ÜLKELER ARASI İLİŞKİ AĞLARININ MODELLENMESİ VE ANALİZİ

SEDA ÖZBEK BOLATA

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Volkan TUNALI

İstanbul
T.C. Maltepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Eylül, 2018

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Seda ÖZBEK BOLATA'nın "Ülkeler Arası İlişki Ağlarının Modellenmesi ve Analizi" başlıklı tezi 28.09.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans/Doktora tezi **oy birliğiyle** / ~~**oy çokluğuyla**~~ olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı. Adı ve soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı)	: Dr. Öğr. Üyesi Volkan TUNALI	.....
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Buket DOĞAN	.....
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali Aksoy TÜYSÜZ	.....

Prof. Dr. İlter BÜYÜKDIĞAN

Enstitü Müdürü

İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI

Bu tezin bana ait özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarda bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilmeyen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; çalışmanın Maltepe Üniversitesinde kullanılan "bilimsel intihal tespit programı" ile tarandığını ve öngörülen standartları karşıladığını beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm.

28/09/2018



Seda ÖZBEK BOLATA

İNTİHAL RAPORU

Ülkeler Arası İlişki Ağlarının Modellenmesi Ve Analizi

ORIJINALLIK RAPORU

%10	%8	%3	%6
BENZERLIK ENDEKSI	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCI ÖDEVLERI

BIRINCIL KAYNAKLAR

1	Submitted to The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) Öğrenci Ödevi	%3
2	www.cia.gov İnternet Kaynağı	%1
3	www.cs.pomona.edu İnternet Kaynağı	%1
4	Submitted to Aylesbury College, Buckinghamshire Öğrenci Ödevi	<%1
5	Submitted to Üsküdar Üniversitesi Öğrenci Ödevi	<%1
6	SEÇKİN CODAL, Keziban and COŞKUN, Erman. "SOSYAL AĞ TÜRLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASINA İLİŞKİN BİR AĞ ANALİZİ", Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2016. Yayın	<%1

Submitted to Karadeniz Teknik University

Dr. Öğr. Üyesi Volkan TUNALI

Revizyon Takip Tablosu

REVİZYON NO	TARİH	AÇIKLAMA
00	20.12.2017	İlk yayın.

ŞEKİL ONAY SAYFASI

08/10/2018

FEN ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE,

Aşağıda bilgileri bulunan lisansüstü öğrencinin tezi şekil yönünden tarafımca incelenmiş ve Enstitüye teslim edilmesi uygun bulunmuştur.

Dr.Öğr.Üyesi Ali AKMAN
Bilgisayar Müh. Anabilim Dalı Bşk.

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ	
ADI SOYADI	Seda ÖZBEK BOLATA
ÖĞRENCİ NUMARASI	12 14 02 103
ANABİLİM DALI	Bilgisayar Mühendisliği
PROGRAMI	(X) YÜKSEK LİSANS ( ) DOKTORA ( ) SANATTA YETERLİK
DANIŞMANI	Dr.Öğr.Üyesi Volkan TUNALI
TEZ BAŞLIĞI	Ülkeler Arası İlişki Ağlarının Modellenmesi Ve Analizi
SAVUNMA TARİHİ	28.09.2018
e-posta	seda.bolata@ctech.com

İç Kapak	☒ Var ☐ Yok
Jüri Onay Sayfası	☒ Var ☐ Yok

Hazırlayan İlgili Birim	Kalite Koordinatörü Dr. Öğr. Üyesi Şafak GÜNDÜZ	Kurumsal Yetkili Prof. Dr. Belma AKŞİT

	ŞEKİL ONAY SAYFASI	Doküman No	FR-105
		İlk Yayın Tarihi	20.12.2017
		Revizyon Tarihi	
		Revizyon No	
		Sayfa	2/2

Etik İlke ve Kurallara Uyum Beyanı	☒ Var ☐ Yok
İntihal Raporu	☒ Var ☐ Yok
Teşekkür Sayfası	☒ Var ☐ Yok
Öz (Başlık-Öz-Anahtar Sözcükler)	☒ Var ☐ Yok
Abstract (Title-Abstract-Key Words)	☒ Var ☐ Yok
İçindekiler	☒ Var ☐ Yok
Çizelgeler Listesi	☐ Var ☐ Yok
Şekiller Listesi (varsa)	☐ Şekil yok ☒ Uygundur ☐ Uygun Değildir
Kısaltmalar Listesi	☐ Var ☒ Yok
Tablolar Listesi (varsa)	☐ Tablo yok ☒ Uygundur ☐ Uygun Değildir
Ekler Listesi (varsa)	☐ Ek yok ☒ Uygundur ☐ Uygun Değildir
Özgeçmiş	☒ Var ☐ Yok
Sayfa Genişliği	☒ Uygundur ☐ Uygun Değildir
Yazı Tipi	☒ Uygundur ☐ Uygun Değildir
Referans Kullanımı	☒ Uygundur ☐ Uygun Değildir
Kaynakça Yazımı	☒ Uygundur ☐ Uygun Değildir
Ekler (varsa)	☐ Ek yok ☒ Uygundur ☐ Uygun Değildir

Hazırlayan İlgili Birim	Kalite Koordinatörü Dr. Öğr. Üyesi Şafak GÜNDÜZ	Kurumsal Yetkili Prof. Dr. Belma AKŞİT

TEŞEKKÜR

Tez danışmanlığımı üstlenerek araştırma konusunun seçimi ve yürütülmesi sırasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösterici ve destek olan ayrıca ilgisini ve önerilerini göstermekten kaçınmayan saygıdeğer danışman hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Volkan Tunalı'ya, tez dönemi boyunca desteğini esirgemeyen Bilgisayar Mühendisliği Bölüm Başkanı Yrd. Doç. Dr. Ali Akman'a sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

.

Seda ÖZBEK BOLATA

Eylül, 2018

ÖZ

ÜLKELER ARASI İLİŞKİ AĞLARININ MODELLENMESİ VE ANALİZİ

Seda ÖZBEK BOLATA
Yüksek Lisans Tezi
Fen Bilimleri Anabilim Dalı
Danışman: Dr, Ögr. Üyesi Volkan TUNALI
Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2018

Bu tez çalışmasında, ülkeler arası ilişki ağları modellendikten sonra karmaşık ağ analizi ölçütleri ile değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, Central Intelligence Agency (CIA)'ya ait "The World Fact Book" isimli çalışmanın 2017 yılına ait ihracat miktarı verileri kullanılmıştır. Veri seti gürültü ve kirli verilerden temizlenmiş devamında ilgili veriye ait ihracat ağı modellenerek, oluşturulmuştur. Görsel analiz, merkezilik analizi, topluluk analizi ve yapısal analiz yöntemleri ile analiz süreçleri gerçekleştirilmiştir. Yapısal analizde, ihracat ağının ölçekten bağımsız gerçek hayat ağlarına ait özelliklere sahip olup olmadığını değerlendirmek için modellenen rassal ağ ile karşılaştırmalı analizi yapılmıştır. Bu çalışmada, karmaşık ağ analizi ölçütlerinin kullanılmasının getireceği faydaların incelenmesi ve karşılaştırmalı olarak sunulmasıyla benzer yapıdaki ağ modelleri için etkili bir analiz altyapısının elde edilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Ağ Bilimi, Karmaşık Ağ Analizi, Ülkeler Arası Ticaret Ağı

ABSTRACT

MODELING AND ANALYSIS OF RELATIONSHIP BETWEEN COUNTRIES

Seda ÖZBEK BOLATA
Master Thesis
Master Science in Computer Engineering Program
Thesis Advisor: Assist. Prof. Dr. Volkan TUNALI
Maltepe University, Graduate School of Science and Engineering, 2018

In this thesis, international relationship networks modelled and analyzed by complex network analysis measures. The exports dataset from "The World Fact Book" published by CIA in 2017 was used. The dataset was cleaned from noise and dirty data and international trade network modelled and established. Visual analysis, centrality analysis, community analysis and structural analysis methods were carried out in analysis process. A comparative analysis with random network modelled in structural analysis was done to find out the network has properties of scale-free and real-world networks. In this study, it is aimed to obtain an effective analysis infrastructure for similar network models by examining and comparing the benefits of using complex network analysis measures.

Keywords: Network Science, Complex Network Analysis, International Trade Network

İÇİNDEKİLER

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI ..... **i**
İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI ..... **ii**
İNTİHAL RAPORU ..... **iii**
TEŞEKKÜR ..... **iv**
ÖZ ..... **v**
ABSTRACT ..... **vi**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
TABLOLAR LİSTESİ ..... **ix**
ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **x**
EK'LER LİSTESİ ..... **xi**
ÖZGEÇMİŞ ..... **xii**
BÖLÜM 1. GİRİŞ **1**
BÖLÜM 2. İLGİLİ ÇALIŞMALAR **3**
BÖLÜM 3. AĞ ANALİZİ **6**
Temel Graf Bilgisi 6
Graf 6
Düğüm 7
Kenar 7
Graf Gösterim Şekilleri 8
Komşuluk Matrisi 9
Kenar Listesi 10
Ağ Ölçütleri 10
Derece Merkeziliği 10
Yakınlık Merkeziliği 11
Arasındalık Merkeziliği 12
Özvektör Merkeziliği 13
Kümelenme Katsayısı 14
Ortalama Derece 15
Derece Dağılımı 15
Topluluk Analizi 16
Modülarite 17
BÖLÜM 4. YÖNTEM **18**

Veri Toplama 19
Veri Temizleme 20
Ağın Modellenmesi ve Oluşturulması 21
Ağ Analizi Araçları 21
BÖLÜM 4. BULGULAR VE YORUMLAR 22
Görsel Analiz 22
Düğüm Derecelerine Göre Görselleştirme 24
Düğüm Özniteliklerine Göre Görselleştirme 25
Merkezilik Analizi 26
Topluluk Analizi 30
Yapısal Analiz 32
BÖLÜM 4. SONUÇ 35
EK'LER 36
EK-1 Metin Dosyasını Veri Setini İşleyerek Ağa Dönüştüren Yazılım 36
KAYNAKÇA 38

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1 - Komşuluk Matrisi 9
Tablo 2 - Kenar Listesi 10
Tablo 3 - Ülkelere Ait Örnek Öznitelik Tablosu 19
Tablo 4 - Ülkelere Ait İhracat Verisi 19
Tablo 5 - CIA ve BM Listelerinde Ülke İsimleri Arasındaki Farklar 20
Tablo 6 - Ana Bölgelere Atanan Renkler 22
Tablo 7 - Gelişmiş Ülke Özniteliğine Ait Renk Kodları 25
Tablo 8 - İhracat Miktarına Göre İlk 10 Ülke (The World Factbook, 2017) 26
Tablo 9 - Derece Merkeziliğine Göre İlk 20 Ülke 26
Tablo 10 - Arasındalık Merkeziliğine Göre İlk 20 Ülke 27
Tablo 11 - Yakınlık Merkeziliğine Göre İlk 20 Ülke 27
Tablo 12 - Özvektör Merkeziliğine Göre İlk 20 Ülke 28
Tablo 13 - Ağda Bulunan Kümeler ve Özellikleri 31
Tablo 14 - Uluslararası İhracat Ağına Ait Yapısal Ölçümler 32
Tablo 15 - Erdös-Rényi Rassal Ağına Ait Ölçümler 33

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 - Les Miserables Ağının Görünümü 6
Şekil 2 - Yönsüz Graf 7
Şekil 3 - Yönlü Graf 8
Şekil 4 - Yönlü Ağırlıklı Graf 8
Şekil 5 - Les Miserables'a ait Derece Merkeziliği Görünümü 11
Şekil 6 - Les Miserables'a ait Yakınlık Merkeziliği Görünümü 12
Şekil 7 - Les Miserables'a ait Arasındalık Merkeziliği Görünümü 13
Şekil 8 - Les Miserables'a ait Özvektör Merkeziliği Görünümü 14
Şekil 9 - Les Miserables'a Ait Derece Dağılımı Grafiği 16
Şekil 10 - Les Miserables, Modülarite İle Topluluk Analizi Görünümü 17
Şekil 11- Ağ Analizi Aşamaları 18
Şekil 12 - Ağın Rasgele Yerleşimi 23
Şekil 13 - Ağın Fruchterman-Reingold Görünümü 23
Şekil 14 - Uluslararası İhracat Ağına Ait Derece Görünümü 24
Şekil 15 - Gelişmiş Ülke Özniteliğine Göre Görselleştirme 25
Şekil 16 - İç Derece Görünümü 29
Şekil 17 - Dış Derece Görünümü 30
Şekil 18 - Ağda Bulunan Kümeler 31
Şekil 19 - Uluslararası İhracat Ağına Ait Derece Dağılım Grafiği 34
Şekil 20 - Erdös-Rényi Rassal Ağına Ait Dağılım Grafiği 34

EK'LER LİSTESİ

EK-1 Metin Dosyasını Veri Setini İşleyerek Ağa Dönüştüren Yazılım……..36

ÖZGEÇMİŞ

Seda ÖZBEK BOLATA

Fen Bilimleri Enstitüsü

Eğitim

Derece	*Yıl*	*Üniversite, Enstitü, Anabilim/Anasanat Dalı*
Y.Ls.	2012-2018	Maltepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Ls.	2007-2010	Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği
Ön Ls.	2004-2006	Balıkesir Meslek Yüksek Okulu, Bilgisayar Yazılım
Lise	2000-2004	Balıkesir Merkez Anadolu Meslek Lisesi, Bilgisayar Donanım

İş/İstihdam

Yıl	*Görev*
2009 -	Kalite ve Test Direktörü, CTech Bilişim Teknolojileri San. Ve Tic. AŞ.

Kişisel Bilgiler

Doğum yeri ve yılı : İstanbul - 1985 Cinsiyet: Kadın
Yabancı diller : İngilizce
GSM / e-posta : 0532 056 67 35 / seda.bolata@gmail.com

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Ülkeler, birbirleriyle çeşitli nedenlerden dolayı ilişki içerisindedir. Bu ilişki türü genellikle ticari olmakla birlikte aynı zamanda hukuki düzeyde de olabilmektedir. Bazı alanlarda ilişki kurmak, iş birliği ve koordinasyon sağlamak amacıyla birkaç devlet gönüllü olarak bir araya gelerek varlıklar, yani uluslararası örgütler de oluştururlar. Ticari ilişkiler ise ülkeler arasında yapılan ithalat/ ihracat faaliyetleri ile yapılmaktadır.

Teknolojinin sürekli gelişmesi, ülkelerin farklı coğrafi özellikleri (sağladıkları tarım ürünleri vb.) gibi nedenlerden dolayı bazı ülkeler daha avantajlı olup hızlı kalkınırken bazı ülkeler daha geride kalabilmektedir. Gerek coğrafi gerek teknolojik olarak ülkeler ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla birbirleriyle iletişime geçerek ithalat/ihracat yaparlar.

Ülkelerin gelişmesi ve refah seviyelerinin yükselmesi için ülke içi etmenlerin yanı sıra ülke dışındaki etmenlerden de faydalanmak amacıyla diğer ülkeler ile ilişki içerisinde olmaları gerekmektedir [1]. Ülkeler arası ilişki türlerinden biri olan ticaret, ekonomik büyüme kriterleri arasında en önemlisidir. Ülkeler arası ticaret, verimlilik artışı ile birlikte yeni teknolojik gelişmelerin daha hızlı çözümle yayılmasını sağlamakta ve bunun sonucu olarak da ekonomik büyüme miktarını doğru orantılı olarak etkilemektedir.

Ticari ilişki türlerinden biri olan ihracat aşağıdaki avantajları sağlar;

- Rekabet,
- Rekabet ile birlikte daha uygun maliyet ve çözüm çeşitliliğinin ortaya çıkması,
- Ülke içinde ve dışında yeni fırsatların ortaya çıkması,
- Yatırımların artması,
- Spesifik alanlarda uzmanlaşmayı [2].

Tüm bu etkenler sebebiyle ülkelerarası ticaret ilişkisi, ülkeler ve ticari ilişkilerdeki trendleri takip etmek zorunda olanlar için büyük önem arz etmektedir.

Ağ analizi; kendine özgü teorik açıklamaları, yöntemleri, metrikleri, özel yazılımları ve araştırmacıları olan, ayrıca dünya genelinde birçok bilginin bir araya gelerek birbirleriyle iletişim kurduğu ağ yapılarını inceleyen bir disiplindir.

Bu çalışmada, ülkeler arası ilişki ağlarını incelemek adına Central Intelligence Agency (CIA)'ya ait "The World Fact Book" [3] isimli 2017 yılında yapılan çalışmanın ihracat verileri kullanılmış ve bu veriler ağ yapısına dönüştürülmüştür. Elde edilen ülkeler arası ticaret ağı karmaşık ağ yapısına sahiptir. Bu nedenle bu ağ karmaşık ağ analizi yöntemleri ile analiz edilmiştir. Son olarak ülkeler arası ilişkilerin ağ yapısı çıkartılarak gerçek hayat ağının sergilediği karakteristik özellikler incelenmiş ve oluşturulan ağın gerçek hayat ağı ile ne kadar benzerlik gösterdiği araştırılmıştır.

BÖLÜM 2. İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde ülkeler arası ticaretin çeşitlerinden ve zaman içerisinde dünya genelinde yapılan ilgili çalışmalardan bahsedilmiştir.

Schiavo, Reyes ve Fagiolo'nun 2010 yılında yaptığı bir çalışmada, uluslararası ticaret ve finans ağları yönlü ve ağırlıklı olacak şekilde ayrı ayrı oluşturulmuş ve bu ağlar üzerinde karmaşık ağ analizi teknikleri uygulanmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda ticaret ağının finans ağından daha yoğun olduğu, iki ağın da merkezlerine doğru kümelenme davranışı gösterdiği görülmüştür. Bu kümelenme davranışının finans ağında daha yoğun olması, finansal yoğunluğun ticaretin daha fazla olduğu ülkelerde arttığını göstermiştir. Bu yapı mali krizlerin neden gelişmiş ülkelerde hızla yayılırken, gelişmekte olan ülkelerde sonraki aşamada gerçekleştiğini açıklamaktadır [4].

2002 yılında Kim ve Shin'nin yaptığı çalışmada, ülkeler ve ülkelerin ait olduğu bölgeler arasındaki ihracat ağı incelerek dünyada küreselleşme kuvvetleniyor ya da bölgeler mi kuvvetleniyor? Sorusunun cevabı aranmıştır. Ülke ve bölgeler üzerinde merkezilik ve yoğunluk analizleri ile kuvvetli bağlar ve topluluklar aranmıştır. İlgili ticaret ağının oluşturulmasında 1959-1994 yılları arasındaki IMF verileri kullanılmıştır [5].

Garlaschelli ve Loffredo'nun 2005 yılında yaptığı çalışmada uluslararası ticaret, ağırlıklı ve yönlü bir graf olacak şekilde modellenmiştir. İlgili ağın yapısal analizi güncel verilere göre yapılmış bunun yanı sıra yapısal özelliklerin zamana bağlı değişimi araştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda ülkeler arası göç ağının yapısal özelliklerinin, ülkeler arasındaki gelir dağılımıyla benzer özelliklere sahip olduğu gözlemlenmiştir [6].

Hafner-Burton ve Kahler'in 2009 yılında yaptığı araştırma çalışmasında, uluslararası ilişki ağlarının modellemesi ve ağ analizinin hangi yöntemlerle yapılabileceği, analiz sırasında nelere dikkat edilmesi gerektiği ve analizi etkileyen etmenler incelenmiştir [7].

Bhattacharya, Mukherjee ve arkadaşlarının 2008 yılında yaptığı çalışmada, uluslararası ticaret ağı ağırlıklı bir ağ olarak tasarlanmış ve yapısal analizi yapılmıştır. Çalışma sonucunda ölçeklendirilmiş bağlantıların ağırlık dağılımının 53 sene boyunca değişmediği, normal logaritmik dağılıma sahip olduğu gözlemlenmiştir. Ağırlıklı

ağlarda gözüken “zengin-klüp” katsayısı bu ağda da gözlemlenmiştir. Dünya ticaretinin yarısını kontrol eden zengin-klübün zaman ilerledikçe daraldığı görülmüştür [8].

Fagioloa, Reyes ve Schiavo’nun 2008 yılında yaptığı çalışmada, dünya ticaret ağının yapısal özelliklerini ve zaman içindeki evrimini incelemiştir. Ağırlıklı bir ağ olarak modellenen ağın, geleneksel ikili ağ yaklaşımı kullanılarak elde edilenlerden çok farklı istatistiksel özellikler sergilediği gözlemlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda mevcut bağlantıların çoğunluğunun zayıf ticari ilişkilere ait olduğu, ağdaki bağların aynı özelliklere sahip olan düğümler arasında olduğu ve daha yoğun ticaret ilişkilerine sahip ülkelerin kümelenme davranışı gösterdiği bulunmuştur [9].

Fagiolo’nun 2010 yılında yaptığı çalışmada, uluslararası ticaret ağının yapısal özelliklerinin belirleyici faktörleri araştırılmıştır. Boyut, sınır etkileri, ticaret anlaşmaları ve benzeri bilgiler kullanılarak iki yönlü ticaret akımı, standart çekim denklemine fit edilerek “kalıcı uluslararası ticaret ağı” oluşturulmuştur. Daha sonra orijinal ve kalıcı ağın topolojik özellikleri karşılaştırılmıştır. Kalıcı ağın, orijinal ağın aksine karmaşık bir sisteme ait desene sahip olduğu ve çok farklı bir yapısal mimari ile karakterize edildiği gözlemlenmiştir. Orijinal ağın coğrafi olarak kümelenmiş ve birkaç farklı büyüklükte göbek çevresinde organize olduğu, ağın kalanında ise coğrafi konumlarından bağımsız ticari etkileşimde olan küçük ülkelerin, yerel göbekler etrafında bulunduğu ya da daha büyük ve zengin ülkelerin karmaşık ağ desenleri ile bu göbeklere bağlandığı gözlemlenmiştir [10].

Uluslararası ticaretin önemini ispatlayan birçok çalışma mevcuttur. Uluslararası ticaretin çeşitli boyutları olmakla birlikte bazı kritik faktörler uluslararası ticareti arttırmaktadır. Bu konu ile ilgili yapılan bir çalışmada, uluslararası turizm hareketlerinin artmasının uluslararası ticareti geliştirdiği tespit edilmiştir. Turizm ve Ticaretin Uluslararası ilişki boyutunu, 1980 yılı dahil sonrası yıllarda yaklaşık 25 yıllık ihracat ve turizm verilerine göre inceleyen çalışmalar mevcuttur [11].

Uluslararası ticaret ile ülkelerin gelişimi hızlanır, verimlilikleri artar ve büyümesi de aynı oranda hızlanır [12]. Türkiye dahil olmak üzere 19 Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü ülkesi üzerinde, 1989-1996 dönemi için bir araştırma yapılmıştır. Araştırmanın sonucunda dış ticaretin temel yararının mal çeşitliliği ile gerçekleştiği bulgusuna ulaşılmıştır. Bu bulgunun daha kapsamlı örneklerle ve başka dönemleri de içerek şekilde sınanması gerektiği de aynı çalışmada belirtilmiştir [13].

Tarih boyunca süregelen sanayi devriminde ticaretin önemi büyüktür ve bu konu ile ilgili araştırmalar yapılmıştır. Çoğunlukla tarımsal üretim tabanlı yükselen uluslararası ticaretin, bilginin her geçen gün artması ve teknolojik yetenekler ile daha kolay ulaşılabilir hale gelmesi ile birlikte daha da önem kazandığı tespit edilmiştir [14].

Küreselleşmenin uluslararası ticareti arttırdığını tespit eden bir çalışma yapılmıştır. Clarke (2008)'e göre, son 15 yılda iki büyük değişim yaşanmıştır. Küreselleşme bu değişimlerden sadece biri olmakla birlikte, 1990-2003 yılları arasında, dünya ihracatının yaklaşık iki katına çıktığı gözlemlenmiştir. Bir diğer değişim, bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmedir. ABD'de 1990 yılı internet kullanıcı sayısının 2004 yılında yaklaşık 60 katına ulaştığı gözlemlenmiştir. İnternet kullanıcı sayısındaki artışın küreselleşmeye katkısı iletişim maliyetlerinin azalması olarak, araştırmacılar tarafından açıklanmıştır. Tüm bu etkenler düşünüldüğünde ticaretin uluslararası boyutunda, küreselleşme ve internet kullanımının katkısının büyük olduğu anlaşılmaktadır [15].

Her geçen gün uluslararası ticaret teorileri gelişmektedir. Uluslararası ticaret, farklı gelişmişlikteki ülkeler ve farklı ihracat tipleri arasındaki ilişkileri her geçen gün daha önemli ilerlemeler ile göstermektedir. Gelişmiş sanayi ülkeleri arasındaki dış ticaretin nedeni, nitelikli işgücü farklılıklarına bağlanmıştır. Nitelikli işgücü bakımından nitelikli olgunluğa sahip ülkeler, yoğun olarak talep edilen malların üretiminde uzmanlaşarak dış ticarete katılırlar [16].

Tüm ilgili çalışmalar bir arada değerlendirildiğinde iki önemli nokta ortaya çıkmıştır;

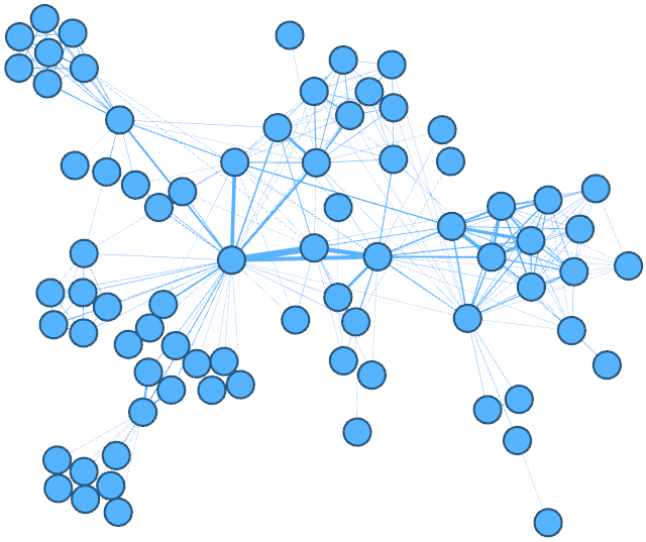
- Uluslarası ticaretin her geçen gün artarak ve çeşitlenerek gelişmesi
- Uluslarası ticaretin, çeşitli metrikler ile analiz edilebilir karmaşık ağ bir yapısı ortaya koyması

BÖLÜM 3. AĞ ANALİZİ

Temel Graf Bilgisi

Graf, diğer adları ile çizge veya çizit, **düğüm**ler ve bu düğümleri birbirine bağlayan **kenar**lardan oluşan bir tür ağ yapısıdır.

Başta bilgisayar bilimleri olmak üzere, matematik ve fizikte yaygın bir kullanım alanı vardır. Elektronik devre şemalarında, navigasyon sistemlerinde, bilgisayar yazılımlarındaki veri yapılarında graflar kullanılır. Graf yapısı o kadar yaygındır ki farkında olmadan bilgisayar bilimlerinde sıkça kullandığımız proje etkinlik planları veya bir yazılım projesindeki dosya, modül, sınıf gibi derleme birimleri arasındaki bağımlılıkların graf olduğu gözden kaçmaktadır. D. E. Knuth tarafından oluşturulan Les Miserables ağı [17] Şekil 1'deki gibidir.



Şekil 1 - Les Miserables Ağının Görünümü

Graf

Herhangi bir graf, en temel haliyle **düğüm** (node) adı verilen nesneler ve bu düğümleri birbirine bağlayan, **kenar** (edge) adı verilen bağlantılardan oluşur. Matematiksel notasyonla V düğüm kümesi ve E kenar kümesi olmak üzere bir graf Denklemi (1)'de verilmiştir

$$G(V, E) \tag{1}$$

Düğüm

Graftaki en temel nesne **düğüm**dür (node). **Köşe** veya **verteks** (vertex, çoğulu verticles) olarak da adlandırılır (graf tanımındaki V buradan gelir), sosyal ağlarda **aktör** ifadesi de kullanılabilir. Bir graf oluşturabilmek için en az bir düğüm gereklidir. n adet düğümden oluşan bir grafa ait düğümlerin kümesi Denklem (2)'de verilmiştir.

$$V = \{ v_1, v_2, \dots, v_n \} \tag{2}$$

Burada n aynı zamanda **grafın boyutu**dur ve $|V| = n$ şeklinde gösterilir.

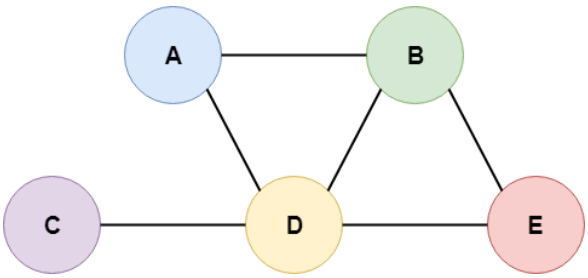
Kenar

Graftaki bir diğer temel nesne, düğümleri birbirine bağlayan, **kenar** (edge) adı verilen bağlantılardır (graf tanımındaki E buradan gelmektedir). Kenarlar, düğümler arasında oluşturdukları ilişkinin türüne göre **ilişki**, **sosyal bağ** veya **bağlantı** isimleriyle de anılır. Bir grafta, kenarda olduğu gibi düğüm bulunması zorunluluğu yoktur. Fakat anlamlı bir ağ yapısı için birden fazla düğüm ve bu düğümler arasında en az bir kenar bulunması beklenir. Düğümleri birbirine bağlayan m adet kenar içeren kenar kümesi Denklem (3)'te verilmiştir.

$$E = \{ e_1, e_2, \dots, e_m \} \tag{3}$$

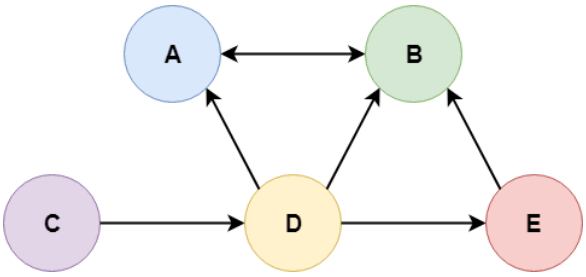
Kenarlar farklı analizlerde kullanılan bazı ek özelliklere sahiptir. Kenarlar **yönlü** (directed) veya **yönsüz** (undirected) olabilirler. Yönlü kenarlar **yay** (arc) olarak adlandırılır. Yönsüz kenarlar düz çizgi çizilerek ifade edilirken, yönlü kenarlar yönü gösterecek şekilde oklu çizgi çizilerek ifade edilir.

Graflar kenarlarının yönlü veya yönsüz olmasına bağlı olarak **yönlü graf** ya da **yönsüz graf** olarak adlandırılır.



Şekil 2 - Yönsüz Graf

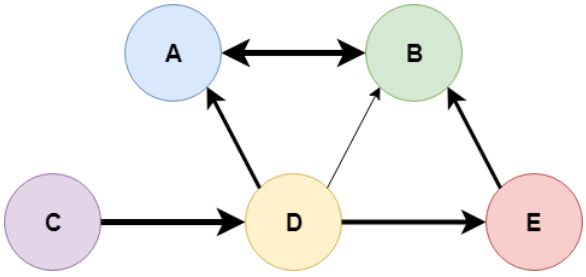
Yönsüz grafa örnek olarak Facebook gösterilebilir. Böyle bir grafta Şekil 2'deki gibi A kişisi B kişisi ile arkadaş ise B'nin A ile arkadaş olmaması düşünülemez.



Şekil 3 - Yönlü Graf

Yönlü grafa örnek olarak Twitter gösterilebilir. Şekil 3'teki A kişisi B kişisini takip edebilir fakat B kişisi A kişisini takip etmek zorunda değildir. B kişisi A'yı takip ediyor ise B'den A'ya doğru ikinci bir yönlü kenar eklenir ya da iki ucunda ok bulunan tek bir çizgi çizilir.

Kenarlar ile alakalı diğer bir öznitelik de kenarların **ağırlıklı** (weighted) olup olmaması durumudur. Şekil 4'de kenarların kalınlığından ağırlıklı graf olduğu anlaşılmaktadır. Kenarın ağırlığı, kenarın birleştirdiği iki düğüm arasında bulunan ilişkiye ait sayısal bir değerdir. Bir karayolu haritasında bulunan şehirleri ve bu şehirler arasındaki yolları temsil eden bir grafta, şehirler arasındaki mesafeyi anlatmak için ağırlık kullanılabilir. Matematiksel notasyonla, ağırlıklı bir graf $G(V, E, W)$ şeklinde gösterilir. W Simgesi, E'deki her bir kenara ait ağırlık değerinin kümesidir ve daima $|W| = |E|$ eşitliği vardır [18].



Şekil 4 - Yönlü Ağırlıklı Graf

Graf Gösterim Şekilleri

En doğal gösterim şekli olan düğümler için çember ve bu düğümleri birbirine bağlayan kenarlar için kullanılan çizgi ile gösterim insanların algılarına doğrudan hitap eder. Buna karşılık grafların, bilgisayar programları tarafından kolayca işlenebilmesi ve

graflar üzerinde analiz yöntemlerinin kolaylıkla uygulanabilmesi için uygun gösterim şekilleri geliştirilmiştir.

Gösterim şekillerinin grafla ilgili hiçbir bilgi kaybına neden olmaması ve grafın bilgisayar belleğinde az yer kaplaması gerekmektedir. Ayrıca ilgili gösterim biçiminin hiçbir özel araç kullanılmasına gerek kalmadan insanlar tarafından oluşturulabilmesi ve değiştirilebilmesi için kolay anlaşılır olması gereklidir.

Komşuluk Matrisi

Grafları temsil etmenin en basit yollarından biri **komşuluk matrisi**dir (adjacency matix). Komşuluk matrisi aynı zamanda **sosyomatris** (sociomatrix) olarak da adlandırılır. Komşuluk matrisinin hücrelerinde 1 değeri, o hücreye karşılık düşen satır ve sütundaki düğümler arasında bir kenar olduğunu, 0 değeri ise kenar olmadığını gösterir. Ağırlıklı graflarda 1 değeri yerine kenarın ağırlık değeri kullanılır. Komşuluk matrisi matematiksel olarak en doğal gösterim şekli olduğu için üzerinde analiz yapılması kolaydır fakat yapısı itibariyle bilgisayar hafızasında fazla yer kaplar ve el ile oluşturulması zordur [18]. Şekil 2'deki graf'a ait komşuluk matrisi Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1 - Komşuluk Matrisi

	A	**B**	**C**	**D**	**E**
A	0	1	0	1	0
B	1	0	0	1	1
C	0	0	0	1	0
D	1	1	1	0	1
E	0	1	0	1	0

Tablo incelendiğinde matrisin köşegen etrafında simetrik olduğu gözlemlenir. Bu durum sadece yönsüz ağlar için geçerlidir. Bu nedenle komşuluk matrisinin yönsüz ağlar için depolama alanını verimsiz kullandığı söylenebilir.

Kenar Listesi

Kenar listesi (edge list), her bir satırında birbiriyle bir kenar tarafından bağlanan iki düğümü içeren listedir. Tablo incelendiğinde Şekil 4'deki graf yönlü olduğu için her kenar için farklı yönleri temsil eden ayrı satırlar kullanılmıştır. Yapısı itibariyle bilgisayar hafızasını en verimli şekilde kullanır ve elle oluşturulması kolaydır. Kenar listesinin diğer avantajıysa her bir satıra o kenara ait olan etiket, kenar ağırlığı gibi bilgilerin eklenebilmesidir [18]. Şekil 2'deki grafa ait kenar listesi Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2 - Kenar Listesi

A, B
B, A
A, D
B, D
B, E
C, D
D, E

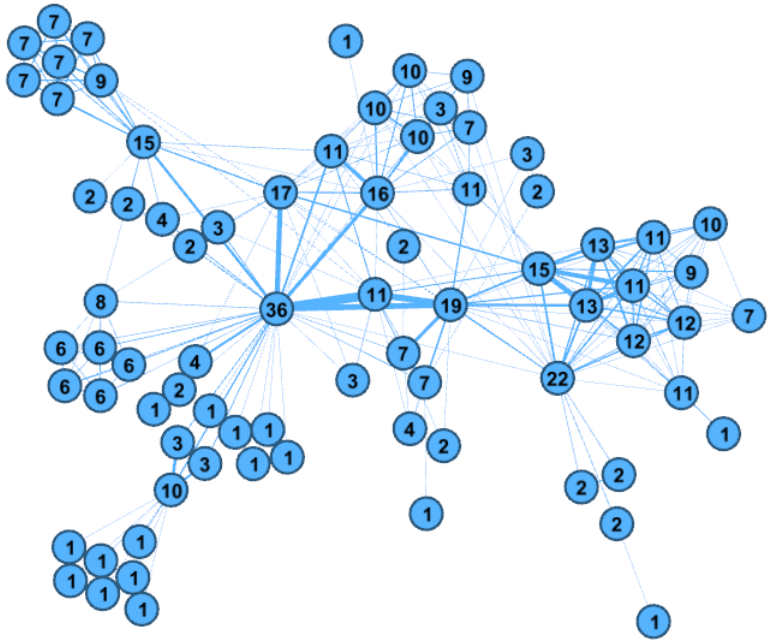
Ağ Ölçütleri

Derece Merkeziliği

Bir düğüm ile ilgili temel ölçüt **derece**dir (degree). Yönsüz ağlarda bir düğümün derecesi o düğüme bağlı kenarların sayısıdır. Yönlü ağlarda ise iç-derece (in-degree) ve dış derece (out-degree) şeklinde iki derece vardır. Düğüme gelen kenarların sayısı iç derece, düğümden çıkan kenarların sayısı ise dış-derecedir. Yönlü ağlarda iç ve dış derecelerin toplamı düğümün toplam derecesini verir.

Düğümlerin yalnızca derecelerini kullanarak ağdaki önemini belirlemeye yarayan, hesaplama metodu olarak en basit merkezilik ölçütü **derece merkeziliği**dir. Şekil 5'de Les Miserables'a ait Derece Merkeziliği değerleri ağ düğümlerinde yazan etiketler ile gösterilmektedir. Sosyal ağlarda bu ölçüt gerçek hayatta bağlantısı en çok olan aktörün en önemli olduğu ilkesine dayanmaktır. Yani bir düğümün derecesi ne

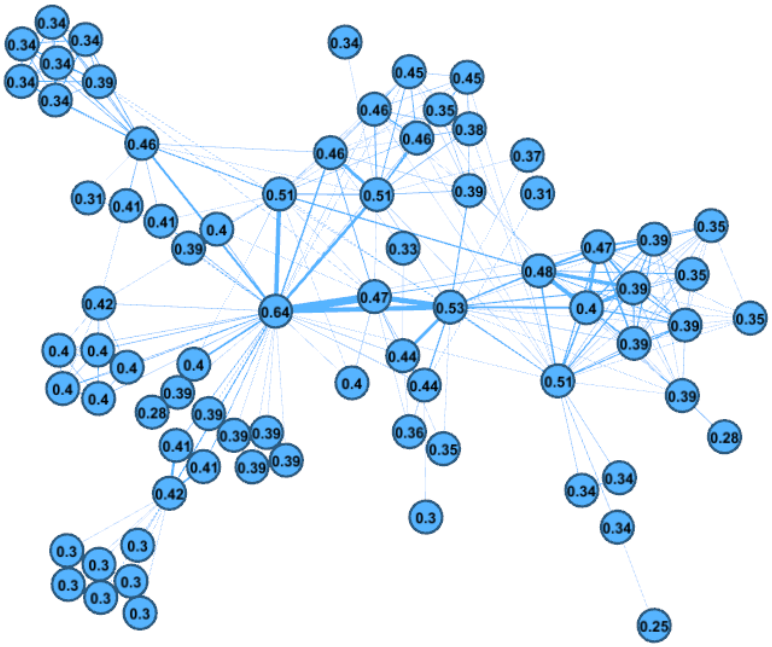
kadar yüksek ise o düğüm o kadar önemlidir. Yönlü ağlarda ise iç-derece merkeziliği bir bireyin sosyal ağdaki popülerliğini, dış derece merkeziliği ise bireyin sokulganlık ve sosyalleşebilirliğini (gregariousness, sociability) temsil eder [18].



Şekil 5 - Les Miserables'a ait Derece Merkeziliği Görünümü

Yakınlık Merkeziliği

Yakınlık merkeziliği bir düğümün ağdaki diğer düğümlere ne kadar yakın olduğu ile ilgilidir. Bir düğüm bu ölçüte göre ne kadar merkezi ise ait olduğu ağda, o düğümden diğer düğümlere o kadar çabuk yani en kısa yoldan ulaşılabilmektedir. Bir düğüme ait yakınlık merkeziliği, düğümün ağdaki diğer düğümlere olan en kısa yol uzunluklarının ortalamasının tersi alınarak hesaplanır. Les Miserables ağı için yakınlık merkeziliği değerleri Şekil 6'daki düğümlerdeki etiketlerde yazılı olarak gösterilmektedir.



Şekil 6 - Les Miserables'a ait Yakınlık Merkeziliği Görünümü

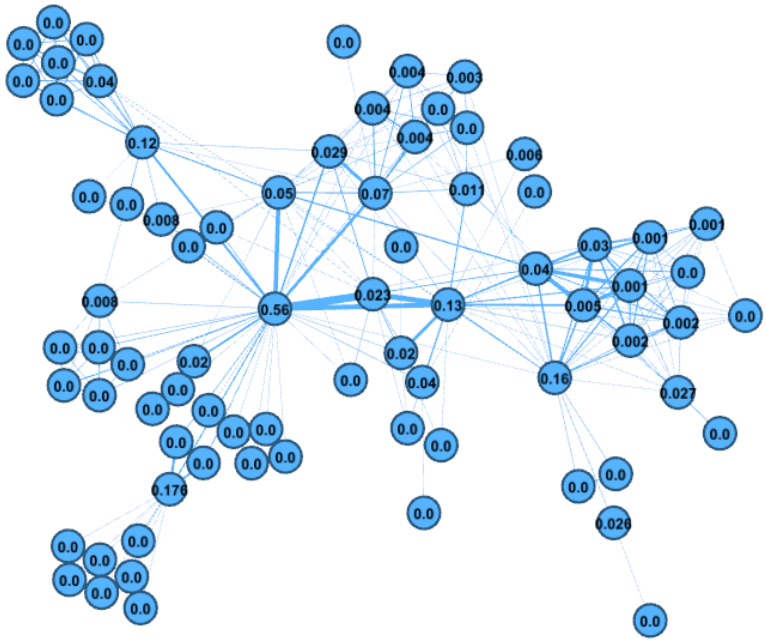
Yakınlık merkeziliği, ağın görselleştirilmesinde sıklıkla kullanılan bir ölçüttür. Bir ağ görselleştirilirken yakınlık merkeziliği yüksek olan düğümler ağın merkezine göre konumlandırılır [18].

Arasındalık Merkeziliği

Yakınlık merkeziliği gibi en kısa yol temelli merkezilik ölçütü olan **arasındalık merkeziliği**, bir düğümün diğer düğümler arasındaki kaç adet en kısa yol üzerinde yer aldığıyla ilgilenirken, en kısa yolların uzunluğuna bakmaz. Şekil 7'de düğümlerde arasındalık merkeziliği değerleri etiketlerde yazılı olarak gözlemlenmektedir. Bir (x, y) düğüm çifti arasındaki en kısa 5 adet yol olsun ve v düğümü bu yolların 2'sinin üzerinde bulunsun. Bu durumda (x, y) için $2/5 = 0{,}4$ değeri bulunur. Bu işlem diğer düğüm çiftleri için de uygulandıktan sonra hesaplanan oranlar toplamı v düğümünün arasındalık merkeziliği olarak bulunur.

Sıklıkla kullanılan merkezilik ölçütlerinden biri olan arasındalık merkeziliği, bir düğümün **ağdaki bilgi akışı**nda ne kadar etkili bir konumda olduğunu ifade eder [18].

En kısa yolların hesaplanması maliyetli bir işlem olduğundan arasındalık merkeziliği diğer en kısa yol temelli ağ ölçütleri gibi hesaplanması yavaş bir ölçüttür.

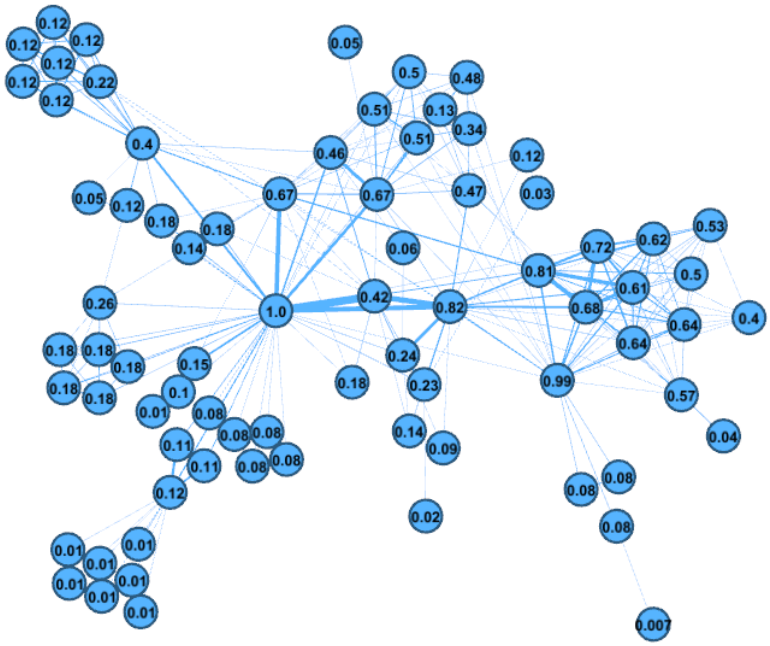


Şekil 7 - Les Miserables'a ait Arasındalık Merkeziliği Görünümü

Özvektör Merkeziliği

Özvektör merkeziliği derece merkeziliğindeki derecesi yüksek olan düğüm daha önemlidir fikrinin devamı olarak ortaya çıkan daha gelişmiş bir ölçüttür. Şekil 8'de özvektör merkeziliği değerleri etiketlerle gösterilmiştir. Özvektör merkeziliğinde bir düğümün önemi sadece komşularının sayısına göre değil aynı zamanda komşularının da önemine bağlıdır. Bu yaklaşım gerçek hayat ağlarındaki yüksek yerlerde çok sayıda arkadaş edinme özelliği ile ilgilidir [18].

Özvektör merkeziliği için komşuluk matrisi üzerinde özdeğer (eigenvalue) ve özvektör (eigenvector) hesaplamaları yapılır. Özvektör merkeziliği **geribildirim tabanlı** (feedback based) merkezilik ölçütleri kategorisindedir. Özvektör merkeziğili ile benzerlik gösteren diğer geri bildirim tabanlı ölçütler **Katz Merkeziliği** (Katz Centrality), **PageRank Merkeziliği**, **Otorite** ve **Göbek Merkeziliği**dir [18].



Şekil 8 - Les Miserables'a ait Özvektör Merkeziliği Görünümü

Kümelenme Katsayısı

Geçişlilik sosyal ağlardaki bağ oluşturma davranışı üzerinde analiz yapan bir ölçüttür. Geçişlilik davranışı için en az 3 kenar ve bu kenarların birleştirdiği 3 düğüm gereklidir. Bu kenar ve düğümler bir **üçgen** (triangle) oluşturur. A, B, C bir ağda herhangi üç düğüm olsun, A-B ve A-C kenarları ağda mevcutken bir B-C kenarı da varsa bu üç düğüm arasında bir geçişlilik davranışı söz konusudur. Bu davranış "**arkadaşımın arkadaşı benim de arkadaşımdır**" anlamındadır [18].

Kümelenme katsayısı, bir düğümün komşularının **tam graf**a, tüm düğümler arasında olası bütün bağlantıların olduğu grafa ne kadar yakın bir yoğunlukta olduğunun, yani geçişliğinin bir ölçüsüdür. Bu ölçü düğümler için hesaplandığında **yerel kümelenme katsayısı**, bütün ağ için hesaplandığında ise **global kümelenme katsayısı** adı verilir. Kümelenme katsayısı [0, 1] aralığında değer alır [18].

Yerel kümelenme katsayısı Denklem (4)'te verilmiştir.

$$C_{cc}(v) = \frac{v'yi\ içeren\ üçgenlerin\ sayısı}{v'yi\ merkez\ alan\ bağlı\ üçlülerin\ sayısı} \tag{4}$$

Global kümelenme katsayısı Denklem (5)'te verilmiştir.

$$C_{cc}(v) = \frac{ağdaki\ üçgenlerin\ sayısı\ x\ 3}{ağdaki\ bağlı\ üçlülerin\ sayısı} \tag{5}$$

Ortalama Derece

Ortalama derece, ağın genel yapısını derece cinsinden tanımlayan, ağda bulunan düğümlerin ortalama derecesinin hesaplanmasıyla bulunan bir ölçüttür. Çoğunlukla $\langle k \rangle$ olarak ifade edilir. Ağın yönlü ve yönsüz olmasına göre iki farklı hesaplama yolu vardır. k_i, i düğümünün derecesi olmak üzere, n düğüm ve m kenara sahip yönsüz ağın ortalama derecesi Denklem (6)'da verilmiştir [18].

$$\langle k \rangle = \frac{1}{n}\sum_{i}^{n} k_i = \frac{2m}{n} \tag{6}$$

Yönlü ağlarda ise iç-derece (in-degree) ve dış derece (out-degree) olmak üzere iki derece hesaplanır. Dolayısıyla n düğümlü yönlü bir ağda ortalama iç ve dış-dereceler Denklem (7) ve (8)'deki gibidir [18].

$$\langle k^{in} \rangle = \frac{1}{n}\sum_{i}^{n} k_i^{in} \tag{7}$$

$$\langle k^{out} \rangle = \frac{1}{n}\sum_{i}^{n} k_i^{out} \tag{8}$$

Yönlü ağlarda ortalama iç-derece ve dış-derece birbirine eşittir ve bu eşitlik Denklem (9)'da verilmiştir.

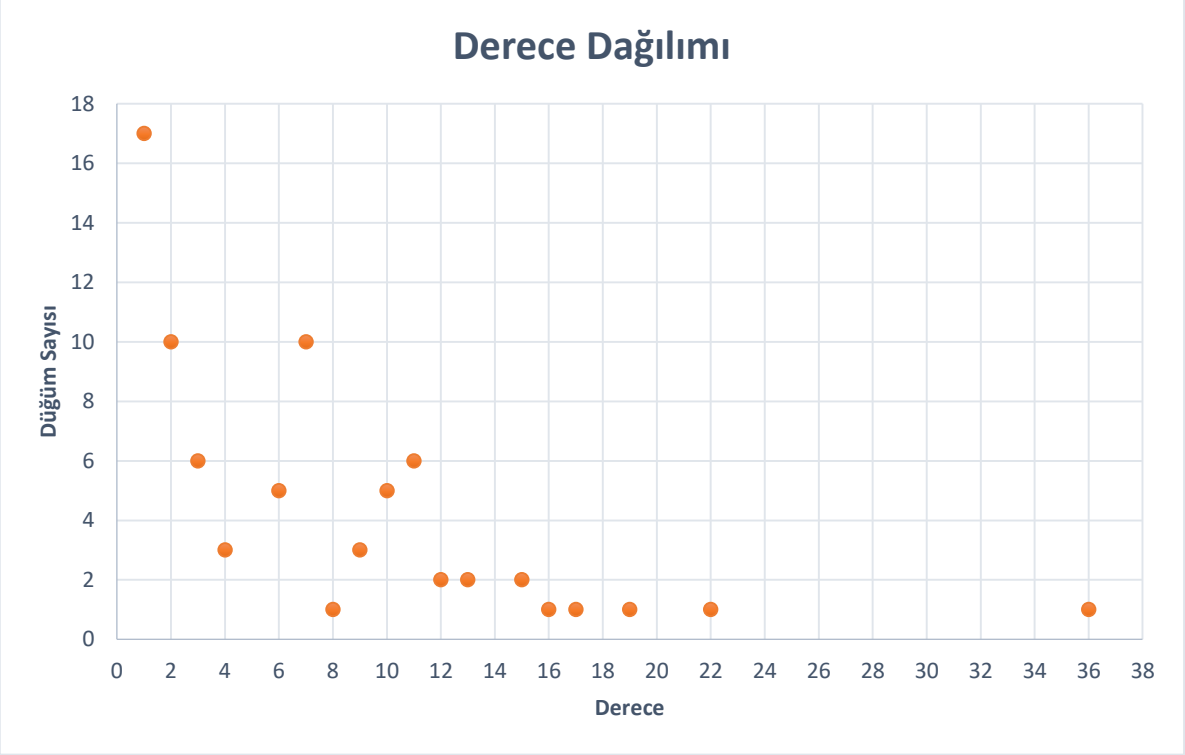
$$\langle k^{in} \rangle = \langle k^{out} \rangle = \frac{m}{n} \tag{9}$$

Derece Dağılımı

Büyük ölçekli ağlarda, ağı tanımlamak ve karakteristik yapısını anlamak için kullanılan önemli bir ölçüt ise **derece dağılımı**dır. Derece dağılımı bir ağda hangi dereceye sahip kaç adet düğüm olduğunu ifade eden bir ağ ölçütüdür.

Derece dağılımını bulmak için ağda bulunan her bir düğümün derecesi hesaplanır ve her dereceye ait kaç adet düğüm bulunduğu sayılır. Son olarak, bulunan

bu veriler genellikle histogram grafiği olarak gösterilir. Les Miserables'a ait derece dağılım grafiği Şekil 9'daki gibidir [18].



Şekil 9 - Les Miserables'a Ait Derece Dağılımı Grafiği

Topluluk Analizi

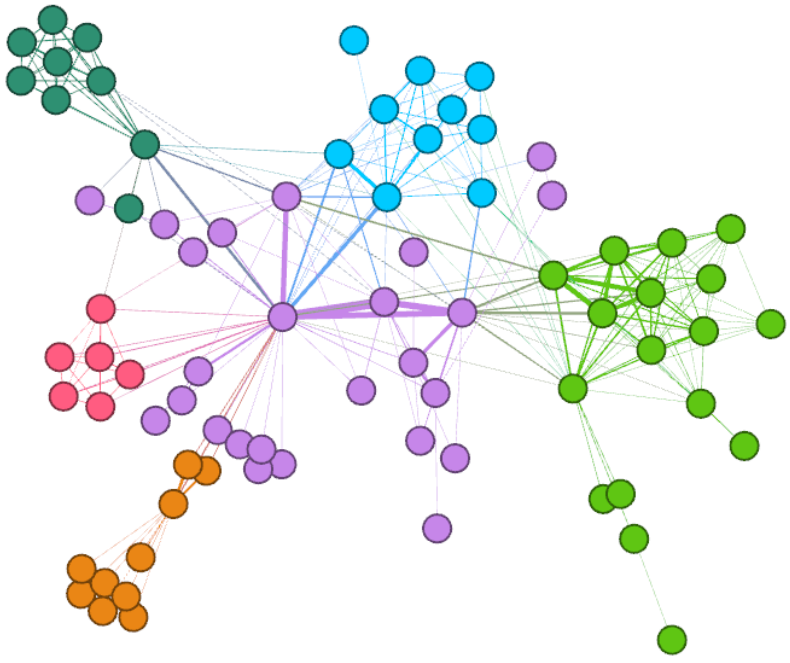
Büyük ve karmaşık ağlarda, düğümler belirgin bir şekilde kümelenip bir araya gelerek **ağ toplulukları** adı verilen gruplaşmalar oluşturmaktadır. Sosyal ağlardaki **topluluk**ların (community) analiz edilmesiyle ağın karakteristiği hakkında önemli bilgilere ulaşabileceğimiz desenler elde edilmektedir. Ağlarda genellikle iki tür topluluk oluşumu gözlemlenmektedir: **belirgin topluluk**lar (explicit community) ve **üstü kapalı topluluk**lar (implicit community). Topluluk analizinin temel amacı ağda bulunan üyelerin birbirinden habersiz olarak oluşturduğu üstü kapalı toplulukların tespit edilmesidir.

Ağlarda topluluk tespiti için 3 yöntem mevcuttur. Bunlar sırasıyla **kenar merkeziliği tabanlı topluluk tespiti**, **benzerlik tabanlı topluluk tespiti** ve **modülarite tabanlı topluluk tespiti**dir.

Modülarite

Modülarite, Newman ve Girman tarafından ortaya atılan, topluluk analizinde çok kullanılan ve oldukça etkili bir kavramdır. Şekil 10'da Les Miserables, Modülarite ile Topluluk Analizi ağı gözlemlenmektedir. Modülarite kavramına göre bir ağdaki toplulukların oluşumu kesinlikle rastgele bir sürecin sonucu değildir. Kısaca modülarite, gerçek hayat ağlarında bir topluluktaki olası kenar yoğunluğu ile rastgele olarak oluşması gereken kenar yoğunluğu arasındaki farktır [18].

Modülarite tabanlı yöntemler, çok büyük ağlarda bulunan küçük toplulukları genellikle bunların birleşimden oluşan büyükçe topluluklar şeklinde tespit eder. Bu duruma **çözünürlük problemi** (problem of resolution) ya da **çözünürlük limiti** (resolution limit) adları verilir. Modülarite yöntemli topluluk analizleri bu problemin farkında olunarak uygulanmalıdır. Çeşitli algoritmalarda bu problemin üstesinden gelebilmek için toplulukların boyutunu belirleyen çözünürlük parametresi değeri vardır [18].

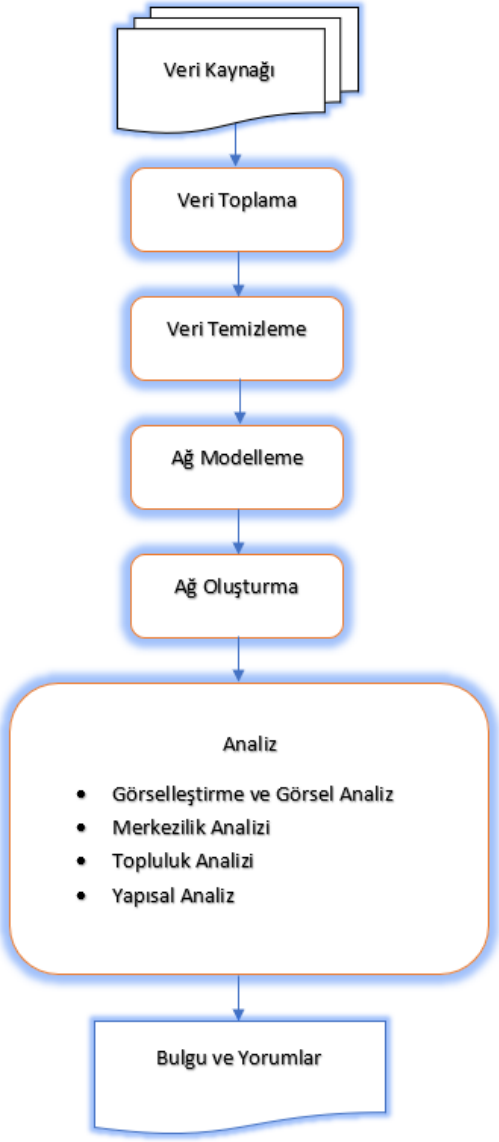


Şekil 10 - Les Miserables, Modülarite İle Topluluk Analizi Görünümü

BÖLÜM 4. YÖNTEM

Bu bölümde verilerin nasıl toplandığı, verilerden oluşturulan ağın gerçek hayat ağının karakteristiklerine göre karşılaştırılması ve bu verileri ağa çevirmekte kullanılacak araçlar anlatılmıştır.

Ağların analiz edilebilmesi için, veri toplama, toplanan verilerin daha iyi analiz edilmesi için veri temizleme, ağın modellenmesi ve oluşturulması aşamaları uygulanmaktadır. Aşamaların anlatıldığı akış diyagramı Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 11- Ağ Analizi Aşamaları

Veri Toplama

Central Intelligence Agency (CIA)'ya ait "The World Fact Book" isimli çalışmanın 2017 yılına ait istatistiki verileri kullanılmıştır [3]. The World Fact Book, CIA tarafından her yıl güncellenen coğrafi, sosyal, idari, ekonomik ve askeri başlıklar altında dünyadaki 197 ülkeye ait inceleme ve istatistiki sonuçların yayınlandığı bir çalışmadır. Bu çalışmadan ekonomi başlığı altında bulunan "Exports - Partners" (İhracat - Ortaklar) istatistiki veri seti kullanılmıştır. Bu veri setinde bir ülkenin, ihracat yaptığı ülkeler ve bu ülkelere yapılan ihracatın yüzdesi bulunmaktadır.

İlgili çalışmada bulunan 197 adet ülkeye ait, bulunduğu kıta, gelişmişlik seviyesi gibi öznitelikler, analizlerde ve görselleştirme çalışmalarında kullanılmak üzere Bileşmiş Milletler'in "Trends in International Migrant Stock: Migrants by Destination and Origin" [19] isimli çalışmasına ait verilerden alınmıştır. The World Fact Book'ta ülkelere ait bu tür öznitelikler maalesef yoktur. İlgili veri setine ait örnek, Tablo 3'teki gibidir.

Tablo 3 - Ülkelere Ait Örnek Öznitelik Tablosu

Country code	Country	Major area	Region	Developed region	Least developed country	Sub-Saharan Africa
4	Afghanistan	Asia	Southern Asia	No	Yes	No
8	Albania	Europe	Southern Europe	Yes	No	No
12	Algeria	Africa	Northern Africa	No	No	No
16	American Samoa	Oceania	Polynesia	No	No	No
20	Andorra	Europe	Southern Europe	Yes	No	No
24	Angola	Africa	Middle Africa	No	Yes	Yes

Verilen veri seti incelendiğinde her ülkenin ihracat yaptığı ülke ve ilgili ihracat yüzdesi, esasında bir grafa ait kenar listesidir. Bu komşuluk listesine ait örnek veri seti Tablo 4'deki gibidir.

Tablo 4 - Ülkelere Ait İhracat Verisi

Ülkeler	İharac Yapılan Ülkeler
Turkey	Germany 9.8%, United Kingdom 8.2%, Iraq 5.4%, Italy 5.3%, United States 4.7%, France 4.2%
Turkmenistan	China 70%, Turkey 5.3%, Italy 5.3%, Afghanistan 4.5%, Russia 4.1%
Tuvalu	Bosnia 24.8%, Singapore 18.8%, Nigeria 17.3%, Fiji 14.5%, United States 6%
Uganda	Kenya 20.9%, UAE 11.2%, Rwanda 9.5%, Congo 8.9%, Italy 4.5%
Ukraine	Russia 9.9%, Egypt 6.2%, Poland 6.1%, Turkey 5.7%, Italy 5.3%, India 5.2%, China 5.1%

Tablo 3 ve Tablo 4'de bulunan veriler C# programlama dili kullanılarak bu çalışma kapsamında geliştirilen bir Windows uygulaması yardımıyla köşe ve kenarlara ait CSV uzantılı köşe listesi ve komşuluk listesi dosyalarına çevrilmiştir.

Veri Temizleme

Elde edilen veri ile ağ oluşturulmadan önce veride bulunan bazı sorunların düzeltilmesi gerekmiştir. BM ülke listesinde bulunan ülke isimleri ile ihracat verisine ait tabloda bulunan ülke isimlerinin eşleşmediği görülmüştür. Eşleşme olmayan ülke isimleri C# programlama dili ile yazılmış bir kod sayesinde tespit edilmiş ve elle değiştirilmiştir. Yapılan çalışmaya ait bilgiler Tablo 5'ten gözlemlenebilir. Ayrıca ülkelere ait veri setinde bulunan kıta kodu, bölge kodu ve 3 adet sıralama düzeni (sort order) sütunu ihtiyaç olmadığı için silinmiştir.

Tablo 5 - CIA ve BM Listelerinde Ülke İsimleri Arasındaki Farklar

The World Fact Book	BM Listesi
Burma	Myanmar
South Korea	Republic of Korea
Vietnam	Viet Nam
Russia	Russian Federation
Iran	Iran (Islamic Republic of)
Venezuela	Venezuela (Bolivarian Republic of)
Bahamas, The	Bahamas
UAE	United Arab Emirates
Barbados	Barbados
Bolivia	Bolivia (Plurinational State of)
Brunei	Brunei Darussalam
Hong Kong	China, Hong Kong Special Administrative Region
Congo, Democratic Republic of the	Democratic Republic of the Congo
Congo, Republic of the	Republic of the Congo
Cote d'Ivoire	Côte d'Ivoire
Czechia	Czech Republic
St. Kitts and Nevis	Saint Kitts and Nevis
Vietnam	Viet Nam
Falkland Islands (Islas Malvinas)	Falkland Islands
Faroe Islands	Faroe Islands
NZ	New Zealand
Gambia, The	Gambia
St. Lucia	Lucia
Tanzania	United Republic Of Tanzania
Korea, North - Democratic Peoples of the Korea	North Korea
Korea, South	South Korea
Laos	Lao People's Democratic Republic
Syria	Syrian Arab Republic
Macau, Macao	China, Macao Special Administrative Region
Macedonia	The former Yugoslav Republic of Macedonia
Moldova	Republic of Moldova
United Kingdom, UK	United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland - UK
United States, US	United States of America

Ağın Modellenmesi ve Oluşturulması

Her ülke ağda bir düğüm olarak tanımlanmıştır. A ülkesinden B ülkesine bir ihracat yapılmış ise A'dan B'ye yönlü bir kenar tanımlanmaktadır. Bazı ülkeler arasında karşılıklı ihracat olduğu için A'dan B'ye doğru bir kenar varsa, B'den A'ya başka bir kenar da olabilmektedir. Ayrıca bu çalışmadaki veri setinde bulunan ihracat oranları kenar ağırlığı olarak kullanılmıştır.

Ağ oluşturma metodu kullanılarak uluslararası ihracat ağı ülkeler düğüm, ihracat kenar olacak şekilde tanımlanmıştır. İhracat oranları da ağırlık olarak kullanılarak **yönlü-ağırlıklı bir graf** oluşturulmuştur.

C# programlama dili ile yazılan program, ihracat verilerinin bulunduğu metin dosyasını işleyerek çalışmada kullandığımız ağ analiz araçlarına aktarılabilecek komşuluk listesi içeren CSV biçimine dönüştürmüştür. Aynı program ile ülke listeleri de işlenerek köşe listesi içeren CSV biçimine dönüştürülmüştür.

Oluşturulan grafın 197 düğümü ve 1070 kenarı bulunmaktadır. Oluşturulan ağ üzerinde herhangi bir filtreleme veya düğüm silme işlemi yapılmamıştır.

Ağ Analizi Araçları

Bu projede, uluslararası ihracat ağının görselleştirilmesi ve analizi için Gephi [20] ve Cytoscape [21] yazılımları kullanılmıştır.

Gephi graf görselleştirme ve ağ analizi için sıklıkla kullanılan açık kaynak kodlu yazılımdır. Gephi ağ görselleştirme yetenekleriyle öne çıkar, düğümlerin sahip olduğu özniteliklerini kullanarak ağın çeşitli şekillerde gösterilmesine olanak tanır. Bunların yanında ağ verilerine hızlıca erişim sağlar. Ayrıca bu veriler üzerinde filtreleme ve analiz yapar.

Cytoscape, moleküler biyoloji ve kimya için geliştirilmiştir. Bu alanlarda kullanılan büyük ölçekli moleküler etkileşimli ağ verilerinin analizi ve görselleştirilmesinde kullanılan açık kaynak kodlu bir yazılımdır. Bu çalışmada, kapsamlı analiz ve eklenti tabanlı genişletilebilirlik özellikleri sayesinde ağ üzerinde yapılan yapısal analizlerde kullanılmıştır.

BÖLÜM 4. BULGULAR VE YORUMLAR

Gephi ve Cytoscape yazılımları yardımıyla uluslararası ihracat ağı, görsel analiz, merkezilik analizi, topluluk analizi ve yapısal analiz başlıkları altında dört bölümde analiz edilmiştir. Ağın görsel analizi yapılarak ağda yapısal desenler aranmıştır. Ardından ağda bulunan düğümlerin merkezilikleri analiz edilmiştir. Daha sonra ağda bulunması muhtemel topluluklar araştırılıp son olarak ağın yapısal analizi yapılmıştır.

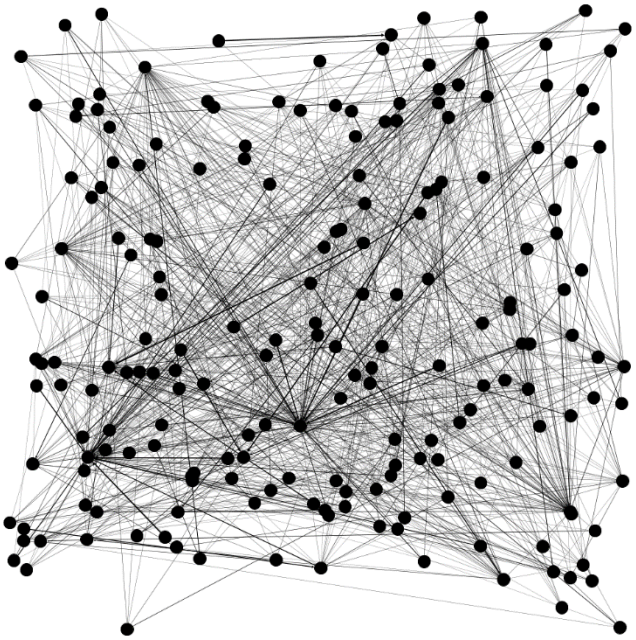
Görsel Analiz

Uluslararası ticaret ağının görsel analizi Gephi ile yapılmıştır. Ağa ait düğüm ve kenar sayısı fazla olduğundan, düğümleri görselleştirme üzerinde dengeli dağıtan ve kenarların üst üste binmesini engelleyen Fruchterman-Reingold yerleşimi kullanılmıştır [22]. Düğümleri kategorize etmek için düğüm renklendirme yapılmıştır. Düğümlerin renkleri veri setinde bulunan "main regions"ın (ana bölgeler) her birine ayrı renk verilmesiyle yapılmıştır. Ana bölgelere atanan renkler Tablo 6'daki gibidir.

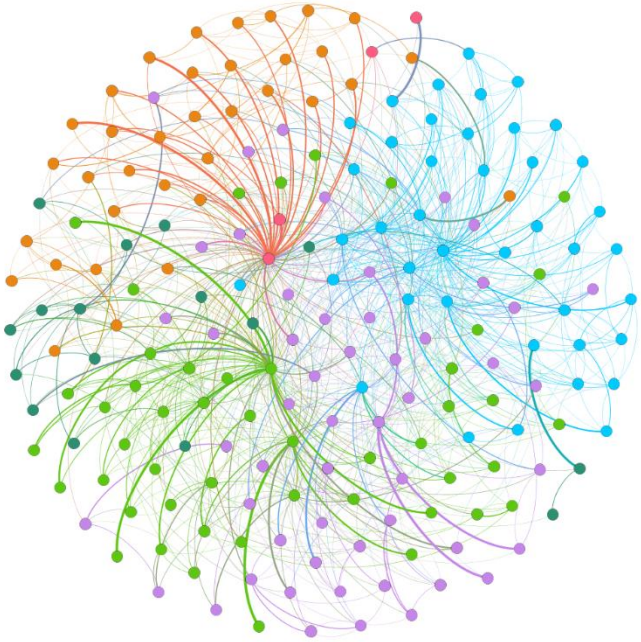
Uluslararası ticaret ağının rastgele yerleşim ile görselleştirilmiş ham hali Şekil 12'de görülebilir. Ağın ana bölgelere göre renklendirilmiş ve Fruchterman-Reingold yerleşimi uygulanmış görselleştirmesi ise Şekil 13'teki gibidir.

Tablo 6 - Ana Bölgelere Atanan Renkler

Renkler	Ana Bölgeler
	Afrika
	Asya
	Avrupa
	Latin Amerika ve Karayipler
	Okyanusya
	Kuzey Amerika



Şekil 12 - Ağın Rasgele Yerleşimi

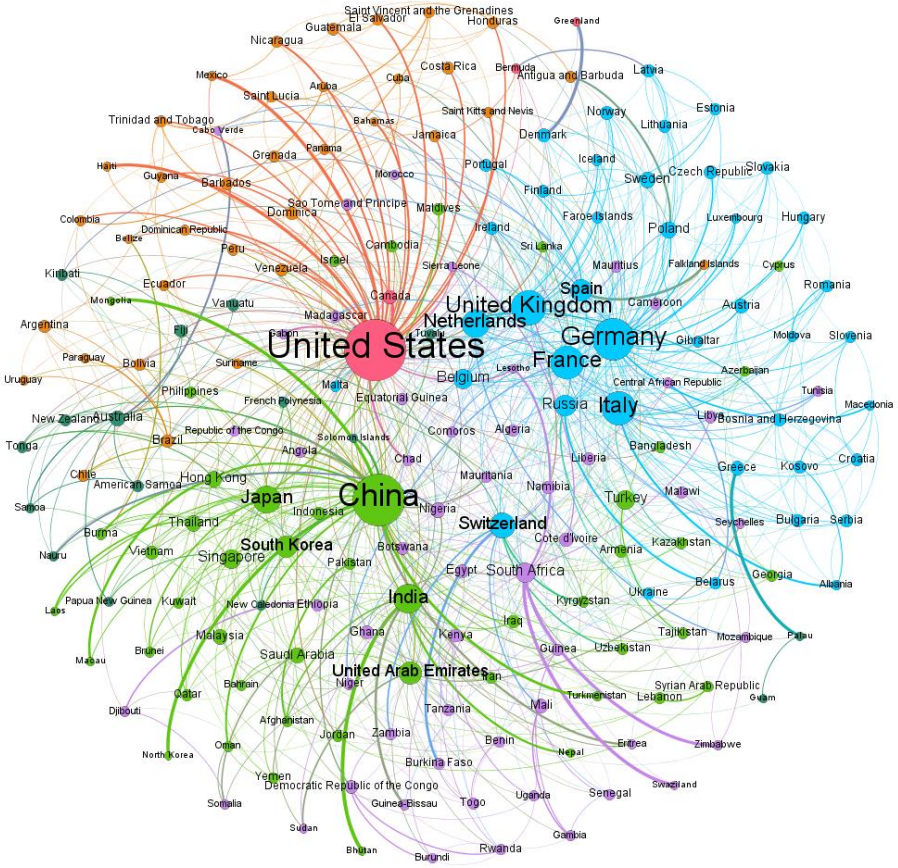


Şekil 13 - Ağın Fruchterman-Reingold Görünümü

Yerleşim algoritması ve ana bölgelerin renklendirilmesi uygulandıktan sonra yapılan görsel analizde; Şekil 13'te görüldüğü gibi ağda ana bölgelere ait kümelenmeler gözlemlenmiştir. Başta Avrupa, Latin Amerika ve Karayipler olmak üzere Afrika ve Asya bölgelerine ait ülkelerin kümelendiği gözlemlenmiştir.

Düğüm Derecelerine Göre Görselleştirme

Uluslararası ticaret ağında ağda bulunan yüksek öneme sahip ülkeleri görselleştirmek için ağdaki düğümlerin derece değerleri, düğümlerin büyüklükleri ile oransal olarak görselleştirilmiş ve ülke adları düğüm etiketi olarak eklenmiştir. Bu görselleştirme çalışması Fruchterman-Reingold yerleşimi üzerinde yapılmıştır. İlgili görselleştirme çalışması Şekil 14'te verilmiştir.



Şekil 14 - Uluslararası İhracat Ağına Ait Derece Görünümü

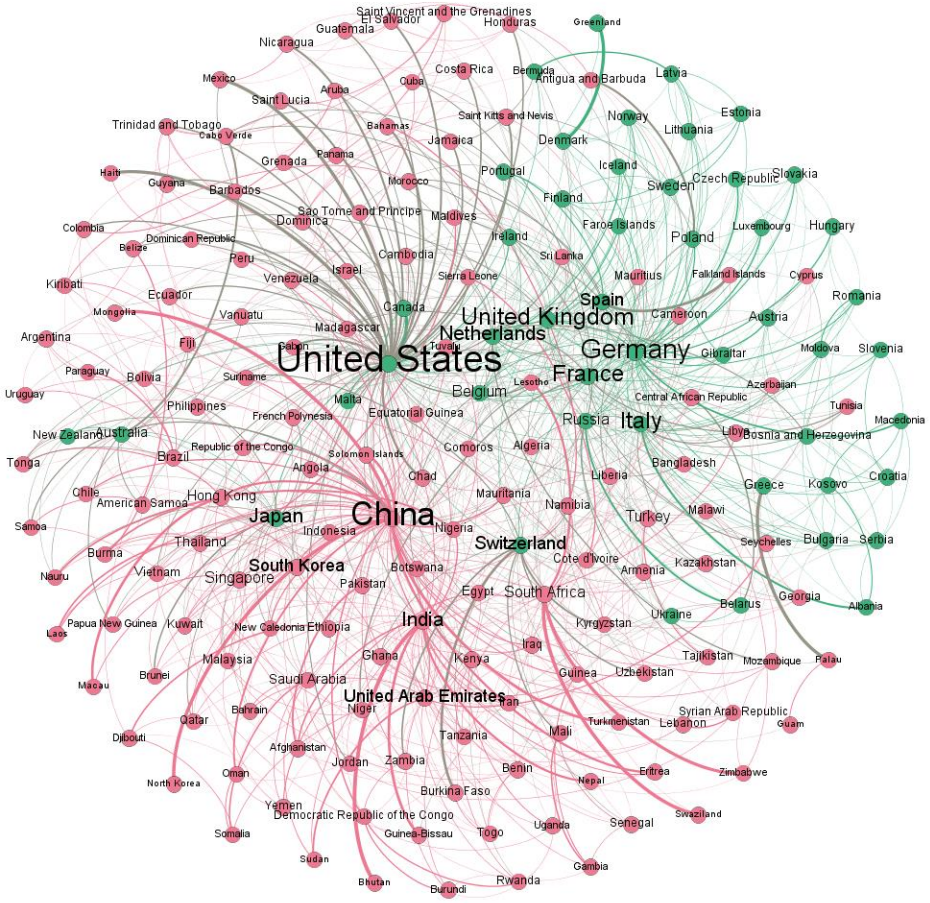
Şekil 14 incelendiğinde, Avrupa, Kuzey Amerika ve Asya bölgelerinin diğer bölgelere göre ağda daha fazla öneme sahip olduğu görülmektedir. Ağda öne çıkan yüksek dereceli ülkeler Amerika, Çin, Almanya, İngiltere, Fransa, Hollanda, İtalya, Japonya, Hindistan, Güney Kore ve Rusya'dır.

Düğüm Özniteliklerine Göre Görselleştirme

Ülkelere ait, gelişmiş ülke özniteliğine göre görselleştirme yapılmıştır. İlgili öznitelik ile elde edilen kategorilere ait renk kodları Tablo 7'deki gibidir. Bu kategoriler ile yapılan görselleştirme çalışması Şekil 15'te gözlemlenebilir.

Tablo 7 - Gelişmiş Ülke Özniteliğine Ait Renk Kodları

Renk	Kategori
●	Gelişmiş Ülke
●	Gelişmiş Ülke Değil



Şekil 15 - Gelişmiş Ülke Özniteliğine Göre Görselleştirme

Şekil 15 incelendiğinde gelişmiş ülkelere ait yeşil renkli düğümlerin kümelendiği açıkça gözlemlenmektedir.

Merkezilik Analizi

Ağda bulunan düğümlerin ağdaki önemini bulmak için merkezilik analizi yapılmıştır. Bir ağda bir düğüme ait merkezilik değeri ne kadar yüksek olursa düğüm o kadar önemli olur.

Bu analizi gerçekleştirmek için Gephi kullanılarak derece, arasındalık, yakınlık ve özvektör merkezilik ölçütleri kullanılmıştır. Ağda bulunan ilk 20 düğümün merkezlik ölçütlerine ait değerler sırasıyla Tablo 9, Tablo 10, Tablo 11 ve Tablo 12'de verilmiştir.

Son olarak merkezilik analizi sonucunda elde edilen iç-derece ve dış-derece merkezilik değerleri için görselleştirme çalışması yapılmıştır. İlgili görseller Şekil 16 ve Şekil 17'de verilmiştir.

Tablo 8 - İhracat Miktarına Göre İlk 10 Ülke (The World Factbook, 2017)

Sıralama	Ülke	İhracat (milyon $)
1	Çin	$2.157.000
2	Amerika Birleşik Devletleri	$1.576.000
3	Almanya	$1.401.000
4	Japonya	$683.300
5	Güney Kore	$552.300
6	Fransa	$541.300
7	Hong Kong	$540.000
8	Hollanda	$526.400
9	İtalya	$499.100
10	Birleşik Krallık	$436.500

Tablo 9 - Derece Merkeziliğine Göre İlk 20 Ülke

Sıralama	Ülke (Orjinal)	Ülke (Türkçe)	Derece Merkezilik
1	***United States***	***Amerika Birleşik Devletleri***	108
2	***China***	***Çin***	89
3	***Germany***	***Almanya***	68
4	***United Kingdom***	***Birleşik Krallık***	55
5	***France***	***Fransa***	52
6	***Italy***	***İtalya***	52
7	India	Hindistan	43
8	***Japan***	***Japonya***	40
9	***Netherlands***	***Hollanda***	40
10	Switzerland	İsviçre	35
11	United Arab Emirates	Birleşik Arap Emirlikleri	30
12	***South Korea***	***Güney Kore***	29
13	Spain	İspanya	29
14	Russia	Rusya	28
15	Belgium	Belçika	24
16	South Africa	Kuzey Afrika	24
17	Singapore	Singapur	23
18	Turkey	Türkiye	23
19	Poland	Polonya	18
20	***Hong Kong***	***Hong Kong***	17

Tablo 10 - Arasındalık Merkeziliğine Göre İlk 20 Ülke

Sıralama	Ülke (Orjinal)	Ülke (Türkçe)	Arasındalık Merkezilik
1	Turkey	Türkiye	5221,364
2	Greece	Yunanistan	5177,277
3	Iraq	Irak	5089,452
4	United Arab Emirates	Birleşik Arap Emirlikleri	4388,616
5	India	Hindistan	3538,051
6	Iran	İran	3493,655
7	Cyprus	Kıbrıs	2722,494
8	Switzerland	İsviçre	1897,469
9	Lebanon	Lübnan	1857,731
10	***Germany***	***Almanya***	1618,013
11	***Japan***	***Japonya***	1483,425
12	Russia	Rusya	1448,159
13	Thailand	Tayland	1408,078
14	Malaysia	Malezya	1218,376
15	South Africa	Kuzey Afrika	1214,936
16	Sweden	İsveç	1074,653
17	***United States***	***Amerika Birleşik Devletleri***	1006,128
18	Libya	Libya	923,340
19	***United Kingdom***	***Birleşik Krallık***	767,989
20	***China***	***Çin***	664,289

Tablo 11 - Yakınlık Merkeziliğine Göre İlk 20 Ülke

Sıralama	Ülke (Orjinal)	Ülke (Türkçe)	Yakınlık Merkezilik
1	Greece	Yunanistan	0,365
2	Cyprus	Kıbrıs	0,353
3	Syrian Arab Republic	Suriye	0,319
4	Albania	Arnavutluk	0,316
5	Lebanon	Lübnan	0,313
6	Gibraltar	Cebelitarık	0,308
7	Iraq	Irak	0,307
8	Armenia	Ermenistan	0,302
9	Georgia	Gürcistan	0,301
10	Bulgaria	Bulgaristan	0,300
11	Kosovo	Kosova	0,292
12	Macedonia	Makedonya	0,285
13	Palau	Palau	0,283
14	Mali	Mali	0,278
15	Comoros	Komorlar	0,269
16	Jordan	Ürdün	0,269
17	Turkey	Türkiye	0,267
18	Tuvalu	Tuvalu	0,267
19	Ukraine	Ukrayna	0,265
20	Togo	Togo	0,263

Tablo 12 - Özvektör Merkeziliğine Göre İlk 20 Ülke

Sıralama	Ülke (Orjinal)	Ülke (Türkçe)	Özvektör Merkezilik
1	***United States***	***Amerika Birleşik Devletleri***	1,000
2	***China***	***Çin***	0,748
3	***Germany***	***Almanya***	0,547
4	***United Kingdom***	***Birleşik Krallık***	0,503
5	***France***	***Fransa***	0,486
6	***Italy***	***İtalya***	0,438
7	***Japan***	***Japonya***	0,418
8	***Hong Kong***	***Hong Kong***	0,321
9	Switzerland	İsviçre	0,308
10	***Netherlands***	***Hollanda***	0,291
11	***South Korea***	***Güney Kore***	0,245
12	India	Hindistan	0,183
13	Spain	İspanya	0,177
14	Canada	Kanada	0,165
15	Belgium	Belçika	0,161
16	Mexico	Meksiya	0,147
17	Poland	Polonya	0,111
18	Austria	Avusturya	0,104
19	United Arab Emirates	Birleşik Arap Emilikleri	0,090
20	Thailand	Tayland	0,078

Tablo 8'de bulunan en yüksek ihracat miktarına sahip ilk 10 ülke merkezilik tablolarında kalın ve italik stilde vurgulanmıştır.

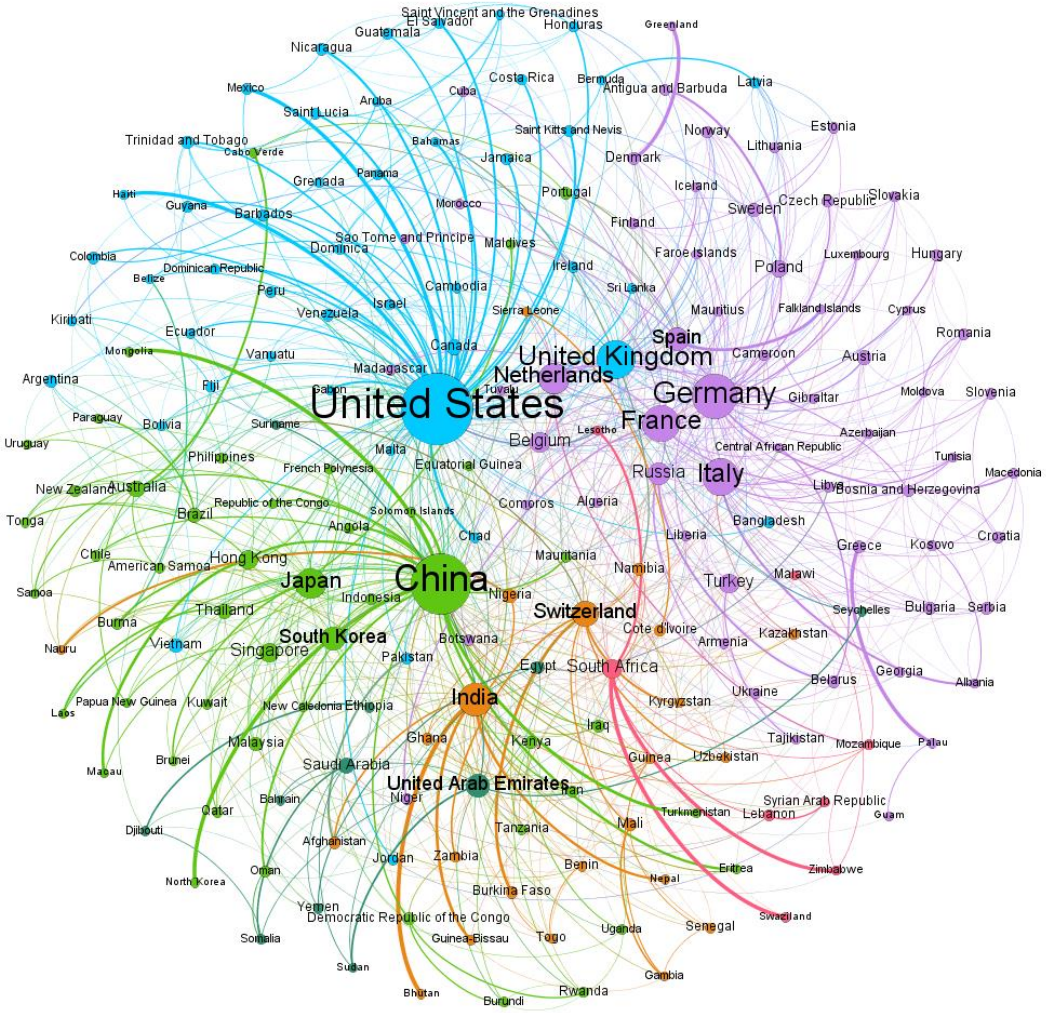
Derece merkezilik değerleri incelendiğinde, derece merkeziliği tablosunda bulunan ilk 10 ülkeden 8'nin, İhracat Miktarına Göre İlk 10 Ülke (The World Factbook, 2017)'de bulunan en yüksek ihracat miktarına sahip 10 ülke arasında olduğu gözlemlenmiştir. Özvektör merkezilik değerleri incelendiğinde, derece merkeziliği tablosunda bulunan ilk 10 ülkeden 9'nun, Tablo 8'da bulunan en yüksek ihracat miktarına sahip 10 ülke arasında olduğu gözlemlenmiştir.

Arasındalık merkeziliğine ait tablo incelendiğinde Türkiye'nin ilk sırada olduğu görülmektedir. Stratejik konumu ile uluslararası ticaret yollarında köprü görevi gören Türkiye'nin arasındalık merkeziliği değerinin yüksek çıkması mantıklı bir sonuçtur. Ayrıca arasındalık merkeziliğinde Tablo 6'daki 10 ülkeden sadece 4'ü bulunmaktadır.

Yakınlık merkeziliği tablosu incelendiğinde en yüksek ihracat miktarına sahip ilk 10 ülkeden hiçbirinin bulunmaması dikkat çekmektedir.

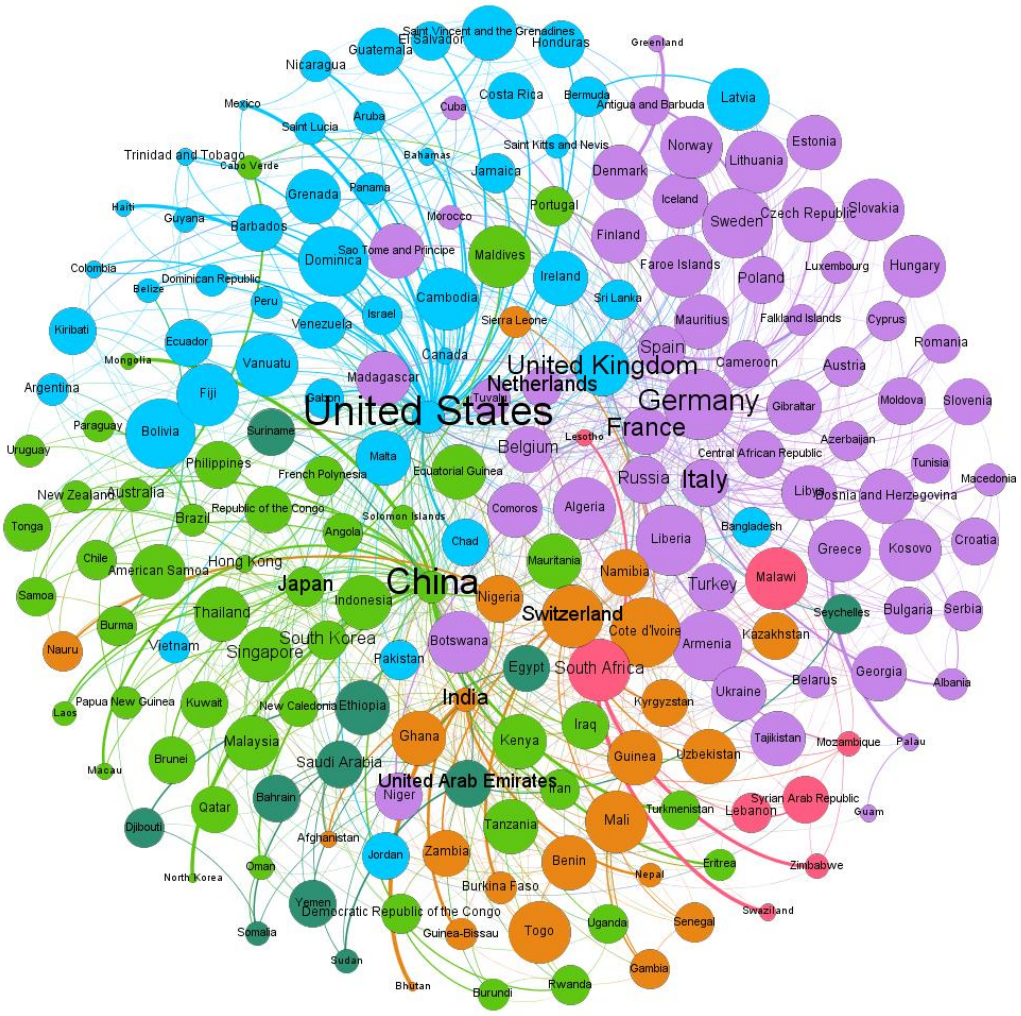
Ülkeler arası ticaret ağı yönlü bir graf olduğu için ağın görselleştirilmesinde ithalatı temsil eden iç-derece, ihracatı temsil eden dış-derece değerleri ile düğümlerin büyüklükleri oransal olarak gösterilmiş ve ülke adları düğümlere eklenerek mevcut

Fruchterman-Reingold yerleşimi ile ağ görselleştirilmiştir. İthalat ilişkilerine ait görselleştirme çalışması Şekil 16'daki gibidir. İhracat ilişkilerine ait görselleştirme çalışması Şekil 17'deki gibidir.



Şekil 16 - İç Derece Görünümü

Şekil 16 incelendiğinde, en çok ithalat yapan başlıca ülkeler sırasıyla Amerika Birleşik Devletleri, Çin, Almanya ve Birleşik Krallıktır.



Şekil 17 - Dış Derece Görünümü

Şekil 17 Şekil 17 incelendiğinde, ülkelere arası ticaret ağında bulunan ülkelerin büyük çoğunluğunun ihracat faaliyetinde aynı derecede öneme sahip olduğu gözlemlenmiştir.

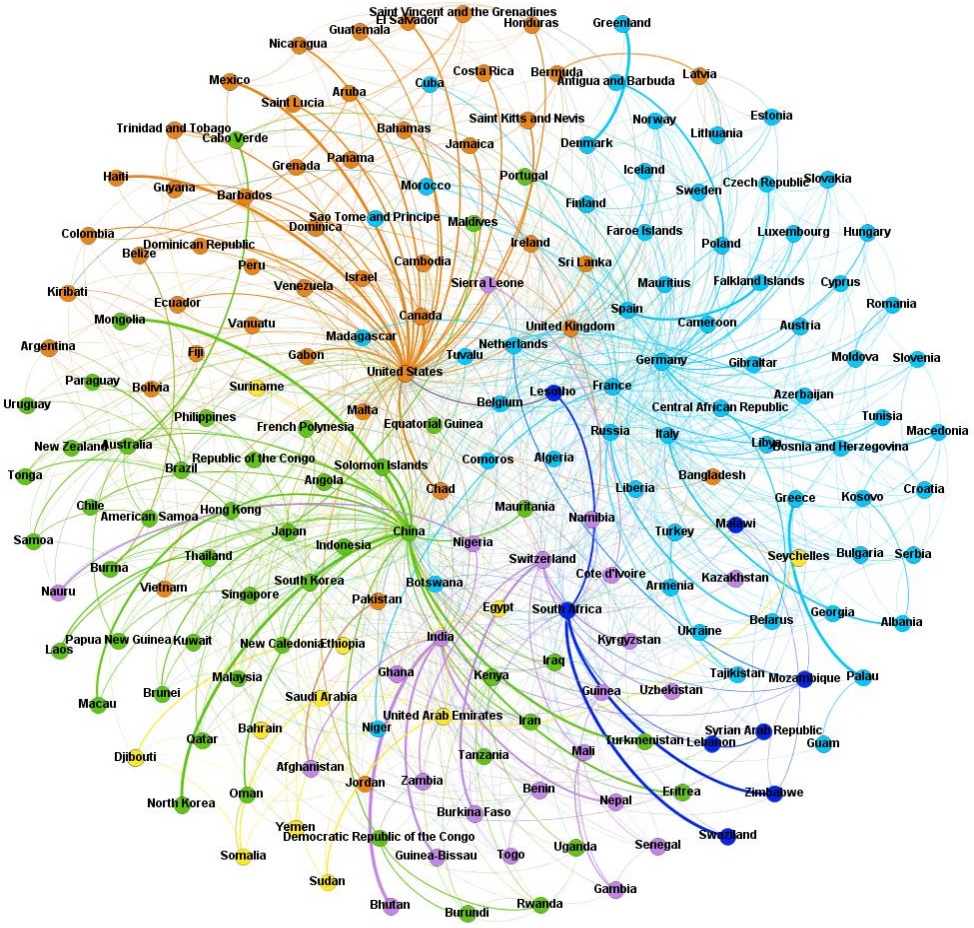
Topluluk Analizi

Uluslararası ihracat ağının topluluk analizinde Gephi'de bulunan Modularity (modülarite) methodu kullanılmıştır [23]. Modülarite methoduyla 4 adet büyük küme, 2 adet küçük küme bulunmuştur. Bu kümeler Şekil 18'de görülmektedir.

Bu çalışmada bir küme aralarında ihracat gerçekleşen ülkeleri temsil etmektedir. Ağda bulunan kümelerin özellikleri Tablo 13'te verilmiştir.

Tablo 13 - Ağda Bulunan Kümeler ve Özellikleri

Sıra	Küme Rengi	Küme Yüzdesi (%)	Kümelerde Bulunan Bölgeler
1		30,96	Avrupa
2		24,37	Asya, Okyanusya
3		23,35	Kuzey Amerika, Latin Amerika ve Karayipler
4		11,68	Afrika
5		5,58	Arap Yarım Adası Ülkeleri
6		4,06	Çeşitli Ülkeler



Şekil 18 - Ağda Bulunan Kümeler

Tablo 13'te ana bölgeler için kullanılan renk kodları, Şekil 18'de aynı ana bölgelerde bulunan kümelere verilerek ana bölgeler için kümelenme davranışı analizi yapılmıştır.

Şekil 15 ve Şekil 18 Şekil 18bir arada değerlendirildiğinde kendi arasında ticari ilişkiler olan Avrupa ve Afrika ülkelerinin kendi aralarında kümelendiği gözlemlenmiştir.

Amerika kıtasında ise Kuzey Amerika ve Latin Amerika ülkelerinin kendi aralarında kümelendiği gözlemlenirken, Asya ve Okyanusya ülkelerinin birlikte kümelendiği gözlemlenmiştir. Coğrafi olarak da yakın olan bu bölgelerin birlikte kümelenmesi oldukça mantıklıdır. Son olarak Arap Yarımadası'nda bulunan ülkelerin Asya bölgesinde ayrılarak kendi aralarında kümelendiği gözlemlenmiştir.

Kümelenme analizi sonucunda coğrafi yakınlığın ticari ilişkiler için önemli olmasına rağmen Afrika'da bulunan ülkeler arasında ticari ilişkilerin zayıf olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

Yapısal Analiz

Ağın yoğunluk, kümeleme katsayısı, çap, merkezileşme ve karakteristik yol uzunluğu gibi ölçümleri Cytoscape yazılımı ile elde edilmiştir. Bu Tablo 14'te verilmiştir.

Tablo 14 - Uluslararası İhracat Ağına Ait Yapısal Ölçümler

Ölçüt Adı	Ülkeler Arası İhracat Ağı
Düğüm Sayısı	197
Kenar Sayısı	1070
Kümelenme Katsayısı	0,426
Karakteristik Yol Uzunluğu	2,321
Bağlı Komponentler	1
Çap	4
Yarıçap	2
Merkezileşme	0,484

Yapısal analiz süreci kapsamında, Cytoscape kullanılarak Tablo 14'te gösterilen derece dağılım grafiği elde edilmiştir. Ağın derece dağılımının ölçekten bağımsız (scale free) gerçek hayat ağlarında gözlemlenen **Güç Yasası Dağılımı**na (Power Law Distribution) yakın bir dağılıma sahip olduğu gözlemlenmiştir [24-25]. Güç Yasası Dağılımına göre, bir ağda derecesi çok düşük olan çok sayıda düğüm bulunurken, derecesi çok yüksek olan çok az sayıda düğüm bulunur [18].

Uluslararası ihracat ağının gerçek hayat ağı karakteristiklerine sahip olup olmadığını anlamak için derece dağılımı, ortalama yol uzunluğu ve kümelenme katsayısı öznitelikleri rastgele oluşturulan bir ağ ile karşılaştırmalı analiz yapılarak araştırılmıştır.

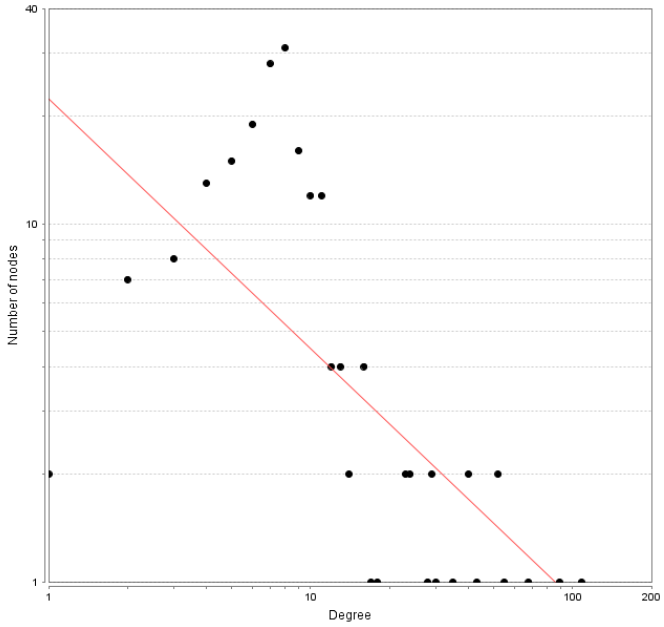
Bu analizde kullanılan rassal ağ modeli, Cytoscape'teki **network randomizer** eklentisi yardımıyla oluşturulan **Erdös-Rényi Rassal Ağı**'dır [26]. Erdös-Rényi rassal ağına ait ölçümler Tablo 15'te verilmiştir. Oluşturulan ağa ait köşe ve kenar sayıları uluslararası ihracat ağı ile aynıdır.

Tablo 15 - Erdös-Rényi Rassal Ağına Ait Ölçümler

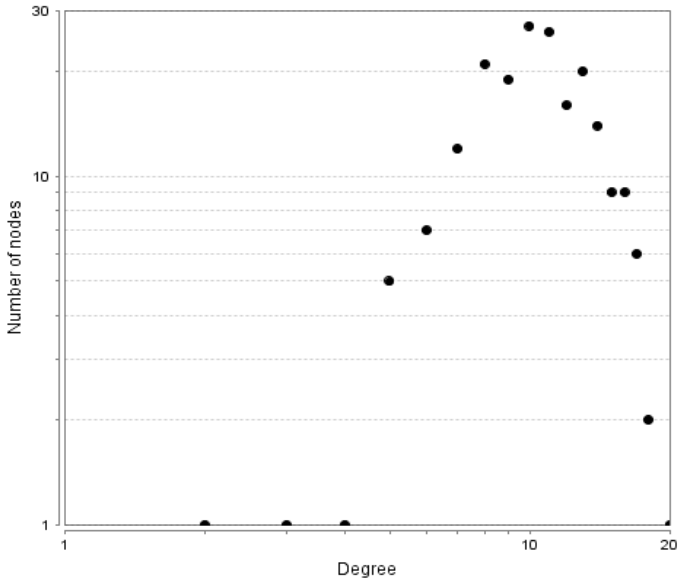
Ölçüt Adı	**Erdös-Rényi Ağı**
Düğüm Sayısı	197
Kenar Sayısı	1070
Kümelenme Katsayısı	0,057
Karakteristik Yol Uzunluğu	2,474
Bağlı Komponentler	1
Çap	4
Yarıçap	3
Merkezileşme	0,047

Oluşturulan rassal ağın kümelenme katsayısı 0,057, karakteristik yol uzunluğu 2,474 ve derece dağılımı Poisson derece dağılımıdır. Rassal ağın derece dağılım grafiği Şekil 19'da verilmiştir. Rassal ağlar, aynı köşe, kenar sayısına sahip gerçek dünya ağlarından düşük kümelenme katsayısına sahiptir. Ülkeler arası göç ağının kümelenme katsayısı değeri 0,426 ile rassal ağın kümeleme katsayısı 0,057'den oldukça yüksektir. Kısa karakteristik yol uzunluğu, hem gerçek dünya hem de rassal ağların ortak karakteristiği olduğundan, birbirine çok yakın 2,321 ve 2,474 karakteristik yol uzunlukları gözlemlenmiştir. Son olarak, Erdös-Rényi rassal ağına ait kenarlar düğümler arasına rastgele eklendiği için Poisson derece dağılımına sahiptir. Erdös-Rényi Rassal Ağına ait derece dağılım grafiği Şekil 20'de verilmiştir.

İki ağ bahsedilen üç temel karakteristik özellik ekseninde değerlendirildiğinde, beklendiği gibi uluslararası ihracat ağının **rassal ağ olmadığı** gözlemlenmiştir. Çünkü ülkeler arasındaki ihracat, rastgele gerçekleşen bir süreç değil tam aksine arz-talep dengesiyle gerçekleşen, çeşitli sosyo-ekonomik gelişmelerden etkilenen bir süreçtir.



Şekil 19 - Uluslararası İhracat Ağına Ait Derece Dağılım Grafiği



Şekil 20 - Erdös-Rényi Rassal Ağına Ait Dağılım Grafiği

BÖLÜM 4. SONUÇ

Bu çalışmada, uluslararası ihracat ağı karmaşık ağ analiz teknikleriyle analiz edilmiştir. CIA'ya ait "The World Fact Book" isimli çalışmanın ihracat veri seti, çalışma kapsamında programlanan yazlım vasıtasıyla veri temizleme ve dönüşüm işlemleri yapılarak uygun biçimdeki CSV dosyalarına kaydedilmiştir. Elde edilen bu dosyalar Gephi ve Cytoscape'e aktarılarak 197 düğümlü ve 1070 kenarlı ağ oluşturulmuş ve çeşitli analizler yapılmıştır.

Derece, yakınlık, arasındalık ve özvektör merkezilik ölçütleri kullanılarak ağda en merkezi (önemli) olan düğümler aranmıştır. Analiz sonuçlarına göre en çok ihracat miktarına sahip ilk 10 ülkenin ağdaki en önemli düğümler olduğu gözlemlenmiştir.

Ağda yapılan görsel ve topluluk analizlerinde, kendi içerisinde ticari ilişkilerin kuvvetli olduğu bölgelerin, bir araya gelerek kümelendiği gözlemlenmiştir. Ekonomik anlamda dünya ile tam entegre olamamış Afrika gibi bölgelerde bulunan ülkelerin kendi aralarında kümelendiği gözlemlenmiştir. Ayrıca yapılan diğer görsel analizlerde gelişmiş ülkelerin kendi aralarında kümelendiği gözlemlenmiştir.

Son olarak, yapılan yapısal analizde uluslararası ticaret ağının gerçek dünya ağlarına ait karakteristik özellikleri sahip olup olmadığı araştırılmıştır. Bu analiz için aynı düğüm ve kenar sayısına sahip Erdös-Rényi rassal ağı oluşturulmuş ve iki ağ arasında yapılan karşılaştırmalar neticesinde **uluslararası ihracat ağının gerçek hayat ağının karakteristik özelliklerine sahip olduğu** sonucuna ulaşılmıştır.

EK'LER

EK-1 Metin Dosyasını Veri Setini İşleyerek Ağa Dönüştüren Yazılım

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Data;
using System.Data.OleDb;
using System.IO;
using System.Linq;
using System.Windows.Forms;

namespace TextToEdgeList
{
    public class Country
    {
        public int Id;
        public string Label;
        public string Category;
        public string Region;
        public string DevelopedRegion;
        public string LeastDevelopedCountry;
        public string SubSaharanAfrica;
        public bool HasConnection;
    }

    public partial class FormMain : Form
    {
        public FormMain()
        {
            InitializeComponent();
        }

        private void btnConvert_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            openFileDialog.Title = "Select Node XSLS";
            if (openFileDialog.ShowDialog(this) != DialogResult.OK)
                return;

            var connectionStringNode =
                string.Format("Provider=Microsoft.ACE.OLEDB.12.0;Data Source={0}; Extended Properties=Excel 12.0;",
                openFileDialog.FileName);

            var dsNodes = new DataSet();
            using (var adapter = new OleDbDataAdapter("SELECT * FROM [node$]", connectionStringNode))
            {
                adapter.Fill(dsNodes, "nodes");
            }

            DataTable nodesData = dsNodes.Tables["nodes"];

            Dictionary<string, Country> countries = new Dictionary<string, Country>();
            for (int i = 0; i < nodesData.Rows.Count; ++i)
            {
                var country = new Country
                {
                    Id                    = Convert.ToInt32(nodesData.Rows[i][0]),
                    Label                 = nodesData.Rows[i][1].ToString(),
                    Category              = nodesData.Rows[i][2].ToString(),
                    Region                = nodesData.Rows[i][3].ToString(),
                    DevelopedRegion       = nodesData.Rows[i][4].ToString(),
                    LeastDevelopedCountry = nodesData.Rows[i][5].ToString(),
                    SubSaharanAfrica      = nodesData.Rows[i][6].ToString(),
                    HasConnection         = false,
                };

                countries[country.Label] = country;
            }

            openFileDialog.Filter = "files|*.csv";
            openFileDialog.Title = "Select Edge Data CSV";
            if (openFileDialog.ShowDialog(this) != DialogResult.OK)
                return;

            var dir = Path.GetDirectoryName(openFileDialog.FileName);

            var fileName = Path.Combine(dir, "edges.csv");

            using (var sw = File.CreateText(fileName))
            {
```

```
                sw.WriteLine("Source;Target;Type;Weight");

                var lines = File.ReadLines(openFileDialog.FileName);
                foreach (var line in lines)
                {

                    var lineData = line.Split(new[] { ';'}, StringSplitOptions.RemoveEmptyEntries);

                    if (lineData.Length < 2)
                        continue;

                    var sourceName = lineData[0];

                    Country sourceCountry, targetCountry;
                    try
                    {
                        sourceCountry = countries[sourceName];
                    }
                    catch(Exception)
                    {
                        continue;
                    }

                    var targets = lineData[1].Split(new[] { ','}, StringSplitOptions.RemoveEmptyEntries);

                    foreach(string targetVal in targets)
                    {
                        var target = targetVal.Trim();

                        var idx = target.LastIndexOf('(');

                        var targetName = target.Substring(0, idx).Trim();

                        try
                        {
                            targetCountry = countries[targetName];
                        }
                        catch (Exception)
                        {
                            continue;
                        }

                        var weight = target.Substring(idx, target.Length - idx - 1).Trim(); // -1 for removing %

                        // Source, Target, Type, Weight
                        //sw.WriteLine("{0};{1};{2};{3}", sourceCountry.Id, targetCountry.Id, "Directed", weight);


                        // Source, Target, Type
                        sw.WriteLine("{0};{1};{2}", sourceCountry.Id, targetCountry.Id, "Undirected");

                        sourceCountry.HasConnection = true;
                        targetCountry.HasConnection = true;
                    }

                }

            }

            MessageBox.Show("Edge List Created");

            using (var sw = File.CreateText(Path.Combine(dir, "nodes.csv")))
            {
                sw.WriteLine("Id;Label;Category;Region;DevelopedRegion;LeastDevelopedCountry;SubSaharanAfrica");

                foreach (var country in countries.Values.Where(c => c.HasConnection))
                {
                    sw.WriteLine("{0};{1};{2};{3};{4};{5};{6}",
                        country.Id, country.Label, country.Category, country.Region,
                        country.DevelopedRegion, country.LeastDevelopedCountry, country.SubSaharanAfrica);
                }
            }

            MessageBox.Show("Node List Created");
        }
    }
}
```

KAYNAKÇA

[1] M. A. Nur Aktaş, "Türkiye'nin Dış Ticaret Sistemi ve Sorunları," *T.C.İstanbul Ticaret Üniversitesi Dış Ticaret Enstitüsü Tartışma Metinleri*, vol. 1, no. 65, pp. 1–17, 2017.

[2] C. Aktaş, "Türkiye ' nin İhracat , İthalat Ve Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensellik Analizi," *Kocaeli Üniversitesi Sos. Bilim. Enstitüsü Derg.*, vol. 2, no. 18, pp. 35–47, 2009.

[3] "Central Intelligence Agency. Exports - Partners. The World Factbook 2017," *https://www.cia.gov/library/publications/download/download-2017/index.html*, 2017.

[4] S. Schiavo, J. Reyes, and G. Fagiolo, "International Trade and Financial İntegration: A Weighted Network Analysis," *Quant. Financ.*, vol. 10, no. 4, pp. 389–399, 2010.

[5] S. Kim and E.-H. Shin, "A Longitudinal Analysis of Globalization and Regionalization in International Trade: A Social Network Approach," *Soc. Forces*, vol. 81, no. 2, pp. 445–468, 2002.

[6] D. Garlaschelli and M. I. Loffredo, "Structure And Evolution Of The World Trade Network," *Phys. A Stat. Mech. its Appl.*, vol. 355, no. 1, pp. 138–144, 2005.

[7] E. M. Hafner-Burton, M. Kahler, and A. H. Montgomery, "Network Analysis For İnternational Relations," *Int. Organ. http//journals.cambridge.org/INO*, vol. 63, no. 3, pp. 559–592, 2009.

[8] K. Bhattacharya, G. Mukherjee, J. Saramäki, K. Kaski, and S. S. Manna, "The İnternational Trade Network: Weighted Network Analysis And Modelling," *J. Stat. Mech. Theory Exp.*, vol. 2008, no. 2, 2008.

[9] G. Fagiolo, J. Reyes, and S. Schiavo, "On The Topological Properties Of The World Trade Web: A Weighted Network Analysis," *Phys. A 387 3868–3873*, vol. 387, no. 15, pp. 3868–3873, 2008.

[10] G. Fagiolo, "The İnternational-Trade Network: Gravity Equations And Topological Properties," *J. Econ. Interact. Coord.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–25, 2010.

[11] O. Bahar, “Uluslararası Ticaret ile Uluslararası Turizm Arasındaki Nedensellik İlişkisi: Türkiye Örneği,” *Dokuz Eylül Üniversitesi Sos. Bilim. Enstitüsü Derg.*, vol. 10, no. 4, pp. 97–111, 2008.

[12] M. Funke and R. Ruhwedel, “Export Variety And Export Performance: Empirical Evidence From East Asia,” *J. Asian Econ.*, vol. 12, no. 4, pp. 493–505, 2001.

[13] T. Bulutay, “Türkiye Ekonomisinde Uluslararası Ticaret ve Döviz Piyasalarında 1980 Sonrası Gelişmelerin Temel Nitelikleri,” *Türkiye Ekon. Kurumu*, vol. 54, 2012.

[14] Y. Bayraktutan, “Bilgi ve Uluslararasi Ticaret Teorileri,” *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilim. Derg.*, vol. 4, no. 2, pp. 175–186, 2003.

[15] C. K. Seyfettin Artan, “İnternetin Ulurlararası Ticaret Üzerindeki Etkileri : OECD Ülkeleri Örneği,” *Doğuş Üniversitesi Derg.*, vol. 10, no. 2, pp. 175–187, 2009.

[16] D. B. Keesing, “Device All use subject to JSTOR Terms and Conditions Labor Skills And International Trade : Evaluat- Ing Many Trade Flows With a Single Measuring Device,” vol. 47, no. 3, pp. 287–294, 2014.

[17] D. E. Knuth, *The Stanford GraphBase: A Platform for Combinatorial Computing, Addison-Wesley, Reading, M*. 1993.

[18] V. Tunali, *Sosyal Ağ Analizine Giriş*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık, 2016.

[19] United Nations Department of Economic and Social Affairs Population Division, “Trends in International Migrant Stock: Migrants by Destination and Origin,” 2015.

[20] M. Bastian, S. Heymann, and M. Jacomy, “Gephi: An Open Source Software for Exploring and Manipulating Networks,” *Third Int. AAAI Conf. Weblogs Soc. Media*, pp. 361–362, 2009.

[21] P. Shannon *et al.*, “Cytoscape: a software environment for integrated models of biomolecular interaction networks,” *Genome Res.*, no. 13, pp. 2498–2504, 2003.

[22] T. M. J. Fruchterman and E. M. Reingold, “Graph Drawing by Force-directed Placement,” *Software-Practice Exp.*, vol. 21, no. 11, pp. 1129–1164, 1991.

[23] V. D. Blondel, J. L. Guillaume, R. Lambiotte, and E. Lefebvre, “Fast unfolding of communities in large networks,” *J. Stat. Mech. Theory Exp.*, vol. 2008, no. 10, 2008.

[24] A. L. Barabási, “Scale-free networks: A decade and beyond,” *Science (80-.).*, vol. 325, no. 5939, pp. 412–413, 2009.

[25] M. Pósfai *et al.*, “Chapter 5: The Barabási-Albert Model,” *Netw. Sci.*, 2015.

[26] P. Erdös and A. Rényi, “On random graph I,” *Publ. Math.*, vol. 6, pp. 290–297, 1959.