li, W, Cai, X.(2016). Structure and dynamics of stock market in times of crisis. *Physics Letters A*.

Zhang, W, Zhuang, X and Lu, Y. (2020) Spatial spillover effects and risk contagion around G20 stock markets based on volatility network. *North American Journal of Economics and Finance*.

Zhong, W and An, H. (2014). The Role of China in the International Crude Oil Trade Network. *Energy Procedia*. 61: 2493-2496.

Philippidis, G., & Hubbard, L. J. (2005). A dynamic computable general equilibrium treatment of the ban on UK beef exports: A note. *Journal of Agricultural Economics*, 56, 307–312.

Kaempfer, W.H., Lowenberg, A.D., 2007. The political economy of economic sanctions. Elsevier. volume 2 of *Handbook of Defense Economics*. chapter 27. pp. 867–911.

Zou, et al., Complex network approaches to nonlinear time series analysis, *Physics Reports* (2018).