

Araştırma Makalesi

Endirekt Merkezîyet Ölçüm Endeksleri ile Uluslararası Ticaret Ağında Güç Analizi¹

Ekin KARABULUT

*Sorumlu Yazar, Politecnico di Torino, Yönetim Mühendisliği Bölümü
karabulutekin@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3628-3634*

Yetkin ÇINAR

*Ankara Üniversitesi, Siyasal Bilgiler Fakültesi, İşletme Bölümü
ycinar@ankara.edu.tr, ORCID: 0000-0002-4710-0346*

Öz

Ağ yapılarında güç ya da merkezîyet analizi hakkındaki araştırmalar her geçen gün daha önemli hale gelmektedir. Bu çalışmanın da temel amacı, güncel verilerle ülkelerarası ticaret ağ yapısında farklı endeksler bazında merkezi gücü kendinde toplayan ülkelerin ortaya çıkarılmasıdır. Ağ yapılarında güç ölçümü yapılabilmesi için birinci dereceden / doğrudan ilişkilerin etkisini hesaplayan “Klasik / Direkt Etki Merkezîlik Ölçütleri”nin yanı sıra bu endeksler tarafından göz önünde bulundurulmayan dolaylı / uzak etkileşimleri de hesaplama dâhil eden “Endirekt / Uzun Menzilli Etki Merkezîlik Ölçütleri” geliştirilmiştir. Bu çalışmanın temel problemi geliştirilen merkezîyet endekslerinin, özellikle de merkezîlik ölçütleri yazınındaki en yeni ölçütler olan ve sınırlı uygulama literatürü bulunan Endirekt Etki Hesaplama Yöntemlerinin, uluslararası ticaret ağı üzerinde uygulanabilirliğinin araştırılması ve farklı ölçütlere göre elde edilen sonuçların karşılaştırılmasıdır. **Anahtar Kelimeler:** Ağ Yapılarında Güç Ölçümü, Direkt Merkezîlik Ölçütleri, Endirekt / Uzun Menzilli Etkileşim Merkezîlik Ölçütleri, Uluslararası Ticaret Ağı
JEL Sınıflandırma Kodları: C02, D85, F14, F16

Power Analysis in International Trade Network via Indirect Centrality Measurement Indices²

Abstract

Research on power analysis in network structures is becoming more important every day. The main purpose of this study is to reveal the countries that have centralized power in the international trade network structure with recent data, via different centrality indices. In order to measure power in network structures, “Classical / Direct Centrality Measures” that calculate the impact of direct interactions of nodes of the first level, as well as centrality indices that also take into account indirect / long-range interactions, namely “Indirect/Long Range Interaction Centralities” have been developed. The main problem of this study is to investigate the applicability of the developed centrality indices, especially the Long Range Interaction Centralities which are the latest developed measures and have limited practical application in the centrality measures literature on the international trade network and to compare the results obtained according to different measures.

Keywords: Power in Network Structures, Direct Centrality Measures, Indirect / Long Range Interaction Centralities (LRIC), International Trade Network

JEL Classification Codes: C02, D85, F14, F16

¹ Bu makale, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Yüksek Lisans programında Prof. Dr. Yetkin ÇINAR danışmanlığında Ekin KARABULUT tarafından hazırlanan “Ağ Yapılarında Güç Ölçümü ve Uluslararası Ticaret Ağı için bir Uygulama” başlıklı tezden üretilmiştir.

² Extended abstract is presented at the end of the article.

Geliş Tarihi (Received): 03.01.2022 – Kabul Edilme Tarihi (Accepted): 24.03.2022

Atıfta bulunmak için / Cite this paper:

Karabulut, E. ve Çınar, Y. (2022). Endirekt merkezîyet ölçüm endeksleri ile uluslararası ticaret ağında güç analizi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İİBF Dergisi*, 12 (1), 276-305. Doi: 10.18074/ckuiibfd.1052545.

1. Giriş

Bir ağ (network), aralarında birtakım etkileşimler (bağlantılar) olan elemanlar (düğümler) topluluğu olarak tanımlanabilir. Ağ yapısı formunu alan sistemlere dünyada birçok farklı alanda rastlamak mümkündür. Bu alanlara örnek olarak internet, World Wide Web, bireyler arasındaki sosyal tanışıklık ağları veya diğer bağlantılar, organizasyonel ağlar ve şirketler arasındaki iş ilişkileri, posta dağıtım yolları, akademik makaleler arasındaki alıntılarının oluşturduğu ağlar, göç ağları, finans ve ticaret ağları vb. verilebilir. Ağ analizi, herhangi bir ağdaki elemanlar arasındaki ilişkilerin derinlemesine incelenmesi ile bu ağdaki ilişki ve bilgi bağlantılarının analiz edilip anlamlandırılmasına olanak sağlayan bir yaklaşımdır. Kısaca birbiriyle ilişki içinde olan her türlü yapılanmanın analiz edilmesi işlemidir (Newman, 2003).

Ağ analizinde en önemli kavramlardan biri olan “merkezlilik (centrality)” veya “güç (power)” ise ağ yapısındaki bir elemanın/düğümün ağdaki diğer elemanlara/düğümlere daha bağlı olması veya ağ içinde daha yüksek etkiye sahip olması durumudur. Bir ağ yapısındaki düğümlere ait önem derecesinin/merkeziliğinin ya da gücün ölçülmesi için kullanılan metrikler merkeziyet/güç endeksleri adı verilmektedir (Aleskerov, Meshcheryakova ve Shvydun, 2016). Böylece düğümleri bu ölçümlerle sıralamak ve derecelendirmek mümkün olmaktadır.

Teknolojinin gelişmesiyle ve bilginin öneminin artmasıyla birlikte ağ yapılarında güç analizi hakkındaki araştırmalar her geçen gün daha da önemli hale gelmiş ve düğümlerin gücünün / merkeziyet derecesinin ölçülebilmesi için birçok endeks geliştirilmiştir. Bu endeksleri hesaplama yöntemleri, temelde Direkt ve Endirekt etki hesaplama yöntemleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Birbirine birinci dereceden yani doğrudan bağlı (örneğin komşu) olan düğümlerin arasındaki ilişkilere “direkt” ilişki adı verilirken; bir düğümden diğer düğüme doğrudan ulaşamıyor ancak başka düğümler aracılığıyla ulaşabiliyorsa bu iki düğüm arasındaki ilişki “endirekt/doğrudan olmayan ilişki” olarak ifade edilir (Aleskerov, 2016a).

Bu çalışmanın öncelikli amacı “klasik / direkt” yöntemlerden ziyade daha yeni bir yöntem grubunu oluşturan “uzun mesafeli / endirekt” ilişkileri dikkate alan yöntemlerin ülkelerarası ticaret ağında kilit rol oynayan ülkelerin tespiti için uygulanabilirliğinin araştırılması ve farklı güç/merkezlilik endeksleriyle elde edilen sonuçların karşılaştırılmasıdır. Böylelikle uluslararası ticaret ağı üzerinde yapılan güncel bir uygulamayla Endirekt etki hesaplama yöntemlerinin uygulama literatürüne katkıda bulunmak hedeflenmektedir.

Çalışmada ağ analizinin uluslararası ticaret verileri üzerinde uygulanabilmesi için öncelikle Uluslararası Ticaret Komisyonu (ITC) 2021 yılı verilerine göre 2017, 2018 ve 2019 yılları için dünya ihracat hacminin büyük bölümünü oluşturan 40 ülke belirlenmiştir. Daha sonra bu ülkelerin birbirleri arasındaki ticaret dengesi şeması

çıkartılmıştır. Bu ağ yapısındaki güç merkezi ülkelerin belirlenebilmesi için direkt ve endirekt olmak üzere farklı merkezîyet endeksleri kullanılmış, bu merkezîyet endeksleriyle elde edilen sonuçlar karşılaştırılıp yorumlanmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde ağ analizi ve merkezîlik ile ilgili hem Türkiye'deki hem de uluslararası yazın incelemesi sunulmuştur. Üçüncü bölümde, özellikle endirekt ilişkileri dikkate alan yöntemlerden çalışmada kullanılanlar biçimsel olarak açıklanmaktadır. Dördüncü bölümde uygulamaya ilişkin veri seti, örneklem seçimi ve metodolojisi açıklanarak elde edilen bulgulara yer verilmektedir. Bu kısımda aynı veri seti üzerinde direkt / klasik yöntemlerle de uygulama yapılmış olup sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılarak yorumlanmaktadır. Beşinci bölümde ise çalışma, genel değerlendirme ve araştırma kısıtlarının tartışılıp gelecek çalışmalar için önerilerin ortaya konulması ile sonlanmaktadır.

2. Literatür

2.1. Merkezîyet Ölçüm Endeksleri: Endirekt Yöntemlerin Gelişimi

Ağ yapılarında güç ölçümleri ile ilgili yazın incelendiğinde bu alanda farklı merkezîyet endekslerinin kullanıldığı görülmektedir. Bu endekslerin büyük bir kısmı, ağ yapılarındaki uzun mesafeli yani birbirini doğrudan etkilemeyen düğümler arasındaki ilişkileri dikkate almamaktadır. Direkt ilişkileri dikkate alan Klasik Merkezîlik Endekslerinin 1940'lara dayanan bir tarihi olduğu ve bu nedenle de birçok alanda çeşitli uygulamalarına rastlandığı görülmektedir. Ağ yapılarında "Merkezîlik" kavramı ilk olarak 1948'te Bavelas tarafından insanlar arası iletişim için kullanılmıştır ve ilk uygulaması, 1940'ların sonlarında Group Networks Laboratory, M.I.T.'de Bavelas'ın yönetiminde yapılmıştır (Bavelas, 1948). İlerleyen yıllarda merkezîlik ölçümü için farklı endekslerin geliştirildiği görülmektedir.

Direkt ilişkileri dikkate alan "klasik" yöntemlerin başında Derece (Degree) Merkezîlik Ölçütleri (İç, Dış Derece, Derece Farkı ve Ağırlıklandırılmış Derece), Yakınlık (Closeness) Merkezîyet (İçeri, Dışarı Yakınlık) ve Arasındalık (Betweenness) Ölçütleri sayılabilir (Freeman, 1979). Bunlardan "Derece" merkezîliği, her bir düğüm için direkt komşularının toplam sayısı olarak hesaplanır, yani bir düğümün ne kadar bağlı olduğunu açıklar. "Arasındalık" ise, her bir düğümün ağdaki diğer tüm düğümlere ulaşması için minimum mesafeyi, yani bir düğümün diğer düğümleri bağlamak açısından ne kadar önemli olduğunu ölçer. "Yakınlık" merkezîliği, her bir düğümün ağın diğer düğümlerine yakınlığını, yani bir düğümün diğer düğümlere ne kadar kolay ulaşabileceğini hesaplar. Bunların dışında, bir düğümün komşularının özelliklerine - bir düğümün komşularının ne kadar önemli veya merkezi olduğuna dayanan metrikler vardır. "Özvektör (Eigenvector) ve bir türü olan Pagerank Merkezîlik Ölçütlerine (Page ve Brin, 1998) göre, belirli bir düğüm, bitişik bağlantılı düğümleri / komşusu yüksek önem / merkezîlik derecesine sahipse, yüksek öneme sahiptir. Bu açıdan direkt ilişki yöntemlerinden belirli ölçüde ayrılır (Newman, 2010). Bunların temelleri olarak

sayılabilecek Katz (Katz, 1953), Bonanich (Bonanich, 1972), Myerson (Myerson, 1977) adlı yöntemler de mevcuttur. Görüldüğü gibi klasik yöntemler merkeziliği farklı yönlerden ele alırlar.

Diğer taraftan, son yıllarda direkt / birincil bağlantıları hesaba katarak geliştirilen bu yöntemlerin gerçek güç ve merkezilik düzeyini ortaya çıkarmada yeterli olmadığını ve bunun için dolaylı olarak birbirini etkileyen uzak düğümlerin ilişkilerini (uzun mesafeli / endirekt ilişkileri) dikkate almak gerektiğini öne süren çalışmalar ortaya çıkmıştır. Endirekt merkezilik ölçütleri ilk olarak Aleskerov vd. (2016a) tarafından geliştirilmiştir. Oldukça yeni olduğu için bu yöntemlerle ilgili literatürde çok az sayıda uygulamaya rastlanmaktadır (Aleskerov vd. 2016b; Aleskerov vd. 2016c; Aleskerov, Sergeeva ve Shvydun, 2017).

Endirekt yöntemlerin gelişimi aslen Aleskerov vd. (2014) çalışmalarında literatürde birçok kez kullanılmış olan Klasik Merkezilik Endekslerinin düğümlerin etkileşimlerinin yoğunluğunu tam olarak kapsamadığını belirtmeleri ile başlamıştır. Bu nedenle bu çalışmalarında ilişki yoğunluğunu hesaba katan bir güç endeksi geliştirmişler ve bu endeksi bir kredi piyasasında kilit rol oynayan borçluyu bulmak için hipotetik bir örnek üzerinden açıklamışlardır. Geliştirilen endekse “Kilit Borçlu Endeksi (Key Borrower Index, KBI) adını vermişlerdir. Bu yöntem Aleskerov’un (2006) Rus Paramentosu’ndaki (1999-2003) en önemli hiziplerin bulunması üzerine yaptığı çalışmadaki güç endeksi analizinin ağ teorisine uyarlanmasından oluşmaktadır. Bu çalışmada KBI metodunun bankalar arası piyasada en bağlantılı finansal kurumu (finans merkezlerini) tespit etmek için uluslararası düzeyde uygulanabileceği gösterilmiştir. Aleskerov vd. (2016a) çalışması ile daha ayrıntılı ortaya konulduğu şekliyle endirekt ilişkileri ele alan bu yaklaşım, ağ yapılarındaki en güçlü elemanın belirlenmesi için kullanılan merkezilik endekslerine klasik yaklaşımın sunduğundan daha kapsamlı bir bakış açısı sunmaktadır.

Aleskerov vd. (2016a) göre klasik endeksler küçük ağ yapıları için bile ağda etkili olan gizli unsurları; örneğin bir sistemin zincirleme reaksiyonlarının olasılığını (domino veya bulaşma etkisi) dikkate almamaktadır. Çalışmada klasik yöntemlerin yanı sıra yukarıda bahsedilen KBI endeksinin zayıf noktalarından da bahsedilmektedir. Buradan hareketle, özellikle uzun menzilli etkileşimlerin önemli bir rol oynadığı veya zincirleme reaksiyonların mümkün olduğu durumlarda, belirli bir düğüm üzerinde doğrudan zayıf bir etkiye sahip olan ancak o düğümün komşu düğümleri üzerinde oldukça etkili olan düğümleri de dikkate alan yeni bir endeks olarak Uzun Menzilli Etkileşim Merkeziliği (Long Range Interaction Centrality, LRIC) ortaya konulmuştur. LRIC için iki fikir öne sürülmektedir. Bunlardan biri her bir düğüm için her bir olası yolun dikkate alınıp tek bir değer haline getirildiği mesafe odaklı yaklaşım, diğeri ise her bir düğümün ve bunların kombinasyonlarının bütün bir ağa etkisinin analiz edildiği simülasyona dayalı yaklaşımdır.

Mesafe odaklı yaklaşımla LRIC hesaplaması, uzun mesafeli ilişkileri dikkate almaktadır; fakat, birbirinden çok uzak olan düğümler birbirini etkilemediğinden

incelenecek bağlantı uzunluklarını tanımlayan bir parametrenin belirlenmesi gerekmektedir. Buna s parametresi denmektedir. Bu s parametresi 1'e eşitse uzun etkileşimler dolaylı düğümleri etkilemiyor demektir. Fakat bir ağda tüm bağlantı seviyeleri önemliyse s parametresi sınırsızdır. Analizden önce belirlenmesi gereken bir diğer parametre ise eşik değerini ifade eden q parametresidir ve bu parametre ağın analizde kullanılacak bir matrise dönüştürülmesi için kritik gruplar belirlenirken kullanılmaktadır. Her iki düğüm arasındaki yolların etkisini hesaplamak için iki ve bu olası etkileri toplamak için üç yöntem geliştirilmiştir. Yol etkilerinin hesaplanması için yollardaki "direkt etkilerin çarpımı" ve "minimum direkt etkinin bulunması" yöntemleri kullanılmıştır. Etkilerin toplanması için kullanılan yöntemler ise "yol etkilerinin toplamı", "yol etkilerinin maksimumunun alınması" ve "eşik kuralı" yöntemidir. Toplam etkilerin hesaplanması için bu yöntemlerin kombinasyonları kullanılmıştır ve bir kombinasyon mantıklı olmadığından kalan beş kombinasyonla beş farklı ölçüt oluşturulmuştur. Çalışmamızda da uyguladığımız bu yöntemler üçüncü bölümde detaylı ve teknik olarak açıklanmaktadır.

2.2. Uygulama Literatürü

Endirekt yöntemlerle ilgili uygulamalar yöntemin yeni olması nedeniyle sınırlıdır. Diğer taraftan, özellikle klasik yöntemlerle bu çalışmanın da kapsamını aşacak kadar çok farklı alanlarda uygulamalara rastlanmakta olup, Dünya'da ve Türkiye'de yapılan bazı / güncel uygulama çalışmaları aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

Bankacılık ve Finans alanında; özellikle bankalar arası ilişkileri merkezilik endekslerinin yardımıyla inceleyen birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalardan bazıları Norveç para piyasası (Akram, 2010) ve ABD Federal Fon piyasası (Bech ve Atalay, 2008) üzerine yapılan çalışmalardır. Minoiu ve Reyes (2013) ise 1978-2010 arası verileri kullanarak 184 ülkeyi içeren bir uluslararası bankacılık ağı üzerinde çalışmıştır. Türkiye'de bu alanda yapılan çalışmalar için Özdemir (2015) örnek verilebilir. Pazarlama, iş birlikleri ve partnerlikler alanında, Yüctin (2011) ve Özgül (2018); göç olgusu ile ilişkili olarak, Maier ve Vyborny (2005), Fagiolo ve Mastroiello (2013) ve Benguigui ve Porat (2016); uluslararası çatışmalar, turizm, eğitim, sağlık, sosyal medya ile doğal afet yönetimi, firmalardaki organizasyonel yapı ve suç gibi farklı alanlara ait diğer çalışmalar arasında ise Tüzüntürk (2012), Doğan (2014), Ataç (2019), Mollaoğulları (2020), Demirci (2020) ve Yarım (2021) sayılabilir. Ayhan (2016) çalışmasında ağ analizini akademik makalelerdeki atıfları incelemek için kullanmıştır.

Çalışmamızın da uygulama alanını oluşturan uluslararası ticaret alanında yapılan geçmiş uygulamalara daha yakından bakacak olursak; Kim ve Shin tarafından 2002 yılında yapılan çalışmada 1959 ile 1996 yılları arasındaki IMF ülkelerarası ticaret verileri kullanılarak, bu yıllar arası dünyanın globalleştiği mi bölgeselleştiği mi sorusu üzerinde durulmuş ve sosyal ağ yaklaşımıyla veri seti incelenmiştir.

Garlaschelli ve Loffredo (2004b) çalışmasında ülkelerin gelir dağılımı ile ülkelerarası ticaret ağının yapısal özellikleri arasındaki ilişki incelenirken, Garlaschelli ve Loffredo (2005)'te ağın yapısal analizi yapılmıştır. Fagiolo, Schiavo ve Reyes'in (2010) çalışmasında karmaşık ağ analizi yöntemleri kullanılarak uluslararası ticaret ve finansal entegrasyon modelleri analiz edilmiştir.

Daha önce belirttiğimiz gibi, Endirekt yöntemler yeni olduklarından bu ölçütlere ait uygulama yazını yöntemin geliştiricilerinin yaptıkları çalışmalarla sınırlıdır:

Aleskerov vd. (2016b) tarafından yapılan çalışmada Aleskerov vd. (2016a) formüle ettiği uzun mesafeli ilişkileri dikkate alan yöntemler 2015'in birinci çeyreğinde ülkelerin bankacılık sistemlerindeki yurtdışı alacaklarını analiz etmek için kullanılmıştır. Motivasyonunu finansal krizden alan çalışma, daha dikkatli yatırımlar için sistematik olarak önemli finansal kurumların ve ülkelerin tespit edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Çalışmada yer alan ampirik örneğin yanı sıra hipotetik bir örnek ile Klasik Merkezilik Ölçütlerinin ve KBI Yöntemi'nin sistematik risk değerlendirme üzerine zayıflıkları açıklanmıştır. Yine, Aleskerov vd. (2017) küresel gıda üretimindeki ülkelerin gıda ağının tamamı üzerindeki etkisini Aleskerov vd. (2014) tarafından geliştirilen KBI ve Aleskerov vd. (2016a) tarafından geliştirilen LRIC yöntemleriyle analiz ederek küresel gıda ağında yüksek etkisi olan ülkeleri tespit etmeyi amaçlamışlardır. Ayrıca Aleskerov vd. (2020) çalışmalarında ülkelerin uluslararası ticaret ve uluslararası göç ağlarındaki grup etkisini değerlendirmek için iki yeni endeks daha kullanmaktadır.

Çalışmamızda başta uzun mesafeli ilişkileri göz önünde bulunduran yöntemler (LRIC) olmak üzere klasik merkezilik endeksleri de kullanılarak ülkelerarası ticaret ağı içinde kilit rol oynayan ülkelerin tespit edilmesi amaçlanmaktadır. Aşağıdaki bölümde çalışmada kullanılan yöntemsel çerçeve tanıtılmaktadır.

3. Yöntemsel Çerçeve

Bu kısımda “Endirekt/Uzun Menzilli” yöntemler (LRIC) metodolojik olarak, 40 ülkeden oluşan gerçek uygulamanın 10 ölkelik bir örnekleme üzerinde, adım adım açıklanmaktadır. Gerçek modele ilişkin sonuçlar ise çalışmanın dördüncü bölümünde sunulmaktadır.

3.1. Tanımlar ve Ağ Yapısının Oluşturulması

Ağ analizinin temelini çizge/graf (G) denilen yapılar oluşturmaktadır. Graflar herhangi bir durum ya da olaydaki öğeler arasındaki ilişkilerin modellenmesi ve görselleştirilmesi için kullanılmaktadır. Bir ağ yapısı, $G = \{V, E, W\}$ şeklinde; $V = \{1, \dots, n\}$ “düğüm (node/vertex)” adı verilen elemanlar kümesinden, $E \subseteq V \times V$ “kenar (edge)” adı verilen elemanlar arasındaki ilişkileri gösteren oklar kümesinden ve oklar üzerinde $(i, j) \in E$ olmak üzere $W = \{w_{ij}\}$ “ağırlıklar (weight)” kümesinden oluşan bir şebeke modeli olarak tanımlanabilir.

Bir kenar yalnızca bir yönde ilerliyorsa (iki nokta arasındaki tek yönlü bir yol gibi) “yönlü”, ilişkiler arasındaki yöne ait bir bilgi içermiyorsa “yönsüz”dür. Tüm kenarları yönlü olan bir ağ yapısına yönlendirilmiş; yönsüz olan bir ağa ise yönsüz graf denmektedir (Newman, 2003). Geliştirilen merkeziet endeksleriyle bu yapılarıdaki elemanların / düğümlerin önem derecesinin ölçülmesi ise, merkeziet/güç ölçümü olarak adlandırılmaktadır. Merkeziet endeksleri ile ilgili gerekli tanımlar ve ilgili notasyon aşağıda verilmektedir (Aleskerov vd. 2016b):

Düğümler Arası Bağın Gücü (a_{ij}): i ve j düğümleri arasındaki bağın gücünü ifade eden bir değerdir ve matris olarak gösterimi $A_{ij} = [a_{ij}]_{N \times N}$ şeklindedir.

Direkt ve Endirekt İlişki: Düğümlerin birbirleriyle olan doğrudan bağlantıları “direkt ilişki”; dolaylı etkileşimleri ise “endirekt ilişki” olarak adlandırılır.

Direkt Komşuların Kümesi N_i : Bir düğümün doğrudan bağlantısının olduğu düğümlerin oluşturduğu gruptur. N_i i 'nci elemanın direkt komşularının kümesidir ve i elemanının direkt komşularının olası grup sayısı $2^{|N_i|}$ ile bulunur.

s uzunluğu: “s” parametresiyle gösterilen uzunluk, ilişkilerin kaçınıcı katmana kadar inceleneceğini, yani bir düğümün diğer düğümlerle arasındaki ilişkilere bakılırken o düğüme en fazla ne kadar uzunluktaki düğümlerin ele alınacağını gösterir. Bir diğer ifadeyle, s uzunluğu bir düğüm ile diğer düğüm arasındaki yolun basamaklarının sayısıdır ve genelde belli bir değerin altında olması istenmektedir.

Eşik Değeri q_i : q_i i 'nci elemanın önceden belirlenen eşik değerini ifade etmektedir. Kritik grubun belirlenebilmesi için bu değerin önceden bilinmesi gerekmektedir. Düğümler arasındaki bağın gücünün bu eşik değerden düşük veya yüksek olmasına göre kritik gruplar belirlenir.

Kritik Grup $\Omega(i)$: i 'nci elemanın direkt komşularının grubu $\Omega(i) \subseteq N_i$, $\sum_{j \in \Omega(i)} a_{ij} \geq q_i$ ise “kritik”tir.

Merkezi Üyeler $\Omega_p(i)$: $x \in \Omega(i)$, $\sum_{j \in \Omega(i) \setminus \{x\}} a_{ij} < q_i$ ise “merkezi”dir. $\Omega_p(i)$, kritik grup ($\Omega(i)$) içindeki merkezi üyelerin kümesini ifade etmektedir.

p-yol: İki eleman arasındaki endirekt ilişkileri belirlemek için p-yol tanımı ortaya çıkmıştır. p-yol elemanların sıralı dizilimlerini ifade eder. Bu dizilim şu şekildedir: $i p j_1, i_1 p j_2, \dots, j_{k-1} p j_k, j_k p j$. Herhangi iki eleman arasında endirekt ilişkiyi belirlemek için aralarındaki bir s parametresinden kısa olan tüm p-yol'lar incelenir. Hiçbir yol döngü içermemelidir.

p-yol'ların Kümesi: i 'den j 'ye olan p-yol'ların kümesi $P^{ij} = \{P_1^{ij}, P_2^{ij}, \dots, P_m^{ij}\}$ şeklinde gösterilir. m yolların toplam sayısı ($n(k) = |P_k^{ij}|$) ve $k = \overline{1, m}$ k 'inci yolun uzunluğudur.

3.1.1. Düğümler Arası Bağın Gücü (A_{ij}) Matrisinin Oluşturulması

Yöntemsel açıklama için kullanılacak örnek modelde incelenen 10 ülke (Çin, ABD, Almanya, Japonya, Güney Kore, Hong Kong, Fransa, Hollanda, İtalya, Birleşik Krallık), 2021 yılı ITC verilerine göre 2017, 2018 ve 2019 yılı ihracat değerleri incelendiğinde dünya ihracatının %51.2'sini oluşturmaktadır. Veriyi analize hazır hale getirmek için öncelikle ülkelerin söz konusu yıllardaki ihracat verilerinin (ABD Doları cinsinden) ortalamaları alınmış ve ülkelerin birbirleri arasındaki ihracat değerlerinin farkı alınarak ticaret dengesi matrisi oluşturulmuştur.

Uygulamanın devamı için bu matristeki değerlerin oransal anlam ifade edebilecek verilere dönüştürülmesi (oransal normalizasyon) gerekmektedir. Aleskerov vd. (2016b) çalışmasında bankaların kredi oranlarının hesaplanması gibi bu çalışmada da her bir ülkenin toplam ihracatı o ülkenin doğrudan ilişkisinin bulunduğu ülkeler arasında oranlanmıştır. Bu oranlar hesaplandıktan sonra çalışmaya etkisi çok düşük olacağından ve bu değerlerin incelenmesi analizleri karmaşık hale getireceğinden 0.06'nın altında kalan (%5 ve altı) değerler çalışmaya dâhil edilmemiştir.

Böylelikle elde edilen ve çalışmada kullanılacak olan $A = [a_{ij}]_{N \times N}$ matrisi Tablo 1'de gösterilmiştir (0.05 ve altındaki değerler kırmızı yazılmıştır.):

Tablo 1. Örnek Modele İlişkin A_{ij} Matrisi

Ülke	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 (Çin)		0.73		0.01			0.02	0.13	0.04	0.07
2 (ABD)								1		
3 (Almanya)	0.13	0.34		0.01	0.05		0.19		0.05	0.22
4 (Japonya)		0.55			0.18	0.15		0.06		0.05
5 (Güney Kore)	0.44	0.20				0.35				
6 (Hong Kong)	0.50	0.22	0.07					0.21		
7 (Fransa)		0.37		0.06	0.12	0.13				0.33
8 (Hollanda)			0.40		0.02		0.29		0.12	0.17
9 (İtalya)		0.43		0.05	0.02	0.05	0.22			0.22
10 (Birleşik Krallık)		0.50				0.50				

3.1.2. Güç Matrisinin (C_{ij}) Oluşturulması

Uzun Mesafeli İlişkileri Dikkate Alan Yöntemlerin uygulanması için C güç matrisinin oluşturulması, bunun oluşumu içinse merkezi üyeler $\Omega_p(i)$ ve bunlara ait kritik grupların $\Omega(i)$ belirlenmesi gerekmektedir (Aleskerov vd., 2016a).

Örnek modelde eşik değeri (q) "0.20" olarak belirlenmiştir. Her bir ülkeye ait direkt komşuların kümesi N_i ve kritik gruplar $\Omega(i)$ Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2’de ve bundan sonra gösterimde kolaylık açısından her bir ülke Tablo 1’de numaralandığı şekilde (1’den 10’a kadar; 1: Çin, ..., 10: Birleşik Krallık.) nitelendirilmektedir.

Tablo 2. Örnek Modelde Her Bir Ülkeye Ait Direkt Komşuların Kümesi ve Kritik Gruplar

Ülke (i)	Direkt Ticaret, N_i	Kritik Gruplar, $\Omega(i)$
1	{2,8,10}	{2}, {2,8}, {2,10}, {8,10}, {2,8,10}
2	{8}	{8}
3	{1,2,7,10}	{1,2}, {1,7}, {1,10}, {1,2,7}, {1,2,10}, {1,2,7,10}, {1,7,10}, {2}, {2,7}, {2,10}, {2,7,10}, {7,10}, {10}
4	{2,5,6,8}	{2}, {2,5}, {2,6}, {2,8}, {2,5,6}, {2,5,8}, {2,6,8}, {2,5,6,8}, {5,6}, {5,8}, {5,6,8}, {6,8}
5	{1,2,6}	{1}, {1,2}, {1,6}, {1,2,6}, {2}, {2,6}, {6}
6	{1,2,3,8}	{1}, {1,2}, {1,3}, {1,8}, {1,2,3}, {1,2,8}, {1,3,8}, {1,2,3,8}, {2}, {2,3}, {2,8}, {2,3,8}, {3,8}, {8}
7	{2,5,6,10}	{2}, {2,5}, {2,6}, {2,10}, {2,5,6}, {2,5,10}, {2,6,10}, {2,5,6,10}, {5,6}, {5,10}, {5,6,10}, {6,10}, {10}
8	{3,7,9,10}	{3}, {3,7}, {3,9}, {3,10}, {3,7,9}, {3,7,10}, {3,9,10}, {3,7,9,10}, {7}, {7,9}, {7,10}, {7,9,10}, {9,10}
9	{2,7,10}	{2}, {2,7}, {2,10}, {2,7,10}, {7}, {7,10}, {10}
10	{2,6}	{2}, {6}, {2,6}

Ülke 1’e (Çin) ait merkezi üyeler $\Omega_p(i)$, eşik değeri $q=0.20$ olduğunda Tablo 3’teki gibidir:

Tablo 3. Örnek Modelde Ülke 1’e Ait Merkezi Üyeler

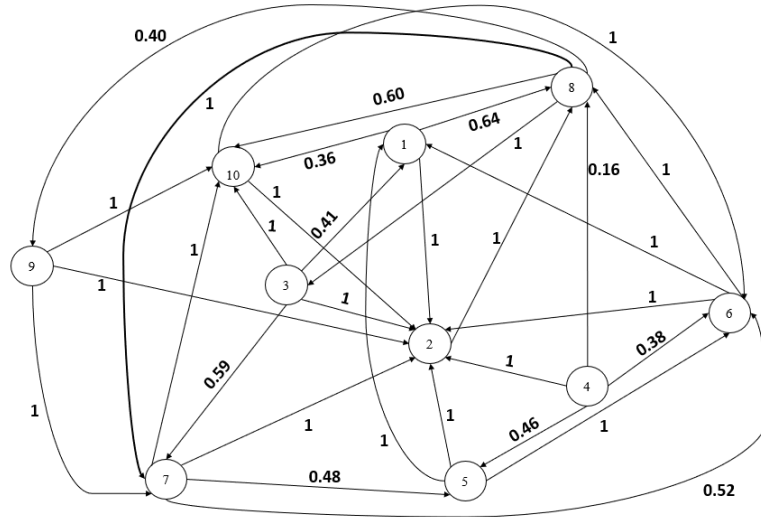
Kritik Gruplar, $\Omega(1)$	Merkezi Üyeler, $\Omega_p(1)$
{2}	{2}
{2,8}	{2}
{2,10}	{2}
{8,10}	{8,10}
{2,8,10}	\emptyset

C matrisi oluşturulduğunda a_{ij} değerleri c_{ij} değerlerine dönüştürülür. $c_{ij} = 1$ ise ülke i ülke j üzerinde maksimum etkiye sahip demek iken; $c_{ij} = 0$ olması ülke i ’nin ülke j ’ye doğrudan etkisinin olmadığı anlamına gelmektedir. 0 ile 1 arasındaki c_{ij} değerleri ise ülke i ’nin ülke j üzerindeki etki seviyesini ifade etmektedir. c_{ij} hesaplanırken bir elemanın direkt komşularına bakılır. Eğer o elemanın incelenen direkt komşusu o elemana ait merkezi elemanlar kümesinde yer alıyorsa hangi kritik gruplar için merkezi eleman olduğuna bakılır. Merkezi elemanı olduğu her bir kritik grubun toplam ağırlığı hesaplanır ve minimum toplam ağırlığa sahip kritik grup seçilir. c_{ij} değeri hesaplanırken elemana ait a_{ij} değeri seçilen kritik grubun toplam ağırlığına bölünür.

Örnek modelde eşik değeri $q=0.20$ alınarak $C = [c_{ij}]$ matrisi oluşturulmuştur. Örneğin, ülke 1 için c_{1j} değerleri şu şekilde hesaplanmıştır:

Ülke 1'in komşuları 2, 8 ve 10'dur. Bu elemanların hepsi ülke 1'in merkezi üyeleri arasında yer almaktadır. Ülke 2 ve 8 farklı kritik gruba ait merkezi üyedir. Ülke 2'nin ait olduğu kritik gruplar içinde en düşük ağırlığa sahip olan grup sadece 2'nin yer aldığı gruptur. Buradan, $c_{12} = \frac{0.73}{0.73} = 1$ olarak hesaplanmaktadır. Ülke 8 ve 10 incelendiğinde bu iki elemanın tek bir kritik gruba $\{8,10\}$ ait merkezi üyeler olduğu görülmektedir. Bu nedenle iki eleman için de en düşük toplam ağırlığa sahip kritik grup $\{8,10\}$ olarak belirlenmiştir. Buradan, $c_{18} = \frac{0.13}{0.20} = 0.64$, $c_{110} = \frac{0.07}{0.20} = 0.36$ olarak hesaplanmaktadır.

$C = [c_{ij}]$ matrisinin grafiksel gösterimi Şekil 1'deki gibidir:



Şekil 1. Örnek Modele Ait C_{ij} Matrisinin Grafiksel Gösterimi

3.2. Endirekt Etki Hesaplama Yöntemleri ile Merkezilik Ölçümü

Endirekt Etki Hesaplama Yöntemleri (LRIC), “mesafe odaklı” veya “simülasyona dayalı” olmak üzere iki yaklaşımla ele alınabilir (Aleskerov vd. 2016a). Bu çalışmada yalnızca mesafe odaklı yaklaşım grubuna ait beş temel yöntem uygulandığından açıklamalar bu yöntemler üzerinden yapılacaktır.

Bu yöntemler iki farklı kural ve üç farklı yaklaşım üzerine kurulmuştur. Bu iki kurala “Yol Etkilerinin Çarpımı” ve “Minimum Yol Etkisi” adı verilmektedir. Yol Etkilerinin Çarpımı belirli iki düğüm arasındaki her bir yol kombinasyonu için bağlantıların ağırlık değerlerinin çarpılması mantığına dayanmaktadır. Minimum Yol Etkisi ise bu yol kombinasyonlarının her biri için yol uzunluğu ne olursa olsun

minimum değere sahip ağırlık değerinin seçilmesidir. Bu iki kural üç farklı yaklaşımla birleşerek endirekt etkilerin hesaplanmasına olanak tanımaktadır. Bu üç yaklaşım Yol Etkilerinin Toplamı, Yol Etkilerinin Maksimum Değerinin Alınması ve Eşik Kuralı yaklaşımıdır. Yol Etkilerinin Toplamı yaklaşımında amaç belirli iki düğüm arasında hesaplanan her bir yol etkisinin toplamının alınmasıdır. Yol etkilerinin toplamının 1'i geçtiği durumda toplam 1'e eşitlenmektedir. Yol Etkilerinin Maksimum Değerinin Alınması yaklaşımı ise belirli iki düğüm arasında hesaplanan her bir yol etkisinin maksimum değere sahip olanının seçilmesidir. Eşik Kuralı yaklaşımı ise yol etkilerine belirli puanların atanmasını içeren hesaplaması daha karmaşık olan bir yaklaşımdır ve sonraki kısımlarda açıklanmaktadır.

Belirli iki düğüm arasında yol etkileri çarpılarak hesaplanan değerlerin toplamının alınmasına orijinal ismi ile "SumPaths"; bu değerlerin maksimumunun seçilmesine ise "MaxPath" yöntemi; Minimum Yol Etkisi kuralıyla belirlenen yolların maksimum değere sahip olanının seçilmesine ise "MaxMin" yöntemi adı verilmektedir. Eşik Kuralı yaklaşımı ise her iki kuralla birlikte uygulanabilmektedir. Yol Etkilerinin Çarpımı kuralı ile birlikte Eşik Kuralı yaklaşımının uygulanması "MultT" yöntemi olarak adlandırılırken Minimum Yol Etkisi kuralının Eşik Kuralı yaklaşımıyla birlikte kullanılması "MaxT" olarak adlandırılmaktadır. Bu beş farklı yöntemin hangi kural ve yaklaşımların kombinasyonundan oluştuğuna dair tablo aşağıda yer almaktadır.

Tablo 4. Endirekt Etki Hesabında Kullanılan Yöntemlerin Olası Kombinasyonları

Yolların Toplanması				
		Yolların Etkileri Toplamı	Maksimal Yol Etkisi	Eşik Kuralı
Yolların Etkisi	Direkt Etkilerin Çarpımı	SumPaths	MaxPath	MultT
	Minimum Direkt Etki	-	MaxMin	MaxT

Yöntemlere ait biçimsel / matematiksel ifadeler ve uygulama adımları aşağıda açıklanmaktadır.

3.2.1. SumPaths, MaxPath ve MaxMin Yöntemleri

Önceki bölümde de belirtildiği gibi bir sistemde iki eleman arasındaki endirekt etki hesaplanırken iki kural kullanılmaktadır. Birincisi iki eleman arasındaki tüm direkt etkilerin çarpımı, ikincisi ise iki eleman arasındaki minimum direkt etkinin alınmasıdır. Buna göre i ile j arasındaki k 'ncü p-yol P_k^{ij} üzerindeki endirekt etkinin gösterimi aşağıdaki şekildedir:

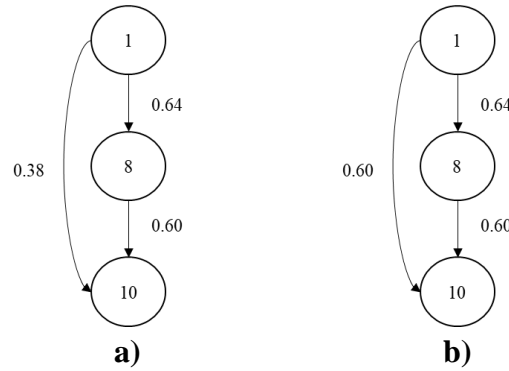
$$f(P_k^{ij}) = c_{ij(1,k)} \cdot c_{j(1,k)j(2,k)} \cdot \dots \cdot c_{j(n(k),k)j} \quad (1)$$

veya

$$f(P_k^{ij}) = \min (c_{ij(1,k)}, c_{j(1,k)j(2,k)}, \dots, c_{j(n(k),k)j}) \quad (2)$$

“Ağ Yapısının Oluşturulması” bölümünde de belirtildiği gibi iki eleman arasındaki endirekt etkileri hesaplamak için aralarındaki bir s parametresinden kısa olan tüm p -yol’lar incelenir. Bu örnek çalışmada s parametresi 2 olarak belirlenmiştir. İki eleman arasında belirlenen hiçbir yol döngü içermemelidir (Aleskerov vd., 2016b).

Örnek model üzerinde ülke 1 ile ülke 10 arasında uzunluğu belirlenen s değerinden kısa olan yollar incelendiğinde 2 yol tespit edilmiştir: $1p10$ ve $1p8p10$. Bu yollardan birine ait endirekt etki hesaplaması iki farklı yöntemle göre aşağıdaki şekilde açıklanmıştır:



Şekil 2. Endirekt Etki Hesaplama
a) Direkt Etkilerin Çarpımı ve b) Minimum Direkt Etki

Bir sistemdeki iki eleman arasında çok fazla yol olacağından dolayı bu yollardaki etkilerin hepsini toplamak zor olmaktadır. Bu nedenle iki eleman arasındaki toplam endirekt etkiyi hesaplamak için yukarıda bahsedilen üç yaklaşım kullanılmaktadır. Bu metotlarla elde edilen sonuçlar yeni bir matris oluşturmaktadır:

$$C^*(s) = [c_{ij}^*(s)] \quad (3)$$

Aşağıda bu üç metottan, daha sonra açıklanacak olan “eşik kuralı” dışında, ikisine ilişkin formüller yer almaktadır:

Yol Etkileri Toplamı (SumPaths):

$$c_{ij}^*(s) = \min (1, \sum_{k:n(k) \leq s} f(P_k^{ij})) \quad (4)$$

Maksimal Yol Etkisi (MaxPath):

$$c_{ij}^*(s) = \max_{k:n(k) \leq s} f(P_k^{ij}) \quad (5)$$

Örnek modelde belirlenen s değerini (2) sağlayan tüm yollar için Yol Etkilerinin Çarpımı ve Minimum Yol Etkisi hesaplanmıştır. $C^*(s)$ matrisini oluşturabilmek için her bir elemanın arasındaki toplam endirekt etkiyi hesaplamak gerekmektedir.

Yol Etkileri Toplamı (SumPaths) yöntemine göre hesaplama yapıldığında $C^*(s)$ matrisi Tablo 5'teki gibidir:

Tablo 5. Yol Etkileri Toplamı (SumPaths) Yöntemine Göre $C^*(s)$ Matrisi

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ağırlıklar
1	0.00	1.00	0.64	0.00	0.00	0.36	0.64	1.00	0.26	0.74	0.10
2	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.40	0.60	0.10
3	0.41	1.00	0.00	0.00	0.28	1.00	0.59	1.00	0.00	1.00	0.10
4	0.84	1.00	0.16	0.00	0.46	0.84	0.16	1.00	0.06	0.09	0.10
5	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.36	0.10
6	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.40	0.96	0.10
7	1.00	1.00	0.00	0.00	0.48	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.10
8	0.41	1.00	1.00	0.00	0.48	1.00	1.00	0.00	0.40	1.00	0.10
9	0.00	1.00	0.00	0.00	0.48	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.10
10	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.10
Toplam	0.57	0.90	0.38	0.00	0.22	0.72	0.54	0.90	0.15	0.67	5.05
Toplam (Normalize)	0.11	0.18	0.08	0.00	0.04	0.14	0.11	0.18	0.03	0.13	

Maksimal Yol Etkisi yöntemine göre hesaplama yapıldığında $C^*(s)$ matrisi Tablo 6'daki gibidir:

Tablo 6. Maksimal Yol Etkisi (MaxPath) Yöntemine Göre $C^*(s)$ Matrisi

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ağırlıklar
1	0.00	1.00	0.64	0.00	0.00	0.36	0.64	1.00	0.26	0.38	0.10
2	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.40	0.60	0.10
3	0.41	1.00	0.00	0.00	0.28	1.00	0.59	1.00	0.00	1.00	0.10
4	0.46	1.00	0.16	0.00	0.46	0.46	0.16	1.00	0.06	0.09	0.10
5	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.36	0.10
6	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.40	0.60	0.10
7	0.52	1.00	0.00	0.00	0.48	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.10
8	0.41	1.00	1.00	0.00	0.48	0.60	1.00	0.00	0.40	1.00	0.10
9	0.00	1.00	0.00	0.00	0.48	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.10
10	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.10
Toplam	0.48	0.90	0.38	0.00	0.22	0.64	0.54	0.90	0.15	0.60	4.81
Toplam (Normalize)	0.10	0.19	0.08	0.00	0.05	0.13	0.11	0.19	0.03	0.13	

MaxMin yöntemine göre hesaplama yapılan $C^*(s)$ matrisi Tablo 7'de verilmiştir:

Tablo 7. MaxMin Yöntemine Göre C*(s) Matrisi

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ağırlıklar
1	0.00	1.00	0.64	0.00	0.00	0.36	0.64	1.00	0.40	0.60	0.10
2	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.40	0.60	0.10
3	0.41	1.00	0.00	0.00	0.48	1.00	0.59	1.00	0.00	1.00	0.10
4	0.46	1.00	0.16	0.00	0.46	0.46	0.16	1.00	0.16	0.16	0.10
5	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.36	0.10
6	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.40	0.60	0.10
7	0.52	1.00	0.00	0.00	0.48	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.10
8	0.41	1.00	1.00	0.00	0.48	0.60	1.00	0.00	0.40	1.00	0.10
9	0.00	1.00	0.00	0.00	0.48	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.10
10	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.10
Toplam	0.48	0.90	0.38	0.00	0.24	0.64	0.54	0.90	0.18	0.63	4.89
Toplam (Normalize)	0.10	0.18	0.08	0.00	0.05	0.13	0.11	0.18	0.04	0.13	

3.2.2. Eşik Kuralı: MultT ve MaxT Yöntemleri

Eşik Kuralı yöntemi Aleskerov ve Yakuba (2007) tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntem şu şekilde açıklanabilir:

İki eleman arasında k adet yol vardır. Bu yollar arasındaki direkt etkileşimlere karşılık gelen n adet puan mevcuttur ve bu puanlar m farklı değer almaktadır. Her bir elemanın (k yolunun) aldığı değerler $v_1(P_k^{ij}), v_2(P_k^{ij}), \dots, v_m(P_k^{ij})$ olarak ifade edilir ve her elemanın kaç tane l 'inci puanı aldığı bilgisini içerir. Daha sonra her k yolu için $v(P_k^{ij})$ değeri hesaplanır. Eşik Kuralı'na göre bu değerler birbirleriyle karşılaştırılır. En düşük değere sahip olan eleman/yol en iyi yol seçilir.

Biçimsel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$c_{ij}^*(s) = f(P_z^{ij}), \quad (6)$$

$$z = \operatorname{argmin}_{k:n(k) \leq s} v(P_k^{ij}), \quad (7)$$

$$v(P_k^{ij}) = \sum_{l=1}^m v_l(P_k^{ij}) * (s + 1)^{m-1} + s - n(k) \quad (8)$$

Eşik Kuralı'na göre $C^*(s)$ matrisinin oluşturulması için $v(P_k^{ij})$ değerlerinin hesaplanması; bunun içinse her bir yol için belirlenen c_{ij} değerlerinin puanlara dönüştürülmesi gerekmektedir.

Örnek model için atanan puanlar şu şekildedir:

$$\begin{aligned} c_{ij} = 0 & \Rightarrow 0; \\ 0 < c_{ij} \leq 0.25 & \Rightarrow 1; \\ 0.25 < c_{ij} \leq 0.5 & \Rightarrow 2; \\ 0.5 < c_{ij} \leq 0.8 & \Rightarrow 3; \\ 0.8 < c_{ij} \leq 1 & \Rightarrow 4. \end{aligned}$$

Formül (8)'deki s değeri önceden belirlenen kaçınıcı dereceden ilişkilerin inceleneceğini belirten s parametresi, $n(k)$ ise ilgili yolun uzunluğudur. Yukarıda incelenen iki ülke arasındaki hesaplamalar Eşik Kuralı'na göre yapıldığında Tablo 8'deki sonuçlar elde edilmiştir:

Tablo 8. Eşik Kuralına Göre $v(P_k^{ij})$ Değerlerinin Hesaplanması

Yol no, k	Yol (c_{ij} değerleri)	Yol (puanlar)	$v(P_k^{110})$
1	$1 \xrightarrow{0.36} 10$	$1 \xrightarrow{2} 10$	10
2	$1 \xrightarrow{0.64} 8 \xrightarrow{0.60} 10$	$1 \xrightarrow{3} 8 \xrightarrow{3} 10$	6

Eşik Kuralı'na göre $v(P_2^{110}) < v(P_1^{110})$ olduğundan 2 numaralı yol seçilmiştir. MultT yöntemi için 2 numaralı yolun direkt etkilerinin çarpımı alınırken MaxT yönteminde 2 numaralı yolun minimum direkt etkisi alınmıştır.

MultT yöntemine göre hesaplama yapıldığında oluşan $C^*(s)$ matrisi aşağıdadır.

Tablo 9. MultT Yöntemine Göre $C^*(s)$ Matrisi

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ağırlıklar
1	0.00	1.00	0.64	0.00	0.00	0.36	0.64	1.00	0.26	0.38	0.10
2	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.40	0.60	0.10
3	0.41	1.00	0.00	0.00	0.28	1.00	0.59	1.00	0.00	1.00	0.10
4	0.46	1.00	0.16	0.00	0.46	0.46	0.16	1.00	0.06	0.09	0.10
5	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.36	0.10
6	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.40	0.60	0.10
7	0.52	1.00	0.00	0.00	0.48	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.10
8	0.41	1.00	1.00	0.00	0.48	0.60	1.00	0.00	0.40	1.00	0.10
9	0.00	1.00	0.00	0.00	0.48	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.10
10	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.10
Toplam	0.48	0.90	0.38	0.00	0.22	0.64	0.54	0.90	0.15	0.60	4.81
Toplam (Normalize)	0.10	0.19	0.08	0.00	0.05	0.13	0.11	0.19	0.03	0.13	

MaxT yöntemine göre hesaplama yapıldığında oluşan $C^*(s)$ matrisi ise Tablo 10'daki gibidir:

Tablo 10. MaxT Yöntemine Göre C* (s) Matrisi

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ağırlıklar
1	0.00	1.00	0.64	0.00	0.00	0.36	0.64	1.00	0.40	0.60	0.10
2	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.40	0.60	0.10
3	0.41	1.00	0.00	0.00	0.48	1.00	0.59	1.00	0.00	1.00	0.10
4	0.46	1.00	0.16	0.00	0.46	0.46	0.16	1.00	0.16	0.16	0.10
5	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.36	0.10
6	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.40	0.60	0.10
7	0.52	1.00	0.00	0.00	0.48	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.10
8	0.41	1.00	1.00	0.00	0.48	0.60	1.00	0.00	0.40	1.00	0.10
9	0.00	1.00	0.00	0.00	0.48	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.10
10	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.10
Toplam	0.48	0.90	0.38	0.00	0.24	0.64	0.54	0.90	0.18	0.63	4.89
Toplam (Normalize)	0.10	0.18	0.08	0.00	0.05	0.13	0.11	0.18	0.04	0.13	

Örnek model için elde edilen sonuçlara bakıldığında beş yöntemin de benzer sonuçlar verdiği görülmektedir. Analiz sonuçlarına göre 2., 8., 6. ve 10. ülkeler (ABD, Hollanda, Hong Kong ve Birleşik Krallık) sistemdeki en merkezi ülkelerdir.

4. Metodoloji

Bu bölümde önceki kısımda sınırlı bir örnek üzerinde esasları açıklanan uzun menzilli endirekt merkezilik/etki (LRIC) hesaplama yöntemlerinin (SumPaths, MaxPath, MaxMin, MultT ve MaxT) yanı sıra literatürde daha iyi bilinen klasik yöntemlerden bazıları 40 ülkeli geniş bir veri setine uygulanarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Tümü 40x40'lık bir matris üzerinde uygulanmış olup; veri setinin oluşturulması, kısıtlar, varsayımlar ve uygulama sonuçları aşağıda açıklanmaktadır.

4.1. Veri Seti ve Örneklem

Uluslararası Ticaret Komisyonu'nun (ITC) 2017, 2018 ve 2019 yılları verilerine göre ABD doları cinsinden ihracat değerlerinin ortalaması en yüksek olan 40 ülke seçilmiştir. Söz konusu 3 yıldaki -toplam- ihracat değerlerinin ortalaması incelendiğinde belirlenen 40 ülkenin dünya ihracatının %89.6'sını oluşturduğu tespit edilmiştir. Ülkelere ait ticaret verileri araştırılırken her ülkeye ait toplam ihracat değerlerine bakılmış, sektörler veya çeşitlere göre ayrılmamıştır. Dünyanın en büyük 20 ekonomisi / G-20 ülkelerinin büyük çoğunluğu (2018 yılında, diğer ülkelere göre ihracat değerleri çok düşük olan Arjantin dışında) incelenen 40 ülke arasında yer almaktadır.

Ele alınan ülkeler ve bunların bahsedilen 3 yıla ait ABD doları cinsinden ortalama ihracatı Ek 1'de verilmiştir.

4.2. Yöntem

İncelenen 40 ülke için 3 yıla ait ihracat verilerinin ortalamaları elde edildikten sonra bu ülkelerin kendi aralarındaki ticaret dengesi hesaplanmıştır. Daha sonra bu hesapların yer aldığı 40x40 boyutunda bir matris oluşturulmuştur. Ağ yapısı oluşturulurken matriste yer alan, birbiriyle ticari ilişkisi olan ülkeler düğümleri, ülkelerarasındaki ticaret dengesinin hangi ülkeden hangi ülkeye olduğu bilgisi bağlantının yönünü, ticaret dengesi verileri ise bağlantıların ağırlığını oluşturmaktadır. Birçok çalışmada verilerin ağ yapısına dönüştürülmesinde bu gösterim şeklinin kullanıldığı görülmektedir (Fagiolo vd. 2010). Çalışmada tek yönlü ağ yapısının kullanılmasının bir nedeni de bağlantı karşılıklılığı üzerine yapılan çalışmalarda Dünya Ticaret Ağı için hesaplanan bağlantı karşılıklılığı değerinin diğer ağlara göre çok yüksek olması ve bu ağdaki çift yönlü bağların akışı dengeleme eğiliminde olmasıdır (Garlaschelli vd. 2004a).

Klasik yöntemler ve LRIC hesaplamaları için iki farklı matris oluşturulmuştur. Klasik etkilerin hesaplanmasında oluşturulan matris değişiklik yapılmadan kullanılırken endirekt etkilerin hesaplanması sırasında, yöntemlerin doğası gereği bazı sadeleştirmeler yapılmıştır. Öncelikle 40x40 boyutundaki matriste yer alan ticaret dengesi verileri tüm satırlar toplamları 1 olacak şekilde oransal normalizasyona tabi tutulmuştur. Doğrudan etkileri düşük olmasına rağmen hesaptaki karmaşıklığı artıran 0.10'un altındaki tüm değerler matristen çıkarılmıştır. Endirekt etki hesaplanabilmesi için C_{ij} matrisi değerlerinin elde edilmesi ve modelin bu değerlere göre oluşturulması gerekmektedir. Uygulamada C_{ij} matrisi bu sadeleştirilmiş değerlere göre oluşturulmuştur.

Sadeleştirmelerin yanı sıra endirekt etki hesabının yapılabilmesi için öncelikle bazı parametrelerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu parametreler yöntemin karmaşıklığını azaltmak adına önem taşımaktadır. Kaçıncı dereceden ilişkilerin dikkate alınacağını ifade eden s parametresi 2 olarak ve belli değer altındaki ilişkilerin gücünü azaltmak için kullanılan eşik değeri q, 0.20 olarak belirlenmiştir.

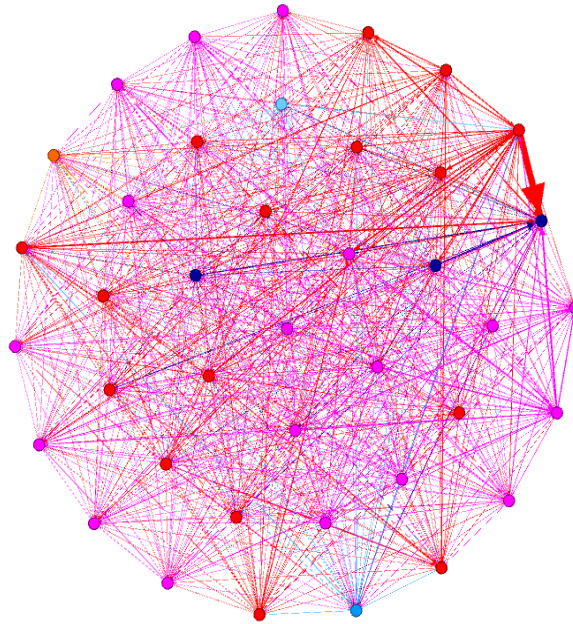
40x40 boyutundaki matrise ait ağ yapısının görselleştirilmesi ve klasik ölçütlerin hesaplanması için Gephi[®] adlı ağ yapılarına ilişkin analizler ve görselleştirmeler yapan açık kaynak kodlu hazır program kullanılmıştır. Endirekt Etki Hesaplama Yöntemlerine dair sonuçlar ise Ms Excel[®] yardımıyla elde edilmiştir. Uygulama sonuçları aşağıdaki bölümde yer almaktadır.

4.3. Bulgular

Bulgular bölümü, ağ yapısına ilişkin görsel modelleri içeren görsel analiz ve sırasıyla incelenen ağ yapısındaki klasik ve endirekt (LRIC) ölçütlere ilişkin uygulama sonuçlarının sunulduğu ve yorumlandığı bölümlerden oluşmaktadır.

4.3.1. Görsel Analiz

Ağ yapısına ilişkin görsel analiz Gephi[®] programı ile yapılmıştır. Öncelikle ağ rasgele bir dağılım içinde görselleştirilmiştir. Fakat ağa ait 40 düğüm ve 780 adet bağlantı olduğundan model karmaşık görünmektedir. Bu nedenle bağlantıların çarpışmalarını önleyerek bağlantıları ağ üzerinde daha eşit dağıtan Fruchterman-Reingold adı verilen bir yerleşim modeliyle ağ yeniden modellenmiştir (Fruchterman & Reingold, 1991). Ayrıca ağ modelindeki ülkeler bölgelere göre renklendirilmiştir. Renklendirilmiş ağ modeli Şekil 3'te yer almaktadır.



Şekil 3. Ağın Bölgelere Göre Renklendirilmiş Fruchterman-Reingold Görünümü

(Asya: Kırmızı, Avrupa: Mor, Kuzey Amerika: Lacivert, Güney Amerika: Açık Mavi, Okyanusya: Mavi, Afrika: Turuncu)

Fruchterman-Reingold Yerleşim Modeli ve renklendirmeler sonucu elde edilen görselde incelenen ülkelerin çoğunlukla Asya ve Avrupa bölgelerinde buldukları görülmektedir. Veri setinin büyüklüğü sebebiyle ilişkiler çok karmaşık görünse de Çin'den Amerika Birleşik Devletleri'ne yapılan ihracat (kırmızı ve kalın bir okla temsil edildiği üzere) diğer bağlantılardan çok daha belirgin olarak öne çıkmaktadır.

4.3.2. Endirekt Etki Sonuçları

Endirekt etki hesaplama yöntemlerinden SumPaths, MaxPath, MaxMin, MultT ve MaxT kullanılmıştır. Ağ yapısına ait her bir ölçüte göre oluşturulan sıralamalar Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11. Endirekt Etki Hesaplama Ölçütlerine Göre Ülkelerin Sıralaması

Sıralama	SumPaths	MaxPath	MaxMin	MultT	MaxT
1	ABD	ABD	ABD	ABD	ABD
2	Hollanda	Hollanda	Hollanda	Hollanda	Hollanda
3	Fransa	Fransa	Fransa	Fransa	Fransa
4	Almanya	Almanya	Almanya	Almanya	Almanya
5	Suudi Arabistan	BAE	BAE	BAE	BAE
6	BAE	Çin	Çin	Çin	Çin
7	Çin	Suudi Arabistan	Suudi Arabistan	Suudi Arabistan	Suudi Arabistan
8	İsviçre	İsviçre	İsviçre	İsviçre	İsviçre
9	Birleşik Krallık	Birleşik Krallık	Birleşik Krallık	Birleşik Krallık	Birleşik Krallık
10	İrlanda	İrlanda	Singapur	İrlanda	Singapur
...					
35	Türkiye	Türkiye	Türkiye	Türkiye	Türkiye
...					

Tablo 11 incelendiğinde beş farklı LRIC yöntemi ile elde edilen sıralamaların birbirine çok yakın, hatta en merkezi dört ülkenin ve sıralarının aynı (ABD, Hollanda, Fransa ve Almanya) olduğu görülmektedir.

Bunun sebebi ülkelerin birbiriyle çok fazla ilişki kurması ve ilişkilerin C matrisi için hesaplanmış ağırlıklarının çoğunun 1 değerini almasıdır. Zira önceden de belirtildiği gibi C matrisi oluşturulurken 1'in üstünde olan yol etkisi değerleri 1'e eşitlenmektedir. Bu ağ yapısı için oluşturulmuş C matrislerinde birçok 1 değeri vardır çünkü iki düğüm arasındaki endirekt ilişkilerin çoğu yol etkilerinin çarpımı 1'e eşit olan en az bir yol içermektedir. Bu da MaxPath değerlerini 1'e eşitlemektedir. Ayrıca SumPaths yöntemi de bu yollara dair çarpım sonuçlarını topladığından toplamları 1'i geçmektedir. Bu değerlerin 1'e eşitlenme kuralı SumPaths için oluşturulan C matrisinde de birçok 1 değerinin yer almasına sebep olmaktadır. Çarpımı 1'e eşit olan yollar ağırlık olarak hep 1 değerini içerdiğinden yolların minimum değeri de 1 olmaktadır. İki ülke arasında başka yol seçenekleri olsa bile MaxMin yöntemi minimum değerler arasından en büyüğünü aldığından yine 1 değeri C matrisine yerleşmektedir.

4.3.3. Klasik Yöntemler ile Elde Edilen Sonuçlar ve Karşılaştırma

Endirekt yöntemlerin yanı sıra karşılaştırma açısından modellenen ağ yapısındaki her bir ülkenin dünya ticaretindeki önemini belirlemek için klasik yöntemlerden Ağırlıklandırılmış İç ve Dış Derece Merkezilik Ölçütleri, Pagerank Algoritması ve Arasındalık Merkezilik Ölçütü uygulanmıştır. Bu analizler sonucu oluşan sıralamaların ilk beşinde yer alan ülkeler Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12. Klasik Ölçütlere Göre Ülkelerin İlk 5 Sırası

Ağırlık. İç Derece	Ağırlık. Dış Derece	Pagerank	Arasındalık
ABD	Çin	Suudi Arabistan	Belçika
Birleşik Krallık	Almanya	BAE	Hong Kong
Çin	Japonya	Belçika	Avustralya
Hollanda	Güney Kore	Birleşik Krallık	Katar
Fransa	Rusya	Güney Afrika	İsviçre

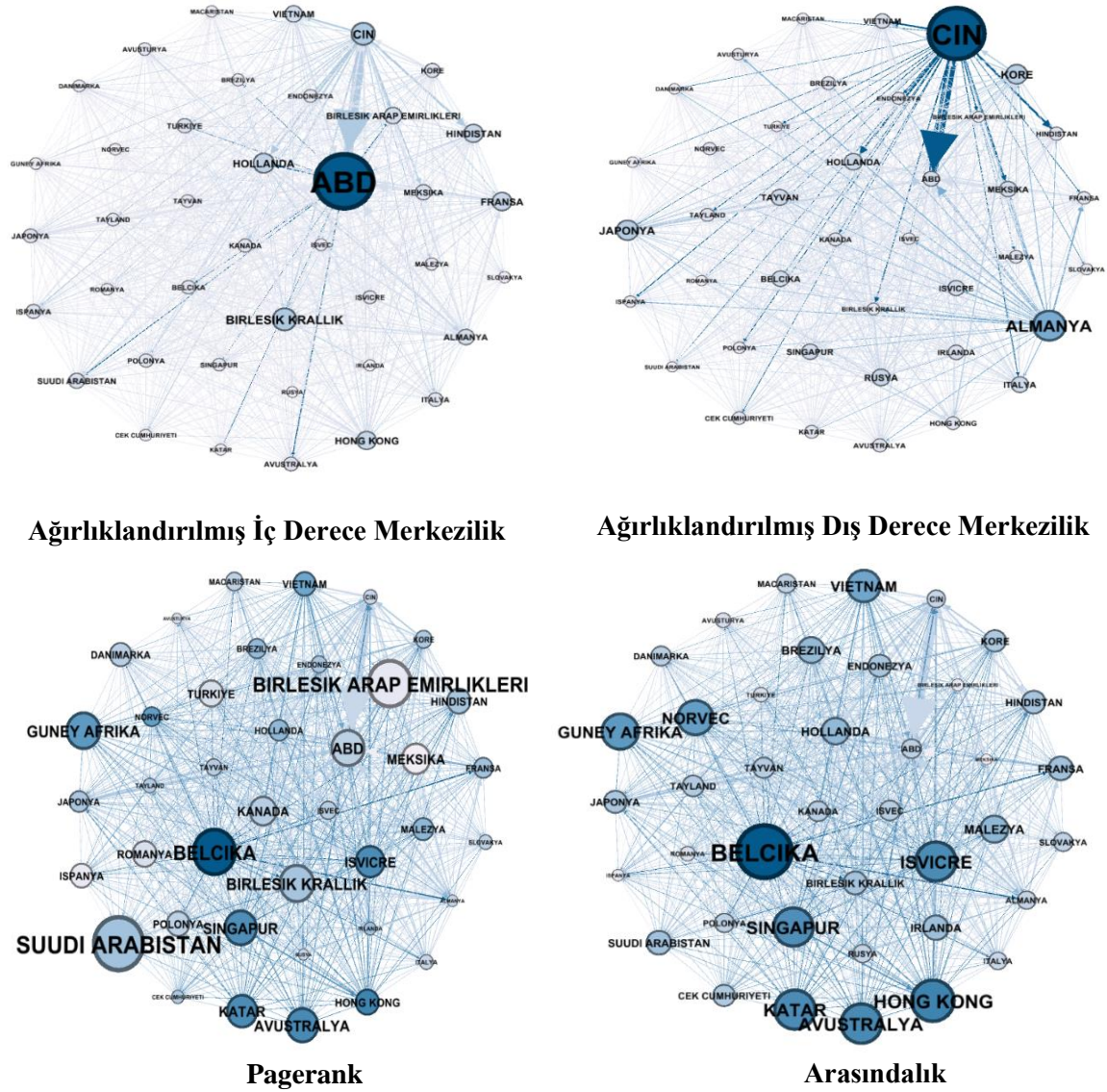
Ağırlıklandırılmış İç Derece ölçütüne göre ABD'nin; Dış Derece'ye göre ise Çin'in diğer ülkelerden önde olduğu görülmektedir. Diğer ülkelerden ABD'ye veya Çin'den dış dünyaya doğru olan akışların çoğunun eşik değerinin üstünde olduğu ve analizde kullanılan ihracat ortalamalarına göre Çin, ABD ve Almanya'ya ait toplam ihracat diğer ülkelere göre büyük farkla önde olduğu (bkz. Ek 1) göz önünde bulundurulduğunda, bu ülkelere dair merkezîyet derecelerinin yüksek olması beklenebilmektedir.

Ancak endirekt / uzak mesafeli ölçütlere göre her zaman ilk üçte yer alan Hollanda ve Fransa hiçbir klasik yöntemle göre ilk üç sırada yer alamamıştır. Aleskerov vd. (2016b) çalışmasında da bu durum görülmüş; endirekt / uzak mesafe etki hesaplama yöntemleri ile en etkili ülke olarak ilk sıralarda yer alan ülkelerin hiçbir klasik yöntemle tespit edilememiş; bunun nedeninin klasik yöntemlerin "sistemdeki diğer elemanlara bağımlılık" özelliğini incelemeye yetersiz olmasından kaynaklandığı öne sürülmüştür.

Nitekim burada da ilk üç sıra açısından karşılaştırma yaptığımızda Ağırlıklandırılmış İç ve Dış Derece sonuçlarına göre Çin'in; Arasındalık ve Pagerank ölçütlerine göre ise Belçika'nın ilk 3 sırada yer aldığı görülmektedir. Bu ortak sonuçlar dışında dört klasik ölçütün de farklı sıralamalar verdiği gözlemlenmektedir. Hâlbuki Endirekt Etki Hesaplama Yöntemlerinin beşinde de ilk 3'te yer alan ülkeler ABD, Hollanda ve Fransa olmak üzere aynıydı.

Özellikle klasik merkezîyet ölçütleri merkezi olmayı farklı şekilde ele almaktadırlar. Bu nedenle ihracat değerleri daha düşük olan ülkeler dahi ağ yapısında sahip oldukları konumlar sebebiyle ağa farklı şekilde katkıda bulduklarından (örneğin direkt komşularının sayısının fazlalığı gibi) bazı merkezîyet ölçütlerine göre (örneğin derece ölçütleri) daha yüksek öneme sahip olabilmektedirler.

Şekil 4'te ağdaki ilişki yapılarının dört farklı klasik merkezîyet ölçütüne göre grafiksel gösterimi yer almaktadır.



Şekil 4. Klasik Ölçütlere Göre Ağ Görünümleri

Tüm yöntemlerin sıralamaları arasındaki benzerlikler, parametrik olmayan tekniklerden Spearman'ın Sıralama Korelasyon Katsayısı ve Kendall τ Katsayısı kullanılarak da incelenmiştir. Elde edilen korelasyon sonuçlarına göre Endirekt Etki Hesaplama Yöntemlerinin beşinin de birbirleriyle 1'e çok yakın korelasyon değerlerine sahip oldukları bulunmuştur. Bu da bu yöntemlerin kendi içlerinde oldukça tutarlı sonuçlar verdiğinin bir göstergesidir. Tablo 13'te bu iki korelasyon testine göre dokuz yöntem arasındaki (sırasıyla 1:Ağırlıklandırılmış İç Derece, 2:Ağırlıklandırılmış Dış Derece, 3:Pagerank, 4:Arasındalık, 5:SumPaths, 6:MaxPath, 7:MaxMin, 8:MultT ve 9:MaxT) korelasyon katsayıları yer almaktadır.

Tablo 13. Spearman ve Kendall τ Testleri

Spearman Sıralama Korelasyon Katsayısı									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-	0.27	0.35	-0.06	0.62	0.62	0.63	0.62	0.63
2		-	-0.27	0.16	0.35	0.36	0.38	0.36	0.38
3			-	0.31	0.15	0.14	0.15	0.14	0.15
4				-	0.18	0.17	0.17	0.17	0.17
5					-	0.99	0.99	0.99	0.99
6						-	0.99	1.00	0.99
7							-	0.99	1.00
8								-	0.99
9									-
Kendall τ Katsayısı									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-	0.19	0.23	-0.02	0.46	0.46	0.48	0.46	0.48
2		-	-0.17	0.13	0.25	0.26	0.27	0.26	0.27
3			-	0.23	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12
4				-	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14
5					-	0.99	0.98	0.99	0.98
6						-	0.98	1.00	0.98
7							-	0.98	1.00
8								-	0.98
9									-

Ağırlıklandırılmış İç Derece Merkezilik Ölçütü Endirekt Etki Hesaplama Yöntemleriyle pozitif bir korelasyon içindedir. Bunun sebebi çalışmadaki bazı ülkeler arasındaki ağırlıkların ağırdaki diğer ülkeler arasındaki ağırlıklarla kıyaslandığında çok yüksek değerler almasıdır. Endirekt yöntemler doğrudan olmayan ilişkileri de dikkate almasına rağmen iki düğümün arasındaki çok yüksek etkiye sahip ilişkileri de göz ardı etmemektedir. Böylelikle doğrudan ilişkilerin ağırlıklarını dikkate alan ve bir düğüme ulaşılan yollarla yani o düğüme doğru olan akışlarla ilgilenen bu iki yöntemin korelasyonun yüksek olması mümkündür. Ancak dış derece ölçütü endirekt yöntemlerle bir korelasyon içinde değildir. Bunun sebebi dışarıya doğru olan akışların ağırlıklarını incelemesidir.

Klasik ölçütlerin kendi aralarında ise önemli ve anlamlı bir korelasyon olmadığı görülmektedir. Bunun temel sebebinin klasik merkezilik ölçütlerinin merkezilik hesaplamalarının farklılaşmasından kaynaklandığı olduğu belirtilmiştir.

5. Sonuç ve Değerlendirme

Bu çalışmada ülkelerarası ticaret ağındaki ilişkilerin ve güç merkezi olan / uluslararası ticarete kilit rol oynayan ülkelerin klasik ve yeni sayılabilecek (endirekt) yöntemler kullanılarak analiz edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada esas olarak, endirekt hesaplama dayanan yeni merkezilik ölçütlerinin güncel verilerle uluslararası ticaret ağı için uygulanabilirliğini inceleyerek bu ölçütlere ait kısıtlı olan uygulama literatürüne bir katkıda bulunmak hedeflenmiştir.

Çalışmada klasik yöntemlerden dördü ve uzun mesafeli endirekt ilişkileri dikkate alan (LRIC olarak adlandırılan) yöntem grubuna ait beş olmak üzere toplam dokuz merkezilik ölçütü kullanılmıştır. Çalışmanın tüm ölçütlerin uluslararası ticaret ağı için uygulanabildiği ve çıkan sonuçların farklı ölçütlerin yaklaşımlarına göre anlamlı sonuçlar üretebildiği görülmektedir.

Farklı ölçütlere göre elde edilen sonuçların korelasyonu incelenmiştir. Her bir ölçütün merkezilik kavramını ele alışı farklı olduğundan sonuç sıralamalarının yüksek korelasyon içinde olması beklenmemektedir. Korelasyon analizi sonuçları da bunu destekler niteliktedir. Elde edilen sonuçlara göre klasik yöntemler arasında önemli ve anlamlı bir ilişki görülmezken Endirekt yöntemlerin beşinin de birbirleriyle yüksek korelasyona sahip olduğu bulunmuştur.

Ele alınan dönemde toplam ve ortalama ihracat değerleri yüksek alan ABD, Hollanda, Fransa ve Almanya'nın Endirekt Etki Hesaplama Yöntemleri sonucunda elde edilen sıralamaların üst kısımlarında yer aldığı görülmektedir. Klasik yöntemlerin her biri farklı merkezilik mantığına dayanarak geliştirildiği / merkeziliğe yaklaşımları farklı olduğu için hem kendi aralarında hem de endirekt ölçütlerle farklı sıralama sonuçları vermişlerdir. Yöntemin farklı doğasına göre ihracat toplamı yüksek olmasa da örneğin direkt komşularının sayısının fazlalığı nedeniyle (derece ölçütlerine göre) veya komşusunun merkeziliğine (Pagerank) veya ağdaki diğer tüm düğümlere ulaşması için mesafesinin kısalığına (arasındalık) bağlı olarak yüksek öneme sahip olabilmektedirler.

Bu durum nihai karar vermede hangi ölçütün esas alınacağına dair bir problem oluşturmaktadır. Buna çözüm olarak örneğin her ölçüte bir ağırlık değeri atanıp bütüncül bir hesaplama yapmak ve kapsayıcı bir sonuç elde etmek gelecek çalışmaların konusu olabilir. Diğer taraftan endirekt etki hesaplama ölçütlerinin ticaret ağı üzerinde uygulanabilirliği araştırılırken söz konusu yöntemlerin uygulanabilmesi için bazı öncül parametrelerin belirlenmesi gerektiği gözlemlenmiştir. Buna göre, yöntemlerin uygulamasında, kritik grupların belirlenmesi amacıyla kullanılan eşik değeri q ve incelenecek yol sayısını ifade eden s olmak üzere iki parametre kullanılmak durumundadır. Bu nedenle, ilerleyen çalışmalarda bir yazılım programı yardımıyla, başta belirlenen parametrelerin ve veri setinin karmaşıklık derecesinin sonuçlara olan etkisinin incelenmesi (duyarlılık analizleri) bu yöntemleri uygulamak isteyenler için faydalı olabilecektir.

EK 1- Uluslararası Ticaret Komisyonu (ITC) 2017, 2018 ve 2019 Yılı Verilerine Göre ABD doları (USD) Cinsinden Toplam İhracatı En Yüksek Olan İlk 40 Ülke ve İhracatı Tablosu (International Trade Center (ITC), 2021)

	Ülkeler	İhracat Tutarı (USD)*		Ülkeler	İhracat Tutarı (USD)*
1	Çin	2,421,532,068	21	Suudi Arabistan	255,468,202
2	ABD	1,619,209,570	22	Avustralya	252,275,733
3	Almanya	1,496,092,185	23	Polonya	244,995,888
4	Japonya	714,009,296	24	Tayland	243,724,383
5	Güney Kore	573,739,715	25	Vietnam	241,142,543
6	Hollanda	564,195,120	26	Malezya	234,455,336
7	Hong Kong	551,559,405	27	Brezilya	227,209,019
8	Fransa	549,349,560	28	Çek Cumhuriyeti	194,740,883
9	İtalya	530,006,966	29	Endonezya	172,236,224
10	Birleşik Krallık	467,003,368	30	Avusturya	169,498,186
11	Belçika	447,983,372	31	Türkiye	165,338,404
12	Meksika	440,366,875	32	İsveç	159,809,781
13	Kanada	439,504,660	33	İrlanda	158,611,161
14	Rusya Federasyonu	409,735,820	34	Macaristan	119,840,207
15	Singapur	391,839,750	35	Norveç	109,306,876
16	İspanya	331,626,683	36	Danimarka	106,649,696
17	Tayvan	326,496,951	37	Güney Afrika	91,718,148
18	Birleşik Arap Emirlikleri	316,832,410	38	Slovakya	88,929,213
19	Hindistan	314,370,188	39	Romanya	76,001,080
20	İsviçre	308,131,906	40	Katar Devleti	75,112,560

Kaynakça

- Akram, Q.F. ve Christophersen, C. (2010). Interbank overnight interest rates-gains from systemic importance. *Norges Bank Working Paper*, (11).
- Aleskerov, F. (2006). Power indices taking into account agents' preferences. B. Simeone ve F. Pukelsheim (Ed.). *Mathematics and Democracy* içinde (s. 1–18). Berlin.
- Aleskerov, F., Andrievskaya, I. ve Permjakova, E. (2014). Key borrowers detected by the intensities of their short-range interactions. *NRU Higher School of Economics: Financial Economics Working Papers Basic Research Program*, 33.
- Aleskerov, F., Meshcheryakova, N. ve Shvydun, S. (2016a). Centrality measures in networks based on nodes attributes, long-range interactions and group influence. *Higher School of Economics Publishing House*, 4.
- Aleskerov, F., Meshcheryakova, N., Nikitina, A. ve Shvydun S. (2016b). Key borrowers detection by long-range interactions. *National Research University Higher School of Economics: Financial Economics Working Papers Basic Research Program*, 56.
- Aleskerov, F., Meshcheryakova, N., Rezyapova, A. ve Shvydun, S. (2016c). Network Analysis of International Migration. V. Kalyagin, A. Nikolaev, P. Pardalos ve O. Prokopyev (Ed.). *Springer Proceedings in Mathematics & Statistics*, 197 içinde (s. 177-185). Cham.
- Aleskerov, F., Sergeeva, Z. ve Shvydun S. (2017). Assessment of Exporting Economies Influence on the Global Food Network. S. Butenko, P. Pardalos ve V. Shylo (Ed.). *Springer Optimization and Its Applications*, 130 içinde (s. 1-10). Cham.
- Aleskerov, F., Rezyapova, A., Roman, A. ve Yakuba, V. (2020). New Centrality Measures in Networks and their Applications to the International Trade and Migration Networks. 28th International Symposium on Modeling, Analysis, and Simulation of Computer and Telecommunication Systems (MASCOTS) (1-8).
- Anthonisse, J. M. (1971). *The Rush in a Directed Graph*. Amsterdam: Mathematisch Centrum.
- Ataç, B. (2019). *Sosyal Ağ Analizi ile Suç ve Suçluların Değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi).

- Ayhan, G. (2016). Network Analysis of Citations Among the Authors of The Oxford Handbook of the Economics of Networks (Master's Thesis, Universidad de País Vasco).
- Bavelas, A. (1948). A mathematical model for group structures. *Human Organization*, 7(3), 16-30.
- Bech, M.L. ve Atalay, E. (2008). The topology of the federal funds market. *Federal Reserve Bank of New York Staff Report*, (354).
- Benguigui, L. ve Porat, I. (2016). Global migration topology analysis and modeling of bilateral flow network. *Europhysics Letters*, 115(1), 18002.
- Bonanich, P. (1972). Technique for analyzing overlapping memberships. *Sociological Methodology*, 4, 176-185.
- Demirci, G. M. (2020). Understanding Twitter Users' Behaviour by Social Network Analysis During Disasters (Master's Thesis, Istanbul Technical University).
- Doğan, O. (2014). Antalya Medikal Turizm Kümesi'nin Tanımlanması ve Ağ Yapılarının İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi).
- Fagiolo, G., Reyes, J. ve Schiavo, S. (2010). International trade and financial integration: a weighted network analysis. *Quantitative Finance*, 10(4), 389–399.
- Fagiolo, G. ve Mastorillo, M. (2013). International migration network: Topology and modelling. *Physical Review*, 88(1), 012812-.
- Freeman, L.C. (1977). A set of measures of centrality based upon betweenness. *Sociometry*, (13), 35-41.
- Freeman, L.C. (1979). Centrality in social networks: Conceptual clarification. *Social Networks*, 1, 215-239.
- Fruchterman, T.M.J. ve Reingold, E.M. (1991). Graph drawing by force-directed placement. *Software-Practice and Experience*, 21(11), 1129-1164.
- Garlaschelli, D. ve Loffredo M. (2004a). Patterns of Link Reciprocity in Directed Networks. *Physical Review Letters*, 93(26), 268701-.
- Garlaschelli, D. ve Loffredo M. (2004b). Fitness-Dependent Topological Properties of the World Trade. *Physical Review Letters*, 93(18), 188701-.

- Garlaschelli, D. ve Loffredo M. (2005). Structure and evolution of the world trade network. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 355(1), 138-144.
- International Trade Center (2021). Trade Map. <https://www.trademap.org/> (Erişim Tarihi: 20.04.2021).
- Katz, L. (1953). A new status index derived from sociometric index. *Psychometrika*, 39-43.
- Kim, S. ve Shin, E. (2002). A longitudinal analysis of globalization and regionalization in international trade: a social network approach. *Social Forces*, 81(2), 445-468.
- Maier, G. ve Vyborny, M. (2005). Internal migration between US-states- A social network analysis. *Vienna University of Economics and Business Discussion Papers*, 2005(4).
- Minoiu, C. ve Reyes, J.A. (2013). A network analysis of global banking: 1978-2010. *Journal of Financial Stability*, 9(2), 168–184.
- Mollaoğulları, Z. (2020). Uluslararası Çatışmaların Sosyal Ağ Analizi ile İncelenmesi (Yüksek Lisans Tezi, Aydın Menderes Üniversitesi).
- Myerson, R.B. (1977). Graphs and cooperation in games. *Mathematics of Operations Research*, 2 (3), 225-229.
- Newman, M. E. J. (2003). The Structure and Function of Complex Networks. *SIAM Review*, 45(2), 167–256.
- Özdemir, Ö. (2015). Influence of Networks on Systemic Risk Within Banking System of Turkey (Master's Thesis, Middle East Technical University).
- Özgül, E. (2018). Teknoparklarda İş Birliği Üzerine Sosyal Ağ Analizi (Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi).
- Page, L. ve Brin, S. (1998). The anatomy of a large-scale hypertextual web search engine. *Computer Networks and ISDN Systems*, 4, 107-117.
- Tüzüntürk, S. (2012). Firmalarda Organizasyonel Ağ Analizi ve Bir Uygulama (Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi).
- Yarım, M. A. (2021). Sosyal Ağ Analizi ile Okullarda Örgütsel Moral Değerleri ve Doğal Liderlik Profillerinin İncelenmesi (Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi).

Yüçetin, K. (2011). Sosyal Ağ Analizi Yöntemi ile Ağızdan Ağıza Pazarlama Etkisinin Arttırılması: Veri Setleri Üzerinde Uygulama (Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi).

Power Analysis in International Trade Network via Indirect Centrality Measurement Indices

Extended Abstract

1. Introduction

Research on power or centrality analysis in network structures is becoming more important every day. To measure power in network structures, different centrality measures that mainly calculate the impact of direct relationships, i.e., “classical” methods have been developed for years. However, Aleskerov et al. (2014) and Aleskerov et al. (2016a) have emphasized the limitations and inadequacy of these measures and developed new centrality indices (Short Range Interaction Centralities, SRIC and Long-Range Interaction Centralities, LRIC) that take into account the indirect relationships among the elements in a network.

This study investigates the international trade network with recent data by using different centrality indices to find the most powerful countries in that network. The main problem of the study is to research the applicability of the different centrality measures on the international trade network and compare the results of classical indices with Long Range Interaction Centralities. Also, the study aims to contribute the empirical literature of LRIC measures which has limited practical application area.

2. Method

In this study, among classical measures, Weighted-In-Degree, Weighted-Out-Degree, Pagerank and Betweenness centrality measures and five Long Range Interaction Centrality measures developed by Aleskerov et al. (2016a) are used. These are SumPaths, MaxPath, MaxMin, MultT and MaxT.

Data used to construct international trade network is taken from International Trade Center and the average export values (as USD) of 2017, 2018 and 2019 for each country are calculated. The first 40 countries that have the highest average value are selected. To build a network structure the bi-directional export values among the countries transformed to the directed trade balance values.

Ms Excel and Gephi are used to conduct the analysis. For classical indices calculations are first done via using Ms Excel and then verified via Gephi. Also, drawings and graphs belonging to the network are obtained via using Gephi. To calculate LRIC indices some data eliminations and changes are done on the dataset based on some rules and previous practical literature applications. LRIC calculations are done via Ms Excel.

3. Results and Discussion

According to the findings obtained from the different analysis it is seen that the results of LRIC measures and classical measures differ from each other. On the other hand, five different LRIC indices have very close results. Based on these indices, USA, Holland, France and Germany are the most centralized countries. However, any significant similarities between the results of four different classical indices could not be defined.

To compare the correlation between the results obtained from the nine centrality indices, Spearman's Correlation Coefficient and Kendall T Coefficient are calculated. Very high correlation between the results of LRIC indices and high correlation between those of Weighted-In-Degree and LRIC indices are defined. However, any important correlation among the classical indices could not be detected.

4. Conclusion

As a result of the study, it is seen that both the classical and indirect / LRIC measures could be applied to find the most pivotal countries in international trade network. Due to the different approaches and calculation methods of the indices, results obtained from the calculated measures differ from each other. However, very high correlation among the results of LRIC indices are obtained while among the results of classical indices no similarities are found.

USA, Holland, France and Germany are the most centralized four countries based on the results of LRIC indices. From the export values of International Trade Center, it can be seen that these are the countries which have the largest export volume. It could be seen that none of these countries could be detected by classical indices as the most powerful ones (except USA located at the first order in Weighted-In-Degree centrality index) and this proves the capability of LRIC indices, different from classical indices, that considering interactions between nodes not just on the first level, but also on some levels beyond.

Different results obtained from different centrality indices raise the problem of which criterion to use for the final decision. A solution to this problem could be, for example, to assign a weighting value to each criterion, to make a holistic calculation and to obtain a comprehensive result, and this might be the subject of future studies.

On the other hand, when investigating the applicability of the LRIC to the trade network, it was found that some parameters must be determined before these methods will be applied. Accordingly, two parameters, threshold value q , which is used to determine the critical groups, and s , which is the number of paths to be studied, must be used when applying the methods. Therefore, in future studies, it may be useful for those aiming to apply these methods to investigate the effects of the parameters and the complexity of the data set on the results (sensitivity analysis) via using a software program.