ÜLKELER ARASI GÖÇ AĞLARININ MODELLENMESİ VE ANALİZİ

OĞUZ YUSUF 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

Oğuz Yusuf BOLATA'nın "Ülkeler Arası Göç 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



Oğuz Yusuf BOLATA

İNTİHAL RAPORU

Ülkeler Arası Göç Ağlarının Modellenmesi ve Analizi

ORIJINALLIK RAPORU

%9	%7	%3	%7
BENZERLIK ENDEKSI	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCI ÖDEVLERI

BIRINCIL KAYNAKLAR

1	Submitted to The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) Öğrenci Ödevi	%4
2	Submitted to Kocaeli Üniversitesi Öğrenci Ödevi	%1
3	www.noordam.it İnternet Kaynağı	%1
4	tod4yis.net İnternet Kaynağı	%1
5	www.perlmonks.org İnternet Kaynağı	<%1
6	www.codeproject.com İnternet Kaynağı	<%1
7	Submitted to Üsküdar Üniversitesi Öğrenci Ödevi	<%1
8	Submitted to Universiti Putra Malaysia Öğrenci Ödevi	<%1

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	Oğuz BOLATA
ÖĞRENCİ NUMARASI	12 14 02 102
ANABİLİM DALI	Bilgisayar Mühendisliği
PROGRAMI	(X) YÜKSEK LİSANS ( ) DOKTORA ( ) SANATTA YETERLİK
DANIŞMANI	Dr.Öğr.Üyesi Volkan TUNALI
TEZ BAŞLIĞI	Ülkeler Arası Göç Ağlarının Modellenmesi Ve Analizi
SAVUNMA TARİHİ	28.09.2018
e-posta	oguz.bolata@gmail.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 konusu seçiminde ve tez süreci boyunca destek ve yardımlarını esirgemeyen, değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Volkan Tunalı'ya ve varlığıyla sonsuz motivasyon kaynağım olan aileme teşekkürlerimi sunarım.

Oğuz Yusuf BOLATA

Eylül 2018

ÖZ

Ülkeler Arası Göç Ağlarının Modellenmesi ve Analizi

Oğuz Yusuf BOLATA
Yüksek Lisans Tezi
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Volkan TUNALI
Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2018

Bu tez çalışmasında, ülkeler arası göç ağı modellenmiştir ve karmaşık ağ analizi yöntemleri ile analiz edilmiştir.

Veri seti için, Birleşmiş Milletler'e ait "Trends in International Migrant Stock: Migrants by Destination and Origin" isimli çalışmadan alınan uluslararası göç stoku veri seti kullanılmıştır. İlgili veri seti gürültü ve kirli verilerden temizlenmiştir. Ağın modellenmesinin ardından ülkeler arası göç ağı oluşturulmuştur. Analiz yöntemi olarak, ağ üzerinde görselleştirme ve görsel analiz, merkezilik analizi ve topluluk analizi yapılmıştır. Son olarak yapılan yapısal analizde "Ülkeler arası göç ağı gerçek dünya ağlarına ait karakteristik özelliklere sahip mi?" sorusuna cevap aranmıştır.

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 Göç Ağı

ABSTRACT

MODELING AND ANALYSIS OF INTERNATIONAL MIGRATION NETWORKS

Oğuz Yusuf 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 migration network was modelled and analyzed using complex network analysis methods.

The international migration stock dataset from the United Nations, entitled "Trends in International Migrant Stock: Migrants by Destination and Origin" was used. The dataset was cleaned from noise and dirty data. International migration network was modelled and created after data cleaning. For analysis of network, visualization and visual analysis, centrality analysis and community analysis were performed. Finally, in structural analysis, the question of “Does the international migration network have the characteristics of real-world networks?" was tried to answered.

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 Migration 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
KISALTMALAR xii
ÖZGEÇMİŞ xiii
BÖLÜM 1. GİRİŞ 1
BÖLÜM 2. İLGİLİ ÇALIŞMALAR 2
BÖLÜM 3. AĞ ANALİZİ 4
Graf Teorisi 4
Graf Temelleri 4
Graf Gösterim Şekilleri 6
Ağ Ölçütleri 7
Topluluk Analizi 12
BÖLÜM 4. YÖNTEM 14
Veri Toplama 14
Veri Temizleme 16
Ağın Modellenmesi Ve Oluşturulması 16
Ağ Analiz Araçları 17
BÖLÜM 5. BULGULAR VE YORUMLAR 19
Görsel Analiz 19
Merkezilik Analizi 21
Ağırlıklı Düğüm Derecelerine Göre Görselleştirme 24
Topluluk Analizi 25
Modularite İle Topluluk Analizi 25

Düğüm Özniteliklerine Göre Topluluk Analizi 27
Yapısal Analiz 31
BÖLÜM 6. SONUÇ 33
EK'LER 34
EK-1 Düğüm ve Kenarlara Ait CSV Dosyalarını Üreten Program 34
KAYNAKÇA 36

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1 - Komşuluk Matrisi 7
Tablo 2 - Kenar Listesi 7
Tablo 3 - Ülkelere Ait Örnek Öznitelik Tablosu 16
Tablo 4 - Ülkelere Ait Örnek Göç Stoku Verisi 16
Tablo 5 - Ana Bölgelere Ait Renkler 19
Tablo 6 - Derece Merkeziliğine Göre İlk 20 Ülke 22
Tablo 7 - Arasındalık Merkeziliğine Göre İlk 20 Ülke 22
Tablo 8 - Yakınlık Merkeziliğine Göre İlk 20 Ülke 23
Tablo 9 - Özvektör Merkeziliğine Göre İlk 20 Ülke 23
Tablo 10 - Ağda Bulunan Kümeler ve Özellikleri 26
Tablo 11 - Ülkelerin Özniteliklerine Ait Renk Kodları 27
Tablo 12 - Yapısal Analizde Karşılaştırılan Ağlara Ait Yapısal Ölçümler 31

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 - Zachary’s Karate Club'a Ait Graf 4
Şekil 2 - Yönsüz Graf 5
Şekil 3 - Yönlü Graf 6
Şekil 4 - Yönlü Ağırlıklı Graf 6
Şekil 5 - Zachary’s Karate Club'a ait Derece Merkeziliği 8
Şekil 6 - Zachary's Karate Club'a ait Yakınlık Merkeziliği 9
Şekil 7 - Zachary's Karate Club'a ait Arasındalık Merkeziliği 9
Şekil 8 - Zachary's Karate Club'a ait Özvektör Merkeziliği 10
Şekil 9 - Zachary's Karate Club'a Ait Derece Dağılımı Grafiği 12
Şekil 10 - Zachary's Karate Club’da Modülarite İle Bulunan Topluluklar 13
Şekil 11 - Karmaşık Ağ Analizi Yöntemleri 14
Şekil 12 - Ülkelere Ait Özniteliklerin Bulunduğu Excel Dosyasından Bir Görünüm 15
Şekil 13 - Ülkeler Arası Göç Verisinin Bulunduğu Excel Dosyasından Bir Görünüm 15
Şekil 14 - Göçmen Stoku Verisine Ait Temsili Graf 17
Şekil 15 - Gephi'ye Ait Ekran Görüntüsü 18
Şekil 16 - Cytoscape'e Ait Ekran Görüntüsü 18
Şekil 17 - Ağın Rasgele Yerleşim İle Renklendirilmiş Görünümü 20
Şekil 18 - Ağın Fruchterman-Reingold ile Görünümü 20
Şekil 19 - Ağırlıklı İç-Derece Görünümü 24
Şekil 20 - Ağırlıklı Dış-Derece Görünümü 25
Şekil 21 - Ağda Bulunan Kümeler 26
Şekil 22 - Gelişmiş Ülke Özniteliğine Göre Görselleştirme 28
Şekil 23 - Az Gelişmiş Ülke Özniteliğine Göre Görselleştirme 29
Şekil 24 - Sahraaltı Afrika Özniteliğine Göre Görselleştirme 30
Şekil 25 - ÜGA'ya Ait Derece Dağılımı 32
Şekil 26 - Erdös-Rényi Rassal Ağına Ait Derece Dağılımı 32

EK'LER LİSTESİ

EK-1 Düğüm ve Kenarlara Ait CSV Dosyalarını Üreten Program……34

KISALTMALAR

ABD : Amerika Birleşik Devletleri

BM : Birleşmiş Milletler

CSV : Comma Seperated Values

LRIC : Long-Range Interactions Centralities

OECD : Organisation for Economic Co-operation and Development

SRIC : Short-Range Interactions Centralities

ÜGA : Ülkeler Arası Göç Ağı

ÖZGEÇMİŞ

Oğuz Yusuf Bolata

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Eğitim

Derece	*Yıl*	*Üniversite, Enstitü, Anabilim Dalı*
Ls.	2010	Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği
Lise	2003	Kadıköy Anadolu Lisesi

İş/İstihdam

Yıl	*Görev*
2010 -	Kıdemli Yazılım Uzmanı. C Tech Bilişim

Yayınlar ve Diğer Bilimsel/Sanatsal Faaliyetler

Kişisel Bilgiler

Doğum yeri ve yılı : 13.04.1984 Cinsiyet: Erkek
Yabancı diller : İngilizce
GSM / e-posta : 532 766 92 60 / oguz.bolata@gmail.com

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Uluslararası Göç Hukuku: Göç Terimleri Sözlüğü'ne göre göç "Göç, uluslararası bir sınırı geçerek veya bir devlet içinde yer değiştirmek süresi, yapısı ve nedeni ne olursa olsun insanların yer değiştirdiği nüfus hareketleridir. Buna, mülteciler, yerinden edilmiş kişiler, yerinden çıkarılmış kişiler ve ekonomik göçmenler dâhildir" [1].

Göç, sosyal, kültürel, siyasi ve ekonomik sonuçlarıyla toplum yapısını değiştiren ülkeler ve insanlar için önemli sonuçları olan bir nüfus hareketidir. Uluslararası göç hareketi, değerli bilgiler içeren karmaşık bir ağ yapısı meydana getirmektedir. Bu nedenle uluslararası göç ağının modellenmesi ve analiz edilmesi ağ analizi için ilgi çekici bir konudur.

Günümüzde internet hayatımızdaki her alana nüfuz eden bir gerçektir. Facebook, Twitter, LinkedIn gibi milyonlarca aktif üyeye sahip sosyal medya olarak adlandırılan çevrim içi iletişim, paylaşım ve sosyal iletişim platformları, internet kullanımının önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Diğer adı Sosyal Ağlar olan bu platformlar yardımıyla kişiler arasında bilgi paylaşımı ve haberleşme çok kolay hale gelmiştir.

Sosyal Ağlardan, Sosyal Ağ Analizi yöntemleri kullanılarak sahip oldukları içeriğin yanında üyeler arasındaki bağlantı ve etkileşimler sayesinde çok önemli bilgiler elde edilmektedir. Çevrimiçi sosyal ağların daha çok kullanıcıya ulaşması ile bu ağların hacmi klasik analiz yöntemleri ile analiz edilmeyecek bir büyüklüğe ulaşmıştır. Bu nedenle, sosyal ağ analizindeki akademik ve ticari çalışmalar hız kazanmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda bulunan yeni analiz yöntemleri, sosyal ağlardaki etkileşimlerin yanı sıra farklı disiplinlerin çalışma alanına ait karmaşık ve büyük ilişkisel veri yapılarının analiz edilmesinde de kullanılmaktadır [2].

Bu tez çalışmasında, Bileşmiş Milletler'e ait "Uluslararası Göçmen Stokundaki Eğilimler: Varış yeri ve Menşe Göre Göçler" isimli 2015 yılına ait çalışmanın sonuçlarından yararlanılarak ülkeler arası göç ağı oluşturulmuştur. İlgili ağ, bu bağlamda geliştirilmiş olan karmaşık ağ analizi yöntemleri ile analiz edilmiştir [3].

BÖLÜM 2. İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde göç ağlarının analizi ile ilgili yapılan çalışmalardan bahsedilmektedir.

Fagiolo ve Mastrorillo'nun 2013 yılında yaptığı çalışmada, Uluslararası göç karmaşık-ağ bakış açısıyla incelenmiştir [4]. Uluslararası göç ağı ülkeler düğüm, göç stoku göç yönü dikkate alınarak kenar olacak şekilde yönlü-ağırlıklı graf olarak tanımlanmıştır. Bu ağ üzerinde güç-yasası dağılımlı ağırlıklı-ağ istatistikleri ile rastgele eşleşmeli ve yüksek kümelenmeye sahip küçük-dünya ikili deseni gözlemlenmiştir.

Yakar ve Eteman'ın 2017 yılında yaptığı çalışmada, Türkiye İstatistik Kurumu 2015 yılında (TÜİK) tarafından açıklanan, il bazındaki ikamet yeri bilgileri yardımıyla göç ağı oluşturulmuştur [5]. NodeXL'e aktarılan ağırlıklı ve yönlü göç ağının tam ağ yapısına sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Kervankıran, Eteman ve Çuhadarın 2018 yılında yaptığı çalışmada, Türkiye'de iç turizme yönelik bölgeler arası seyahat akışının mekânsal görünümü sosyal ağ analizi ile incelenmiştir [6]. Çalışmada Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) 2015 yılına ait Düzey 1 istatistiki bölge birimlerine göre "Hanehalkı Yurt İçi Turizm Araştırması" verileri kullanılmıştır. Veriler ağ analizine uygun olarak bölgelere göre matris şeklinde düzenlenmiş ve verilerin analizi NodeXL ve Ucinet programları ile yapılmıştır. Gerçekleştirilen analizler neticesinde, bölgeler arası yurt içi ziyaretçi ağının heterojen bir yapıya sahip olduğu, 2015 yılında olası bağlantıların tamamı gerçekleştiği için "tam ağ" yapısına eriştiği gözlemlenmiştir ve bölgeler arası farklılıklar incelenmiştir.

Maier ve Vyborny'in 2005 yılında yaptığı çalışmada, ABD'de bulunan eyaletler arasındaki göç incelenmiştir [7]. Oluşturulan göç ağı sosyal ağ analizi yöntemleri ile analiz edilmiştir. Görselleştirme, merkezilik ve topluluk analizi yöntemleri kullanılarak yapılan çalışmada göç analizinde yeni bir bakış açısı oluşturmak istenmiştir.

Dong, Pu ve Wang'ın 2013 yılında yaptığı çalışmada, Çin'de bulunan eyaletler arası göç ağı incelenmiştir [8]. Oluşturulan ağ, karmaşık ağ analizi metotları uygulanarak analiz edilmiş ve ağın karmaşık ağ özelliklerine sahip olup olmadığı araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda ağın karmaşık ağ özelliklerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. İç bölgelerden doğu kıyısı bölgelerine doğru bir göç hareketi olduğu

gözlemlenmiştir. Ağın uzun-kuyruk (long-tail) dağılımına sahip olduğu ve ölçekten bağımsız bir ağ olduğu gözlemlenmiştir.

Porat ve Benguigui'nin 2016 yılında yaptığı çalışmada, küresel göç ağı, iki yönlü akış ağı olarak modellenmiş ve topolojik analizi yapılmıştır [9]. Ağdaki düğümler küçük ve büyük dereceye sahip düğümler olarak iki gruba ayrılmıştır. Yapılan analiz ile ağın ölçekten bağımsız ve Erdös-Rényi ağları ile benzer veya farklı özelliklere sahip olup olmadığı araştırılmıştır. Ayrıca ağ üzerinde gösrselleştirme çalışması yapılmıştır.

Aleskerov, Meshcheryakova, Rezyapova ve Shvydun'un 2016 yılında yaptığı çalışmada, BM tarafından sağlanan uluslararası göç verisi kullanılarak yıllar içinde merkezilik analizleri sonuçlarında meydana gelen değişimler trend analizi yapılabilmesi için grafiksel olarak sunulmuş ve bazı yıllara ait veriler için ayrıca analiz yapılmıştır [10]. Bu çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak göçün ülkeler arasındaki akışını tespit etmek için SRIC ve LRIC merkezilik analizleri yapılmıştır.

Tranos, Gheasi, Nijkamp'in 2015 yılında yaptığı çalışmada, uluslararası göç verisine ait ağ oluşturularak merkezilik ve topluluk analizleri yapılmış ve bu analiz sonuçlarında ortaya çıkan ağ desenlerinin yıllar içinde değişim gösterip göstermediği araştırılmıştır [11]. Diğer çalışmalardan farklı olarak çekim modeli yaklaşımıyla OECD üyesi ülkelere ait bilgiler kullanılarak panel veri regresyonu ve çok değişkenli karesel regresyon analizleri yapılmıştır.

BÖLÜM 3. AĞ ANALİZİ

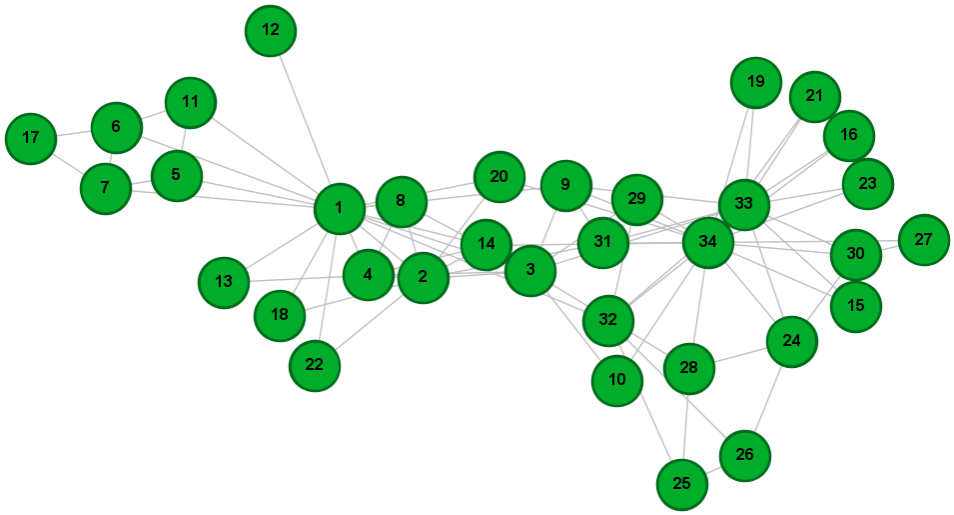
Graf Teorisi

Graf teorisi (graph theory), **Leonhard Euler** tarafından 1736 yılında "Königsberg'in yedi köprüsü" isimli matematik probleminin çözümüyle başlamıştır.

Graf Temelleri

Graf, **düğüm**ler ve düğümleri birbirine bağlayan **kenar**ları ifade eder. Başta bilgisayar bilimleri olmak üzere, matematik ve fizikte yaygın bir kullanım alanı vardır. Zachary's Karate Club'a ait örnek graf (Düğüm etiketleri aktör numarasıdır) Şekil 1'de verilmiştir [12]. Elektronik devre şemalarında, veri tabanlarında, işletim sistemlerinde, bilgisayar ağlarında, navigasyon sistemlerinde graflar kullanılır. Matematiksel notasyonla V düğüm kümesi ve E kenar kümesi olmak üzere bir graf Denklem (1)'deki gibi gösterilir.

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



Şekil 1 - Zachary's Karate Club'a Ait Graf

Düğüm, **köşe** veya **verteks** olarak da adlandırılır, sosyal ağlarda **aktör** ifadesi de kullanılabilir. Graftaki en temel yapı taşıdır. Bir graftan söz edebilmek için en az bir

düğüm gereklidir. n adet düğümden oluşan bir grafa ait düğümlerin kümesi Denklem (2)'deki gibi ifade edilir [2].

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

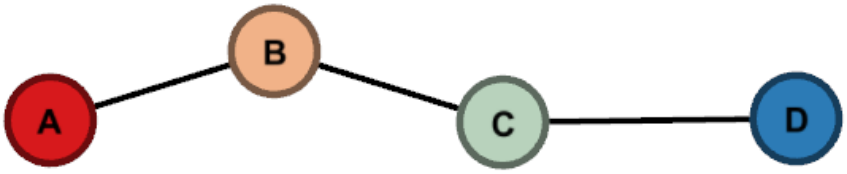
Burada n sayısı **grafın boyutu**dur ve $|V| = n$ şeklinde gösterilir.

Kenar, düğümleri birbirine bağlayan bağlantılardır. Grafın temsil ettiği yapıya göre **ilişki**, **sosyal bağ** veya **bağlantı** isimleriyle de anılır. Bir grafta, kenarda olduğu gibi düğüm bulunması zorunluluğu yoktur. Düğümleri bir birine bağlayan m adet kenar içeren kenar kümesi Denklem (3)'teki gibidir [2].

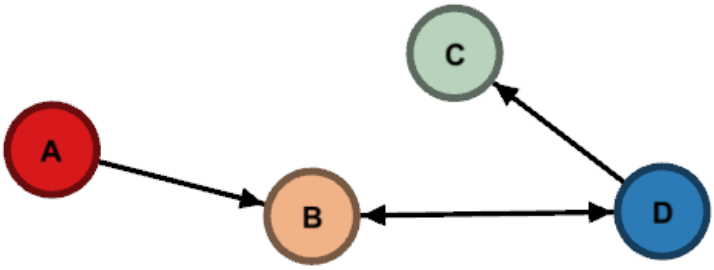
$$E = \{ e_1, e_2, \dots, e_m \} \tag{3}$$

Graflarda kenarlar düğümler arasındaki özgün ve iyi tanımlanmış bir ilişkiyi tanımlar. Kenar, "arkadaşdır" gibi her iki düğüm için, iki yönde aynı anlama gelen bir ilişkiyi ifade edebileceği gibi. "takip eder" gibi iki düğüm için, iki yönde farklı anlama gelen bağlar da vardır. İki düğüm için her yönde aynı anlama gelen kenarlara **yönsüz kenar**. İki düğüm için her yönde farklı anlama gelen bağlara **yönlü kenar** adı verilir [13].

Graflar kenarlarının yönlü veya yönsüz olmasına bağlı olarak **yönlü graf** ya da **yönsüz graf** olarak adlandırılır. Şekil 2'de yönsüz graf örneği, Şekil 3'te ise yönlü graf örneği verilmiştir.

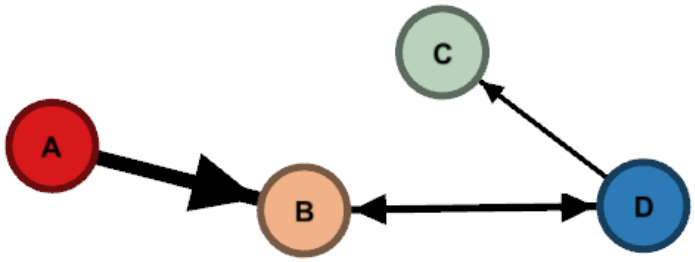


Şekil 2 - Yönsüz Graf



Şekil 3 - Yönlü Graf

Bir kenara ait diğer bir öznitelik de kenarın **ağırlıklı** (weighted) olup olmaması durumudur. Kenarın ağırlığı, kenarın birleştirdiği iki düğüm arasında bulunan ilişkinin gücü hakkında sayısal bir değerdir. Bir haritada bulunan şehirleri ve şehirler arasında bulunan yolların 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 [2]. Hem yönlü hem de ağırlıklı kenarlar içeren yönlü ağırlıklı grafa ait örnek Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4 - Yönlü Ağırlıklı Graf

Graf Gösterim Şekilleri

Grafların bilgisayar programların tarafından kolayca işlenebilmesi ve graflar üzerinde matematiksel tekniklerin kolaylıkla uygulanabilmesi için uygun gösterim şekilleri geliştirilmiştir. Kullanımı yaygın olan iki tür gösterim şekli: **kenar listesi** (edge list) ve **komşuluk matrisidir** (adjancency matrix). Bu veri formatlarının her birinin kendine özgü avantajları ve zayıf yönleri vardır. Bu formatlar arasında, verilerin girilmesi ve saklanması ile verilerin analiz kolaylığı sağlama avantajları vardır [13].

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 kolay ve hızlıdır fakat yapısı itibariyle bilgisayar hafızasında fazla yer kaplar ve el ile oluşturulması zordur [13]. Şekil 2'deki graf'a ait komşuluk matrisi Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1 - Komşuluk Matrisi

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

Kenar listesi (edge list) her bir satırında birbiriyle bağlantılı iki düğümü içeren listedir. Tablo incelendiğinde Şekil 4'teki graf yönlü olduğu için (B, D) kenarı için farklı yönleri temsil eden ayrı satırlar kullanılmıştır. Yapısı itibariyle bilgisayar hafızasında az yer kaplar ve elle oluşturulması kolaydır. Kenar listesinin diğer avantajıysa her bir satıra o kenarla ilgili etiket, kenar ağırlığı gibi bilgilerin eklenebilmesidir [13]. Şekil 3'teki grafa ait kenar listesi Tablo 2'de verilmiştir.

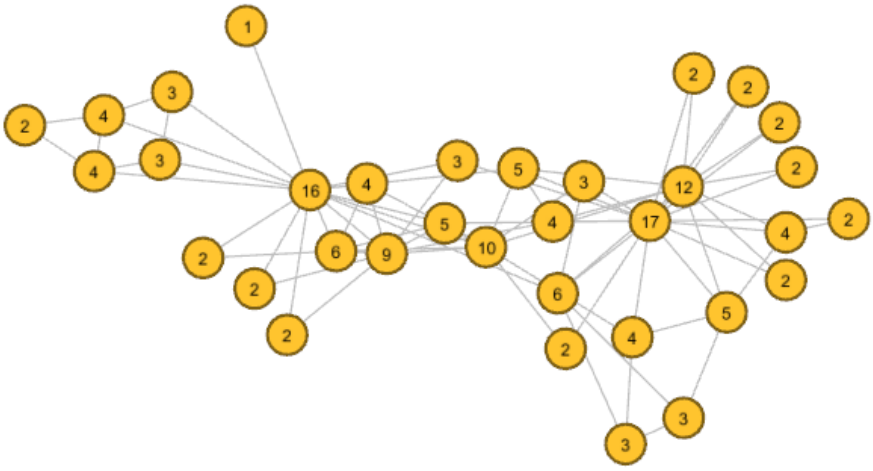
Tablo 2 - Kenar Listesi

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

Ağ Ölçütleri

Derece Merkeziliği (Degree Centrality) en temel ağ ölçüsüdür ve düğümlere bağlı kenarların sayısı ile ifade edilir. Yönlü graflarda ise iç-derece (in-degree) ve dış

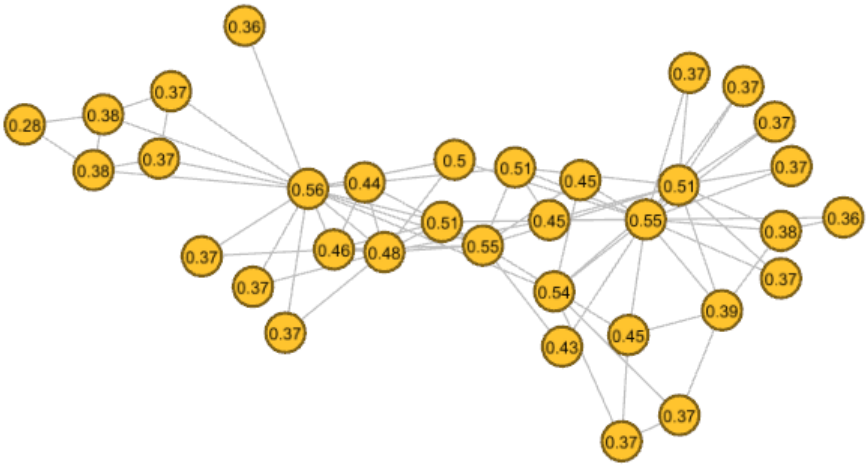
derece (out-degree) şeklinde iki derece vardır. Düğüme gelen kenarların sayısı iç derece, düğümden çıkan kenarların sayısı ise dış-derecedir. Yönlü graflarda iç ve dış derecelerin toplamı düğümün toplam derecesini verir. Sosyal ağlarda bu ölçüt gerçek hayatta bağlantısı en çok olan aktörün en önemli olduğu ilkesine dayanmaktır. Yani bir düğümün derecesi ne kadar yüksek ise o düğüm o kadar önemlidir. Ağ yönlü ise iç-derece merkeziliği bir bireyin sosyal ağdaki popülerliğini, dış derece merkeziliği ise bireyin sokulganlık ve sosyalleşebilirliğini (gregariousness, sociability) temsil eder [2]. Zachary's Karate Club ağı için derece merkeziliği değerleri Şekil 5'teki düğüm etiketlerinde gösterilmiştir.



Şekil 5 - Zachary's Karate Club'a ait Derece Merkeziliği

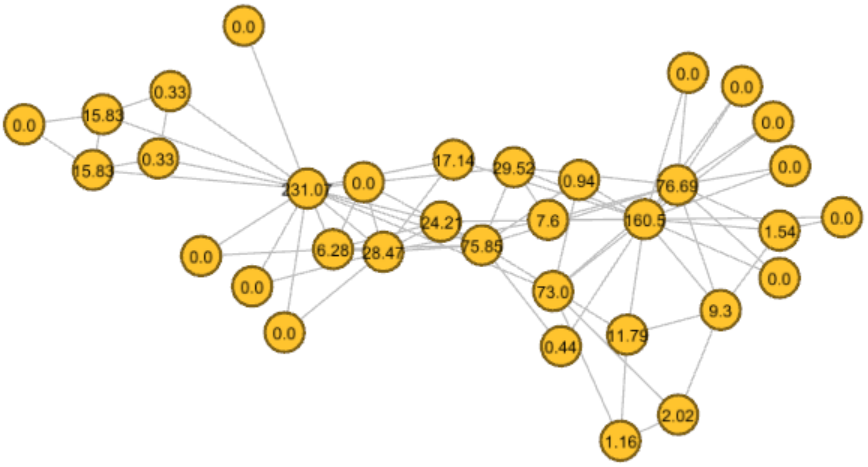
Yakınlık Merkeziliği (Closeness Centrality) bir düğümün ağdaki diğer düğümlere ne kadar yakın olduğunu ifade eder. Bir düğüm bu ölçüte göre ne kadar merkezi ise ait olduğu ağda, o düğümden diğer düğümlere en kısa yoldan ulaşılabilmektedir. Bir düğüme ait yakınlık merkeziliği, 1'in o düğümün ağdaki diğer tüm düğümlere olan en kısa yol uzunluklarının ortalamasına bölünerek hesaplanır [13]. Zachary's Karate Club ağı için yakınlık merkeziliği değerleri Şekil 6'daki düğüm etiketlerinde gösterilmiştir.

Yakınlık merkeziliği, grafların görselleştirilmesiyle doğrudan ilişkilidir. Bir graf görselleştirilirken yakınlık merkeziliği yüksek olan düğümler grafın merkezine göre konumlandırılır [2].



Şekil 6 - Zachary's Karate Club'a ait Yakınlık Merkeziliği

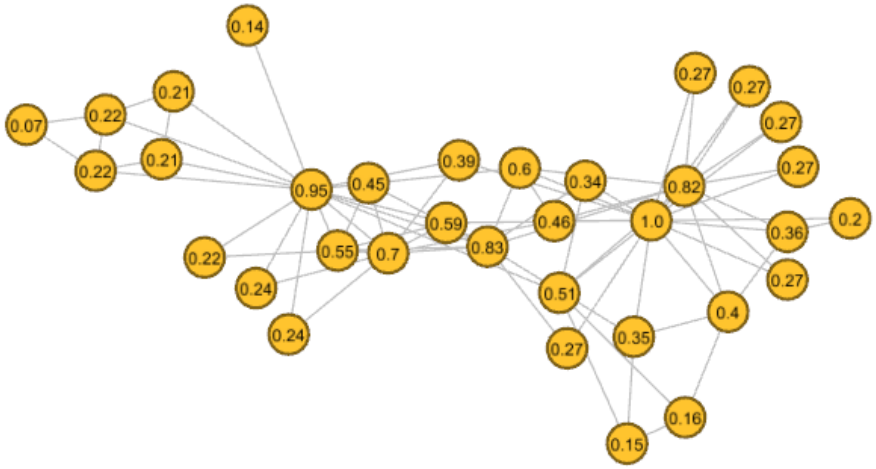
Arasındalık Merkeziliği (Betweenness Centrality) bir düğümün diğer düğümler arasındaki kaç adet en kısa yol üzerinde yer aldığıyla ilgilenirken en kısa yolların uzunluğu ile ilgilenmez. Bir (x, y) düğüm çifti arasındaki en kısa yolları sayısı 4 olsun ve v düğümü bu yolların 2'sinin üzerinde bulunsun. Bu durumda (x, y) için $2/4 = 0{,}5$ değeri bulunur. Bu hesaplama tüm düğüm çiftleri için tek tek yapıldıktan sonra elde edilen oranların toplamı v düğüme ait arasındalık merkeziliği değeridir. Sıklıkla kullanılan merkezilik ölçütlerinden biri olan arasındalık merkeziliği, bir düğümün **ağdaki bilgi akışı**nda ne kadar etkili bir konumda olduğunu ifade eder [2]. Zachary's Karate Club ağı için arasındalık merkeziliği değerleri Şekil 7'deki düğüm etiketlerinde gösterilmiştir.



Şekil 7 - Zachary's Karate Club'a ait Arasındalık Merkeziliği

Özvektör Merkeziliği (Eigenvector Centrality) derece merkeziliğinin gelişmiş bir biçimidir. Özvektör merkeziliğinde bir düğümün önemi sadece komşularının sayısına göre değil aynı zamanda komşularının da önemine bağlıdır. Ağ ölçütü bu özellikleri ile gerçek hayatta yüksek yerlerde çok sayıda arkadaş edinme değerini yakalar [13].

Özvektör merkeziliği için komşuluk matrisi üzerinde özdeğer (eigenvalue) ve özvektör (eigenvector) hesaplamaları yapılır. Özvektör merkeziğili ile benzerlik gösteren **Katz Merkeziliği** (Katz Centrality), **PageRank Merkeziliği**, **Otorite** (Authority) ve **Göbek** (Hub) **Merkeziliği** ağ ölçütleri de vardır [2]. Zachary's Karate Club ağı için özvektör merkeziliği değerleri Şekil 8'deki düğüm etiketlerinde gösterilmiştir.



Şekil 8 - Zachary's Karate Club'a ait Özvektör Merkeziliği

Geçişlilik (transivity) graflardaki düğümler arasında 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 söz konusudur. Bu ölçüt "**arkadaşımın arkadaşı benim de arkadaşımdır**" ilkesini gözetir [2].

Kümelenme Katsayısı (Clustering Coeffient), bir düğümün komşularının **tam graf**a (complete graph) ne kadar yakın bir yoğunlukta olduğunun, diğer bir ifadeyle geçişliğinin bir ölçütüdür. Bu ölçüt düğümler için hesaplandığında **yerel kümelenme**

katsayısı, bütün ağ için hesaplandığında ise **global kümelenme katsayısı** adını alır. Kümelenme katsayısı [0, 1] değer aralığında bulunur [2].

Yerel kümelenme katsayısı aşağıdaki Denklem (4)'teki gibidir.

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

Global kümelenme katsayısı aşağıdaki Denklem (5)'teki gibidir.

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

Ortalama Derece (average degree) grafta bulunan düğümlerin ortalama derecesidir. Çoğunlukla $\langle k \rangle$ olarak ifade edilir. Ağın yönlü ve yönsüz olmasına göre iki farklı hesaplama methodu vardır. k_i, i köşesinin derecesi olmak üzere, n düğüm ve m kenara sahip yönsüz ağın ortalama derecesi Denklem (6)'daki gibidir [2].

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

Yönlü ağlarda ise iç-derece (in-degree) ve dış-derece (out-degree) olmak üzere iki derece hesaplanır. Bu nedenle bu dereceler için n düğümlü yönlü bir ağda ortalama dereceler Denklem (7) ve (8)'deki gibidir [2].

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

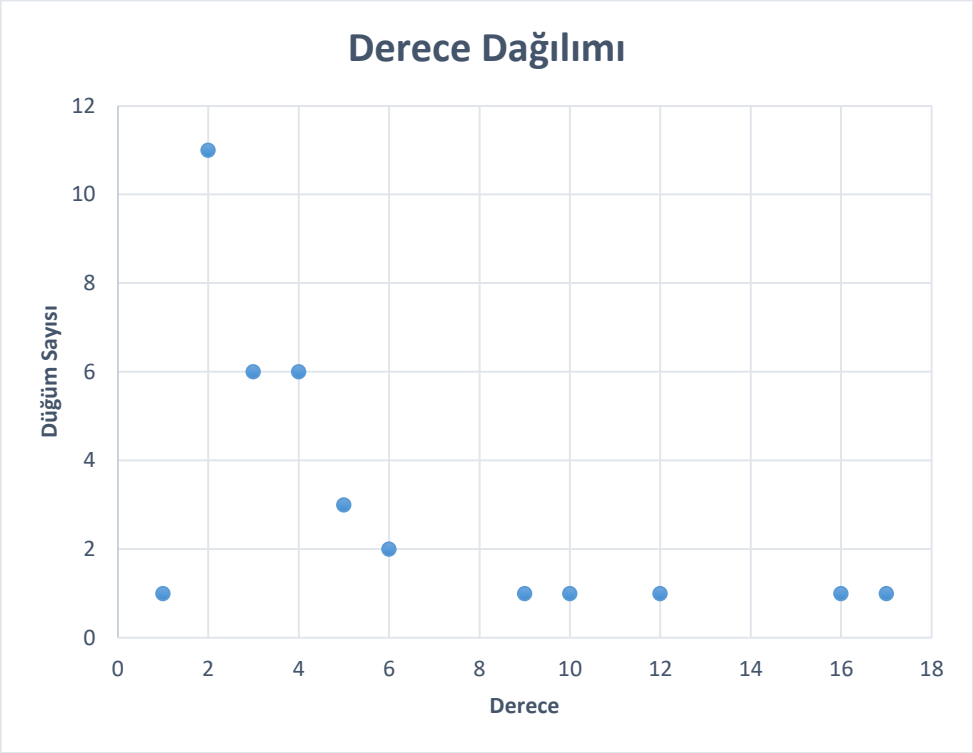
$$\langle k^{out} \rangle = \frac{1}{n}\sum_{i}^{n} k_i^{out} \tag{8}$$

Yönlü ağlarda ortalama iç-derece ve dış-derece birbirine eşittir ve ilgili eşitlik Denklem (9)'daki gibidir.

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

Derece Dağılımı (Degree Distribution) bir ağda hangi dereceye sahip kaç adet düğüm olduğunu ifade eden bir ağ ölçütüdür. Büyük ölçekli ağlarda, ağı tanımlamak ve karakteristik yapısını anlamak için kullanılan önemli bir veridir.

Derece dağılımını elde etmek için ağda bulunan her bir düğümün derecesi hesaplanır ve hangi dereceye sahip kaç adet düğüm olduğu sayılır. Ardından, elde edilen bu veriler grafiksel olarak ifade edilir. Zachary's Karate Club'a ait derece dağılım grafiği Şekil 9'da örnek olarak verilmiştir [2].



Şekil 9 - Zachary's Karate Club'a Ait Derece Dağılımı Grafiği

Topluluk Analizi

Büyük ve karmaşık ağlarda, düğümler bir araya gelerek, yani belirgin bir şekilde kümelenerek, **ağ toplulukları** (network community) adı verilen gruplaşmalar oluşturmaktadır [2].

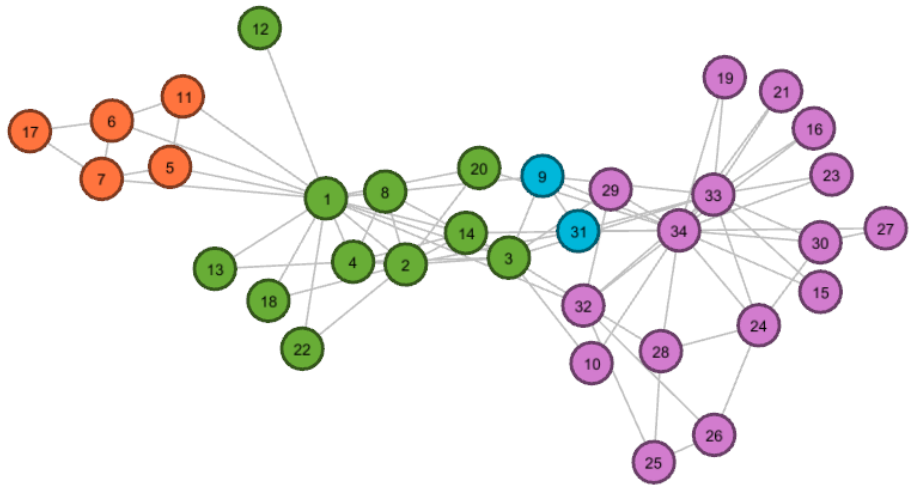
Gerçek hayat ağlarında iki tür topluluk oluşumu vardır. Bunlardan ilki **belirgin toplulukl**ardır (excplicit community). Bu tür topluluklarda üyeler belirli bir ilgi alanına, bilinçli ve açık bir şekilde katılır. Aynı zamanda topluluğun tüm üyeleri birbirini tanır. İkici tür topluluk ise **üstü kapalı topluluklar**dır (implicit community). Bu tür

topluluklar, bireylerin bilerek ve grup oluşturma amacı olmadan kendi aralarındaki etkileşimler vasıtasıyla kendiliğinden oluşan gruplardır [2].

Topluluk analizinde genellikle ağlardaki üstü kapalı toplulukların bulunması, yani **topluluk tespiti** (community detection) yapılmaktadır. Topluluk tespitinde üç farklı yöntem kullanan topluluk tespiti yaklaşımı vardır. Bunlar **kenar merkeziliği tabanlı**, **modülarite tabanlı** ve **benzerlik tabanlı** topluluk tespiti yöntemleridir [2].

Modülarite, Newman ve Girman tarafından tanımlanan, topluluk analizinde kullanılan etkili bir yöntemdir. Modülarite yöntemine göre bir ağdaki toplulukların oluşumu kesinlikle rastgele bir sürecin sonucu değildir. Modülarite, gerçek hayat ağlarında olası bir topluluktaki kenar yoğunluğu ile rastgele olarak oluşması gereken kenar yoğunluğu arasındaki farktır [2]. Şekil 10'da Zachary's Karate Club'a ait modülarite yöntemi kullanılarak yapılan topluluk analizine ait görselleştirme çalışması verilmiştir.

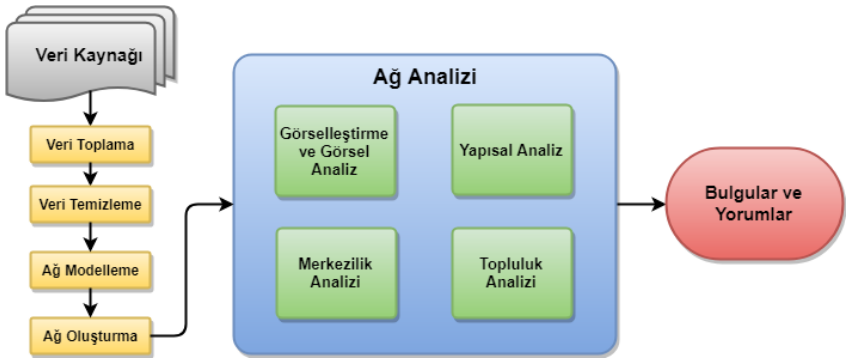
Modülarite tabanlı yöntemler, çok büyük ağlarda bulunan küçük toplulukları - topluluklar ne kadar belirgin ve düzgün yapılandırılmış olursa olsun- genellikle bunların birleşimden oluşan büyükçe topluluklar şeklinde tespit eder. Bu durum **çözünürlük problemi** (problem of resolution) ya da **çözünürlük limiti** (resolution limit) olarak adlandırılır. Modülarite tabanlı topluluk analizleri bu problem bilinerek uygulanmalıdır. Bu yöntemi kullanan çeşitli algoritmalarda, toplulukların boyutunu belirleyen çözünürlük parametresi yardımıyla bu sorun aşılmaya çalışılır [2].



Şekil 10 - Zachary's Karate Club'da Modülarite İle Bulunan Topluluklar

BÖLÜM 4. YÖNTEM

Bu bölümde karmaşık ağların analiz edilebilmesi için gerekli olan veri toplama, veri temizleme, ağın modellenmesi ve oluşturulması süreçleri anlatılmaktadır. Karmaşık ağ analizi yöntemlerine ait akış diyagramı Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 11 - Karmaşık Ağ Analizi Yöntemleri

Karmaşık ağ analizinde, ilk önce veri toplama ve veri temizleme işlemleri yapılarak ağın oluşturulabilmesi için gerekli veri seti elde edilir. Ağ modellendikten sonra ilgili veri seti kullanılarak ağ oluşturulur. Ağ oluşturulduktan sonra ağ görselleştirilir ve ağda bulunan yapısal desenler aranarak görsel analiz yapılır. Merkezilik ve topluluk analizleri yapıldıktan sonra ağın karakteristik özellikleri hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlayan yapısal analiz yapılır. Son olarak, elde edilen bulgular, ağın temsil ettiği karmaşık sistem bağlamında yorumlanır.

Veri Toplama

Bu tez çalışmasında, Bileşmiş Milletler'e ait "Uluslararası Göçmen Stokundaki Eğilimler: Varış yeri ve Menşe Göre Göçler" isimli 2015 yılına ait çalışmanın sonuçlarının bulunduğu "UN_MigrantStockByOriginAndDestination_2015.xlsx" veri seti kullanılmıştır [3]. İlgili dokümanda 1990, 1995, 2000, 2005, 2010 ve 2015 yıllarının kadın, erkek ve toplam için ülkelere ait göç stoku, menşei ile beraber bulunmaktadır. Bu istatistiklerden 2015 yılının toplam göç stoku istatistik verisi, çalışma için seçilmiştir.

İlgili çalışmada bulunan 232 adet ülke analizlerde ve görselleştirmede kullanılacak ilgili öznitelikleri ile beraber EK (ANNEX) bölümünden alınmıştır. İlgili veri setine ait Excel dosyası ekran görüntüsü Şekil 12'de verilmiştir.

Ülkelere ait göçmen stoku, göç alan ülke (varış yeri) satır, göç veren ülke (menşe) sütun olacak şekilde düzenlenmiştir. Bu yapı temel olarak bir graf ihtiva eden **komşuluk matrisi**dir. Bu komşuluk matrisinin hücrelerinde göç stoku değeri bulunmaktadır. Bu komşuluk matrisine ait Excel dosyası ekran görüntüsü Şekil 13'teki gibidir. Şekil 12 ve Şekil 13'te bulunan veriler C# programlama dili kullanılarak bu çalışma kapsamında geliştirilen bir Windows uygulaması yardımıyla köşe ve kenarlara ait CSV dosyalarına çevrilmiştir. Kenarlara ait dosya, kenar listesi biçimindedir.

Country code	Country or area	Sort order	Major area	Code	Sort order	Region	Code	Sort order	Developed region	Least developed country	Sub-Saharan Africa
4	Afghanistan	99	Asia	935	71	Southern Asia	5501	98	No	Yes	No
8	Albania	154	Europe	908	127	Southern Europe	925	153	Yes	No	No
12	Algeria	40	Africa	903	7	Northern Africa	912	39	No	No	No
16	American Samoa	257	Oceania	909	238	Polynesia	957	256	No	No	No
20	Andorra	155	Europe	908	127	Southern Europe	925	153	Yes	No	No
24	Angola	30	Africa	903	7	Middle Africa	911	29	No	Yes	Yes
660	Anguilla	182	Latin America and the Caribbean	904	180	Caribbean	915	181	No	No	No
28	Antigua and Barbuda	183	Latin America and the Caribbean	904	180	Caribbean	915	181	No	No	No
32	Argentina	218	Latin America and the Caribbean	904	180	South America	931	217	No	No	No
51	Armenia	109	Asia	935	71	Western Asia	922	108	No	No	No
533	Aruba	184	Latin America and the Caribbean	904	180	Caribbean	915	181	No	No	No
36	Australia	240	Oceania	909	238	Australia and New Zealand	927	239	Yes	No	No
40	Austria	171	Europe	908	127	Western Europe	926	170	Yes	No	No
31	Azerbaijan	110	Asia	935	71	Western Asia	922	108	No	No	No
44	Bahamas	185	Latin America and the Caribbean	904	180	Caribbean	915	181	No	No	No
48	Bahrain	111	Asia	935	71	Western Asia	922	108	No	No	No
50	Bangladesh	100	Asia	935	71	Southern Asia	5501	98	No	Yes	No
52	Barbados	186	Latin America and the Caribbean	904	180	Caribbean	915	181	No	No	No
112	Belarus	129	Europe	908	127	Eastern Europe	923	128	Yes	No	No
56	Belgium	172	Europe	908	127	Western Europe	926	170	Yes	No	No
84	Belize	209	Latin America and the Caribbean	904	180	Central America	916	208	No	No	No
204	Benin	54	Africa	903	7	Western Africa	914	53	No	Yes	Yes
60	Bermuda	233	Northern America	905	232	Northern America	905	232	Yes	No	No
64	Bhutan	101	Asia	935	71	Southern Asia	5501	98	No	Yes	No
68	Bolivia (Plurinational State of)	219	Latin America and the Caribbean	904	180	South America	931	217	No	No	No
70	Bosnia and Herzegovina	156	Europe	908	127	Southern Europe	925	153	Yes	No	No
72	Botswana	48	Africa	903	7	Southern Africa	913	47	No	No	Yes
76	Brazil	220	Latin America and the Caribbean	904	180	South America	931	217	No	No	No
92	British Virgin Islands	187	Latin America and the Caribbean	904	180	Caribbean	915	181	No	No	No
96	Brunei Darussalam	87	Asia	935	71	South-Eastern Asia	920	86	No	No	No
100	Bulgaria	130	Europe	908	127	Eastern Europe	923	128	Yes	No	No
854	Burkina Faso	55	Africa	903	7	Western Africa	914	53	No	Yes	Yes
108	Burundi	9	Africa	903	7	Eastern Africa	910	8	No	Yes	Yes
116	Cambodia	88	Asia	935	71	South-Eastern Asia	920	86	No	Yes	No

Şekil 12 - Ülkelere Ait Özniteliklerin Bulunduğu Excel Dosyasından Bir Görünüm

Sort order	Major area, region, country or area of destination	Notes	Country code	Type of data (a)	Country of origin								
					Total	Other North	Other South	Afghanistan	Albania	Algeria	American Samoa	Andorra	Angola
1	WORLD		900		117 584 801	1 042 003	3 342 167	2 313 595	554 591	797 617	957	3 970	278 023
2	Developed regions	(b)	901		72 863 336	285 180	1 575 167	195 951	552 243	750 799	170	3 946	122 582
3	Developing regions	(c)	902		44 721 465	756 823	1 767 000	2 117 644	2 348	46 818	787	24	155 441
4	Least developed countries	(d)	941		5 490 568	93 236	426 151	0	0	5 609	0	0	100 376
5	Less developed regions excluding least developed countries		934		39 230 897	663 587	1 340 849	2 117 644	2 348	41 209	787	24	55 065
6	Sub-Saharan Africa	(e)	947		8 894 500	161 277	646 204	55	95	5 990	0	0	151 385
7	Africa		903		9 526 134	172 479	663 588	206	247	20 157	0	0	151 402
8	Eastern Africa		910		3 019 937	51 459	215 197	0	0	0	0	0	9 311
9	Burundi		108	B R	145 499	1 223	10 434						
10	Comoros		174	B	6 484	290	366						
11	Djibouti		262	B R	53 270	743	2 231						
12	Eritrea		232	I	7 108	341	740						144
13	Ethiopia		231	B R	525 887	8 566	25 698						
14	Kenya		404	B R	542 713	11 203	19 075						
15	Madagascar		450	C	13 805	2 053	1 641						
16	Malawi		454	B R	112 614	5 698	17 103						
17	Mauritius	(1)	480	C	12 753	119	710						
18	Mayotte		175	B	41 369	384	388						
19	Mozambique		508	B R	114 973	8 170	28 147						
20	Réunion		638	B	62 672	3 915	4 760						
21	Rwanda		646	B R	221 508	1 266	2 527						
22	Seychelles		690	B	3 837	79	76						
23	Somalia		706	I R	11 531	3 522	7 035						
24	South Sudan		728	B R	403 173		994						
25	Uganda		800	B R	375 033	24	22 878						
26	United Republic of Tanzania	(2)	834	B R	130 818	1 440	2 144						498
27	Zambia		894	B R	63 403	821	9 009						8 669
28	Zimbabwe		716	B R	171 487	1 602	59 241						
29	Middle Africa		911		1 148 279	19 353	79 822	0	0	30	0	0	112 026
30	Angola		24	B R	55 384	4 560	4 642						
31	Cameroon		120	B	195 379	403	861						1 111
32	Central African Republic		140	C	38 435	2 642	7 924						
33	Chad		148	B R	278 828	786	6 411						
34	Congo		178	B	177 722	2 087	3 019						19 785

Şekil 13 - Ülkeler Arası Göç Verisinin Bulunduğu Excel Dosyasından Bir Görünüm

Veri Temizleme

Elde edilen veri ile ağ oluşturulmadan önce veride bulunan bazı sorunların düzeltilmesi gerekmektir. Ülkelere ait göç stoku verisinde ülkeler dışında kıta, kıtalara ait bölgeler ve özel olarak tanımlanmış yerler bulunmaktadır. Bu çalışmanın kapsamında yukarıda sayılan bu yerler yoktur. Bu nedenle bu yerler komşuluk matrisinden silinmiştir. Ayrıca ülkelere ait veri setinde bulunan kıta kodu, bölge kodu ve 3 adet sıralama düzeni (sort order) sütunu bu çalışmanın kapsamında kullanılmadığı için silinmiştir. Temizlenmiş verilere ait ilgili veri seti örnekleri Tablo 3 ve Tablo 4'te verilmiştir.

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

Tablo 4 - Ülkelere Ait Örnek Göç Stoku Verisi

Major area, region, country or area of destination	Afghanistan	Albania	Algeria	Type of data (a)
Slovenia	25	152	30	B
Spain	458	1.938	55.306	B
Austria	8.620	3.147	1.290	B
Belgium	10.638	7.517	12.054	C
France	4.761	6.695	1.430.656	B
Germany	99.638	18.043	23.272	B

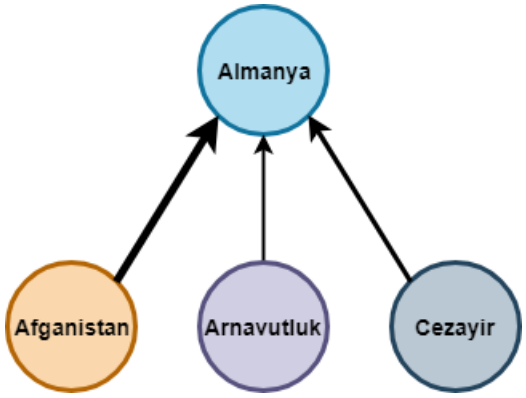
Ağın Modellenmesi Ve Oluşturulması

Her ülke ağda ayrı bir düğüm olacak şekilde tanımlanmıştır. A ülkesinden göçen insanlara ait bir göç stoku B ülkesinde bulunduğunda A'dan B'ye yönlü bir kenar tanımlanmaktadır. Bazı ülkeler arasında karşılıklı göç alışverişi olduğu için A'dan B'ye doğru bir kenar varsa, B'den A'ya başka bir kenar da olabilmektedir. Ayrıca bu çalışmada ilgili göç stoku değeri kenar ağırlığı olarak kullanılmıştır.

Yukarıda bahsedilen ağ oluşturma metodu kullanılarak Ülkeler arası göç ağı (ÜGA) ülkeler düğüm, göç stoku -göç yönü dikkate alınarak- kenar olacak şekilde

yönlü-ağırlıklı graf biçiminde oluşturulmuştur. Bu işlemin daha iyi anlaşılabilmesi için Tablo 4'te bulunan son satıra ait veriler ile Şekil 14'teki temsili graf oluşturulmuştur. Graf incelendiğinde ülkelerin düğüm olduğu görülmektedir. Almanya'nın göç alan Afganistan, Arnavutluk ve Cezayir'in göç veren ülkeler olduğu, kenar yönlerinin göç veren ülkelerden göç alan ülkelere doğru olduğu gözlemlenmektedir. Son olarak kenarların ağırlıkları göçmen stoku miktarı ile orantılı olacak şekilde çizilmiştir.

Oluşturulan bu grafın 232 düğümü ve 11.007 kenarı vardır. Ağ yoğunluğu çok yüksek olmasına rağmen (yönsüz ağ yoğunluğu $d = 0{,}306$) ağın görselleştirilmesi yapıldığında, görsel analiz için gerekli olan ağa ait yapısal desenlerin kolayca gözlemlenebildiği görülmüştür. Bu nedenle ağ üzerinde filtreleme veya sadeleştirme işlemi yapmaya gerek görülmemiştir.



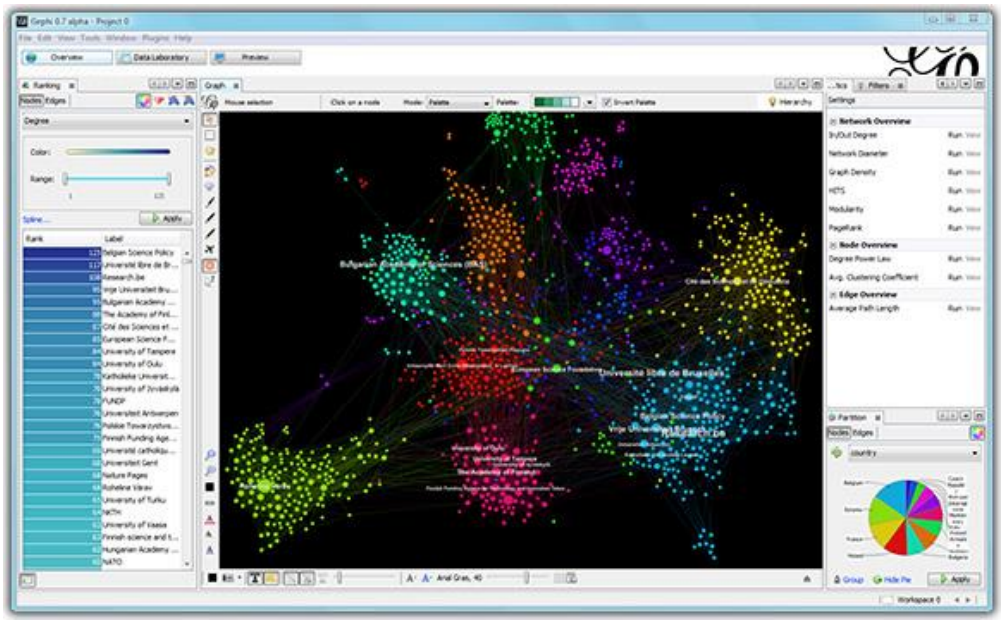
Şekil 14 - Göçmen Stoku Verisine Ait Temsili Graf

Ağ Analiz Araçları

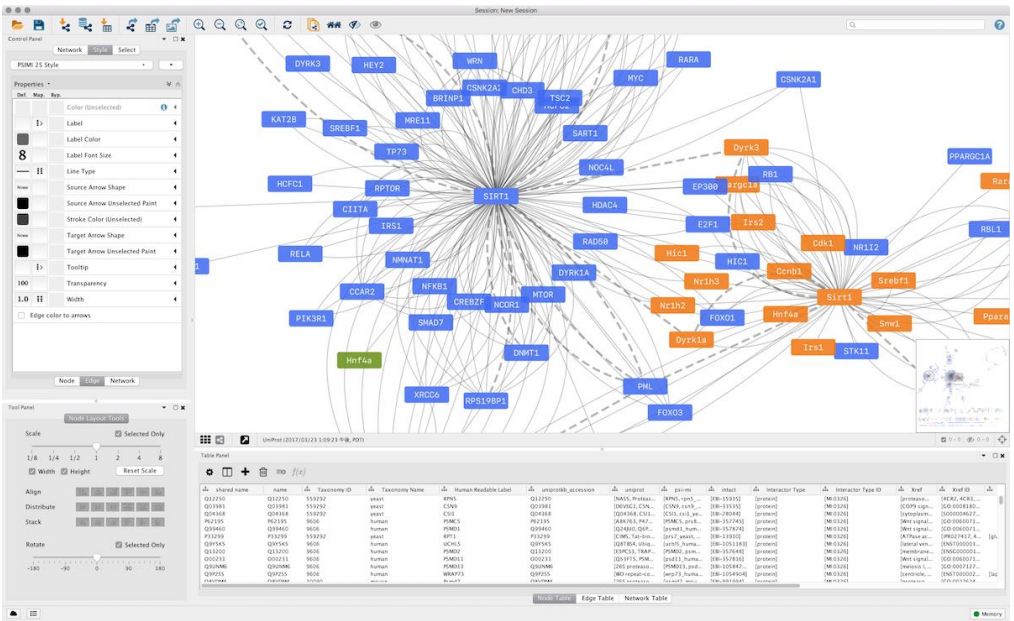
Bu çalışmada, ülkeler arası göç ağının görselleştirilmesi ve analizi için Gephi [14] ve Cytoscape [15] yazılımları kullanılmıştır.

Gephi, ağ analizi ve graf görselleştirmede kullanılan açık kaynak bir yazılımdır. Büyük ve karmaşık ağları gerçek zamanlı (real-time) görüntülenmesi ve ağ üzerinde görsel inceleme için 3 boyutlu grafik motoru kullanır. Esnek ve çoklu izlekli mimarisi sayesinde, karmaşık veri kümeleriyle çalışmak ve görselleştirme yapmak oldukça hızlıdır. Ağ verilerine kolay ve hızlı erişim, veri üzerinde filtreleme, geniş analiz yetenekleri vardır. Graf üzerindeki düğümlere ait farklı öznitelikleri kullanarak, Gephi yardımıyla farklı görselleştirmeler yapılabilmesi bu yazlımın en güçlü özelliğidir. Gephi'ye ait ekran görüntüsü Şekil 15'te görülebilir.

Cytoscape, büyük ölçekli moleküler etkileşimli ağ verilerinin analizi ve görselleştirilmesi için geliştirilmiş açık kaynak kodlu bir yazılımdır. Bununla birlikte, kapsamlı analiz ve eklenti tabanlı genişletilebilirlik yetenekleriyle herhangi bir ağ türünü analiz etmek için kullanılabilir. Cytoscape'e ait ekran görüntüsü Şekil 16'da görülebilir.



Şekil 15 - Gephi'ye Ait Ekran Görüntüsü



Şekil 16 - Cytoscape'e Ait Ekran Görüntüsü

BÖLÜM 5. BULGULAR VE YORUMLAR

Gephi ve Cytoscape yazılımları kullanılarak uluslararası göç ağı dört aşamada analiz edilmiştir. İlk olarak ağın görsel analizi yapılmıştır. Ardından ağda bulunan düğümlerin merkezilikleri analiz edilmiştir. Daha sonra ağda topluluk olup olmadığı araştırılmıştır. Son olarak ağın yapısal analizi yapılmıştır.

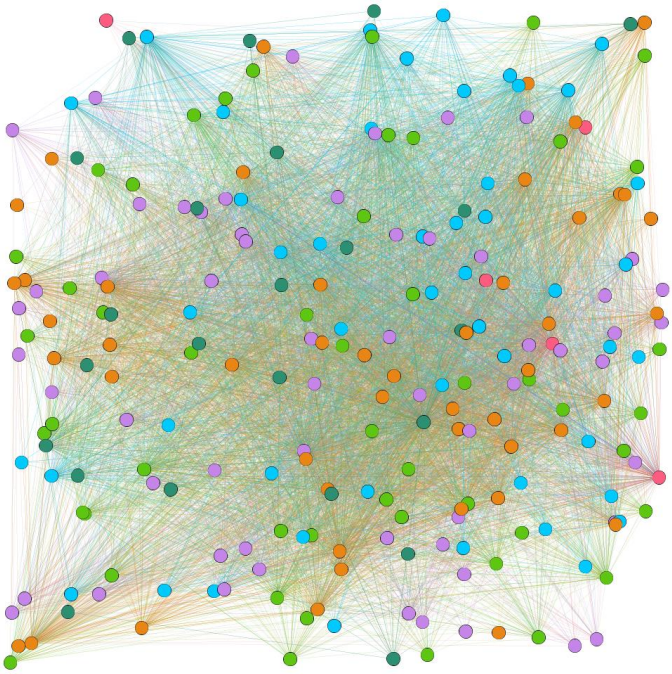
Görsel Analiz

Bu çalışmada görsel analizi gerçekleştirmek için Gephi kullanılmıştır. Ülkeler arası göç ağına ait düğüm ve kenar sayısı fazla olduğu için görselleştirmede kenarların az kesişmesi ve düğümlerin dengeli dağılması için kuvvet-yönlendirmeli Fruchterman-Reingold Yerleşimi [16] seçilmiştir. Düğümleri renklendirmek için ülkelerin bulunduğu BM tarafından tanımlanan ana bölgeler seçilmiştir. Ana bölgelere ait renkler Tablo 5'teki gibidir.

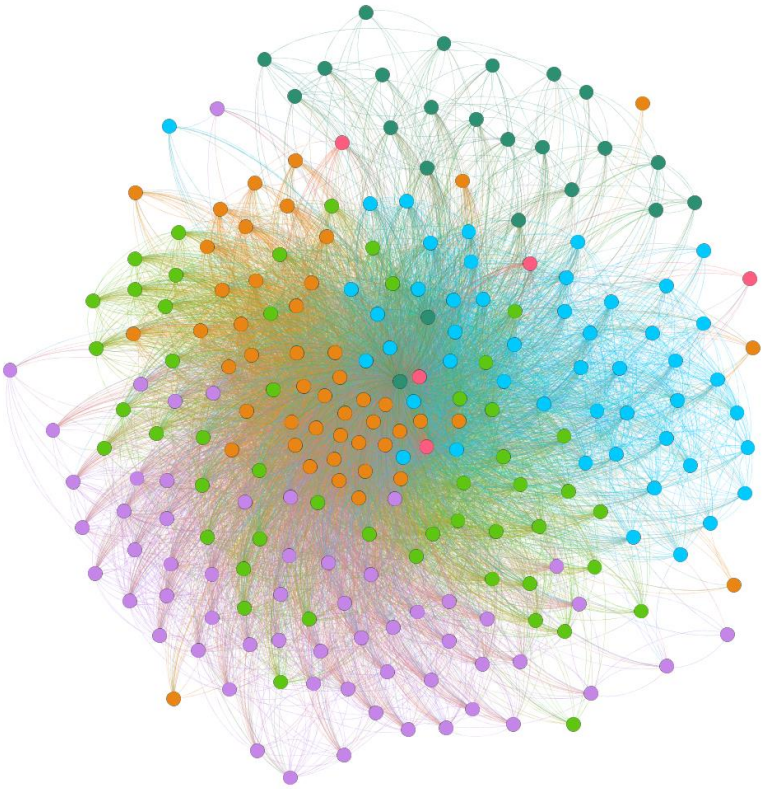
Tablo 5 - Ana Bölgelere Ait Renkler

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

Ülkeler arası göç ağı Gephi'ye aktarıldıktan sonra bölgelere göre renklendirilmiş hali Şekil 17'de görülebilir. Fructherman-Reingold yerleşimi uygulanmış hali ise Şekil 18'deki gibidir. Yerleşim algoritması uygulandıktan sonra şekilde görüldüğü gibi ağda ana bölgeleri temsil eden kümelenmeler bulunduğu gözlemlenmiştir. Asya Bölgesine ait ülkeler dağınık görünse de kendi arasında Kuzey Asya, Orta Asya, Güney Asya ve Arap ülkeleri olacak şekilde kümelenme davranışı göstermiştir.



Şekil 17 - Ağın Rasgele Yerleşim İle Renklendirilmiş Görünümü



Şekil 18 - Ağın Fruchterman-Reingold ile Görünümü

Merkezilik Analizi

Analizin bu bölümünde Gephi yardımıyla ÜGA ağında bulunan düğümlerin ağ içerisinde ne kadar önemli olduğunu bulmak için merkezilik ölçütlerinden derece, arasındalık, yakınlık ve özvektör merkeziliği kullanılmıştır. Hesaplanan merkezilik değeri ne kadar yüksek olursa düğüm o kadar önemli demektir. Ağda bulunan ilk 20 düğüme ait derece, arasındalık, yakınlık ve özvektör merkezlik ölçütlerine ait değerler sırasıyla Tablo 6, Tablo 7, Tablo 8, Tablo 9'da verilmiştir.

Farklı merkezilik ölçütleriyle, farklı sıralamalar elde edilmesine rağmen sonuçların birbiriyle uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Amerika Birleşik Devletleri istisna olarak, Tablo 6'daki ilk 6 ülkenin diğer merkezilik tablolarında ilk 10 içerisinde bulunduğu gözlemlenmiştir. Bu ülkeler tablolarda kalın yazı tipiyle vurgulanmıştır.

Derece merkeziliği ölçütüne ait Tablo 6'da Şili dışındaki bütün ülkelerin BM'ye göre gelişmiş ülkeler kategorisinde bulunduğu gözlemlenmiştir. Bu ülkeler Avrupa, Kuzey Amerika ve Avustralya ülkeleridir.

Özvektör merkeziliğine ait Tablo 9'a bakıldığında tablonun tamamının yine gelişmiş ülke kategorisindeki Avrupa ve Kuzey Amerika ülkelerinden ve Avustralya'dan oluştuğu gözlemlenmiştir. Bu beklenen bir sonuçtur çünkü özvektör merkezilik ölçütü düğümlerin ve bu düğüme ait komşuların dereceleri dikkate alınarak hesaplanır.

Arasındalık merkeziliğine ait Tablo 7'de ve yakınlık merkeziliğine ait Tablo 8'de gelişmiş ve gelişmiş olmayan ülkeler bir arada bulunmaktadır.

Son olarak merkezilik analizi sonucunda elde edilen iç-derece ve dış-derece merkezilik değerleri için ÜGA'da görselleştirme çalışması yapılmıştır. İlgili görseller Şekil 19 ve Şekil 20'de verilmiştir.

Tablo 6 - Derece Merkeziliğine Göre İlk 20 Ülke

Sıralama	Ülke Adı (Orjinal)	Ülke Adı (Türkçe)	İç-Derece	Dış-Derece	Derece
1	**United Kingdom**	**Birleşik Krallık**	205	144	349
2	**France**	**Fransa**	206	137	343
3	**Canada**	**Kanada**	197	127	324
4	**Australia**	**Avustralya**	206	107	313
5	**USA**	**ABD**	150	161	311
6	**Italy**	**İtalya**	193	110	303
7	Netherlands	Hollanda	180	96	276
8	Chile	Şili	210	63	273
9	Ireland	İrlanda	195	70	265
10	Austria	Avusturya	192	71	263
11	Spain	İspanya	173	88	261
12	Switzerland	İsveç	178	83	261
13	Greece	Yunanistan	194	67	261
14	Germany	Almanya	134	125	259
15	Denmark	Danimarka	186	73	259
16	Russian Federation	Rusya Federasyonu	148	102	250
17	Sweden	İsveç	174	75	249
18	Finland	Finlandiya	186	61	247
19	Belgium	Belçika	167	79	246
20	Brazil	Brezilya	160	85	245

Tablo 7 - Arasındalık Merkeziliğine Göre İlk 20 Ülke

Sıralama	Ülke Adı (Orijinal)	Ülke Adı (Türkçe)	Arasındalık Merkeziliği
1	**France**	**Fransa**	5021,999
2	**United Kingdom**	**Birleşik Krallık**	4341,905
3	**USA**	**ABD**	3459,141
4	**Australia**	**Avusturalya**	3190,523
5	**Canada**	**Kanada**	2801,276
6	**Italy**	**İtalya**	1657,818
7	Russian Federation	Rusya Federasyonu	323,871
8	Netherlands	Hollanda	1172,756
9	South Africa	Kuzey Afrika	1161,629
10	Germany	Almanya	1160,686
11	Egypt	Mısır	1019,712
12	Chile	Şili	975,439
13	Philippines	Filipinler	898,171
14	Brazil	Brezilya	785,846
15	Portugal	Portekiz	779,699
16	Greece	Yunanistan	774,993
17	Spain	İspanya	738,181
18	Turkey	Türkiye	590,757
19	India	Hindistan	577,500
20	Ireland	İrlanda	574,462

Tablo 8 - Yakınlık Merkeziliğine Göre İlk 20 Ülke

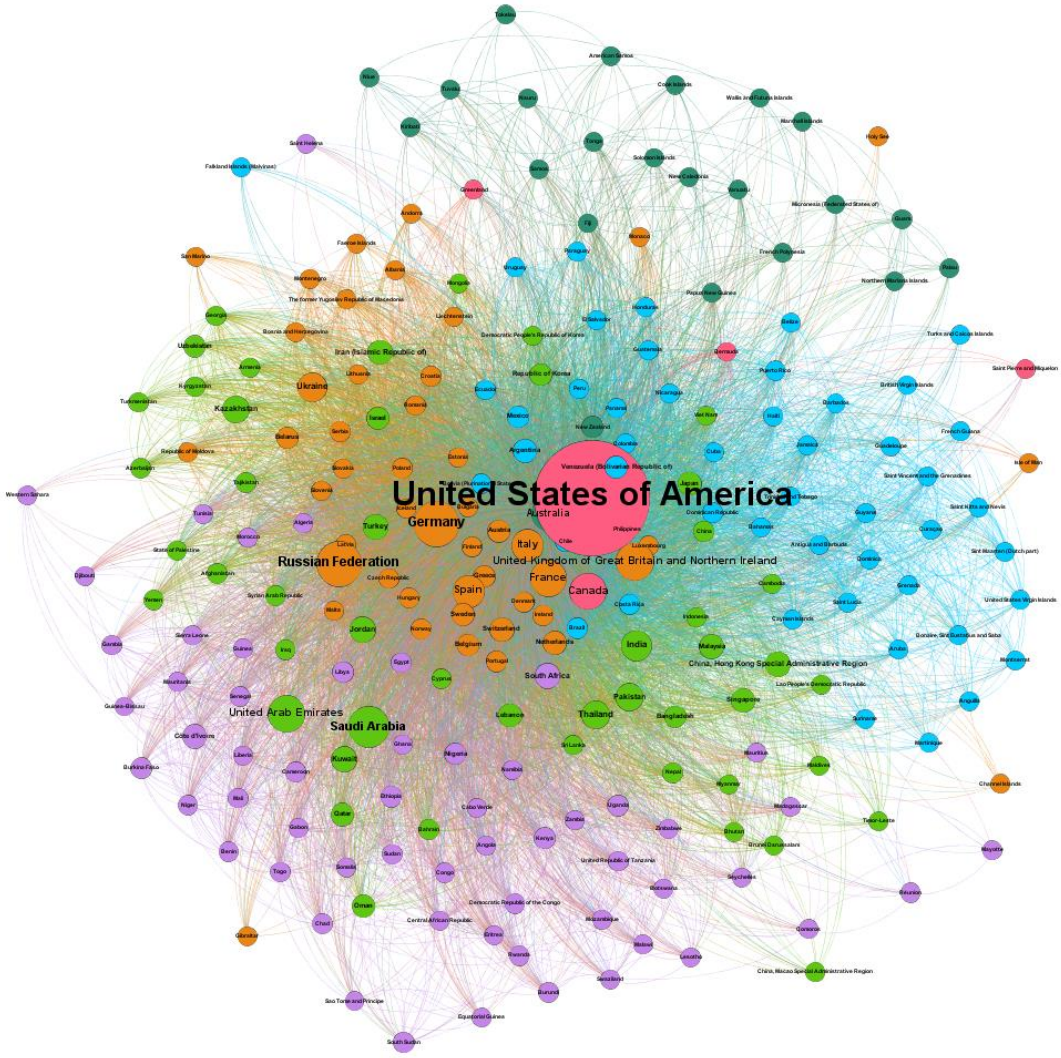
Sıralama	Ülke Adı (Orijinal)	Ülke Adı (Türkçe)	Yakınlık Merkeziliği
1	**USA**	**ABD**	0,764
2	**United Kingdom**	**Birleşik Krallık**	0,723
3	China	Çin	0,723
4	**France**	**Fransa**	0,705
5	India	Hindistan	0,690
6	**Canada**	**Kanada**	0,684
7	Germany	Almanya	0,680
8	**Italy**	**İtalya**	0,647
9	**Australia**	**Avusturalya**	0,638
10	Russian Federation	Rusya Federasyonu	0,638
11	Japan	Japonya	0,635
12	Pakistan	Pakistan	0,630
13	Netherlands	Hollanda	0,625
14	Philippines	Filipinler	0,625
15	Nigeria	Nijerya	0,614
16	Lebanon	Lübnan	0,610
17	Spain	İspanya	0,608
18	Republic of Korea	Güney Kore	0,605
19	Egypt	Mısır	0,602
20	Brazil	Brezilya	0,602

Tablo 9 - Özvektör Merkeziliğine Göre İlk 20 Ülke

Sıralama	Ülke Adı (Orijinal)	Ülke Adı (Türkçe)	Özvektör Merkeziliği
1	**United Kingdom**	**Birleşik Krallık**	1.0
2	**France**	**Fransa**	0,999
3	**Australia**	**Avustralya**	0,997
4	Chile	Şili	0,992
5	**Canada**	**Kanada**	0,982
6	Austria	Avusturya	0,974
7	Greece	Yunanistan	0,971
8	Denmark	Danimarka	0,969
9	Ireland	İrlanda	0,969
10	**Italy**	**İtalya**	0,964
11	Finland	Finlandiya	0,959
12	Netherlands	Hollanda	0,951
13	Switzerland	İsviçre	0,950
14	Bulgaria	Bulgaristan	0,949
15	Sweden	İsveç	0,936
16	Spain	İspanya	0,935
17	Czech Republic	Çek Cumhuriyeti	0,934
18	Norway	Norveç	0,932
19	Belgium	Belçika	0,924
20	Hungary	Macaristan	0,911

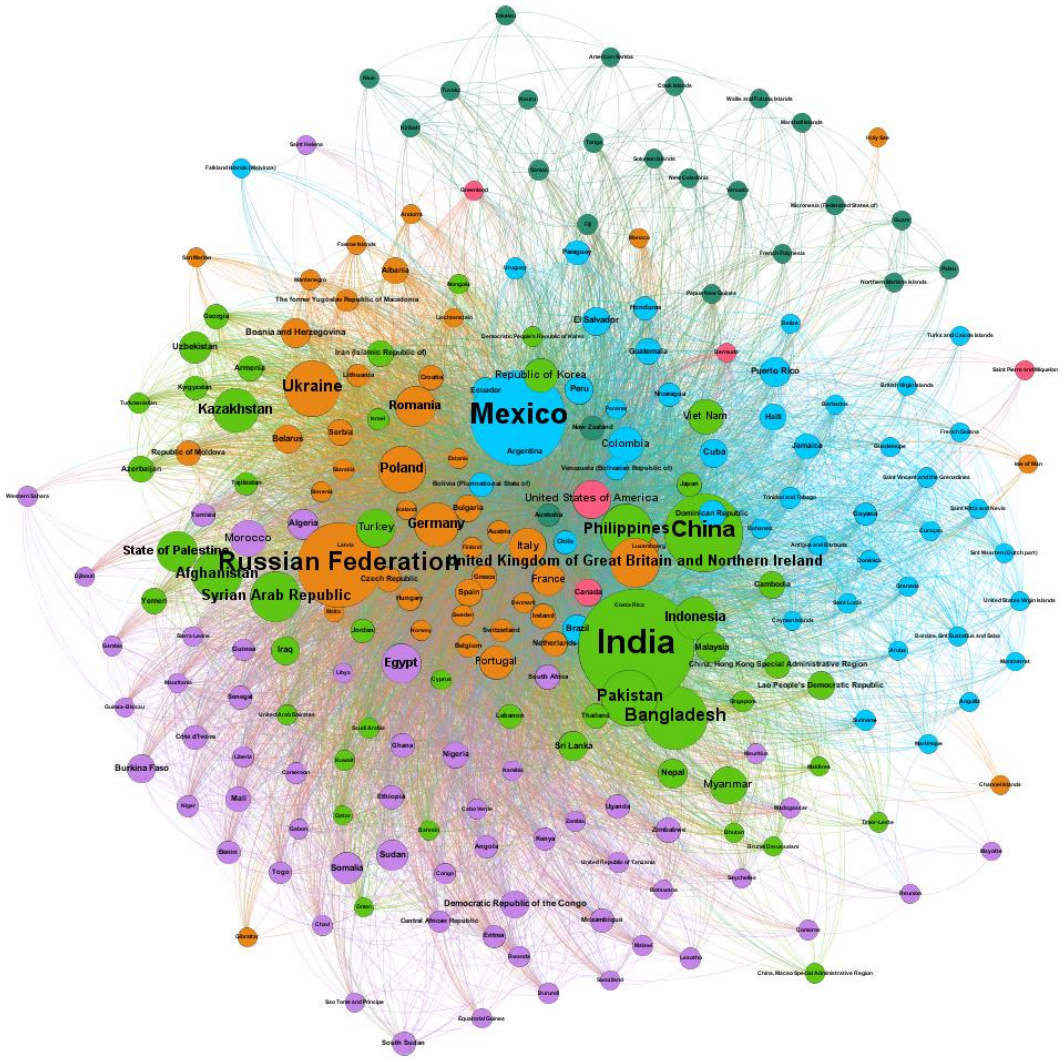
Ağırlıklı Düğüm Derecelerine Göre Görselleştirme

ÜGA yönlü-ağırlıklı graf olduğu için ağın görselleştirilmesinde alınan göçü temsil eden ağırlıklı iç-derece, verilen göçü temsil eden ağırlıklı dış-derece değerleri ile düğümlerin büyüklükleri oransal olarak gösterilmiş ve ülke adları düğümlere eklenerek mevcut Fruchterman-Reingold yerleşimi ile ağ görselleştirilmiştir. Alınan göçe ait görselleştirme çalışması Şekil 19'da verilmiştir. Verilen göçe ait görselleştirme çalışması Şekil 20'de verilmiştir.



Şekil 19 - Ağırlıklı İç-Derece Görünümü

Şekil 19 incelendiğinde, Avrupa ve Kuzey Amerika bölgelerinin diğer bölgelerden daha fazla göç aldığı gözlemlenmektedir. Başlıca göç alan ülkeler Amerika, Rusya, Almanya, İngiltere, Fransa, Suudi Arabistan ve Birleşik Arap Emirlikleri'dir.



Şekil 20 - Ağırlıklı Dış-Derece Görünümü

Şekil 20 incelendiğinde, Asya, Güney Amerika ve Doğu Avrupa bölgelerinin diğer bölgelere göre daha çok göç verdiği gözlenmektedir. Başlıca göç veren ülkeler Hindistan, Meksika, Rusya Federasyonu ve Çin'dir.

Topluluk Analizi

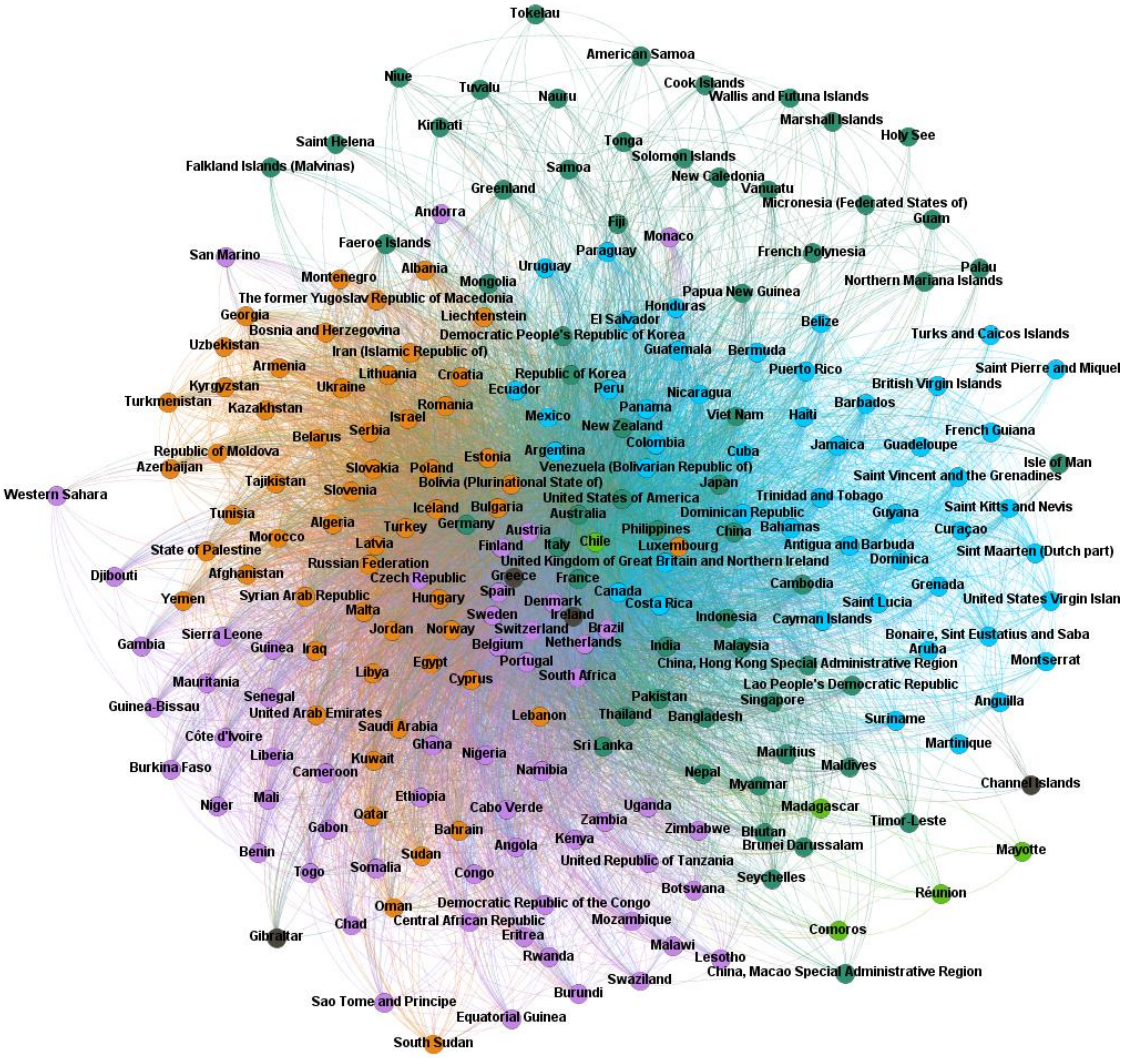
Modularite İle Topluluk Analizi

ÜGA'nın topluluk analizinde Gephi kullanılmıştır. Gephi'de bulunan Modularity [17] (modülarite) metodu kullanılmıştır. Modülarite metoduyla 4 adet büyük küme, 2 adet küçük küme bulunmuştur. Bu kümeler Şekil 21'de görülmektedir.

Bu analizde bir küme aralarında yoğun göç hareketi bulunan ülkeleri temsil etmektedir. Tespit edilen kümelerin özellikleri Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10 - Ağda Bulunan Kümeler ve Özellikleri

Sıra	Küme Rengi	Üye Sayısı	Kümede Bulunan Ana Bölgeler
1		60	Okyanusya, Güney Asya
2		58	Afrika, Kuzey Amerika
3		57	Avrupa, Orta Asya ve Arap Yarım Adası
4		48	Latin Amerika ve Karayipler, Güney Amerika
5		5	Asya Ülkeleri
6		4	Çeşitli Ülkeler



Şekil 21 - Ağda Bulunan Kümeler

Şekil 18 ve Şekil 21'de grafın aynı kısımlarına düşen ana bölgelere ve kümelere aynı renkler verilmiştir. Bu sayede ana bölgeler için kümelenme davranışı hakkında analiz yapılabilmesi kolay hale getirilmiştir.

Şekil 18 ve Şekil 21 birlikte incelendiğinde kendi içerisinde göç hareketi olan Avrupa, Afrika, Latin Amerika ve Karayipler, Okyanusya gibi ana bölgelere ait ülkelerin kümelenme davranışı gösterdiği gözlemlenmiştir. Asya ülkelerinin kendi arasında diğer bölgelere göre yüksek bir göç alışverişi olmadığı için bu bölgedeki ülkeler göç alışverişinde bulunduğu diğer bölgelere ait kümeler ile birleşmiştir. Örnek olarak Asya bölgesinde bulunan Arap Yarımadasına ait ülkeler, Orta Asya ve Kafkaslar Avrupa ile göç alışverişinde bulunduğu için bu ülkeler ile beraber kümelenmiştir. Asya'nın güneyindeki ülkeler ise Okyanusya ülkeleri ile kümeleşmiştir. Avrupa'da Afrika'dan fazla göç alan bazı ülkeler ise Afrika ile beraber kümelenmiştir.

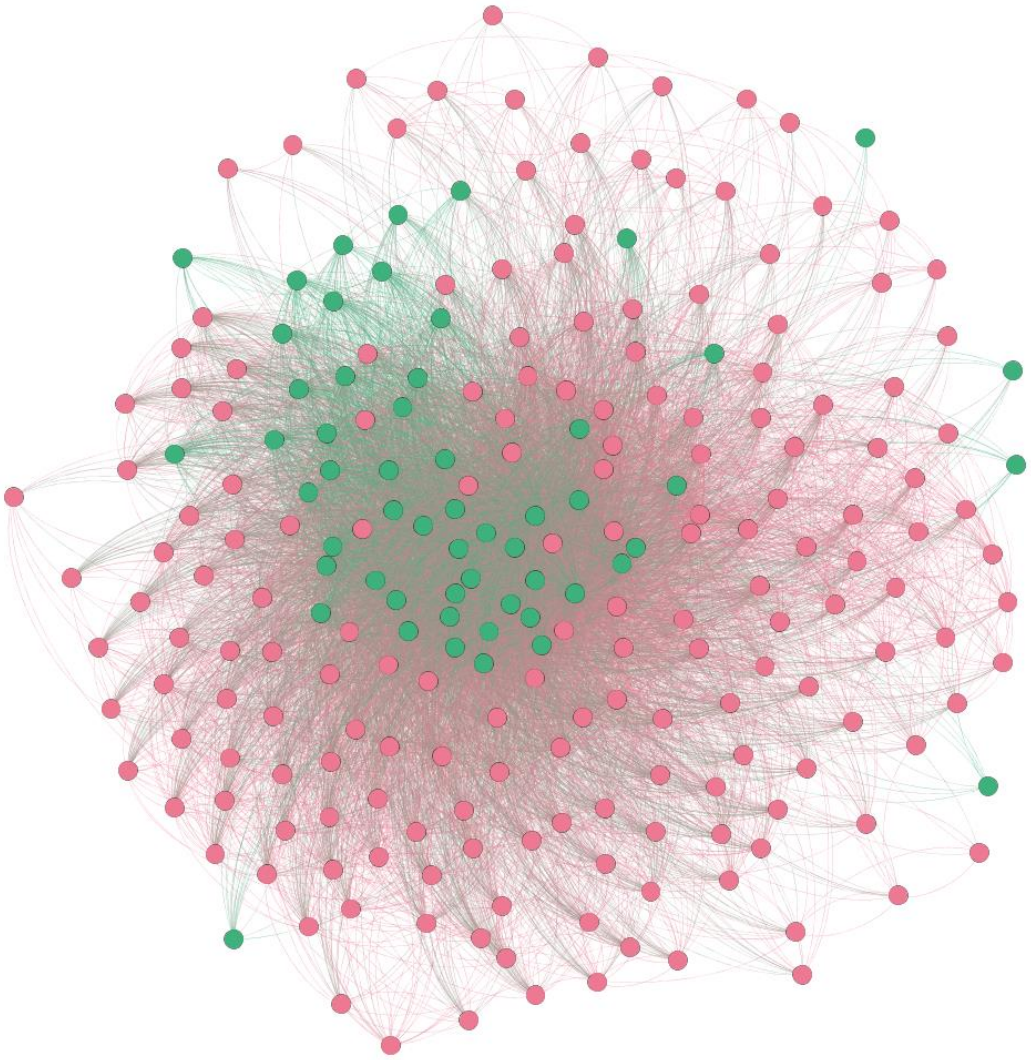
Düğüm Özniteliklerine Göre Topluluk Analizi

Ülkelere ait, gelişmiş ülke, az gelişmiş ülke, Sahraaltı Afrika (sub-saharan), öznitelikleri BM tarafından oluşturulmuş topluluklara ait özniteliklerdir. Bu öznitelikler kullanılarak yapılan görselleştirme çalışmalarıyla topluluk analizi yapılmıştır. BM tarafından oluşturulan bu topluluklar Fruchterman-Reingold yerleşim algoritması kullanılarak görselleştirilmiştir.

İlgili özniteliklere ait renk kodları Tablo 11'deki gibidir. Bu özniteliklerle yapılan görselleştirmeler Şekil 22, Şekil 23 ve Şekil 24'te gözlemlenebilir.

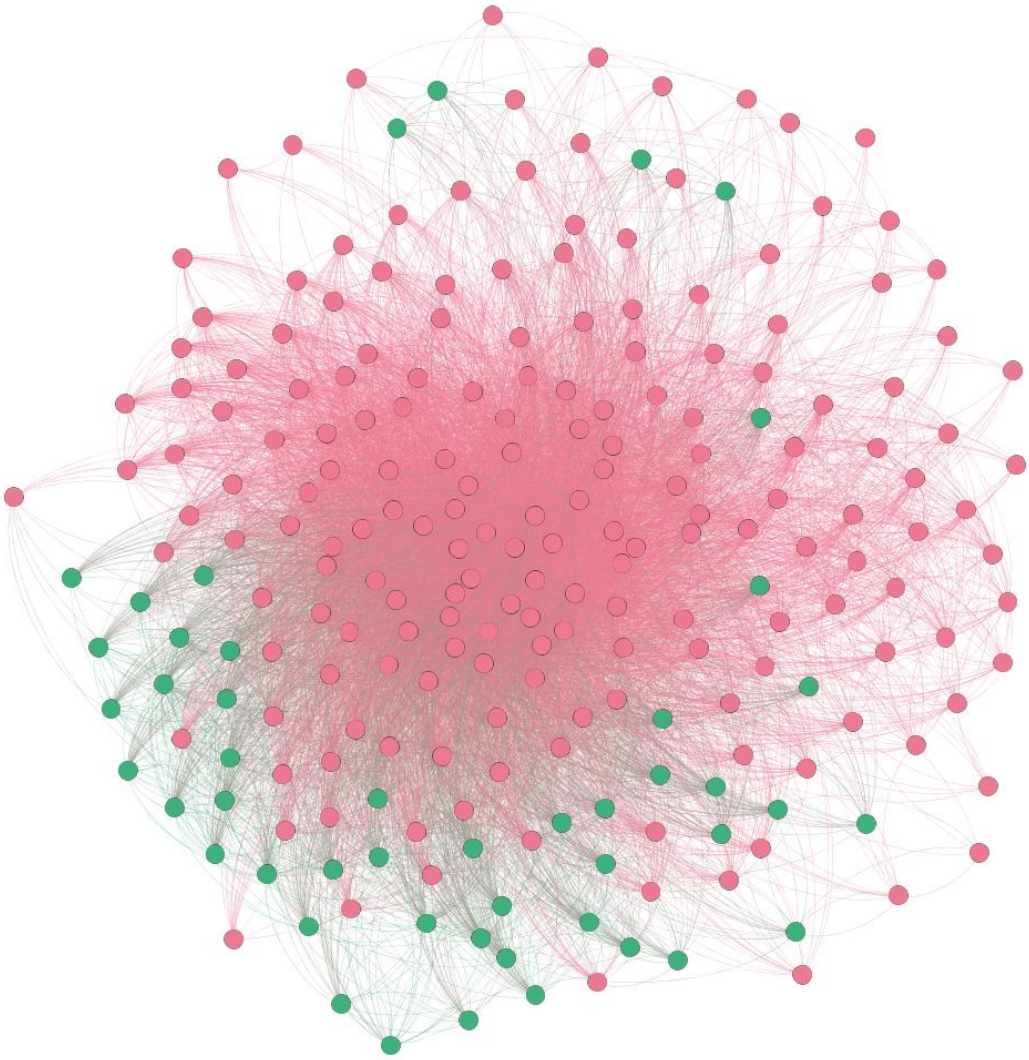
Tablo 11 - Ülkelerin Özniteliklerine Ait Renk Kodları

Renk	Gelişmiş, Az Gelişmiş, Sahraaltı Afrika
●	Evet
●	Hayır



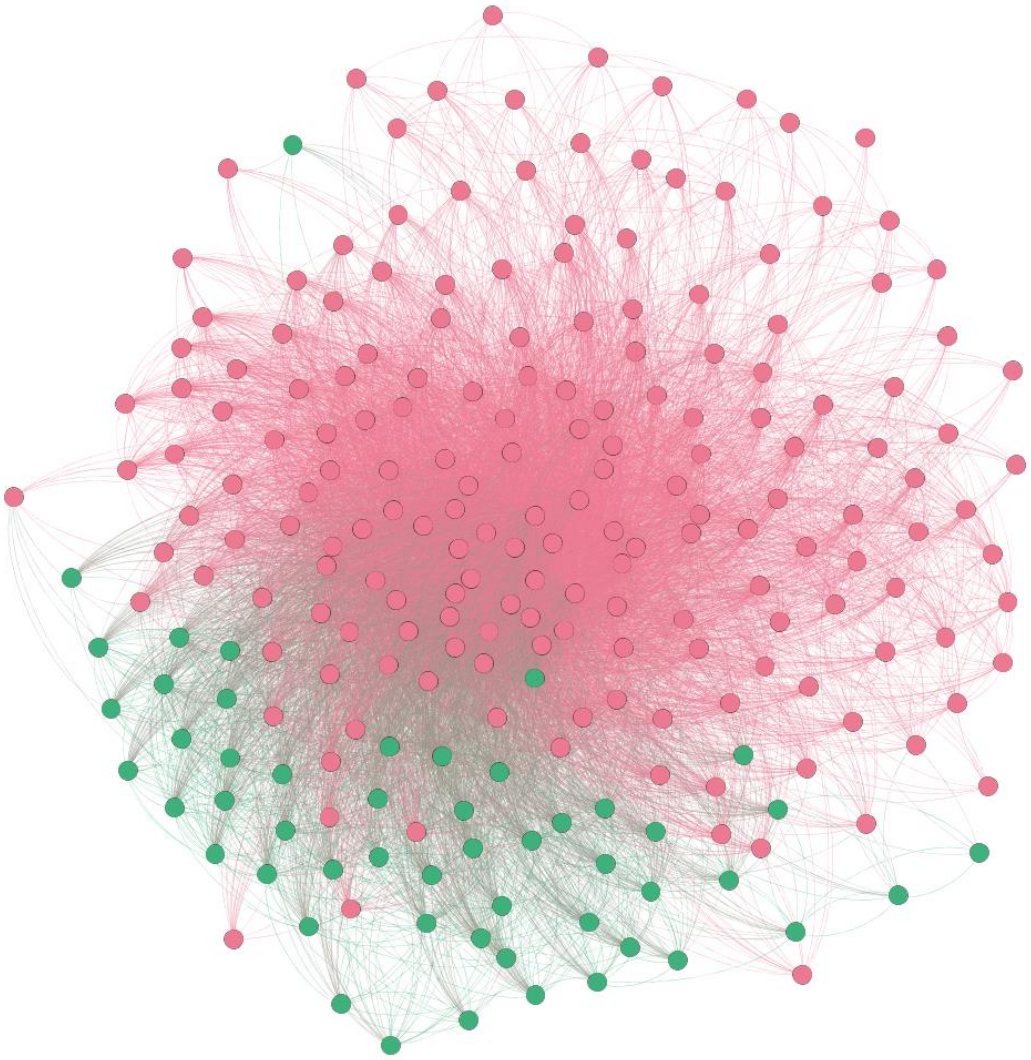
Şekil 22 - Gelişmiş Ülke Özniteliğine Göre Görselleştirme

Şekil 22 incelendiğinde gelişmiş ülkeleri temsil eden yeşil renkli düğümlerin kümelenme davranışı sergilediği gözlemlenmektedir.



Şekil 23 - Az Gelişmiş Ülke Özniteliğine Göre Görselleştirme

Şekil 23 incelendiğinde az gelişmiş ülkeleri temsil eden yeşil düğümlerin ve az gelişmiş olmayan ülkeleri temsil eden kırmızı düğümlerin kümelenme davranışı gösterdiği gözlemlenmektedir.



Şekil 24 - Sahraaltı Afrika Özniteliğine Göre Görselleştirme

Şekil 24 incelendiğinde Sahraaltı Afrika ülkelerini temsil eden yeşil renkli düğümlerin ve Sahraaltı Afrika ülkesi olmayan kırmızı renkli düğümlerin kümelenme davranışı sergilediği gözlemlenmiştir.

Yapısal Analiz

Ağın yoğunluk, kümeleme katsayısı, çap, merkezilik ve karakteristik yol uzunluğu gibi ölçümleri Cytoscape yazılımı ile elde edilmiştir. Bu değerler Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12 - Yapısal Analizde Karşılaştırılan Ağlara Ait Yapısal Ölçümler

Ölçüt Adı	Ülkeler Arası Göç Ağı	Erdös-Rényi Ağı
Düğüm Sayısı	232	232
Kenar Sayısı	11.007	11.007
Kümelenme Katsayısı	0,764	0,410
Karakteristik Yol Uzunluğu	1,695	1,589
Bağlı Bileşenler	1	1
Çap	3	2
Yarıçap	2	2
Ortalama Komşu Sayısı	70,716	94,888
Merkezileşme	0,648	0,088

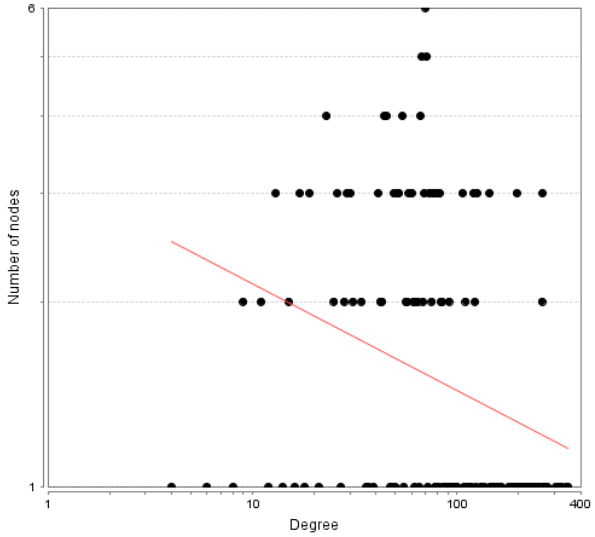
Yapısal analiz süreci kapsamında, Cytoscape kullanılarak Şekil 25'te gösterilen derece dağılım grafiği elde edilmiştir. Ağın derece dağılımının, -ağın tür ve boyutuna bakılmaksızın çoğu gerçek hayat ağında gözlemlenen- **Güç Yasası Dağılımı**na (Power-Law Distribution) yakın bir dağılım sergilediği gözlemlenmiştir [18]. Güç Yasası Dağılımına göre, bir ağda derecesi çok düşük olan çok sayıda düğüm bulunurken, derecesi çok yüksek olan çok az sayıda düğüm bulunur.

Ülkeler arası göç ağının rastgele meydana gelen bir sürecin sonucu olup olmadığını kontrol etmek için rastgele oluşturulan bir ağ ile karşılaştırmalı analizi yapılmıştır. Bu analiz için, Cytoscape'teki **network randomizer** eklentisi yardımıyla ülkeler arası göç ağı ile aynı sayıda düğüm ve kenara sahip **Erdös-Rényi Rassal Ağı** [19] oluşturulmuştur.

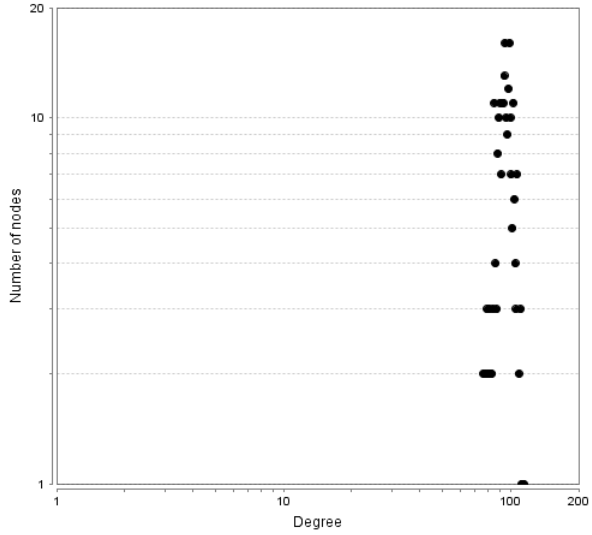
Oluşturulan rassal ağın kümelenme katsayısı 0,401 ve karakteristik yol uzunluğu 1,589'dur. Rassal ağların, gerçek dünya ağlarının yüksek kümelenme özelliğine sahip olmadığı bilinen bir gerçektir. Ülkeler arası göç ağının kümelenme katsayısı olan 0,764 değeriyle rassal ağın kümeleme katsayısı 0,410'den yüksektir. Kısa karakteristik yol uzunluğu, hem gerçek dünya hem de rassal ağların ortak özelliğidir. Bu nedenle, birbirine yakın olan 1,695 ve 1,589 karakteristik yol uzunlukları beklendiği şekilde

gözlemlenmiştir. Son olarak, Erdös-Rényi rassal ağı, düğümler arasındaki kenarlar rastgele eklendiği için beklenildiği gibi Poisson derece dağılımına sahiptir. Oluşturulan rassal ağa ait derece dağılım grafiği Şekil 26'da verilmiştir.

Bu üç temel karakteristik özellik çerçevesinde değerlendirildiğinde, ülkeler arası göç ağının **rastlantısallıktan uzak olduğu ve gerçek hayat ağına ait karakteristik özelliklere sahip olduğu** gözlemlenmiştir. Bu analiz sonucuna ulaşılması ülkeler arası göç ağı için beklenen bir sonuçtur. Çünkü insanlar, göç edecekleri ülkeleri rasgele seçmezler. Bunun yerine, eğitim, sağlık, güvenlik, barınma ve iş imkânları daha fazla olan ülkeleri seçerler.



Şekil 25 - ÜGA'ya Ait Derece Dağılımı



Şekil 26 - Erdös-Rényi Rassal Ağına Ait Derece Dağılımı

BÖLÜM 6. SONUÇ

Bu çalışmada ülkeler arası göç ağı karmaşık ağ analiz teknikleriyle analiz edilmiştir. BM'ye ait "Uluslararası Göçmen Stokundaki Eğilimler: Varış yeri ve Menşe Göre Göçler" isimli veri seti kullanılmıştır. İlgili veri seti üzerinde, bu çalışma kapsamında programlanan yazılım vasıtasıyla veri temizleme ve dönüşüm işlemleri yapılarak elde edilen veri, ağın oluşturulması için uygun biçimdeki CSV dosyalarına kaydedilmiştir. İlgili CSV dosyaları Gephi ve Cytoscape yazılımlarına aktarılarak 232 düğümlü ve 11.007 kenarlı ağ oluşturulmuş ve bu ağ üzerinde analiz yapılmıştır.

Ülkeler arası göç ağında bulunan önemli (merkezi) ülkeleri bulmak için derece, yakınlık, arasındalık ve özvektör merkezilik ölçütleri kullanılmıştır. Elde edilen analiz sonuçlarına göre gelişmiş ülke kategorisindeki Kuzey Amerika ve Avrupa ülkelerinin beklendiği gibi diğer bölgelerdeki ülkelere göre göç ağında daha önemli olduğu gözlemlenmiştir.

Ağda yapılan görsel ve topluluk analizlerinde kendi içerisinde göç hareketi olan Avrupa, Afrika, Latin Amerika ve Karayipler, Okyanusya gibi ana bölgelere ait ülkelerin kümelenme davranışı gösterdiği gözlemlenmiştir. Asya ülkelerinin kendi arasında diğer bölgelere göre yüksek bir göç alışverişi olmadığı için bu bölgedeki ülkelerin göç alışverişinde bulunduğu diğer bölgeler ile kümelendiği gözlemlenmiştir. Ayrıca yapılan diğer görsel analizlerde gelişmiş-gelişmiş değil, az gelişmiş-az gelişmiş değil ve Sahraaltı Afrika-Sahraaltı Afrika değil gruplarının kendi aralarında net olarak kümelendikleri gözlemlenmiştir.

Son olarak yapılan yapısal analizde "Ülkeler arası göç ağı gerçek dünya ağlarına ait yüksek kümelenme katsayısı, düşük karakteristik yol uzunluğu ve güç yasası dağılımı özelliklerini gösteriyor mu?" sorusuna cevap aranmıştır. Bu nedenle aynı düğüm ve kenar sayısına sahip Erdös-Rényi rassal ağı oluşturulmuştur. İki ağ arasında yapılan karşılaştırmalı analizler neticesinde ülkeler arası göç ağının gerçek hayat ağı karakteristik özelliklerine sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

EK'LER

EK-1 Düğüm ve Kenarlara Ait CSV Dosyalarını Üreten Program

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

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

        private void btnConvert_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            openFileDialog.Title = "Please Select Nodes File";

            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.Title = "Please Select Adjacency Matrix File";

            if (openFileDialog.ShowDialog(this) != DialogResult.OK)
                return;

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

            var ds = new DataSet();
            using (var adapter = new OleDbDataAdapter("SELECT * FROM [Sayfa1$]", connectionStringEdge))
            {
                adapter.Fill(ds, "migrationData");
            }

            DataTable migData = ds.Tables["migrationData"];

            var targetCol = data.Columns[0];
            var notesCol  = data.Columns[1];
            var typeCol   = data.Columns[2];

            var fileDir = Path.GetDirectoryName(openFileDialog.FileName);
```

```
            using (var sw = File.CreateText(Path.Combine(fileDir, "edges.csv")))
            {
                sw.WriteLine($"{"Source"};{"Target"};{"Type"};{"Weight"};{"DataType"}");

                for (int i = 0; i < migData.Rows.Count; ++i)
                {
                    for (int j = 3; j < migData.Columns.Count; ++j)
                    {
                        var cellVal = migData.Rows[i][j].ToString();

                        if (string.IsNullOrEmpty(cellVal) || Convert.ToInt32(migData.Rows[i][j]) > 0)
                            continue;

                        var targetName = migData.Rows[i][targetCol].ToString();
                        var sourceName = migData.Columns[j].ColumnName;

                        var sourceCountry = countries[sourceName];
                        var targetCountry = countries[targetName];

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

                        var noteVal  = string.IsNullOrEmpty(migData.Rows[i][notesCol].ToString()) ?
                            "Empty" : migData.Rows[i][notesCol].ToString();

                        var typeVal  = migData.Rows[i][typeCol].ToString();

                        // Source, Target, Type, Weight, DataType, Notes
                        sw.WriteLine("{0};{1};{2};{3};{4}",
                              sourceCountry.Id, targetCountry.Id, "Directed", cellVal, typeVal);
                    }
                }
            }

            MessageBox.Show("Edge List Created");

            using (var sw = File.CreateText(Path.Combine(fileDir, "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] B. Çiçekli, "Uluslararası Göç Hukuku: Göç Terimleri Sözlüğü," *IOM Uluslararası Göç Örgütü*, pp. 3–83, 2009.

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

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

[4] G. Fagiolo and M. Mastrorillo, "International migration network: Topology and modeling," *Phys. Rev. E - Stat. Nonlinear, Soft Matter Phys.*, vol. 88, no. 1, pp. 1–11, 2013.

[5] M. Yakar and F. S. Eteman, "Türkiye'de iller arası göçlerin nodexl ile sosyal ağ analizi," *Göç Derg.*, vol. 4, no. 1, pp. 82–109, 2017.

[6] İ. Kervankıran, F. S. Eteman, and M. Çuhadar, "Türkiye'de İç Turizm Hareketlerinin Sosyal Ağ Analizi ile İncelenmesi," *Tur. Akad. Derg.*, vol. 5, no. 1, pp. 29–50, 2018.

[7] G. Maier and M. Vyborny, "Internal Migration between US States - A Social Network Analysis," *SRE-Discussion Pap.*, vol. 04, 2005.

[8] S. Dong, Y. Pu, and Y. Wang, "A research on complex network of Chinese interprovincial migration based on the fifth population census," in *2013 21st International Conference on Geoinformatics*, 2013, pp. 1–4.

[9] I. Porat and L. Benguigui, "Global migration topology analysis and modeling of bilateral flow network 2006–2010," *EPL*, vol. 115, no. 1, p. 18002, Jul. 2016.

[10] F. Aleskerov, N. Meshcheryakova, A. Rezyapova, and S. Shvydun, "Network Analysis of International Migration," 2016. [Online]. Available: https://ssrn.com/abstract=3196966. [Accessed: 01-Jul-2016].

[11] E. Tranos, M. Gheasi, and P. Nijkamp, "International migration: A global complex network," *Environ. Plan. B Plan. Des.*, vol. 42, no. 1, pp. 4–22, 2015.

[12] W. W. Zachary, "An Information Flow Model for Conflict and Fission in Small Groups," *J. Anthropol. Res.*, vol. 33, no. 4, pp. 452–473, 1977.

[13] M. Denny, "Social Network Analysis," *Inst. Soc. Sci. Res.*, vol. 10, no.

September, pp. 1–20, 2014.

[14] 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.

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

[16] 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.

[17] 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.

[18] R. Albert and A.-L. Barabási, “Statistical mechanics of complex networks,” *Rev. Mod. Phys.*, vol. 74, no. 1, pp. 47–97, 2002.

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