

**T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AKADEMİK İŞ BİRLİKLERİNİN SOSYAL
AĞ OLARAK İNCELENMESİ VE
BASKIN KÜME TESPİTİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müberra KAYGUSUZ

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Kenan İNCE

HAZİRAN-2020

**T.C
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AKADEMİK İŞ BİRLİKLERİNİN SOSYAL
AĞ OLARAK İNCELENMESİ VE
BASKIN KÜME TESPİTİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Müberra KAYGUSUZ
(36183619001)**

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Kenan İNCE

HAZİRAN-2020

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ

Tez çalışma süreci boyunca bilgi ve tecrübelerini paylaşan, desteklerini esirgemeyen ve akademik hayatın ilk adımı olan bu süreçte yol gösterici önerilerde bulunan danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Kenan İNCE'ye,

Akademik eğitim hayatım boyunca her zaman desteğini hissettiğim ve tecrübesiyle yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Ali KARCI'ya,

Akademik süreçte manevi destek olan aileme ve yaşadığım stresli zamanlarda varlığıyla neşelendiren sevgili yeğenim Eslem'e

Bu tez çalışmasına FBG-2018-1107 numaralı proje kapsamında vermiş oldukları desteklerden dolayı, İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine

teşekkür ederim.

ONUR SÖZÜ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Akademik İşbirliklerinin Sosyal Ağ Olarak İncelenmesi ve Baskın Küme Tespiti” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığına ve yararlandığım bütün kaynakların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Müberra Kaygusuz



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ	i
ONUR SÖZÜ	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı.....	2
1.2 Tezin Yapısı.....	3
2. KARMAŞIK AĞLAR	4
2.1 Sosyal Ağ Kavramı.....	6
2.2 Sosyal Ağ Analizi	6
2.2.1 Sosyal ağ analizi tarihçesi	7
2.3 Çizge Teorisi.....	7
2.3.1 Çizge teorisi terminoloji	10
2.4 Çizgelerin Sınıflandırılması.....	16
2.4.1 Düğümlerin kümelenmesine göre çizgeler	16
2.5 Karmaşık Ağların Genel Özellikleri	21
3. MERKEZİLİK ÖLÇÜTLERİ	23
3.1 Yerel Merkezilik Ölçütleri.....	24
3.1.1 Derece merkeziliği.....	24
3.2 Yerel Olmayan Merkezilik Ölçütleri	26
3.2.1 Arasındalık merkeziliği	26
3.2.2 Yakınlık merkeziliği	28
3.2.3 Öz vektör merkeziliği	30
4. BASKIN DÜĞÜM SETİ	32
4.1 Baskın Küme Nedir?.....	33
4.1.1 Baskınlık numarası	34
4.2 Baskın Düğüm Seti Çeşitleri	36
4.2.1 Toplam baskın set.....	36
4.2.2 Olumlu etki baskın seti	37
4.2.3 K- baskın seti	38
4.2.4 Ağırlıklı baskın set	38
4.3 İki Parçalı Ağlarda Baskın Düğüm Seti Problemi	39
5. AKADEMİK İŞ BİRLİKLERİNİN SOSYAL AĞ OLARAK MODELLENMESİ.....	41
5.1 Akademik Veri Hakkında	42
5.1.1 Veritabanı şema yapısı	43
5.2 Verilerin Modellenmesi	45
5.3 İstatiksel Bulgular	47
5.3.1 Yıl bazlı istatistikler	47
5.3.2 Çalışma alanı ve bölge bazında istatistikler	49
5.3.3 Üniversite bazlı istatistikler	50
5.4 Merkezilik Ölçütlerinin Hesaplanması	51
5.4.1 Bölgesel bazda merkezilik ölçütleri	52
5.4.2 Çalışma alanı bazında merkezilik ölçütleri	58
5.5 Baskın Üniversitelerin Belirlenmesi	62

5.5.1 Bölgesel bazda baskınlık tespiti	64
5.5.2 Alan kategorisine göre baskınlık tespiti	66
5.5.3 Türkiye üniversiteleri baskınlık tespiti	68
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	69
KAYNAKLAR.....	71
EKLER	77
ÖZGEÇMİŞ	89



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 : Radyo vericileri arasındaki mesafe (km)	10
Çizelge 3.1 : En kısa yollar.	29
Çizelge 3.2 : Yakınlık merkeziliği değerleri	30
Çizelge 5.1 : Temel tablolar ve istatistikleri	43
Çizelge 5.2 : Akdeniz Bölgesi tıp alanı ağırlıklı komşuluk matrisi görüntüsü	45
Çizelge 5.3 : Doğu Anadolu Bölgesi mühendislik alanı merkezilik ölçütleri.....	53
Çizelge 5.4 : Ege Bölgesi tıp alanı merkezilik ölçütleri	56
Çizelge 5.5 : Mühendislik alanı baskın üniversiteler	64
Çizelge 5.6 : Tıp alanı baskın üniversiteler.....	65
Çizelge 5.7 : Sosyal-Beşerî bilimler alanı baskın üniversiteler	66
Çizelge 5.8 : Alan kategorisine göre Türkiye verisi baskın üniversiteler	67
Çizelge 5.9 : Türkiye baskın üniversiteler	68



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 : Königsberg kasabasının resmedilmesi.....	2
Şekil 2.1 : Königsberg köprüsünün çizge ile modellenmesi	4
Şekil 2.2 : Protein-protein etkileşim ağı.....	5
Şekil 2.3 : Ağırlıksız basit G1 çizgesi.....	8
Şekil 2.4 : G1 çizgesi komşuluk matrisi.....	9
Şekil 2.5 : Çizge modeli.....	10
Şekil 2.6 : Yönlü ve yönsüz çizge.....	11
Şekil 2.7 : Ağırlıklı çizge modeli	11
Şekil 2.8 : G1 çizgesi bitişiklik matrisi	12
Şekil 2.9 : Çizgede yol gösterimi	12
Şekil 2.10 : Çizgede döngü, çevrim ve paralel hat gösterimi.....	13
Şekil 2.11 : İzomorfik çizge.....	14
Şekil 2.12 : Pseudo çizge	14
Şekil 2.13 : Düzenli çizge & Tamamlanmış çizge.....	15
Şekil 2.14 : Basit çizge & Çoklu çizge	15
Şekil 2.15 : Basit yönlü çizge & Çoklu yönlü çizge	15
Şekil 2.16 : Twitter etkileşim ağı.....	17
Şekil 2.17 : İki parçalı çizge.....	18
Şekil 2.18 : İki parçalı ağ test çizgesi.....	19
Şekil 2.19 : Numaralandırılmış çizge.....	19
Şekil 2.20 : Renklendirilmiş çizge	20
Şekil 2.21 : Çizgenin iki parçalı gösterimi.....	20
Şekil 2.22 : Pinterest üç parçalı çizge	20
Şekil 3.1 : Sosyal ağ üzerinde derece merkeziliği gösterim.....	25
Şekil 3.2 : Yönlü çizge üzerinde iç-dış derece merkeziliği.....	26
Şekil 3.3 : Arasındalık merkeziliği ile ilgili çizge.....	27
Şekil 3.4 : Yakınlık merkeziliği ile ilgili çizge	29
Şekil 4.1 : Tam bağlı çizge.....	33
Şekil 4.2 : Baskın set çizge örneği	34
Şekil 4.3 : Bazı özel çizgeler ve baskınlık numaraları	36
Şekil 4.4 : İki parçalı film-izleyici Ağı	39
Şekil 4.5 : İzleyici-izleyici(G1) ve film-film(G2) ağları.....	39
Şekil 4.6 : İki parçalı ağda baskınlık tespiti	40
Şekil 5.1 : Akademik veri tabanı diyagram gösterimi	44
Şekil 5.2 : Akdeniz Bölgesi tıp alanı modellenmiş sayısal veri.....	46
Şekil 5.3 : Alan kategorisine göre yıl bazlı yayın sayıları	47
Şekil 5.4 : Yıl gruplandırılmalı yazar sayısına göre yayın sayıları	48
Şekil 5.5 : Çalışma alanı kategori yüzdeleri	49
Şekil 5.6 : Bölgesel bazda çalışma alanı-yayın grafiği	50
Şekil 5.7 : Yayın sayısına göre ilk on beş üniversite yayın-yazar durumu	50
Şekil 5.8 : Doğu Anadolu Bölgesi derece ve öz vektör merkeziliği iş birliği ağı	55
Şekil 5.9 : Doğu Anadolu Bölgesi yakınlık ve arasındalık merkeziliği iş birliği ağı.....	55
Şekil 5.10 : Ege Bölgesi derece ve öz vektör merkeziliği iş birliği ağı	57
Şekil 5.11 : Ege Bölgesi yakınlık ve arasındalık merkeziliği iş birliği ağı.....	57
Şekil 5.12 : Mühendislik alanı Türkiye verisi iş birliği ağı	59
Şekil 5.13 : Tıp alanı Türkiye verisi iş birliği ağı	60
Şekil 5.14 : Sosyal ve Beşerî Bilimler alanı Türkiye verisi iş birliği ağı.....	61

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

WOS	: Web of Science
AİA	: Akademik iş birliği ağı
G (V, E)	: Çizge modeli
G (V, E, w)	: Ağırlıklı çizge modeli
V	: Düğüm kümesi
E	: Bağlantı kümesi
A	: Komşuluk matrisi
M	: Bitişiklik matrisi
A_w	: Ağırlıklı komşuluk matrisi
cc(V_i)	: i düğümünün kümelenme katsayısı
cc(G)	: Çizge yoğunluğu
DM	: Derece merkeziliği
YM	: Yakınlık merkeziliği
ÖM	: Öz vektör merkeziliği
PR	: PageRank algoritması
DS	: Baskın düğüm kümesi
CDS	: Bağlı baskın set
MCDS	: Minimum bağlı baskın set
DN	: Baskınlık numarası
P_n	: Yol çizgesi
C_n	: Çevre çizgesi
K_{1n}	: Yıldız çizgesi
TDS	: Toplam baskın set
PIDS	: Olumlu etki baskın seti
KDS	: K-Baskın set
WDS	: Ağırlıklı baskın set
NP	: Non-deterministic polynomial

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AKADEMİK İŞ BİRLİKLERİNİN SOSYAL AĞ OLARAK İNCELENMESİ VE BASKIN KÜME TESPİTİ

MÜBERRA KAYGUSUZ

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

89+IX sayfa

2020

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Kenan İNCE

Sosyal ağlar; dinamik ve sürekli büyüyen bir yapıdadır. Aktörler arasındaki etkileşimlerin farklı bakış açıları ile analiz edilmesi ile sosyal ağa yönelik çıkarımların yapıldığı karmaşık yapılardır. Sosyal ağ analizi ise, bu veri yığınları içinden çeşitli metotlar kullanarak anlamlı bilgiler elde etmektir. Veriler; eğitim, sağlık, sosyal medya gibi hayatın çeşitli alanlarını kapsayan geniş bir yelpazeden oluştuğundan, sosyal ağlar birçok yönüyle analiz edilebilir. Baskın düğüm kümesi analizi literatürde geniş yer tutan çalışma alanlarından bir tanesidir. Baskın düğüm kümesi problemi, bir karmaşık ağda minimum düğüm sayısına sahip ve ağı domine eden kümenin belirlenmesidir. Bir karmaşık ağda, bu kümenin tespiti için, düğümlerin bulundukları ağ içerisindeki konumuna dair bilgi veren merkezilik ölçütlerinin değerlendirilmesi önem taşımaktadır.

Teknolojinin gelişimiyle internet kullanımı da hızla artmaktadır. Bu durum göz önüne alınırsa, sosyal ağlardan yapılacak analiz ile birçok alanda kullanılabilecek yararlı sonuçlar elde edilebilir. İş ağları, akademik iş birliği ağları, kullanıcı etkileşim ağları, ürün-müşteri etkileşim ağları, hastalık ağları gibi ağlarda yer alan karmaşık verilerin modellenmesiyle gerçek hayatta karşılaşılan problemlerin çözümünde kullanılacak sonuçlar üretilebilecektir.

Bu tez çalışmasında, Türkiye'deki üniversite verilerinden oluşan bir akademik iş birliği ağı kurulmuştur ve bu ağ üzerinde analiz çalışması gerçekleştirilmiştir. Akademik iş birliği ağı oluşturulurken veri, araştırma alanları ve bölge ayrımı gibi kategorize edilerek yazarların ortak yaptığı yayınlardan oluşan bir sosyal ağ olarak modellenmiştir. Modelleme aşamasından sonra veri görselleştirilmiştir. Analiz aşamasında akademik iş birliği ağındaki her bir üniversitenin, ağ içerisindeki genel konumlarına göre, yerel ve yerel olmayan merkezilik ölçütleri hesaplanmıştır. Merkezilik ölçütleri değerlendirmelerinden faydalanılarak ağdaki baskın üniversiteler belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sosyal Ağ Analizi, Merkezilik Ölçütleri, Baskın Düğüm Seti, Akademik İş birliği

ABSTRACT

Master Thesis

INVESTIGATION OF ACADEMIC COLLABORATIONS AS SOCIAL NETWORK AND DETERMINATION OF DOMINATING SET

MÜBERRA KAYGUSUZ

Inonu University
Graduate School of Sciences
Department of Computer Engineering

89+IX page

2020

Supervisor: Dr. Öğr. Üyesi Kenan İNCE

Social networks are dynamic and constantly growing. These are complex structures where inferences about social network are made by analyzing the interactions between actors from different perspectives. Social network analysis is to obtain meaningful information from these data collections using various methods. Social networks can be analyzed in many ways because the data that form the network; it consists of a wide range covering various fields of life such as education, health, social media etc. Dominating set analysis is one of the research areas that occupy a large place in the literature. The dominating set problem is the determination of the dominating cluster with the minimum number of nodes in a complex network. In a complex network, it is important to evaluate centrality measures that provide information about nodes position in the network in which they are located for the identification of dominating cluster.

As technology evolves, internet usage increases rapidly. Considering this situation, useful results can be obtained in many research areas with analysis of social networks. By modeling complex data in networks such as business networks, academic collaboration networks, user interaction networks, product-customer interaction networks, disease networks, results can be produced to solve the problems encountered in real life.

In this study, an academic collaboration network has been established from the data consisting of universities in Turkey and data analysis was performed on these network. While creating the academic collaboration network, the data categorized based on research areas and geographic establishment, and modeled as a social network consisting of publications made by the authors. After the modeling phase, the data was visualized. During the analysis phase, local and non-local centrality measures were calculated by considering the general positions of each university in the academic collaboration network. Benefiting the these measures, the dominant universities were identified in the network.

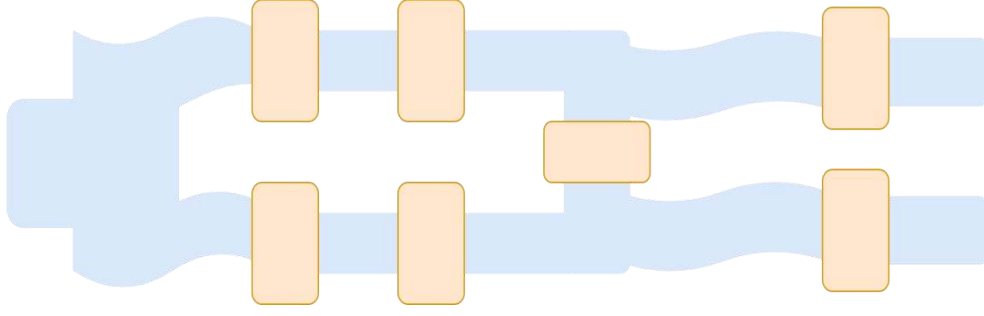
Keywords: Social Network Analysis, Centrality Measures, Dominating Set, Academic Collaboration

1. GİRİŞ

Teknolojik gelişmelere bağılı olarak internet kullanımının giderek arttığı görölmektedir. İnternet kullanım istatistikleri incelendiğinde kullanıcı sayısı neredeyse 4,4 milyar kişiye ulaşmıştır [1]. Dünya nüfusunun yarısından fazlasına karşılık gelen bu oran, her geçen gün artan bir hızla veri yığınları oluşturmaktadır. Oluşan bu veri yığınları birbirine anlam ve yapısal olarak bağılı şekilde bulunan verileri kapsar. İşte bu sürekli büyüyen ve birbiriyle bağılı halde gelişen veri yığınlarında aktörleri temsil eden düğümler ve aktörler arasındaki etkileşimleri tanımlayan bağlantılar, sosyal ağları oluşturmaktadır. Sosyal ağlar, dinamik ve aktörler arasındaki ilişki desenlerini gösteren yapılardır [2]. Bu veri yığınlarından anlamlı bilgiye ulaşabilmek için çeşitli akademik disiplinler bulunmaktadır. Bu disiplinlerden biri olan sosyal ağ analizi, kullanım alanı en yaygın olanlardandır. Sosyal ağ analizi, oluşan sosyal ağlar içerisinden, çeşitli metotlar kullanarak anlamlı bilgiler çıkarmayı hedefleyen akademik disiplinlerdendir [3]. Örneğin sosyal medya sitelerindeki kullanıcı etkileşimlerini analiz ederek, kullanıcılar arasında oluşabilecek bağlantıları tahmin etmek için yapılan bir çalışma veya kullanıcıların ortak ilgi alanları bilgisinden yararlanarak kullanıcıya kişi önerme gibi çalışmalar ya da sosyal bir ağda baskın düğümlerin tespit edilmesini ele alan çalışmalar sosyal ağ analizi çalışmalarıdır.

Ağ analizi, akademik dünyada; ulaşım sistemleri, haberleşme ağları, metin analizi, sosyal çalışmalar, kullanıcı etkileşimleri, akademik ilişkiler gibi araştırma konularını içeren geniş bir yelpazeden oluştuğu için hem sosyal bilimcilerin hem de fen bilimcilerin ortak çalıştığı, farklı bakış açılarıyla ele aldığı disiplinler arası bir araştırma alanı olarak gelişmektedir.

Ağların incelenmesi ilk kez 18 yy'da Königsberg Köprüsü problemiyle ortaya çıkmıştır. Şekil 1.1'de Königsberg problemine konu olan kasaba resmedilmiştir. Ortaya çıkan problemin çözümüne yönelik İsviçreli matematikçi Euler'in 1736 yılındaki çalışması, aslında çizge teorisi kavramının oluşması ve ağ yapılarının analizine temel oluşturmuştur [4].



Şekil 1.1 : Königsberg kasabasının resmedilmesi.

Çizge teorisi, gerçek hayatta karşılaşılan bir problemin bağlantılar ve düğümler şeklinde modellenmesi ve bu modelin çizge olarak ifade edilmesi ilkesine dayanır [5]. Çizge teorisinin çalışma alanlarından biri olan sosyal ağ alanındaki ilk çalışmalar içerisinde, sosyometrinin kurucusu olarak bilinen, Moreno'nun (1941) yaptığı ağ içerisindeki ilişki desenlerinin tanımlanmasına yönelik çalışmalar yer almaktadır [6].

Bu tez çalışmasında Web of Science (WOS)'dan bir uygulama ile çekilen akademik verilerin yer aldığı veri setinden, ilişkisel bir veri tabanı kurulmuştur. Bu veri seti, temel olarak Türkiye'de bulunan üniversiteler, üniversitelerin konum bilgileri, (şehir, bölge vs.) yazarlar ve yaptıkları yayınlara ait bilgilerden oluşmaktadır. Bu veriler; araştırma alanları ve bölge ayrımı gibi kategorize edilerek, yazarların ortak yayınlarından bir akademik iş birliği ağı kurulmuştur. Akademik iş birliği ağında yer alan verilerden çalışmada kullanılacak bilgiler belirlenmiş ve çıkarılmıştır. Daha sonra bu veriler çizge teorisi kullanılarak düğümler ve düğümler arası ilişkiler şeklinde modellenmiştir. Böylece veri dijital ortamda analiz edilebilir hale getirilmiştir.

İkinci aşama olan analiz aşamasında, oluşan akademik iş birliği ağındaki her bir üniversitenin, bulundukları ağ içerisindeki konumsal durumları dikkate alınarak, yerel ve yerel olmayan merkezilik ölçütleri hesaplanmıştır. Yapılan kategorilendirmelerle oluşturulan farklı boyutlardaki ağ grupları içerisinde, baskın düğümler belirlenmiştir.

Türkiye'de bölgesel bazda ve tüm Türkiye olarak araştırma alanlarına göre üniversitelerin ağın genelindeki merkezilikleri ve baskın üniversiteler belirlenmiş, elde edilen bulgular ilgili bölümlerde sunulmuştur.

1.1 Tezin Amacı

Bu tez çalışmasında, Türkiye akademi dünyasına ait geniş bir veri setinden akademik iş birliği ağı kurulması ve bu ağın analiz edilmesi hedeflenmiştir.

Akademik iş birliği ağı çeşitli kıstaslarla analiz edilerek sonuçlar üretilmiştir. Literatürde baskın düğüm seti problemi olarak geçen problem için merkezilik ölçütünden faydalanan bir uygulama ile sonuçlar üretilmiştir.

Uygulama sonucu elde edilen bulgular, bir ülkenin gelişmişlik düzeyinde önemli yer tutan üniversiteler ve bu üniversitelerin akademik çalışmalarıyla ilgili bir durum raporu sunduğundan, sosyal bilimler alanında çalışan araştırmacılar için de bir kaynak özelliği teşkil edebilecektir.

1.2 Tezin Yapısı

Tez çalışması temelde altı bölümden oluşmaktadır. Giriş kısmında, sosyal ağ kavramı, çizge teorisinin ortaya çıkışı ve bu alanlardaki ilk çalışmalar ele alınmış ve bu tez çalışmasının kapsamı hakkında özet niteliğinde bilgi verilmiştir. Ayrıca tezin amacı ve yapısı açıklanmıştır. İkinci bölüm de sosyal ağ, sosyal ağ analizi, çizge teorisi ve ağ yapılarına değinilmiş ve yapılan çalışmalar ile konu ele alınmıştır.

Karmaşık bir ağ yapısında yer alan aktörlerin ağ içerisindeki konumları hakkında bilgi veren merkezilik ölçütleri üçüncü bölümde incelenerek; kategorik olarak anlatılmış ve matematiksel ifadeleri sunulmuştur. Dördüncü bölümde, baskın düğüm kümesi problemi hakkında detaylı araştırma sunulmuş ve iki parçalı ağ yapısında baskın düğüm setinin nasıl tespit edileceği açıklanmıştır. Beşinci bölümde uygulamada kullanılan akademik verilerin nasıl elde edildiği ve düzenlendiği anlatılmış, istatistiksel olarak veri incelenmiş ve aşamalı olarak;

- Verinin Modellenmesi
- Merkezilik Ölçütlerinin Hesaplanması
- Baskın Üniversitelerin Belirlenmesi

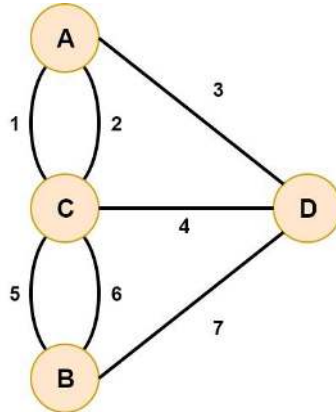
şeklinde sunulurken, çalışma sonucunda elde edilen bulgular tablo ve şekil olarak verilmiştir.

Altıncı bölümde sonuç ve öneriler ile tez çalışması sonlandırılmıştır.

2. KARMAŞIK AĞLAR

Gerçek hayatta, birbiri ile ilişki halinde bulunan her aktör kümesinden bir ağ yapısı kurulabilir. Etrafımızı gözlemlediğimizde doğadaki birçok ağ yapısına şahit olabiliriz. Topluluk halinde yaşayan her canlının birbiriyle ilişki halinde olmaları kaçınılmaz olduğundan, bu topluluklar arasındaki beslenme, yaşama, enerji akışı ilişkilerinin hepsi doğada gözlemleyebileceğimiz ağ yapılarındandır. Doğanın gözlemlenmesi etkisiyle gerçek hayatta karşılaştığımız problemler de ağ yapısı ile temsil edilerek çözümler üretilebilir. Örneğin biyolojik sistemlerde; protein etkileşimlerinden ağ yapısı kurulması ve analizi ile sağlık sektöründeki problemlere çözümler sunulmaktadır [7]. Ulaşım sistemleri gibi altyapı sistemleri için bir ağ yapısı kurularak, bu alanla ilgili sorunlar tespit edilip incelenmektedir [8]. Kısacası gerçek hayattaki problemlerin çözümünde ağ kavramı önemli bir yer tutmaktadır. Karşılaşılan bir problemi oluşturan unsurlardan ağ yapısı kurularak çözüme dair sonuçlar üretilebilir.

Ağların incelenmesine ön ayak olan Euler'de aynı şekilde karşılaştığı köprü problemini ağ yapısına dönüştürerek çözüm sunmuştur. Çizge teorisinin de temellerinin atıldığı Königsberg köprüsü problemi, aynı isimdeki kasabada yer alan iki ada ve bunları birbirine ve şehre bağlayan yedi köprüden oluşmaktadır. Euler çözümünde oluşan dört bölgeyi aktör, köprüleri ise aktörler arasındaki ilişkiler şeklinde modellemiştir [4]. Şekil 2.1' deki gibi kara parçalarını harfle köprüleri ise sayılarla işaretlemiştir.



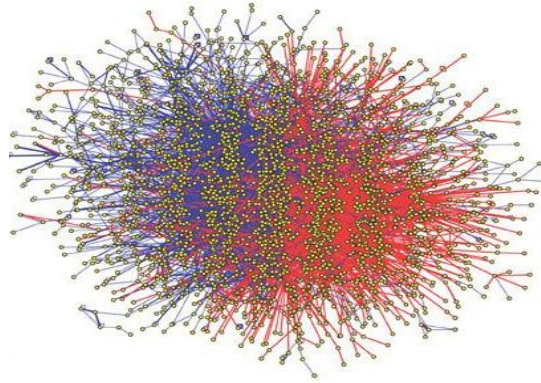
Şekil 2.1 : Königsberg köprüsünün çizge ile modellenmesi.

Königsberg köprüsü problemini tanımlayan soru, şehrin herhangi bir noktasından başlanarak bir şehir turu yapılabilmenin, her köprüden sadece bir kere geçmek şartıyla mümkün olup olmadığı, sorusudur.

Euler'in ağ yapısı kurmasıyla problem, çizge teorisine göre herhangi bir düğümden başlayarak yedi elemanın her birini sadece bir defa geçmek şartıyla dolaşma şekline dönüşmüştür.

Euler'in ispatına göre bir düğüm başlangıç veya bitiş düğümü değilse, çift dereceli olmalıdır. Çünkü turun tamamlanabilmesi için gidilen yerden ayrılmak gerekmektedir. Dolaşma sonunda başlanılan yere dönülebilmesi için de tüm düğümler çift dereceli olmalıdır. Yaptığı çalışma sonucunda, Königsberg probleminde iki düğümün derecesi tek olduğundan böyle bir dolaşmanın mümkün olmayacağını ispatlamıştır. Bu ispat baz alınarak, aynı düğümden başlayıp biten ve her bir elemanı yalnızca ve en az bir kez içeren turlara "Euler turu" ve bu turu içeren, yani her bağlantının çift derece olduğu çizgelere de "Euler çizgeleri" denmiştir [9]. Euler yapığı bu ispatla sosyal ağ çalışmalarının temelini oluştururken aynı zamanda daha sonraları literatürde 'Çizge Teorisi' olarak yer alacak; matematik alanında yeni bir araştırma ve uygulama alanını da oluşturmuştur.

Ağların karmaşık olmasının temel sebebi gerçek dünya verilerinden oluşmasıdır. Gerçek dünya verisi, sürekli büyüyen ve aynı zamanda birbirine bağımlı şekilde gelişen verilerden oluşmaktadır. İşte bu karmaşık ağ yapılarından, problemlere yönelik çözümler üretme ihtiyacı da bilim insanlarını ağ yapılarının incelenmesi ve analizine götürmüştür. Şekil 2.2' de [10] çalışmasında incelenen karmaşık bir ağ yapısı örneği gösterilmektedir.



Şekil 2.2 : Protein-protein etkileşim ağı.

21. yy 'da öne çıkan ağ yapıları incelendiğinde, sosyal olarak nitelenebilecek; akademik iş birlikleri, arkadaşlık ilişkileri, ticari ilişkiler hatta bir ülke için en önemli alan olan savunma sistemlerinde suç ve suçlu ilişkileri gibi ağlar gözlemlenmektedir.

2.1 Sosyal Ağ Kavramı

Sosyal ağ temelde aktörler ve aralarındaki ilişkilerden oluşan bir yapıdır. Sosyal ağdaki aktör kavramı yerine, bir ülkedeki üniversiteler ya da birbiriyle bağlantılı halde bulunan bilgisayarlar, sosyal medya vs. mecralarındaki gerçek kişiler veya eğitim sektöründe dersler gibi canlı-cansız aralarında herhangi bir ilişki kurulabilen her varlık konulabilir.

Sosyal ağdaki aktörler düğümleri; aktörler arası ilişkilerde bağlantıları temsil etmektedir. Günümüzdeki popüler sosyal medya araçlarından olan Facebook, Twitter gibi platformlarda kullanıcılar ve bağlantı ilişkilerinden bir sosyal ağ yapısı kurularak arkadaşlık ilişkisi modellenebilir [11,12]. Bu yapıda kullanıcılar sosyal ağdaki düğümleri; kullanıcılar arasındaki ilişkilerde bağlantıları oluşturur. Bu ağ yapısı kurulduktan sonra analiz ile ileride kurulabilecek bağlantıların tahmini gibi çalışmalar yapılabilir [13-15].

2.2 Sosyal Ağ Analizi

Sosyal ağ analizi, düzensiz ve karmaşık verileri işleyerek, bu verilerden faydalı bilgi çıkarımı yapılmasını ve karşılaşılan zorluklara çözüm üretilmesini sağlayan bir çalışma alanıdır.

Yaşadığımız yüzyılda artık veri dijitalleşmiş, kolay erişilebilir ve değişime uğrayabilir hale gelmiştir. Verinin zamandan ve mekândan bağımsız şekildeki bu gelişimi ile artık eğitim, sağlık, ulaşım, sosyal hayat, ekonomi, sosyoloji gibi hayatın her alanında karşılaşılan problemlerin çözümü için verinin toplanması ve modellenmesi ile bir çıkarım yapılması ihtiyacı ortaya çıkmıştır. İşte sosyal ağ analizi sayesinde etrafımızdaki bütün varlıklar arasındaki ilişkiyi ağlar olarak algılayıp, çözümler üretebiliriz. Bazen gözle görülmeyen ilişkiler bile sosyal ağ analizi ile görselleştirme yapıldığında belirginleşebilir.

Analiz yaparken birtakım ölçütlerden faydalanırız. Bunlardan en önemlilerinden biri merkezilik ölçütleridir. Merkezilik ölçütleri, ağdaki aktörlerin konumsal yapısı hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlar. Komşuluk tabanlı ölçütler ağda yer alan aktörlerin birbirleri arasındaki ilişkiler hakkında bilgi verir. İlgili bölümlerde açıklanacak olan çok çeşitli ölçütler bulunmaktadır. Bu ölçütlerden faydalanarak ağın karakteristik yapısına dair bulgular elde ederiz.

2.2.1 Sosyal ağ analizi tarihçesi

Sosyal ağ analizinin kökenleri, 1930'larda ABD'de bir kız yetiştirme yurdunda ortaya çıkan problem için yapılan öncü bir çalışmaya dayanmaktadır. Sosyal psikolog olan Moreno ve Jennings'in kız yurdundan kaçan öğrencilerin davranışlarını inceledikleri çalışmasını anlatan bir makalede, öğrencilerin bu davranışının arkadaşlık ilişkilerinden örülen sosyal yapıdan kaynaklandığı anlaşılmaktadır [16]. Daha sonra 1960'larda çizge teorisi kavramının ortaya çıkmaya başlamasıyla sosyal bir ağın istatistiksel özellikleri farklı alanlar tarafından da incelenmeye başlanmıştır. Freeman (1978) bir ağın merkezindeki bireyin belirlenmesine yönelik çalışmalar yapmıştır [17]. Wasserman ve Faust (1994) ise sosyal ağdaki değişimleri tanımlamaya odaklanmışlardır [18]. Watts ve Strogatz'ın (1998) ağın özelliklerini sunan bir çizgenin üretilmesine olanak tanıyan çalışmaları [19] ve Barabasi ve Albert'in (1999) tercihli bağlanma mekanizması yardımıyla ağdaki ilişki değişimini gösteren çalışmaları [20], sosyal ağ analizi araştırmaları için temel oluşturan ve bu alanda çalışacaklara yol gösterecek ilk kaynaklardır.

21 yy 'da dijital çağ etkisiyle sosyal ağ çalışmaları dünyanın çeşitli bölgelerinde oldukça popüler olmuştur. Fen bilimciler ve sosyal bilimciler; psikolojiden ekonomiye kadar birçok disiplinde sosyal olayları açıklamak için çeşitli çalışmalar yürütmüştür. Bunlardan birisi de Borgatti ve arkadaşlarının; sosyal bilimcilerin sosyal ağ analizi kullanarak yaptığı çalışmaları inceleyen ve ağ fenomenlerinin öncüllerini ve sonuçlarını anlamaya yönelik yürüttükleri çalışmadır [21]. Değişen dünya etkisiyle sınırları daha da genişlemiş olarak bir ülkenin savunma sistemindeki tekniklerin belirlenmesi ve geliştirilmesinde dahi sosyal ağ analizi çalışmalarından faydalanılmaktadır. Örneğin, terör gruplarının içindeki ilişkiler incelenerek ağ analizi yaklaşımları ile savunma sistemi gelişimi için sonuçlar üretilebilmektedir. Krebs'in çalışması olan şüpheli terör ağlarının belirlenmesi [22], sosyal medya bağımlılığının üniversite öğrencileri arasında akıl sağlığı ve akademik performans etkisini inceleyen Hou ve arkadaşlarının çalışmaları [23] ve tedarik ağlarının incelenmesiyle üretim stratejisi belirleme konusunda Macchion ve Danese'nin yaptığı [24] çalışmalar yaşadığımız yüzyılda yapılan ağ analiz çalışmalarına örnektir.

2.3 Çizge Teorisi

Çizgeler sosyal ağ analizinde kullanılan tekniklerdendir. Çizge teorisi ile karmaşık ağlar modellenerek, analiz edilebilir hale getirilir.

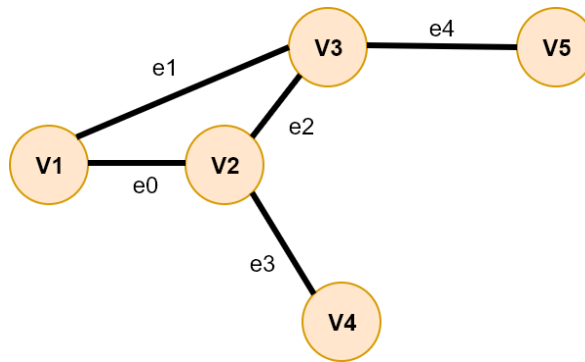
Çizge temel olarak, düğümler ve bağlantılardan oluşur. Sosyal ağ yapısını düşünecek olursak; ağdaki her bir aktör düğüm, bunlar arasındaki ilişkiler ise bağlantılardır.

Çizge teorisinde bir çizge, $G = (V, E)$ şeklinde tanımlanır. Eşitlik 2.1’de G çizgesinin matematiksel tanımı verilmektedir. V , aktörleri tanımlayan düğüm kümesini, E ise düğümler arasındaki ilişkileri tanımlayan bağlantı kümesini temsil eder.

$$\begin{aligned}
 V &= \{V1, V2, \dots, Vn\} \Rightarrow |V| = n \\
 E &\subset V * V \Rightarrow E(Vi, Vj) \text{ } i \neq j \text{ olm. üzere} \\
 |E| &= m \\
 (n &= \text{düğüm sayısı} \ \& \ m = \text{kenar sayısı})
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$

Örneğin bu tez çalışmasında kurulan iş birliği ağında, Türkiye’de yer alan üniversiteler çizge teorisine göre V düğüm kümesinin birer elemanı, üniversiteler arası yayın iş birliği ise E bağlantı kümesinin birer elemanı olarak yer almaktadır.

$V1, V2, V3, V4$ ve $V5$ düğümlerinden oluşan bir çizge örneği Şekil 2.3’ de verilmektedir. Çizgedeki her bir düğümün komşularına olan bağlantı sayısı, o düğümün derecesini verir. Bu çizgede $V2$ ve $V3$ düğümlerinin derecesinin 3, $V1$ düğümünün derecesinin 2, $V4$ ve $V5$ düğümlerinin derecesinin 1 olduğu görülmektedir. Bu örneğin, bir ülkedeki şehirlerarasındaki uçuş ilişkisi modeli olduğunu düşünülürse; düğümlerin derecesi, o düğümün temsil ettiği şehrin ağ içerisinde sahip olduğu direkt uçuş sayısını verir.



Şekil 2.3 : Ağırlıksız basit G1 çizgesi.

Bir G çizgesi, $n \times n$ boyutunda, bundan sonra A diye niteleyeceğimiz komşuluk matrisiyle ifade edilir. A komşuluk matrisinin elemanı olan a_{ij} , iki düğüm arası bağlantı olup olmamasına göre 0 veya 1 değerini alır.

Eğer ağ, ağırlıklı çizge yapısında kurulduysa her bağlantının sayısal değeri A komşuluk matrisinin elemanlarını oluşturur. Şekil 2.4’ de G1 çizgesinin komşuluk matrisi, Eşitlik 2.2’de ise matris oluşumunun matematiksel tanımı verilmektedir.

	V1	V2	V3	V4	V5
V1	0	1	1	0	0
V2	1	0	1	1	0
V3	1	1	0	0	1
V4	0	1	0	0	0
V5	0	0	1	0	0

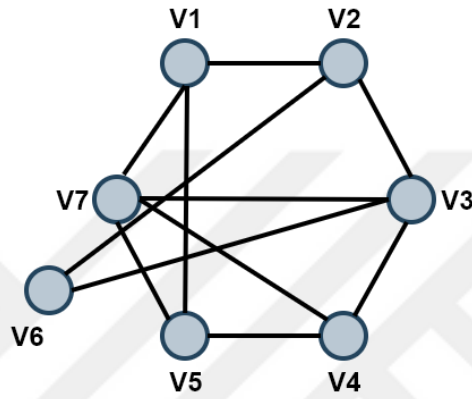
Şekil 2.4 : G1 çizgesi komşuluk matrisi.

$$\begin{aligned}
 & \text{if}(V_i, V_j) \in E \Rightarrow A[i][j] = 1 \\
 & \text{if}(V_i, V_j) \notin E \Rightarrow A[i][j] = 0 \\
 & \left(\begin{array}{l} V = \text{Düğüm Kümesi} \\ E = \text{Bağlantı Kümesi} \end{array} \right)
 \end{aligned} \tag{2.1}$$

Çizge kuramının günlük hayatta çeşitli uygulamaları vardır. Bu uygulamalardan bir tanesini inceleyecek olursak [25]; bir bölgede radyo vericileri, yayın frekanslarına ayrılmış olsun. Vericilerin frekanslarında çakışma olmaması için her biri farklı frekans kullanılmalıdır. İşte burada en az sayıda farklı frekans belirlenmesinde, çizge teorisinden faydalanılır. Literatürde çizge renk problemi olarak bilinen, birbirine komşu olan düğümlerin farklı renklendirilmesi kuralına dayalı problem ile radyo frekans problemi birbirine benzerdir. Çünkü burada da kullanılacak en az sayıda frekans sayısı, çizge renklendirme problemindeki en küçük renk sayısı demektir. V1’den V7’ ye yedi radyo vericisinin olduğunu varsayalım. Kuralımız, eğer iki verici arasındaki mesafe 100 km’den az ise farklı frekanslardan yayın yapmalıdır. İşte bu problem; vericilerin düğüm, kuralın da düğümler arası ilişkiyi belirlediği çizge şeklinde modellenip, çizge renklendirme yaklaşımları uygulanarak çözülebilir. Çizelge 2.1’de verilen vericiler arası mesafeye göre oluşan çizge modeli Şekil 2.5’ de verilmektedir.

Çizelge 2.1 : Radyo vericileri arasındaki mesafe (km).

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
V1	0	55	110	108	60	150	88
V2	55	0	87	142	133	98	139
V3	110	87	0	77	91	85	93
V4	108	142	77	0	75	114	82
V5	60	133	91	75	0	107	41
V6	150	98	85	114	107	0	123
V7	88	139	93	82	41	123	0



Şekil 2.5 : Çizge modeli.

Çizge teorisinin fizik, kimya, biyoloji, elektrik-elektronik, teknoloji, sosyal medya gibi farklı alanlarda birçok uygulaması bulunmaktadır.

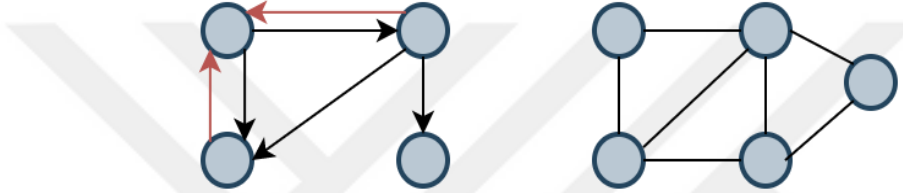
2.3.1 Çizge teorisi terminoloji

Çizge teorisi sosyal bilimlerden fen bilimlere disiplinler arası bir çalışma alanıdır. Sosyolojiden matematiğe, işletmeden bilgisayar bilimlerine kadar farklı alanlarda kullanılmaktadır. Akademik dünya verilerinin incelenmesinde de çizge teorisinden faydalanılır. Örneğin; Türkiye’deki akademik web sitelerinin itibarını belirlemeye yönelik yapılan bir çalışmada web siteleri çizge ile modellenmiştir [26].

Çizge teorisi ile ilgili bilinmesi gereken bazı temel terimler vardır.

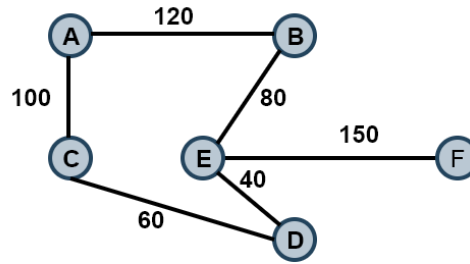
- **Düğüm (Vertex):** Karmaşık ağlarda aktör dediğimiz, olayın onun etrafında olduğu temel unsura düğüm denir. V kümesi ile ifade edilir.
- **Bağlantı (Edge):** Düğümler arasındaki ilişkinin varlığına veya yokluğuna göre oluşan ayrıtlardır. Genelde E kümesi ile gösterilir.

- **Düğüm Derecesi (Degree of Vertex):** Yönlü ve yönsüz çizge için ayrı tanımlanır. Yönsüz çizge için düğümün sahip olduğu komşu düğüm sayısı ya da düğüme bağlı bağlantı sayısıdır. Vd ile gösterilir. Yönlü çizge iç derece ve dış derece olmak üzere iki farklı değer içerir. İç derece ilgili düğüme doğru olan bağlantıların sayısıdır. ($Vdin$) Dış derece ise düğümünden çıkan bağlantıların sayısıdır. ($Vdout$)
- **Yönlü Çizge (Directed Graph):** Bağlantılarının bir yöne sahip olduğu çizge türüdür. Yani düğümler arasında bir bağlantı varsa bu tek yönlü de olabilir.
- **Yönsüz Çizge (Undirected Graph):** Bağlantılarının yönü bulunmayan, iki düğüm arasında bir bağlantı varsa çift yönlü bir ilişki olduğunu gösteren çizgelerdir. Şekil 2.6' da yönlü çizge ve yönsüz çizge örneği verilmektedir.



Şekil 2.6 : Yönlü ve yönsüz çizge.

- **Ağırlıklı Çizge (Weighted Graph):** Düğümler arası bağlantılar sayısal bir değere sahipse ağırlıklı çizge olarak adlandırılır. Komşuluk matrisi de ağırlıklı komşuluk matrisi olarak bu sayısal değerlerden oluşur. Şekil 2.7' de örneği verilmektedir.



Şekil 2.7 : Ağırlıklı çizge modeli.

- **Komşuluk Matrisi (Adjacency Matrix):** Düğümler arası bağlantı bilgisini gösteren bir kare matristir. (A) Bağlantı olup olmasına göre 1 veya 0 değerlerinden oluşur. Ağırlıklı komşuluk matrisi ise bağlantıların sahip olduğu sayısal değerlerden oluşur. (A_w) Yönsüz çizgelerde komşuluk matrisi simetriktir. Çünkü V_i düğümünden V_j 'ye bağlantı olması V_j 'den de V_i 'ye bağlantı olduğu anlamına gelir.

- **Bitişiklik Matrisi (Incidence Matrix):** Düğümler ile bağlantılar arasındaki ilişkiyi gösteren matristir. (M) Düğüm sayısı kadar satırdan, bağlantı sayısı kadar sütundan oluşur.

Eşitlik 2.3'te M bitişiklik matrisinin matematiksel tanımı verilmektedir.

$$\text{if}(V_i, E_j) \text{ bağlantı varsa} \Rightarrow M[i][j] = 1$$

$$\text{diğer durumlarda } M[i][j] = 0 \quad (2.3)$$

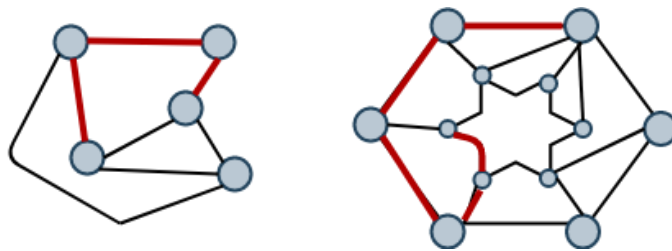
$$\begin{pmatrix} V = \text{Düğüm Kümesi} \\ E = \text{Bağlantı Kümesi} \end{pmatrix}$$

Şekil 2.3' de verilen G_1 çizgesinin bitişiklik matrisi Şekil 2.8' de verilmektedir. Satırlar V düğüm kümesinin elemanlarını, sütunlar ise E bağlantı kümesinin elemanlarını temsil etmektedir.

	e0	e1	e2	e3	e4
v1	1	1	0	0	0
v2	1	0	1	1	0
v3	0	1	1	0	1
v4	0	0	0	1	0
v5	0	0	0	0	1

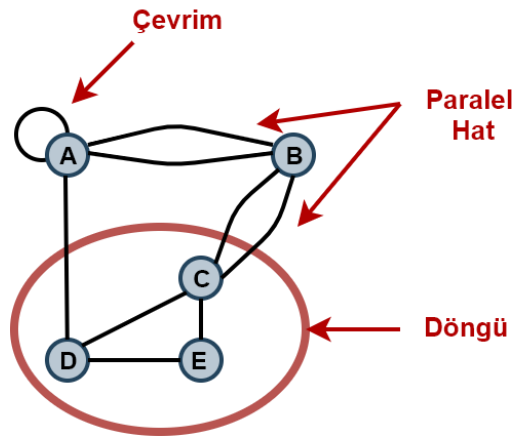
Şekil 2.8 : G_1 çizgesi bitişiklik matrisi.

- **Yol (Path):** Gibbons'un tanımıyla bir çizge üzerinde bir veya daha fazla düğümden ve bağlantıdan geçen rotaya verilen isimdir [27]. Basit bir çizgede toplam bağlantı sayısı yol uzunluğunu verir. Şekil 2.9' da çizgelerdeki kırmızı bağlantılar yolları göstermektedir.



Şekil 2.9 : Çizgede yol gösterimi.

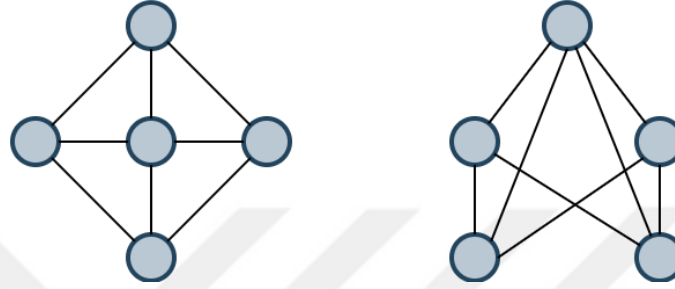
- **Hamilton Yolu (Hamiltonian Path):** Ağdaki tüm düğümlerin birer kez ziyaret edilmesi ve bir kere geçilen bağlantıdan tekrar geçilmemesi kuralına uyan yollara Hamilton yolu denir. Ağdaki tüm bağlantılardan geçmek zorunlu değildir. Hamilton yolu başlanılan yerde bitiyorsa bu yollara Hamilton döngüsü (Hamiltonian Cycle) denir [28]. Literatürde seyyar satıcı problemi ve sıfır bilgi ispatı adıyla geçen problemlerin çözümünde kullanılmaktadır.
- **Euler Yolu (Eulerian Path):** Çizge teorisinin temelini oluşturan Königsberg köprüsü problemiyle tanımlanan, başladığı düğümde biten ve her bir elemanı sadece bir ve en az bir kez içeren yollardır. Yönsüz bir çizgede tüm düğümlerin derecesi çift ise bu çizge Euler yolu içerir. Yönlü çizgede ise düğümlerin iç ve dış dereceleri toplamaları eşit olmalıdır.
- **Yol Ağacı (Spanning Tree):** Çizge üzerindeki düğümlere herhangi bir döngü oluşturmadan gidilen yoldur.
- **Döngü (Cycle):** Eğer yol, bir düğümden başlayıp aynı düğümde son buluyorsa buna döngü denir.
- **Çevrim (Loop):** Başlangıç ve bitiş noktası aynı düğüm olan bağlantılardır.
- **Paralel Hat (Parallel Edge):** İki düğüm arasında birden fazla bağlantı varsa bu bağlantılar, paralel hat olarak isimlendirilir. Şekil 2.10' da bir çizge üzerinden döngü, çevrim ve paralel hatlar gösterilmiştir.



Şekil 2.10 : Çizgede döngü, çevrim ve paralel hat gösterimi.

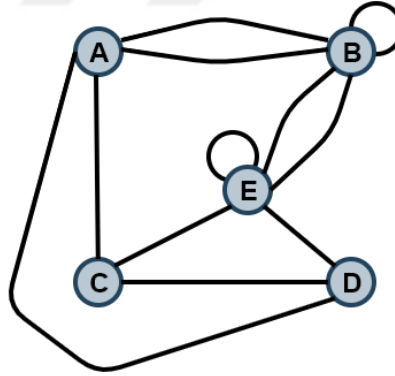
- **Sonlu ve Sonsuz Çizge (Finite and Infinite Graph):** Sonlu sayıda düğüm ve sonlu sayıda bağlantı içeren çizgeler sonlu çizgelerdir. Aksi durumda olanlar sonsuz çizge olarak adlandırılır [29].

- **Düzlemsel Çizge (Planar Graph):** Hiçbir bağlantının birbirini kesmediği çizgelerdir.
- **Ağaç (Tree):** İçinde döngü bulunmayan çizgelere ağaç adı verilir. Ağaçtaki bağlantı sayısı düğüm sayısının bir eksiği kadardır.
- **İzomorfik Çizge (Isomorphic Graph):** Aralarındaki bağlantıların varlığı-yokluğu değiştirilmeden birbirine dönüştürülebilen iki çizge izomorfiktir. Şekil 2.11' de verilen çizgeler izomorfiktir.



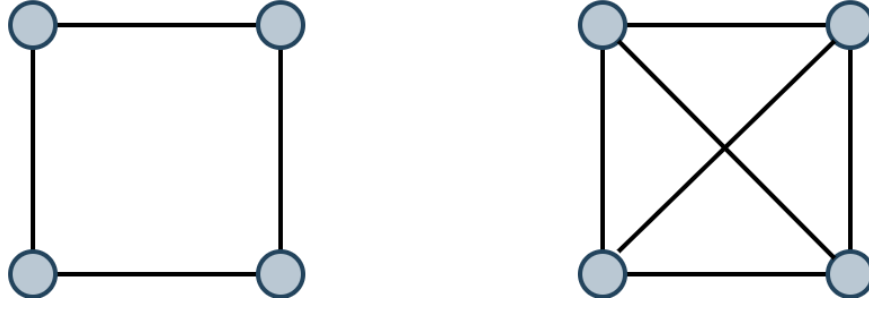
Şekil 2.11 : İzomorfik çizge.

- **Pseudo Çizge (Pseudo Graph):** Çevrim içeren ve paralel hatta sahip yönsüz çizgelerdir. B ve E düğümleri çevrim içerdiğinden ve A-B düğümleri arasında paralel hat olduğundan Şekil 2.12' deki çizge bir pseudo çizgedir.



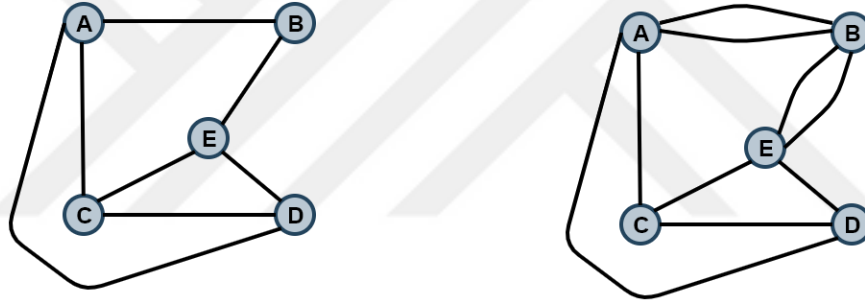
Şekil 2.12 : Pseudo çizge.

- **Düzenli Çizge (Regular Graph):** Tüm düğümlerin dereceleri birbirine eşit olan çizgelerdir. Bu yüzden her tamamlanmış çizge aynı zamanda düzenli çizgedir.
- **Tamamlanmış Çizge (Complete Graph):** Tüm düğümleri arasında doğrudan bağlantısı olan çizgelerdir. Ağda n tane düğüm varsa düğümlerin dereceleri birbirine eşit ve $n-1$ 'dir. Şekil 2.13' de düzenli ve tamamlanmış çizge örneği görülmektedir.



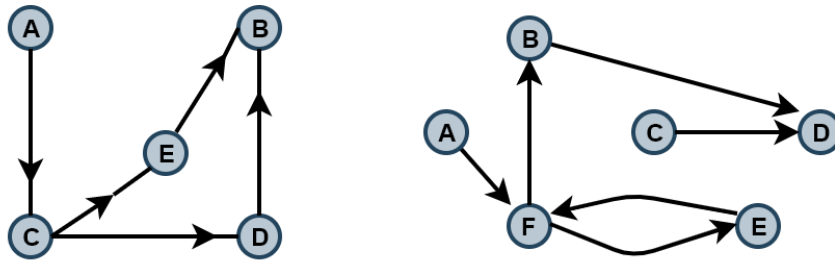
Şekil 2.13 : Düzenli çizge & Tamamlanmış çizge.

- **Basit Çizge (Simple Graph):** Yönsüz, ağırlıksız, simetrik, çevrim ve paralel hat içermeyen çizgelerdir. Şekil 2.14' de örneği verilmektedir.
- **Çoklu Çizge (MultiGraph):** Yönsüz, çevrimsiz fakat iki ya da daha fazla düğümü arasında birden fazla bağlantı bulunan yani paralel hat içeren çizgelerdir. Şekil 2.14' deki basit çizgenin A-B düğümleri ve B-E düğümleri arası birden fazla bağlantı konularak çoklu çizgeye çevrilmiştir.



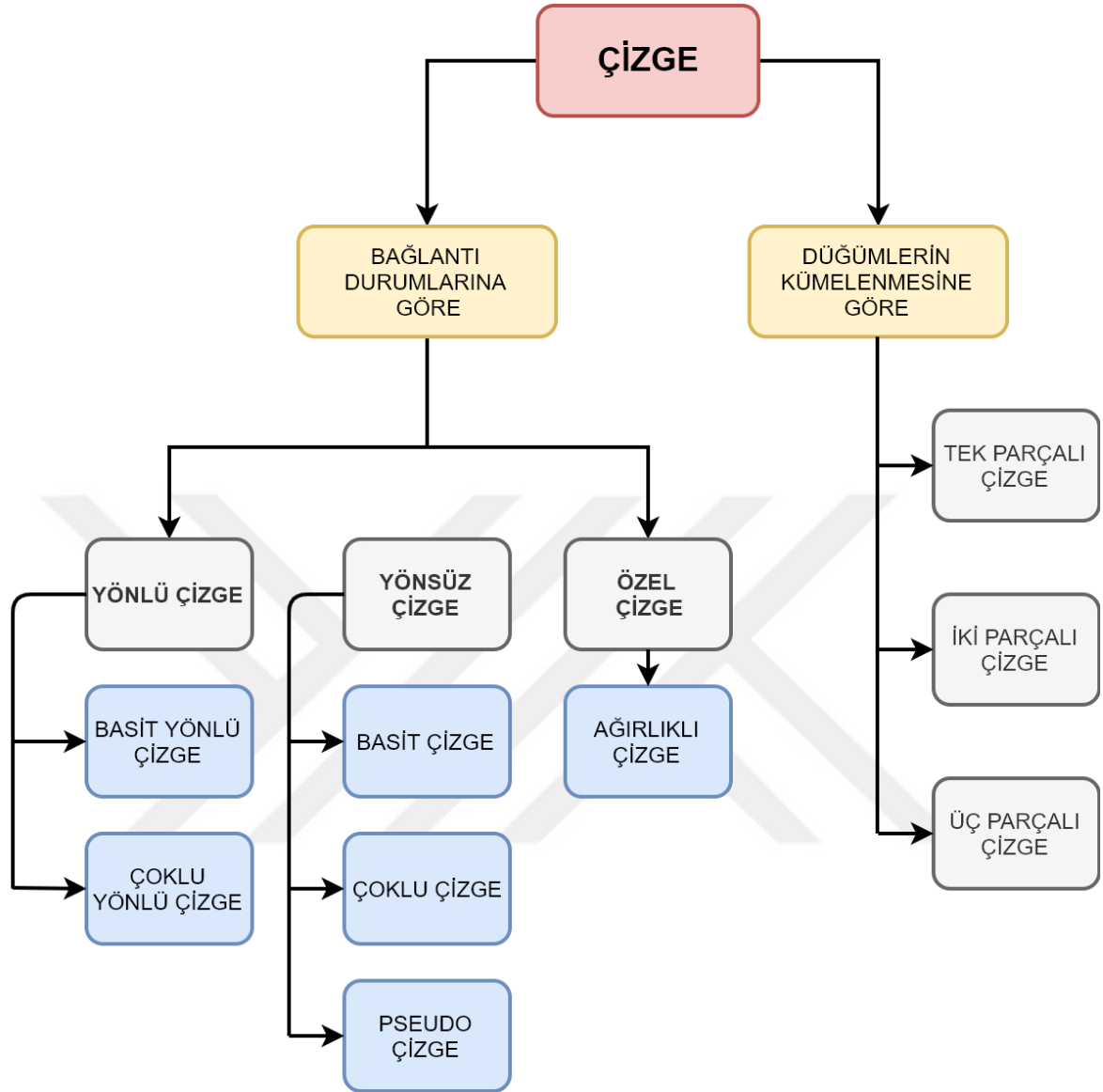
Şekil 2.14 : Basit çizge & Çoklu çizge.

- **Basit Yönlü Çizge (Simple Directed Graph):** Basit yönlü bir çizgede her bağlantı yönlüdür ve iki düğüm arasında tek yönlü bağlantı olabilir.
- **Çoklu Yönlü Çizge (Multi Directed Graph):** Yönlü bir çizgede, iki düğüm arasında birden fazla yönlü bağlantı bulunuyorsa çoklu yönlü çizgedir. Bu tür çizgeler çevrim içerebilir. Şekil 2.15' de basit ve çoklu yönlü çizge örneği verilmektedir.



Şekil 2.15 : Basit yönlü çizge & Çoklu yönlü çizge.

2.4 Çizgelerin Sınıflandırılması



2.4.1 Düğümlerin kümelenmesine göre çizgeler

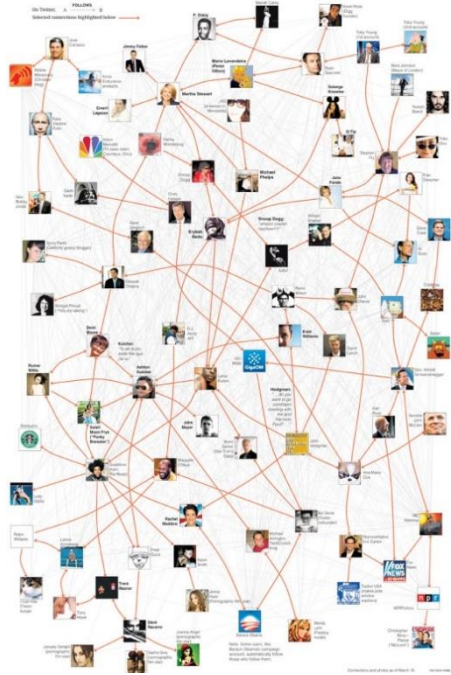
Gerçek hayattaki karmaşık yapıları, sosyal ağ olarak modellemek için aktörlerin arasındaki bağlantı ilişkisi durumları önem taşımaktadır. Çizgeler düğümlerin kümelenmesine göre üç başlıkta incelenebilir.

- Tek Parçalı Çizge (Uni Partite Graph)
- İki Parçalı Çizge (Bi Partite Graph)
- Üç Parçalı Çizge (Tri Partite Graph)

Birçok sektörde yer alan karmaşık veriler düşünüldüğünde çoğu veri yapısı literatürde iki parçalı ağ olarak geçen yapıyla benzerlik gösterir.

Akademik alanda kurulacak yazar-makale ağı, sinema alanında kurulacak film-izleyici ağı ya da sağlık sektöründe yapılacak bir araştırmaya konu olabilecek hasta-hastalık ağı, pazarlama sektöründe kurulacak müşteri-ürün ağı gibi birçok örnek verilebilir.

Tek parçalı çizge, tek bir düğüm kümesine sahip, düğümlerin birbirleri ile bağlantılı olduğu çizge yapısıdır. Sosyal medya kullanıcıları arasındaki arkadaşlık ilişkisini gösteren bir ağ yapısı tek parçalı çizgeye örnektir. Çünkü burada sosyal medyadaki her bir kullanıcı ağdaki düğümleri temsil etmektedir ve aralarında arkadaşlık ilişkisine göre bağlantılar bulunmaktadır. Yani tek bir düğüm kümesi barındırır. Şekil 2.16’ da verilen New York Times’da yayımlanan Twitter kullanıcı takipleşme ağı, tek parçalı çizge yapısına örnektir.



Şekil 2.16 : Twitter etkileşim ağı.

Gerçek dünya ağlarının birçoğu genelde iki modlu bir yapıya sahiptir. Bunlar iki parçalı ağ ya da bağlı kuruluş ağları olarak da adlandırılmaktadır [30]. Yani ağdaki her bir bağlantı aslında aktörün bir düğüm grubuna bağlılığını da temsil eder. Çizge teorisinde böylesi ağları temsil etmek için iki parçalı çizge yapısı kullanılır. İki farklı düğüm kümesi içerir. Aynı kümedeki düğümler arası bağlantı bulunmayan bir yapıdadır. Dolayısıyla ağaç yapısındaki çizgeler, iki parçalı çizgedir. Bir çizge temel olarak V düğüm kümesinden oluşmaktaydı. İki parçalı çizgede, bu V düğüm kümesi $V1$ ve $V2$ olmak üzere iki düğüm kümesini kapsar.

$G = (V, E)$ şeklinde tanımlanan çizge için genellikle iki parçalı ağ yapısı $G = (V1, V2, E)$ şeklinde ifade edilir. E bağlantı kümesi, $E \subset |V1| * |V2|$ şeklinde tanımlanır.

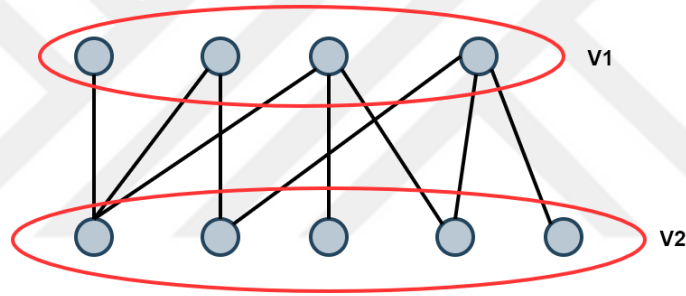
Ağın $V1$ tarafında m düğüm, $V2$ tarafında n düğüm olduğu düşünülürse G iki parçalı çizgesi, $m * n$ boyutunda bir komşuluk matrisiyle temsil edilir. Eşitlik 2.4’de iki parçalı ağ yapısının komşuluk matrisi tanımı verilmektedir.

$$if(V1i, V2j) \in E \Rightarrow A[i][j] = 1$$

$$if(V1i, V2j) \notin E \Rightarrow A[i][j] = 0 \quad (2.4)$$

$$A_{m*n} = \begin{matrix} 0m * m & Am * n \\ A'n * m & 0n * n \end{matrix}$$

Şekil 2.17’ de verilen ve 9 tane düğüm barındıran çizge aslında, $V1$ ve $V2$ şeklinde iki düğüm kümesi içerir. $V1$ düğüm kümesi 4 düğümden, $V2$ düğüm kümesi 5 düğümden oluşmaktadır. $V1$ ve $V2$ ’nin kendi kümesi içindeki elemanları arasında herhangi bir bağlantı bulunmamaktadır. Bu bir film-izleyici ağı olabilir. $V1$ kümesinin bir film sitesindeki kullanıcıları, $V2$ kümesinin izledikleri filmleri temsil ettiği düşünülebilir.



Şekil 2.17 : İki parçalı çizge.

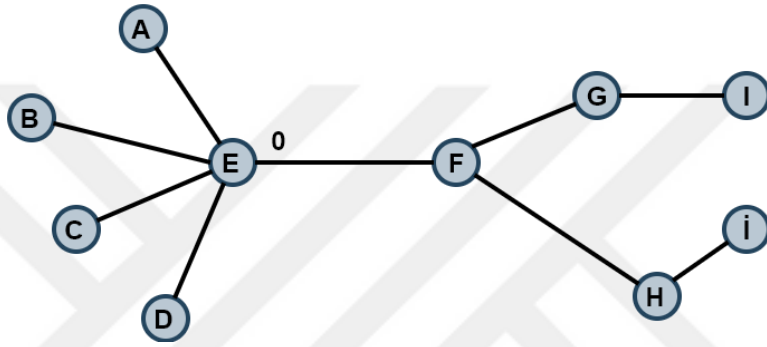
İki parçalı çizge, eşleştirme problemlerinde kullanılır. Aynı zamanda birden fazla işin beraber yapıldığı paralel programlamada, dağıtık sistemlerde ve eş zamanlı çalışmada kullanılan petri ağlarının modellenmesinde bu özel çizge yapısı kullanılmaktadır.

İki parçalı ağlar analiz edilirken, analizi kolaylaştırmak adına tek parçalı ağ yapısına dönüştürülür. Örneğin, bu çalışmada da kullanılan üniversite-yayın ağı iki tane ayrı üniversite-üniversite ve yayın-yayın şeklinde tek parçalı ağa dönüştürülebilir. Bu dönüştürme işlemi sırasında ağın bazı topolojik özellikleri kaybolabilir. Bunun için ağırlıklı tek parçalı ağa dönüştürme gibi, yapılacak analiz çalışmasına uygun dönüştürme yöntemleri tercih edilir.

Verilen bir çizgenin iki parçalı yapıda olup olmadığı çeşitli yöntemlerle bulunabilir. İzlenecek yol, çizgenin iki farklı düğüm kümesine ayrılabilirliğinin ve aynı düğüm kümesinde bulunan elemanlar arasında bağlantı olup olmadığının kontrolüdür.

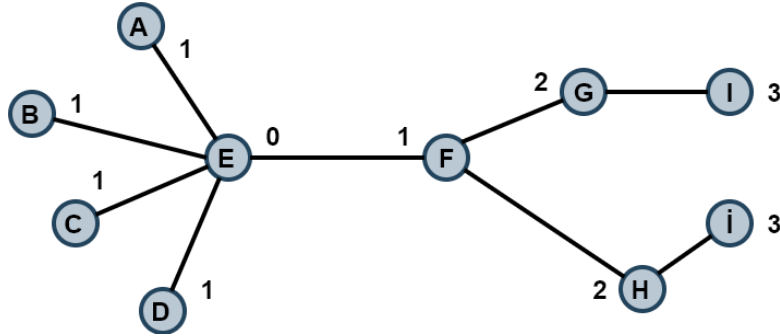
Karmaşık yapılar düşünüldüğünde, tüm düğümlerin yerlerinin değiştirilerek iki kümede toplanmaya çalışılması ve aralarında bağlantı olup olmadığı kontrolünün yapılması mümkün görünmemektedir. Bunun için düğüm renklendirme ve yol hesabı üzerinden numaralandırma yöntemleri kullanılarak çizgenin iki parçalı yapıda olup olmadığı tespit edilebilir.

Şekil 2.18’ de verilen çizgenin iki parçalı olup olmadığını yol hesabı üzerinden inceleyelim. Öncelikle ağ içerisinde rastgele bir düğüm seçilir ve 0 olarak numaralandırılır. İncelenecek çizge örneğinde, E düğümünün rasgele seçilmiş olduğu varsayılmaktadır.



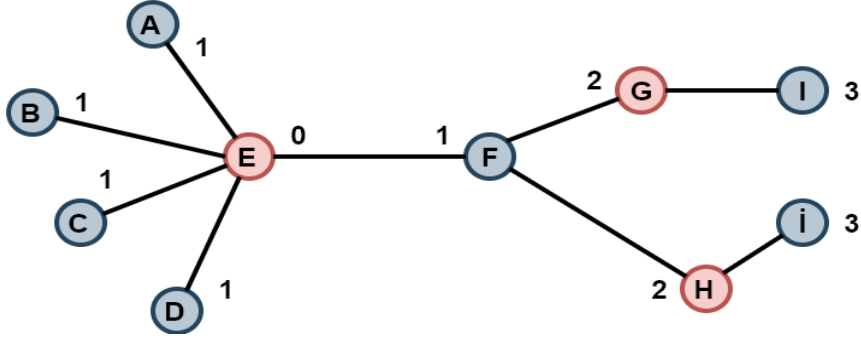
Şekil 2.18 : İki parçalı ağ test çizgesi.

Tüm düğümlerin E düğümüne olan uzaklıklarına göre mesafeleri Şekil 2.19’deki gibi yanlarına yazılır. Örneğin E düğümünden İ düğümüne olan mesafe 3’tür. Bu sebeple İ düğümünün yanına 3 yazılır.



Şekil 2.19 : Numaralandırılmış çizge.

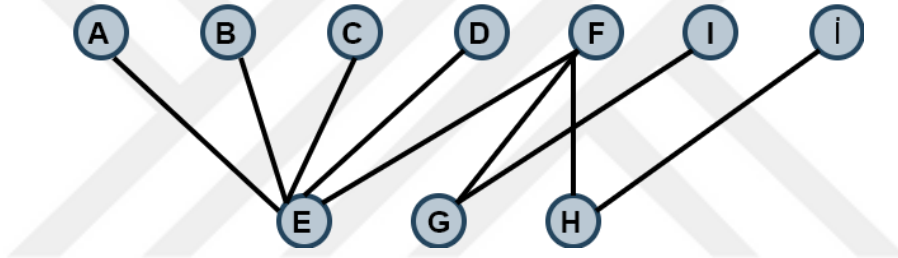
Daha sonra tek düğümler aynı renkte, çift düğümler aynı renkte olmak üzere renklendirme işlemi uygulanır. Uzaklık mesafesi tek sayı olan düğümler kırmızı, çift sayı olan düğümler gri olacak şekilde renklendirilmiştir. Şekil 2.20’de çizgenin bu şekilde renklendirilmiş hali verilmektedir.



Şekil 2.20 : Renklendirilmiş çizge.

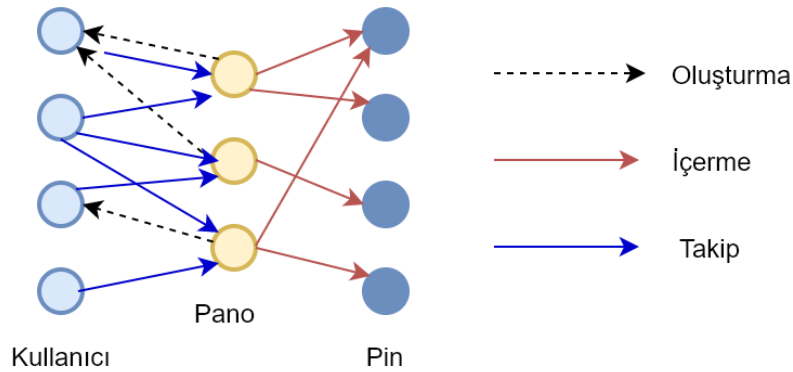
Renklendirme işleminden sonra komşu düğümler kontrol edilir. Eğer komşu düğümler çift ya da tek aynı oluyorsa bu çizge iki parçalı yapıda değildir. Anlaşılabilirliğini arttırmak için renklendirme yapılmıştır. Şekil 2.20’de görüldüğü üzere aynı renk iki komşu bulunmadığından bu çizge iki parçalı yapıdadır.

Şekil 2.21’de çizgenin iki parçalı ağ yapısı verilmektedir.



Şekil 2.21 : Çizgenin iki parçalı gösterimi.

Üç parçalı çizgeler, birbirleri içinde bağlantıları bulunmayan üç düğüm kümesine sahiptir. Pinterest ağında bağlantı tahmini çalışmasında kullanılan ve Şekil 2.22’ de verilen örnekte; kullanıcı, pano ve pin şeklinde üç düğüm kümesi kullanılmaktadır [31]. Bu üç düğüm kümesi kendi aralarında herhangi bir bağlantı içermediğinden, bu ağ üç parçalı çizge yapısındadır.



Şekil 2.22 : Pinterest üç parçalı çizge.

2.5 Karmaşık Ağların Genel Özellikleri

Karmaşık ağ türlerinin ortak yapısal özellikleri vardır. Sosyal ağların da içinde yer aldığı bu karmaşık ağlardan, araştırmaya yönelik sonuçlar üretebilmek için faydalanılan bu özelliklerden bazıları aşağıda maddeler halinde verilmektedir.

1. Büyüklük (size)
2. Köprü (bridge)
3. Yol Uzunluğu (path length)
4. Kümelenme Katsayısı (clustering coefficient)
5. Yoğunluk (density)
6. Geçişlilik (transitivity)
7. Bağlılık (connectedness)

Büyüklük, ağdaki aktör sayısıdır. Ağın büyüklüğü yapılacak analiz çalışmalarında oldukça önem taşır. Ağın sayısallaştırılmasında ve görselleştirilmesinde etkisi olan bir özelliktir. Aktör sayısının çok fazla olduğu sistemlerden anlamlı sonuçlar üretebilmek ve gösterebilmek için kategorileştirme yoluna gidilebilir. Örneğin, bir satış firması müşteri-ürün etkileşimlerini incelemek istediğinde; bölge, şehir, yaş grubu, çalışma durumu, ürün kategorileri, fiyat aralıkları gibi birçok kategori grubu oluşturarak ağ kurup, verimli sonuçlar alabilir. Aslında günlük hayatımızda dahi etkileşim kurulacak ağın boyutu, istenilen sonuca ulaşmada önemli bir faktördür. Etkileşim sağlamak için, mesaj, okul, ilgi alanı gibi farklı gruplar içinde yer almamız buna en güzel örnektir.

Bir ağda bağlantının kaldırılmasıyla diğer düğümlere ulaşamıyorsa, bu bağlantı köprüdür. Köprü olup olmama, bir düğümün arasındalık merkeziliği hakkında bilgi sahibi olacağımız özelliklerdendir.

Yol uzunluğu, ağda yer alan düğümler arası mesafedir. Yol uzunluğu arttıkça, düğümlerin ilişki kurma ihtimali azalır. Sosyal ağlarda bağlantı tahmini, çizgelerde en kısa yol problemi gibi çalışmalarda yol uzunluğu özelliğinden yararlanılır.

Bir düğümün, komşuları ile olan bağlantı gücüne kümelenme katsayısı denir. Düğümün kümelenme katsayısı, komşularının sahip olduğu gerçek bağlantıların, olası bağlantılara oranı ile hesaplanır [32]. 0-1 arası değerler alan kümelenme katsayısının matematiksel tanımı Eşitlik 2.5’de verilmektedir.

Tam bağı bir çizgede her bir düğümün kümelenme katsayısı bir olacaktır. Çünkü tam bağı çizgelerde gerçek bağlantı sayısı; zaten olabilecek tüm bağlantılardır.

$$cc(V_i) = \frac{V_{i top}}{V_{i max}} \quad (2.5)$$

Yoğunluk, ağ içerisindeki mevcut tüm bağlantıların, oluşması muhtemel bağlantılara oranıyla hesaplanır. Kümelenme katsayısı düğüm bazında, yoğunluk tüm ağ için hesaplanır. Matematiksel tanımı Eşitlik 2.6'da verilmektedir. G_{top} , çizgedeki toplam bağlantı sayısını; G_{max} ise muhtemel maximum bağlantı sayısını temsil etmektedir.

$$cc(G) = \frac{G_{top}}{G_{max}} \quad (2.6)$$

Geçişlilik, bir ağda bağ kurma davranışını inceleyen özelliktir. En az üç düğüm ve üç bağlantı olan bir ağda, geçişlilik bu bağlantıların üçgen oluşturmasıyla ortaya çıkar. Bir sosyal medya ağını düşünecek olursak iki arkadaşın sahip olduğu ortak arkadaşlar arasında geçişlilik durumu vardır.

Bağlılık ise, ağdaki düğümler arası bağlantı gücünün bir ölçütüdür. Bağlantı gücü ne kadar yüksekse, ağdaki düğümlerin benzerliği de o oran da artar.

3. MERKEZİLİK ÖLÇÜTLERİ

Sosyal ağda merkezilik ölçütlerinin bilinmesi önem taşımaktadır. Çünkü ağda baskın aktörlerin belirlenmesi gibi çalışmalarda, düğümlerin konumsal özelliklerinin tespit edilmesi gerekir. Merkezilik ölçütleri, ağda yer alan düğümlerin konumu hakkında bilgi sahibi olacağımız, çeşitli kıstaslara göre düğümlerin ya da düğüm gruplarının merkezi olup olmadığına karar vereceğimiz ölçütlerdir. İncelenen ağda bazı düğümler diğerlerinden konumları, bağlantıları vs. sebebiyle daha önemlidir. İşte bu önemliliğin belirlenmesinde, merkezilik ölçütlerine başvurulur. Bir araştırmada farklı ağ grupları içerisinde yer alan aktörlerin; her ağda diğer ağdaki pozisyonlarından bağımsız olarak hareket ettiği sonucuna merkezilik ölçütlerinden faydalanılarak ulaşılmıştır [33].

Ağların incelenmesinin başlamasıyla, ağdaki merkezi aktörün belirlenmesi problemi de ortaya çıkmıştır. Ölçülen ve hesaplanan bir terim olan merkezi kavramını, karmaşık bir yapıya sahip olan sosyal ağlarda tanımlamak zordur. Bu karmaşıklığı çözmek için, ağdaki en uzak iki düğümün arasındaki mesafenin belirlenmesi gibi yöntemler kullanılmıştır [34]. Bu durum, merkezdeki bireyin saptanmasına yönelik Freeman'ın çalışmasından [17] bu yana çeşitli merkezilik ölçütlerinin tanımlanmasına sebep olmuştur. Bu ölçütlerden bazıları, derece, yakınlık, arasındalık, akış, güç, bilgi, öz vektör ve menzil merkeziliğidir. Örneğin Bolland gerçek ve simule edilen ağlar üzerinde derece, arasındalık, yakınlık ve sürekli akış gibi merkezilik ölçütlerinin performansını değerlendirmiştir [35]. Yine bir sosyal ağ analizi çalışmasında Elizabeth ve arkadaşları sekiz farklı veri seti üzerinde, on bir tane merkezilik ölçütü değerlerini incelemiştir [36]. Günümüze daha yakın bir çalışmalarda doğrusal eşik modeli öneren ve bağlantılar üzerinden çıkarım yapan yeni merkezilik ölçütleri önerilmektedir [37,38]. Sosyal ağı tanımamıza ve analiz etmemize olanak sağlayan ölçütlerden; merkezlik ölçütleri literatürde, sosyal ağın popüler bir çalışma alanı olarak yer almaktadır.

Merkezilik ölçütleri, yerel ve yerel olmayan şeklinde iki kısımda incelenir. Yerel merkezilik ölçütü, ağ seviyesinde olan ve ağın geri kalanının durumu gözetilmeden hesaplanan verilerden oluşan ölçüttür. Yerel olmayan merkezilik ölçütleri ise, ağın tümünün yapısına bağlıdır.

Bu çalışmada inceleyeceğimiz ve çalışmalarda sıklıkla kullanılan dört temel merkezilik ölçütünden derece merkeziliği (degree centrality), sadece aktörün komşularını dikkate alan yani 'yerel' denilebilecek yapıya dair bir ölçüttür.

Arasındalık (betweenness), yakınlık (closeness), öz vektör (eigenvector) gibi ölçütler ise ağdaki diğer elemanlarla olan çeşitli ilişkileri de (köprü görevinde olma gibi) dikkate alan yerel olmayan merkezilik ölçütlerindendir.

3.1 Yerel Merkezilik Ölçütleri

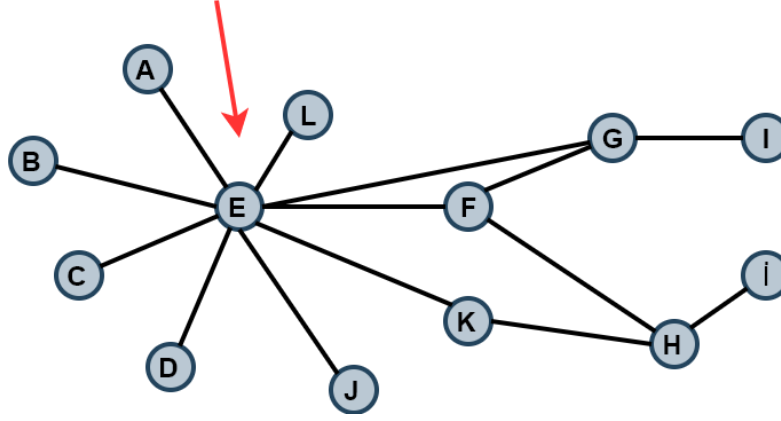
Yerel merkezilik ölçütleri, bir sosyal ağda aktörün sadece komşularını dikkate alan; yönlü-yönsüz ağlarda ayrı ayrı incelenen, en temel merkezilik ölçütleridir.

3.1.1 Derece merkeziliği

Bir düğümün komşuluk bağlılığını gösteren derece merkeziliği (DM), Freeman (1979) tarafından önerilmiştir [17]. Ağ seviyesinde olduğundan yerel merkezilik ölçütüdür. A , bir çizgenin komşuluk matrisi olmak üzere, her bir satırın toplamı o düğümün derece merkeziliğini verir. Ağırlıklı komşuluk matrisi olmadığı sürece DM, düğümün toplam bağlantı sayısına eşittir. Çünkü matristeki her bir değer, bağlantı olup olmamasına göre 1 ya da 0 şeklindedir. Ağırlık çizgelerde DM, yapılacak analize göre ağırlık değerlerinin toplanmasıyla da belirlenebilir. Eşitlik 3.1’de n büyüklüğündeki bir ağda x düğümünün derece merkeziliğini ifade eden matematiksel tanım verilmektedir.

$$(C_x)^{DM} = \sum_{y=1}^n A_{xy} \quad (3.1)$$

Bir iş ağı düşünüldüğünde, bir kişi ne kadar çok kişi ile bağlantı kurduysa DM o kadar yüksektir ve o ağda merkezi bir konumda yer alır. Mesela yaşadığımız yüzyılda popülerleşen sosyal medya kültüründe ‘fenomen’ diye tanımlanan hesaplar, ağda bağlantı sayısı dolayısıyla derece merkeziliği yüksek hesaplardır. Bu da bu hesapların o ağda merkezi olduğu, ziyaret edilme ve takip edilme istatistiklerinin fazla olduğu anlamına gelir. Böyle hesaplardan üretilen içerikler, coğrafi sınırları aşarak herkese en rahat ulaşan ve uluslararası düzeyde toplumlara yön verme ve etkileme durumu yüksek olan içeriklerdir. DM bu yönüyle sosyal bilimcilerin de çalışmalarında sıkça kullanılan önemli bir ölçüttür. Şekil 3.1’ de verilen sosyal ağ örneğinde E ile isimlendirilen düğüm sahip olduğu 9 bağlantı ile ağda en yüksek derece merkeziliğine sahip düğümdür.



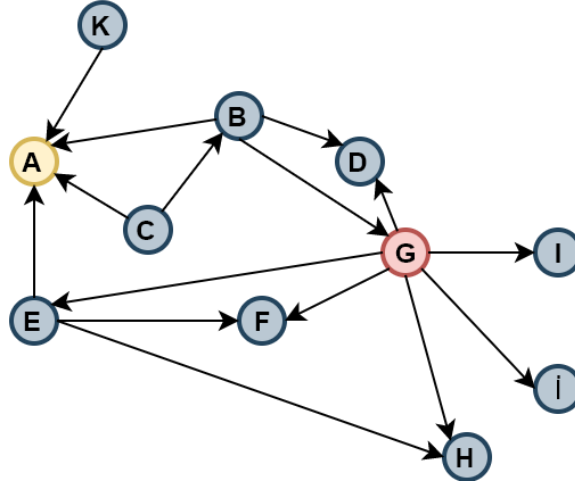
Şekil 3.1 : Sosyal ağ üzerinde derece merkeziliği gösterimi.

Derece merkeziliğine göre, yüksek dereceli aktörler ağda önemli kişi olarak tanımlanırken düşük dereceli aktörler dış dünyaya kapalı ve diğer aktörlerle etkileşim oranı az olan dolayısıyla pasif bulunan aktörlerdir [39].

Yönlü çizgilerle kurulan bir ağda, iç ve dış derece olmak üzere iki terim vardır. İç derece, ağda yer alan düğüme doğru olan yani giren bağlantıların sayısıdır. Dış derece ise, o düğümden çıkan bağlantı sayısıdır.

Loosemore'un çalışmasına göre ağda yer alan aktör, iç ve dış DM gibi iki ayrı derece merkeziliğine sahiptir [40]. Buna göre iç derece düğümün, bilgi alıcı olma kabiliyetini, dış derece ise bilgi gönderici olma kabiliyetini verir. Yani düğümün iç derecesinin yüksek olması, ağın tamamında bilgi kaynağı odağı olduğu, dış derecesinin yüksek olması ağdaki kontrol gücünün, liderliğinin fazla olması anlamına gelir. Böylece derece merkeziliği yönlü çizgelerde, iç derece merkeziliği (in degree centrality) ve dış derece merkeziliği (out degree centrality) olarak iki farklı değer ve yorum içerir. DM ise, iç ve dış derecelerin toplanması ile hesaplanır.

Şekil 3.2' de yönlü bir sosyal ağ verilerek iç derece ve dış derece merkeziliği yüksek olan düğümler farklı renklerde gösterilmektedir. Mendes ve Dorogovtsev yönlü bağlantı için oku gösteren kısmı baş; diğer kısmı kuyruk olarak tanımlamıştır [41]. Buna göre Şekil 3.2' deki ağda A düğüme gelen başların sayısı en fazla olduğundan iç derece merkeziliği en yüksektir. G düğüme gelen kuyrukların toplamı diğerlerinden fazla olduğundan dış derece merkeziliği en yüksek olan düğümdür. Elde edilen bu bulguya göre, A düğümünün bu ağda popüler olan, G düğümünün ise kontrol gücü ve sosyallaşabilirliği yüksek olan düğüm olduğu söylenebilir.



Şekil 3.2 : Yönlü çizge üzerinde iç-dış derece merkeziliği.

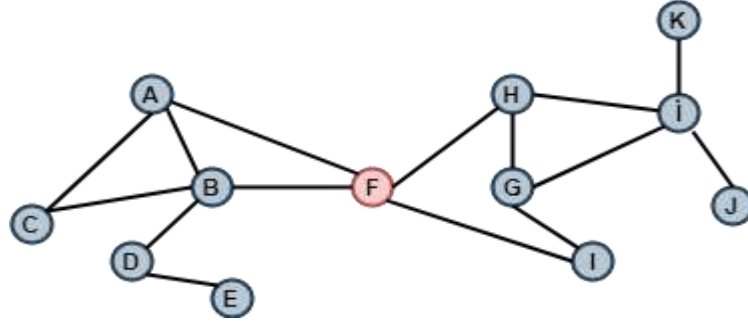
Sadece DM üzerinden merkezilik çıkarımında bulunmak yeterli değildir. Çünkü DM yer aldığı çevreye dair bilgi sahibi olunabilecek yerel bir ölçüttür.

3.2 Yerel Olmayan Merkezilik Ölçütleri

Sosyal ağın karmaşık dünya verisinden oluştuğu düşünüldüğünde; bir ağda gruplar arası köprü görevi gören, bağlantı gücü yüksek düğümlerle ilişkisi olan düğümler de pozisyon olarak önem taşımaktadır. Yani ağdaki önemli düğümlerin belirlenmesinde sadece komşuların değil; ağdaki tüm düğümlerin de dikkate alınarak hesap yapılması ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bunun için bir aktörün, ağın tümü hesaba katılarak konumunun belirlendiği yerel olmayan merkezilik ölçütleri kullanılmaktadır.

3.2.1 Arasındalık merkeziliği

Arasındalık merkeziliği, ağdaki en kısa yollar üzerinde bulunmayı baz alan ölçüttür. Burada yol uzunluğu önemli değildir. Düğümün kaç tane kısa yol üzerinde kaldığı önemlidir. Bir düğümün arasındalık merkeziliği adı üzerine diğer düğümlerin arasında kalma durumu ile hesaplanır. Birbiri ile bağlantısı bulunmayan düğümler arasında kalan; dolayısıyla ağda köprü görevi gören düğümler yeri itibariyle diğer düğüm grupları için kilit konumdadır. Böylesi düğümlerin arasındalık merkeziliği yüksektir. Şekil 3.3’ de verilen çizge örneğinde; farklı renkte gösterilen düğüm ağda arasındalığı en yüksek olan yani köprü görevi gören düğümdür.



Şekil 3.3 : Arasındalık merkeziliği ile ilgili çizge.

Bu ölçüt, düğüm çiftleri arasında jeodazik yolların belirlenmesiyle bulunacağı için özellikle karmaşık ve büyük ağlar için hesaplanması maliyetli olan bir ölçüttür. En kısa yollar bulunduğundan sonra, arasındalığı hesaplanacak düğümün; bu yolların kaçında yer aldığı hesaplanır. Bu oran bize düğümün arasındalık merkeziliğini verir. Bu sebeple büyük ağlarda, tüm düğümler yerine belirlenen bir seviyeye kadar olan düğümlerde hesap yapılarak ortalama bir değer bulunur. Örneğin bir ağda V1 ve V2 gibi iki düğüm çifti arasında yer alan V3 düğümünün arasındalığını hesaplayalım. V1-V2 arasında 6 kısa yol bulunduğunu varsayalım. V3 düğümü bunlardan 4 tanesinin üzerinde ise oran 4/6'dır. Ağdaki tüm düğüm çiftleri için bu hesap yapıldıktan sonra hepsinin toplamı bize V3 düğümünün arasındalığını verir.

Eşitlik 3.2 'de D_{xy} ; x'den y'ye en kısa yollar ve D_{xyz} ; z düğümünün bunların kaç tanesi üzerinde olduğu olmak üzere, x-y düğüm çifti arasında kalan z düğümünün arasındalık merkeziliğini veren matematiksel tanım verilmektedir.

$$(C_z)^{AM} = \sum_x \cdot \sum_y \frac{D_{xzy}}{D_{xy}} \quad x \neq y \neq z \quad (3.2)$$

Arasındalık merkeziliği yüksek düğümler, Freeman (1979)'a göre ağda bilgi akışını kontrol etme yetisine sahiptir [17]. Loosemore (1998)'a göre bilgi akışının devamlılığında kilit konumda olduklarından, güçlü düğümlerdir [40]. Scott (2000) ve Mika (2007)' ya göre bu düğümler ağda olup bitenden haberdar olan düğümlerdir [42-43]. Bu düğümlerin ağ üzerinde etkili olduğu sonucuna ulaşılır.

Yakın tarihli bir tez çalışmasında, ülkeler arası kurulan bir ağda 2017 ticaret verilerine [44] göre ihracat miktarı en yüksek ülkeler sıralanarak ticari ilişkileri üzerine merkezilik analizi yapılmıştır [45]. Türkiye, ihracat oranı en yüksek olan 10 ülke arasında yer almamasına rağmen arasındalık merkeziliğine göre ilk sırada yer almaktadır.

Bu durum stratejik olarak önemli bir konumda bulunan Türkiye'nin uluslararası ticaret yollarında köprü görevi gördüğünü göstermektedir. Dolayısıyla sosyal ağlar analiz edilirken farklı merkezilik ölçütlerinden yararlanmak, ağdaki düğümlerin önemini belirlemede etkilidir.

3.2.2 Yakınlık merkeziliği

Yakınlık merkeziliği (YM), ağdaki düğümlerin birbirlerine olan yakınlığını ölçer. Freeman (1979) tarafından önerilmiştir. Freeman, yakınlık merkeziliğinin bir düğümün bağımsızlığını ölçtüğünü savunmuştur. Buna göre bir düğümün diğer düğümlere yakınlığı arttıkça, bağımsız hareket etme durumu azalır [17]. Bu ölçüte göre bir düğüm ne kadar merkezi ise ağdaki diğer düğümlere o kadar çabuk ulaşır. YM ağın büyüklüğünden bağımsız değildir. Yani büyüklükleri farklı iki ağ arasında, yakınlığa göre bir karşılaştırma yapmak doğru değildir.

Bir ağdaki her bir düğümün yakınlık merkeziliği, ağ içerisinde yer alan düğümlere olan en kısa ortalama uzaklıklarının toplamı ile bulunur. Burada arasındalık ölçütünün aksine yol uzunluğu önemlidir. Çünkü buradaki uzaklık, en kısa yolun uzunluğudur.

Freeman (1979)'a göre YM, bilginin yayılma süresinin bir ölçütüdür [17]. Wasserman ve Faust (1994)'a göre bu ölçüt ağ içerisinde bir düğümün diğerlerine ne kadar yakın olduğuna odaklanır [46]. Degenne ve Forse (1999)'a göre bu ölçüt ağın geri kalanından etkilenmeyen yerel merkezilik ölçütleri gibi sadece komşulara değil, ağda yer alan tüm düğümlere yakınlığı vermesi sebebiyle yerel olmayan bir ölçüttür [47]. Borgatti (2005)'ye göre, konum itibarıyla yakınlık merkeziliği yüksek düğümler, ağ içerisinde en yeni bilgileri edinmede önemli rol oynar [48]. Prell (2013)'e göre en güçlü yakınlık merkeziliğine sahip düğümler bilgiyi en kısa sürede yayabilme kapasitesine sahiptir [49].

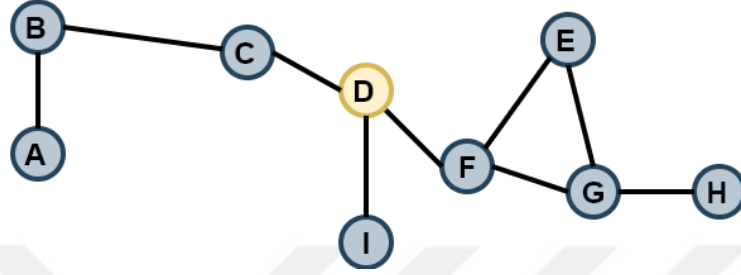
Eşitlik 3.3' de n ağın boyutu olmak üzere bir ağ içerisindeki x düğümünün yakınlık merkeziliğinin, matematiksel ifadesi verilmektedir. Bu tanıma göre d_{xy} , x düğümünden y düğüme en kısa yolu ifade eder.

$$(C_x)^{YM} = \frac{n - 1}{\sum d_{xy}} \quad (3.3)$$

Yönsüz ağlarda yakınlık, bir düğümden diğerine olan bağlantıların sayısı üzerinden hesaplanır. Yönlü ağlarda ise iç yakınlık merkeziliği ve dış yakınlık merkeziliği olmak üzere iki durum söz konusudur [46].

İç yakınlık merkeziliği düğüme giren bağlantılar üzerinden hesaplanır. Yani bir düğümün ağdaki ulaşılabilirlik ölçütüdür. Dış yakınlık merkeziliği düğümden çıkan bağlantılar kullanılarak hesaplanır. Bu ölçütte söz konusu düğümün diğer düğümlere erişilebilirliğinin ölçütüdür.

Şekil 3.4’ te verilen ağ örneği için tüm düğümlerden diğerlerine en kısa yollar Çizelge 3.1’de verilmektedir.



Şekil 3.4 : Yakınlık merkeziliği ile ilgili çizge.

Bu ağın büyüklüğü, yani düğüm sayısı 9’dur. D düğümünün YM değerini inceleyecek olursak, Çizelge 3.1’deki D’ye ait değerler kullanılarak, aşağıdaki işlem ile hesaplanmaktadır.

$$(8)/(3 + 2 + 1 + 2 + 1 + 2 + 3 + 1) = 0,53.$$

Çizelge 3.1 : En kısa yollar.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A	0	1	2	3	5	4	5	6	4
B	1	0	1	2	4	3	4	5	3
C	2	1	0	1	3	2	3	4	2
D	3	2	1	0	2	1	2	3	1
E	5	4	3	2	0	1	1	2	3
F	4	3	2	1	1	0	1	2	2
G	5	4	3	2	1	1	0	1	3
H	6	5	4	3	2	2	1	0	4
I	4	3	2	1	3	2	3	4	0

Diğer tüm düğümler için YM hesabı yapıldığında ulaşılan sonuçlar Çizelge 3.2’de verilmektedir.

Çizelge 3.2 : Yakınlık merkeziliği değerleri.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
YM	0,26	0,34	0,44	0,53	0,38	0,50	0,40	0,29	0,36

Bu sonuca göre ağda D düğümünün en yüksek YM değerine sahip olduğu görülmektedir. D düğümü merkezi bir konumdadır ve bilgiyi kısa sürede yayabilir.

Yüksek boyutlu ağlar için ağ görselleştirmek, anlamlı bir görünüm elde etmek istendiğinde zor olmaktadır. Merkezilik ölçütleri Gephi, Pajek, Ucinet vb. ağ görselleştirme yazılımlarında kullanılır. Özellikle YM baz alınarak yapılan görselleştirmeler, ağ üzerinde analiz yapılırken sıklıkla tercih edilmektedir.

3.2.3 Öz vektör merkeziliği

Öz vektör merkeziliği (ÖM) diğer merkeziliklerden farklı olarak ağdaki komşu düğümler arası bağlantıların hepsinin aynı etkide olmayacağı temeline dayanmaktadır. Bonacich (1972) tarafından önerilen bu ölçüte göre bir düğümün merkeziliği belirlenirken; kendi merkeziliği dışında diğer düğümlerin de merkeziliği hesaba katılmalıdır. Ağda yer alan bir düğümün önemli yani merkezi konumda bulunan düğümlerle komşu olması, o düğümü de merkezi yapar [50]. Aslında ÖM, derece merkeziliğinin bir uzantısıdır [51]. Derece merkeziliğinde sadece bir düğümün sahip olduğu komşularının sayısı hesaba alınırken, öz vektör merkeziliğinde komşu düğümlerin merkezilikleri de hesaplanarak puan olarak yazılır ve dikkate alınır. Öz vektör merkeziliği yüksek olan düğümlerin hem kendileri hem de komşuları çok fazla bağlantıya sahiptir. Bu da düğümün ağda önemli ve etkili olduğunu ifade eder.

ÖM hesaplanırken komşuluk matrisi üzerinde işlem yapılır. Bonacich en büyük öz değerlerin sahip olduğu öz vektörlerin güvenilir bir ağ merkezilik ölçütü olacağını savunur. Bu ölçütü, ağ tanımlayan komşuluk matrisinin temel öz vektörü olarak tanımlamaktadır [52].

ÖM için öncelikle komşuluk matrisinin öz değer ve öz vektörleri bulunmalıdır. Daha sonra en büyük öz değere göre düğümün komşularının merkeziliklerinin toplamı bulunarak hesaplanır. Yani ÖM bir matris eşitliği ve toplam ifadesinden oluşmaktadır.

Matematiksel tanımı Eşitlik 3.4’de verilmekte olan ifadeye göre A komşuluk matrisi olmak üzere λ , A ’nın en büyük öz değeri, x merkeziliği hesaplanacak düğümdür.

$$\lambda C = AC \text{ olm üzere } (C_x)^{\text{öM}} = \frac{1}{\lambda} \sum_{y=1}^n A_{xy} (C_y)^{\text{öM}} \quad (3.4)$$

Literatürde öz vektör merkeziliği ile benzerlik gösteren Katz, PageRank (PR), Otorite ve Göbek merkeziliği gibi ölçütler bulunmaktadır [53]. Bunların arasından PR sıklıkla kullanılan bir ölçüttür. PR, Google tarafından geliştirilen ve popüler olan sayfa sıralama algoritmasıdır [54]. Arama motorunda bir kelime arandığında ilgili sayfalara puan verilir ve PR kullanılarak bir sıralama sunulur. Geleneksel arama motorları aranan kelime ve içeriğe odaklanırken, PR o sayfaya yönlendirme yapan bağlantıları ve önem derecelerini de dikkate almaktadır. PR uygulanırken ilgili tüm sitelerin PR değerleri de hesaplanır. Böylece sayfalara puan verilirken; o sayfaya yönlendirme yapan bağlantı sayısı ve bu bağlantıların PR puanına göre hesaplama yapılır. Bu mantığa göre PR puanı yüksek bir siteden yönlendirilen bağlantı, o sayfa için de yüksek bir puan getirir. En son PR puanları sıralanarak yüksekten, düşüğe doğru sayfalar gösterilir.

4. BASKIN DÜĞÜM SETİ

Karmaşık ve düzensiz veriler, sosyal ağ olarak modellendikten sonra, bu verilerden anlamlı sonuçlar çıkarmak ve karşılaşılan zorluklara çözüm üretmek için üzerlerinde çeşitli analiz işlemleri yapılır. Literatürde yapılan analiz çalışmalarından biri de baskın düğüm seti problemidir. Baskın düğüm seti temel olarak bir ağa hâkim aktör ya da aktör grubunun belirlenmesidir. İlk olarak 1962 yılında matematiksel olarak incelenen çizgelerdeki baskınlık [55], günümüzde sosyal ağların yanı sıra hakimiyet sorunları, optimizasyon problemleri, iletişim ağları, hesaplama karmaşıklığı, gibi birçok gerçek hayat probleminde kapsamlı bir şekilde ele alınmaktadır. Örneğin bir bölgede yer alan yerleşim yerlerine yayın yapacak bir radyo istasyonu kurulmak istensin. İstasyonların yer seçimi ve kaç tane istasyonun yeterli olacağını belirlemek için bile yerleşim yerleri düğümler ve aralarındaki uzaklık ağırlık olacak şekilde modelleme yapılarak; durum hâkimiyet problemine dönüştürülmüş olur.

Literatürü inceleyecek olursak, baskın düğüm seti, 1958’de Claude Berge tarafından yayınlanan çalışmada ‘dış stabilite katsayısı’ (coefficient of external stability) olarak incelenmiştir [56]. Fakat ilk ‘baskın set’ (dominating set) adlandırmasıyla bilim dünyasına girişi 1962 Oystein Ore’un çalışmasına dayanır [55]. Daha sonra Cockayne ve Hedetniemi (1977) baskın küme üzerine çalışmalar ve sonuçlarla ilgili bir inceleme ve baskınlık numarası notasyonunun ilk olarak yer aldığı bir araştırma gerçekleştirmişlerdir [57]. Bağlı baskın düğüm seti ve minimum bağlı düğüm setini bulmaya yönelik yaklaşım algoritmaları öneren çalışmalar (1998) yapılmıştır [58]. Özellikle iletişim ve bilgisayar ağları üzerinde de uygulanmasıyla popülerlik kazanmıştır [59] ve günümüzde sosyal ağlar üzerinde yapılan analiz çalışmalarında da yaygın olarak yer almaktadır [60-62].

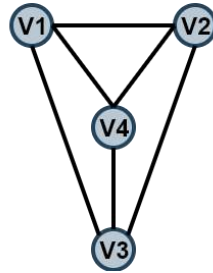
Sosyal ağlarda aktörlerin bulundukları konumun, merkeziliğinin, ağı etkileme ve yönlendirme durumlarının yani ağa hâkimliğinin belirlenmesiyle elde edilen bulgular hem sosyal bilimcilerin hem de fen bilimcilerin çalışmalarında yararlanabileceği bulgulardır. Bugün bir ülkenin en önemli alanlarından savunma stratejisine dair, bir suç örgütünün analiz edilerek ağı yönlendiren aktörlerin belirlenmesi, yapılacak eylemlerin önüne geçilecek güvenlik önlemlerinin alınmasını sağlayabilecektir. Ya da toplumsal duyarlılık ve farkındalık oluşturmak için sosyal medya sitelerinde ağı domine eden aktörlerin belirlenmesiyle bunlar üzerinden kampanyalar düzenlenerek, birçok kişiye ulaşılabilir ve bir ülkenin sosyal anlamda gelişimine katkı sağlayacak çalışmalar yürütülebilecektir.

Yine fen bilimciler için, henüz polinomsal olarak kesin bir yaklaşım sunulamayan literatürde minimum bağlı baskın set (MCDS) olarak geçen NP problem için geniş bir araştırma alanı olarak yer almaktadır. Bu NP problem için önerilen açgözlü algoritmalar bulunmaktadır [63].

4.1 Baskın Küme Nedir?

Temel olarak baskın düğüm kümesi (DS), bir ağın aktörlerinin oluşturduğu düğüm kümesinin, bir alt kümesidir. Alt kümede bulunmayan her bir düğümün, alt kümenin elemanı olan herhangi bir düğümle en az bir bağlantısı olacak şekilde oluşturulan kümeler o ağın baskın düğüm kümeleridir. Bir örnek üzerinden gidilecek olursa, bu tez çalışmasında kullanılan akademik iş birliği ağında baskın üniversiteler DS olmak üzere, DS' de yer alan her bir üniversitenin DS' de yer almayan üniversitelerle en az bir bağlantısı olmalıdır. Bu şarta uygun oluşturulan DS, bu ağa hâkim üniversite ya da üniversite gruplarını verir.

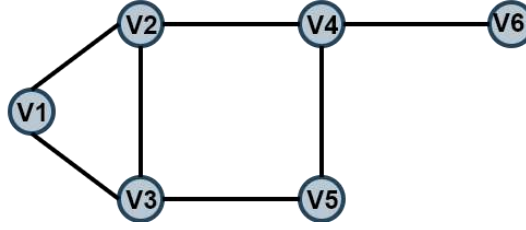
Şekil 4.1' de verilen tam bağlı bir çizge üzerinden DS'yi incelersek, bu ağda 4 düğüm bulunmaktadır ve hepsinin arasında bağlantı vardır. O zaman bu ağdaki 4 düğümden seçilen herhangi biri, yukarıda tanımını verdiğimiz DS' ye göre bu ağın baskın düğümüdür. Çünkü herhangi biri seçildiğinde, ağdaki diğer düğümlerle en az bir bağlantısı bulunmaktadır.



Şekil 4.1 : Tam bağlı çizge.

Gerçek hayattaki veriler düşünüldüğünde, tam bağlı çizge yapısı çoğunlukla mümkün olmamaktadır. Bu yüzden DS'nin belirlenmesi tam bağlı çizgedeki gibi kolay olmayacaktır. Ayrıca bir ağ içerisinde birden fazla baskın düğüm seti olabilmektedir. İşte bu tür ağlarda, bağlı baskın setin (CDS) belirlenmesi eğer birden fazla bağlı baskın set var ise minimum bağlı olanın bulunması gibi problemler ortaya çıkmaktadır.

Şekil 4.2' de verilen çizge için baskın setleri inceleyecek olursak, 6 düğümden oluşan bu ağda birbirine bağlı ve bağımsız olarak seçilebilecek birden fazla baskın set bulunmaktadır.



Şekil 4.2 : Baskın set çizge örneği.

Eşitlik 4.1’de, Şekil 4.2’ de yer alan çizgenin seçilebilecek bazı baskın düğümleri, küme olarak gösterilmektedir. Buna göre DS1 ve DS2 bağlı olmayan baskın set olurken; DS3, DS4, DS5 bağlı baskın settir.

$$DS1 = \{V1, V5, V6\}$$

$$DS2 = \{V3, V4\}$$

$$DS3 = \{V2, V4\} \quad (4.1)$$

$$DS4 = \{V3, V4, V5\}$$

$$DS5 = \{V2, V3, V4\}$$

CDS, bir çizgenin DS’leri içerisindeki tüm elemanların birbiri ile bağlantılı olduğu kümelerdir. MCDS ise, CDS’ler içerisinde en az elemana sahip olan kümedir. Buna göre Şekil 4.2’ de verilen çizge için, Eşitlik 4.1’de yer alan DS3, DS4 ve DS5 kümelerinden; DS3’ün eleman sayısı diğerlerinden daha az olduğu için bu küme, minimum bağlı baskın settir. MCDS için polinomsal zamanda bir algoritma bulunmadığından, NP-Hard problem olarak geçmektedir. NP-Hard problem, şimdiye kadar herhangi bir algoritma ile optimal sonuca ulaşılamamış karmaşık problemlerdir. Bu sebepten MCDS için, minimuma yaklaşık çözümler sunan çeşitli yöntemler ve yaklaşım algoritmaları önerilmektedir [58-63].

4.1.1 Baskınlık numarası

Çizgelerde baskınlık analizinde incelenen ölçütlerden biri de baskınlık numarasıdır. Baskınlık numarası $\gamma(G)$ ile gösterilir. Bir çizgenin örnekteki gibi birden fazla baskın kümesinin olduğu durumlarda, bu kümeler arasında minimum elemana sahip olan kümenin eleman sayısı o çizgenin baskınlık numarasını yani DN’yi verir. Örneğin Şekil 4.2’de verilen çizge için, $\gamma(G) = 2$ ‘dir. Tam bağlı çizgelerde hangi düğüm seçilirse, ağı domine eden düğüm olacağından her zaman $\gamma(G) = 1$ ’dir.

Bunun dışında özel çizgeler için tanımlanmış baskınlık teoremleri bulunmaktadır. Bunlardan bazıları yol çizgesi, çevre çizgesi ve yıldız çizgesidir.

P_n yol çizgesi, başlangıç ve bitiş düğümleri hariç diğer tüm düğümlerin iki bağlantıya sahip olduğu özel bir çizge türüdür. Bu çizgede baskın düğüm kümesine dâhil edilecek her düğüm en fazla iki bağlantıya sahip olabilir.

Yol çizgelerinde, n düğüm sayısı olmak üzere $n > 3$ şartıyla çizgenin düğümlerini 3'erli gruplar halinde incelersek, eğer $n = 3 * k$ şeklinde tanımlanabiliyorsa, DN'nin matematiksel gösterimi Eşitlik 4.2'deki gibi olur.

$$\gamma(P_n) = n/3, n = 3 * k \text{ ise} \quad (4.2)$$

Yol çizgesinin tanımına göre düğüm sayısı $n = 3 * k + 1$ veya $n = 3 * k + 2$ de olabilir. Bu durumda baskınlık kümesine en az bir düğüm daha eklenmelidir. Böylesi çizgelerde DN, Eşitlik 4.3'de gösterildiği gibidir.

$$\gamma(P_n) = \frac{n}{3} + 1, n = 3 * k + 1 \vee n = 3 * k + 2 \text{ ise} \quad (4.3)$$

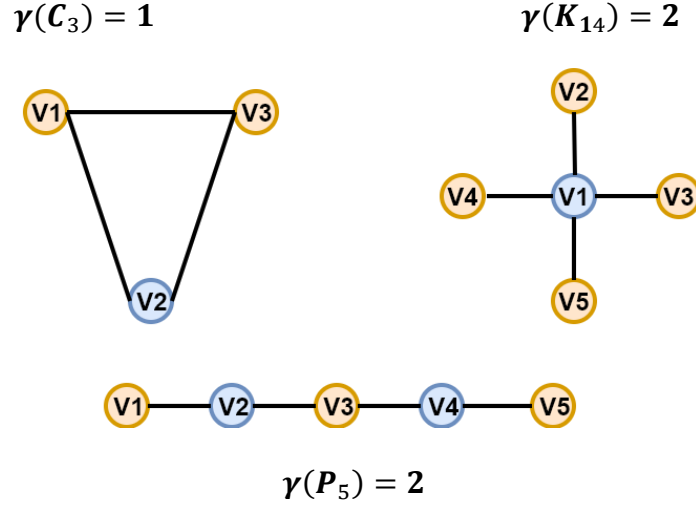
C_n çevre çizgesi, tüm düğümlerin iki komşuya sahip olduğu özel bir çizge türüdür. Yani DS için seçilecek her bir düğüm, V'deki iki düğüm ile bağlantıya sahip olacaktır. Böylece düğümler direk 3'erli gruplar halinde incelenebilecektir.

Çevre çizgesi için baskınlık numarası Eşitlik 4.4'de verildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$\gamma(C_n) = n/3 \quad (4.4)$$

K_{1n} yıldız çizgesi, merkezde bulunan düğümün, her bir düğümle bağlantısı olduğu özel bir çizge türüdür. Bu düğümden diğer tüm düğümlere ulaşılabilirdiğinden; direk baskın düğüm olur. Tam bağlı çizge ile benzer olarak, $\gamma(K_{1n}) = 1$ 'dir.

Şekil 4.3' de P_n , C_n ve K_{1n} özel çizgeleri ve DN bilgileri gösterilmektedir.



Şekil 4.3 : Bazı özel çizgeler ve baskınlık numaraları.

4.2 Baskın Düğüm Seti Çeşitleri

Literatürde, farklı ölçütleri kıstas alan baskın düğüm seti çeşitleri bulunmaktadır. Bunlardan sıklıkla kullanılanlar Toplam Baskın Set (TDS), Olumlu Etki Baskın Seti (PIDS), K-Baskın Seti (KDS) ve Ağırlıklı Baskın Set (WDS)'dir. Bir ağ üzerinde baskınlık analizi yapılırken; probleme uygun çözümü üretebilecek baskın düğüm seti çeşidi seçilmelidir. Örneğin; ağdaki aktörler birbirinden farklı derecelerde öneme sahipse WDS üzerinden gidilmesi gerekir.

4.2.1 Toplam baskın set (Total dominating set)

TDS, Cockayne, Dawes ve Hedetniemi (1980) tarafından, bir çizgenin toplam baskın kümelerine bölünmesi ve toplam baskınlık kümesindeki en küçük düğüm sayısına sahip olanın belirlenmesi çalışmasıyla literatürde yer almıştır [64]. Daha sonra Haynes, Hedetniemi, ve Slater (1998) toplam baskınlıkla ilgili 1200 makalenin sonuçlarını birleştirerek detaylıca inceleyip çalışmalarını kitap haline getirerek TDS'nin temelini oluşturmuşlardır. [65-66].

$G(V, E)$ şeklinde tanımlanan bir çizge için toplam baskınlık kümesi, V düğüm kümesindeki her bir düğümün, TDS'de yer alan her bir düğümle bağlantısı olacak şekilde oluşturulur. Böylece oluşan bir TDS'nin V düğüm kümesini toplam olarak domine ettiği söylenir. Tıpkı baskın sette olduğu gibi bir çizge için birden fazla TDS bulunabilir.

G çizgesinin TDS'leri arasında minimum elemana sahip kümenin eleman sayısı total baskınlık numarasıdır. $\gamma t(G)$ ile ifade edilir. $\gamma(G) < \gamma t(G)$ 'dir [67]. Eşitlik 4.5'de verilen DS ve TDS tanımı, bu ifadenin doğruluğunu gösterir.

$$\begin{aligned} DS &\subset V(G) \\ TDS &\subseteq V(G) \end{aligned} \tag{4.5}$$

Örneğin, K_{1n} yıldız çizgesinde, $\gamma(G) = 1$ iken; $\gamma t(G) = 2$ olur. Çünkü merkezde bulunan düğüm ile bağlantısı olan en az 1 tane düğümün de TDS'ye dâhil edilmesi gerekir.

4.2.2 Olumlu etki baskın seti (Positive influence dominating set)

PIDS, bir sosyal ağı hâkim; olumlu etki topluluğunun belirlenmesidir. Sosyal ağların giderek büyümesi, üzerinde analiz çalışmaları yapan araştırmacılar için yeni zorluklar meydana getirmiştir. Baskınlık problemi gibi klasik problemlerde bu yeni zorluklara çözüm sağlamak amacıyla farklı ölçütlerle yeni bakış açıları kazanmıştır. PIDS, bu yeni bakış açılarından birisidir. İnsanlar günlük yaşamda arkadaşlık ağları, sosyal paylaşım ağları, mesaj ağları gibi çeşitli ağlar içerisinde yer alır. İşte aktörleri insanlardan oluşan sosyal ağlarda; insanlar kurdukları etkileşimlerle birbirlerini olumlu-olumsuz etkileyebilirler. Arkadaş davranışlarının birbiri üzerindeki etkisi ve kötü alışkanlıkların yayılma durumlarını inceleyen bazı çalışmalar [68,69] göstermektedir ki aynı ağda yer alan aktörler birbirini olumsuz yönde de etkileyebilmektedir. İşte böylesi ağlarda olumlu etkiye sahip belli bir grubun seçilerek bunlar üzerinden eğitim, kampanya vs. gibi çalışmalar yürütülmesi amacıyla PIDS araştırmaları başlamıştır. PIDS kavramı ilk olarak 2009 yılında Wang ve arkadaşlarının çalışmasıyla ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada çevrimiçi sosyal ağlardan, olumlu etkiye sahip bir grup seçme algoritması önerilmiş ve kötü alışkanlıklara müdahale konusunda etkisi analiz edilmiştir [70]. $G(V, E)$ çizgesi için PIDS seçilen bir olumlu etki baskın seti olsun. PIDS kümesi 2 önemli kuralı sağlamalıdır:

1. PIDS' de yer almayan her düğüm, PIDS'deki bağlantıların en az yarısına sahiptir.
2. PIDS' de yer alan her düğüm de aynı zamanda PIDS'deki bağlantıların en az yarısına sahiptir.

PIDS problemlerinden biri de genel DS problemlerinden olan minimum PIDS'i bulmaktır. Literatürde büyük sosyal ağlarda bu probleme çözüm olacak yaklaşım algoritmaları öneren çalışmalar bulunmaktadır [70,71].

4.2.3 K- baskın seti (K- dominating set)

KDS; Find ve Jacobson tarafından 1985'te önerilen baskın düğüm seti çeşitlerindendir [72]. $G(V, E)$ çizgesi için k pozitif bir tam sayı olmak üzere; KDS baskın küme olsun. V 'nin bir alt kümesi olan KDS'de yer almayan her düğüm; KDS'deki en az k düğüm ile bağlantılı olacak şekilde oluşturulan küme, bu ağın k -baskın seti olur. Bu şekilde oluşturulacak KDS'lerden en az elaman sayısına sahip olan kümenin büyüklüğü k -baskınlık numarasıdır. $\gamma_k(G)$ ile ifade edilir.

Günlük hayatta KDS problemine dönüştürülerek çözülecek birçok pratik uygulama vardır. Örneğin belirli sayıda bir bölgeye hizmet verecek itfaiye istasyonlarının kurulmasında; sabit bir maliyet ile en az k -kez hizmet koşulu ile kaç tane istasyon kurulmasının yeterli olacağı problemi minimum KDS probleminin bir uygulamasıdır [73].

4.2.4 Ağırlıklı baskın set (Weighted dominating set)

Gerçek hayattaki bir problem; çizge ile modellenirken her düğümün eşit öneme sahip olmadığı durumlar olabilir. Bu gibi çizgeler üzerinde yapılan baskınlık çalışmalarında her düğümün bir ağırlığı vardır ve baskın set bu ağırlıklar da dikkate alınarak oluşturulur. Bu tür çizgeler literatürde düğüm-ağırlıklı çizge olarak geçer. WDS, düğüm-ağırlıklı bir çizge üzerinde tespit edilen baskın düğüm seti çeşididir.

$G(V, E, W)$ ile gösterilen düğüm-ağırlıklı bir çizge:

$$n = |V| \text{ \& } m = |E|$$

$$W = \{w_1, w_2 \dots w_n\}$$

şeklinde ifade edilir. $WDS \subseteq V$ kuralına göre oluşturulacak birden çok WDS kümesi olabilir. WDS'nin ağırlık toplamı Eşitlik 4.6' da verildiği gibidir. WDS'ler içerisinde en az ağırlığa sahip olan kümenin eleman sayısı çizgenin baskınlık numarasıdır. Dolayısıyla klasik baskınlık numarası hesaplarından farklı olarak burada, eleman sayısı fazla olan bir kümenin ağırlıklar toplamı daha az olabileceğinden; minimum WDS olabilir.

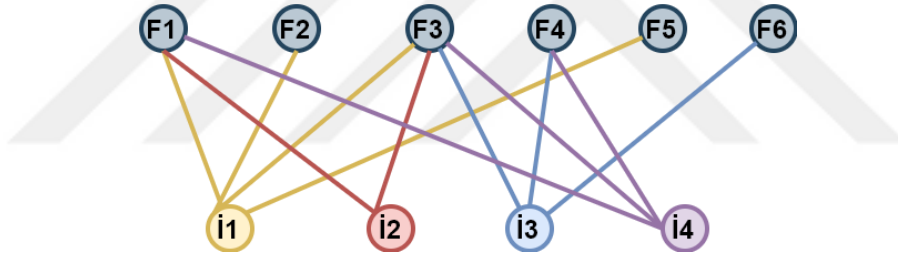
$$w(WDS) = \sum_{i \in WDS} w(i) \quad (4.6)$$

Literatürde minimum ağırlıklı baskın seti tespit etmek için yaklaşım algoritmaları öneren çalışmalar yer almaktadır. [74,75]

4.3 İki Parçalı Ağlarda Baskın Düğüm Seti Problemi

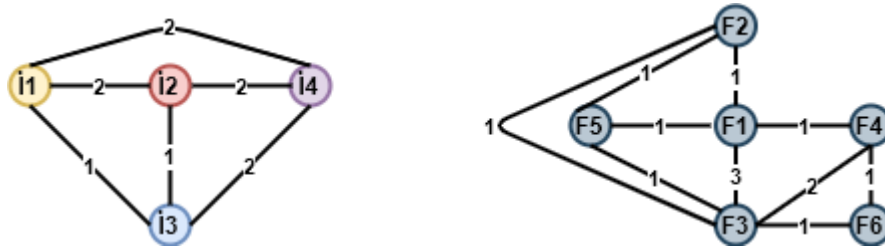
İki parçalı ağ yapısı, $G(V1, V2, E)$ şeklinde ifade edilen birbiri arasında bağlantı olmayan iki düğüm kümesinden oluşan bir ağ türüdür. Bu ağ yapısına bağlantı tahmini, merkezilik hesaplamaları, baskınlık tespiti gibi analiz ölçütleri uygulanırken genelde, tek parçalı ağa dönüştürülür. İki parçalı ağ yapısı $G1(V1, E1)$ ve $G2(V2, E2)$ gibi iki ayrı çizge yapısıyla temsil edilebilir. Bunun için ağın komşuluk matrisinden faydalanılır. Örneğin, $G1$ yansıtılmış ağı, $V1$ 'deki düğümlerden, $V2$ ile en az bir ortak bağlantısı olanlar arasında bağlantı kurularak oluşturulur. İki parçalı ağ; tek parçalı ağa yansıtılırken, bazı yapısal özelliklerin korunması, daha güçlü tek parçalı ağ oluşturulmasını sağlar. Bunun için ağırlıklı yansıtılmış ağ kullanılır.

Bir film-izleyici ağını düşünülürse, film-film gibi tek parçalı ağa dönüştürülürken; ortak izleyici sayısı ağırlık olarak kullanılabilir. Şekil 4.4' de örnek olarak verilen ve film-izleyici ağı olduğu varsayılan ağ üzerinden tek parçalı ağa yansıtma ve baskınlık tespitini inceleyelim.



Şekil 4.4 : İki parçalı film-izleyici ağı.

- Film izleyici ağı; film-film ve izleyici-izleyici olmak üzere 2 ayrı çizge ile gösterilebilir. Örneğin; izleyici-izleyici ağı kurulurken İ1 ve İ2 düğümlerinin film kümesinde iki ortak bağlantıları bulunmaktadır. Bu yüzden tek parçalı ağda bu iki düğüm arasında bağlantı kurulur. Eğer ağırlıklı çizge oluşturulacaksa; aralarındaki bağlantıya ortak izledikleri film sayısı olan 2 ağırlık olarak verilir. Bu şekilde oluşturulan film-film ve izleyici-izleyici ağ yapıları Şekil 4.5' de gösterilmektedir.



Şekil 4.5 : İzleyici-izleyici(G1) ve film-film(G2) ağları.

- İki parçalı ağın izleyici düğümleri arasında minimum bağlı baskın set için önerilen yaklaşım algoritmasını uygulayalım [76]. Öncelikle iki parçalı ağ yapısındaki izleyici tüm düğümlerin dereceleri hesaplanır.

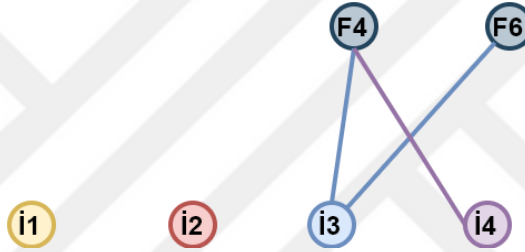
$\dot{I}1 \Rightarrow F1, F2, F3, F5 \text{ olm. üzere; } \mathbf{deg}(\dot{I}1) = 4$

$\dot{I}2 \Rightarrow F1, F3 \text{ olm. üzere; } \mathbf{deg}(\dot{I}2) = 2$

$\dot{I}3 \Rightarrow F3, F4, F6 \text{ olm. üzere; } \mathbf{deg}(\dot{I}3) = 3$

$\dot{I}4 \Rightarrow F1, F3, F4 \text{ olm. üzere; } \mathbf{deg}(\dot{I}4) = 3$

- En büyük dereceli düğüm, $\dot{I}1$ olduğundan baskın sete ilk olarak bu düğüm seçilir ve bağlı bulunduğu tüm düğümler bağlantılarıyla ağdan çıkarılır. Ağın bu hali Şekil 4.6' da gösterilmektedir.



Şekil 4.6 : İki parçalı ağda baskınlık tespiti.

- Yeniden dereceler hesaplanır. $\mathbf{deg}(\dot{I}3) = 2$ ve $\mathbf{deg}(\dot{I}4) = 1$ olduğundan $\dot{I}3$ düğümü baskın sete seçilir.
- Son durumda $G1$ ağı için $DS1 = \{\dot{I}1, \dot{I}3\}$ olduğu görülmektedir. Şekil 4.5' e baktığımızda $\dot{I}1$ ve $\dot{I}3$ bağlı düğümlerdir. Tek elemanlı bir düğüm baskın set için bulunamadığından bu ağın minimum bağlı baskın seti $DS1$ olur.

Yukarıda bir örnek üzerinde uygulanan MCDS için önerilen yaklaşım algoritmasının sözde (pseudo) kodu aşağıda verilmektedir.

Algoritma 4.1 DS algoritması: findDSBiPartiteGraph ()

Input: bi-partite graph $G (V1, V2, E)$

Output: $V1$ - DS of $G (V1, E)$

-do

- $v \leftarrow \max v \in V1 \text{ deg}(v)$
- $DS \leftarrow DS \cup \{v\}$
- $V1 \leftarrow V1 - \{v\}$
- $V2 \leftarrow V2 - E(v)$

-while $V2 \neq \emptyset$

5. AKADEMİK İŞ BİRLİKLERİNİN SOSYAL AĞ OLARAK MODELLENMESİ

Teknolojinin günden güne gelişmesinin etkisiyle, gerçek hayattaki birçok problemin çözümünde sosyal ağ analizi tekniklerinden faydalanılmaktadır. Giderek büyüyen ve bağımlı halde gelişen veri yığınları söz konusu olduğundan, bu veriler üzerinde yapılacak araştırmalarda modelleme ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Üzerinde çalışılan bu sosyal ağlardan biri de akademik iş birliği ağlarıdır. Akademik iş birliği ağları (AİA), akademik çalışma yürüten araştırmacıların ortak yazarlığı sonucu; üniversiteler, yazarlar vs. arasında kurulan bağlantılar ile oluşan ağlardır. Sosyal bir ağ olan akademik iş birliği ağlarında aktörler güçlü bir bağ ile bağlıdır çünkü ortak bir çalışma yürütmüşlerdir.

Sosyal ağın modelleme tekniklerinden olan çizgeler kullanılarak AİA modellenenabilir. AİA kullanılarak yürütülebilecek çalışmalardan bazıları aşağıda maddeler halinde verilmektedir:

- Üniversiteler arası ilişkiler çizge ile modellenerek raporlar sunulabilir.
- Bu model üzerinde analizler yapılarak üniversiteler arası kurulacak yeni iş birlikleri önerilebilir.
- Ortak araştırma yürüten araştırmacıların buluşturulması sağlanabilir.
- Çalışma alanı, konu, akademik ayrım, bölgesel ayrım gibi kategorilendirmelerle hangi alanda, hangi üniversitenin öncü olduğu belirlenebilir.
- Bu ağlarda yer alan üniversiteler farklı merkezilik ölçütleri kullanılarak karşılaştırılıp, konumları itibarıyla bulundukları ağdaki önemleri ölçülebilir.
- Ağda baskın bulunan üniversite ya da üniversiteler tespit edilebilir.

Literatür incelendiğinde bir çalışmada Scientometrics uluslararası dergisinde yayımlanan tüm makalelerin bibliyografik verileri kullanılarak ortak yazarlık üzerinden bilimsel bir iş birliği ağı kurulup ortak oluşum, kümeleme gibi analizler yapıldığı görülmektedir [77]. Bunun dışında nanoteknoloji araştırma ağlarının eğilimini analiz etmek için bu konudaki akademik yayınlar dikkate alınarak Türkiye'nin nanoteknoloji alanında Avrupa Birliği ülkeleri ile iş birliği modelleri sunulmaktadır [78]. Yine Türkiye akademik verisi üzerinden daha çok istatistiksel bulgular içeren akademik iş birliği çalışması bulunmaktadır [79].

AR-GE faaliyetlerinin yürütüldüğü akademik kurumlar olan üniversiteler üzerinde yapılacak bu çalışmalar ile bir ülkenin gelişmişlik seviyesinde önemli bir yer tutan eğitim alanına yönelik katkı sunulabilecektir.

Bu tez çalışmasında Türkiye'nin üniversiteleri arasında ortak yayın ilişkisinden bir AİA kurulmuştur. Akademik iş birliği ağında; üniversiteler aktörleri, üniversite arası ortak yazarlık bilgisinden faydalanılarak kurulan ilişkiler ise bağlantıları temsil eder. Bu ağ yapısı temelde iki parçalı ağıdır. Yazarlar ve üniversiteler olmak üzere birbiri ile bağlantısı olmayan iki düğüm kümesinden oluşur. Bu çalışmada veriler, tek parçalı üniversite ağı olarak modellenmiştir. Ortak yayın sayısı gibi iş birliği ağı için önemli bir nicelik olan değer, üniversiteler arası bağlantılarda ağırlık olarak kullanılmıştır. Bu ağ üzerinde sosyal ağ analizi çalışması yapılmıştır ve en çok kullanılan dört merkezilik ölçütü hesaplanarak yorumlanmıştır. Üniversiteler üzerinde farklı bakış açılarıyla baskınlık analizi uygulanarak kategorik ve bölgesel bazda sonuçlar elde edilmiş ve değerlendirilmiştir.

İlgili bölümlerde yapılan çalışma, verinin modellenmesinden analiz sonuçlarına kadar detaylı olarak anlatılmaktadır.

5.1 Akademik Veri Hakkında

Web of Science (WOS), birçok akademik disiplin için dergi, makale, konferans bildirisi gibi akademik çalışmaları düzenli olarak tarayan, abonelik üzerinden erişim sağlanan bir platformdur. Sanal bir akademik veri tabanı olarak düşünülebilir. Bu çalışmada kullanılan akademik veri, WOS akademik veri tabanında yer alan 1980-2015 yılları arasındaki yayınları kapsayan verilerden oluşmaktadır.

Veri tabanında temel olarak yazarlar, yayınlar, üniversiteler, araştırma alanları, WOS kategorileri ve yayın tipleri bulunmaktadır. Bunlar dışında yazar-yayın ve akademik kurum arasındaki hangi yazarın hangi yayını yaptığı ve hangi akademik kurumda olduğu gibi ilişkiler, kurum adres bilgileri, kategori-yayın ilişkileri, çalışmada kullanılan dil, akademik dergi bilgileri gibi veriler de yer almaktadır.

WOS kategorileri, bu platformun yayın tararken kullandığı kategorilerdir. Mühendislik, Fizik, Termodinamik, Antropoloji, Tarih, Tıp, Matematik gibi pek çok disiplini içerir. Araştırma alanları da yine WOS veri tabanında yer alan alanlardandır. Çalışılan veri üzerinde daha anlamlı sonuçlar elde etmek için WOS kategorilerine göre mühendislik, tıp, sosyal-beşerî bilimler ve diğer şeklinde dört ayrı sınıflandırma yapılmıştır.

Yayın tipi, akademik dünyada geçen makale, dergi yazısı, bildiri, konferans sunusu gibi yayın türlerini içermektedir.

Çizelge 5.1’de veri tabanında temel olarak yer alan veri setlerinin istatistiksel bilgileri verilmektedir.

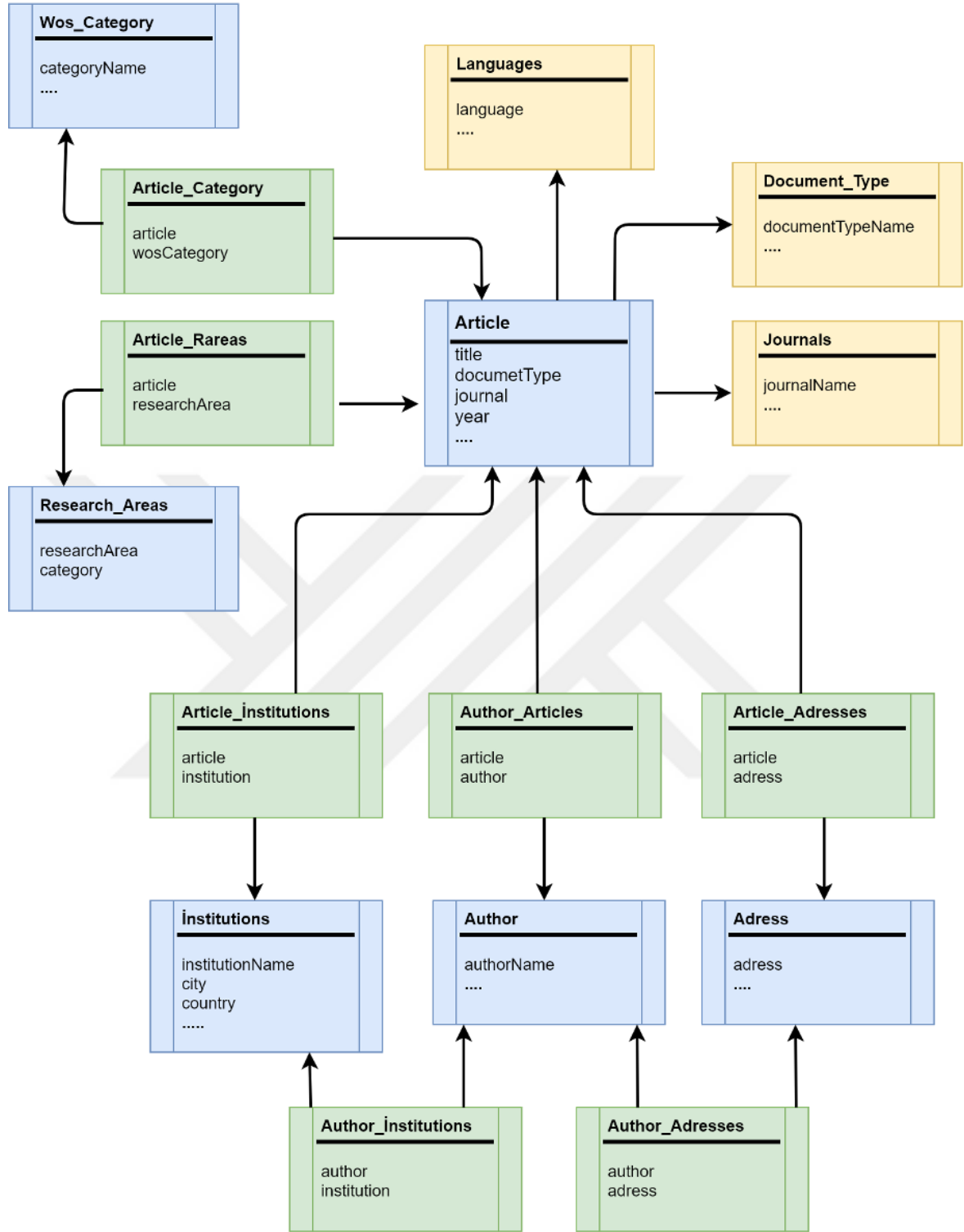
Çizelge 5.1 : Temel tablolar ve istatistikleri.

TABLolar	Toplam Veri Sayısı	Türkiye Veri Sayısı
Yazarlar	273162	93718
Yayınlar	409591	252264
Üniversiteler	3951	131
Araştırma Alanları	151	151
Yayın Tipleri	39	30
WOS Kategorileri	252	250

Bu tez çalışmasında Türkiye’deki 131 devlet-vakıf üniversitesi üzerinde analiz çalışması yapılmıştır. Merkezilik analizi ve baskın üniversitelerin tespitinde bölgesel ve araştırma alanı gibi sınıflandırmalar yapılarak hem tüm Türkiye verisi üzerinde hem sınıflandırılmış veriler üzerinde sonuçlar elde edilmiştir.

5.1.1 Veri tabanı şema yapısı

MSSQL veri tabanında tutulan verinin sınıf diyagramı görünümü Şekil 5.1’de gösterildiği gibidir. Mavi renklendirilmiş olan, makale, enstitü, yazar, adres, araştırma alanı ve kategori tabloları ana tablolar, sarı renklendirilmiş olan belge tipi, dergi ve dil tabloları 1-n ilişkili tablolardır. Örneğin; makale ile belge tipi arasında 1-n ilişki vardır, yani bir yayın tek belge tipinde olabilir. Yeşil renklendirilmiş tablolar ise n-n ilişkili tablolardır. Kurum ile yayın arasında n-n ilişkisi vardır, yani bir kurum birden fazla yayın üretebilir, bir yayının ortak yazarlar etkisi ile birden fazla kuruma ait olabilir.



Şekil 5.1 : Akademik veri tabanı diyagram gösterimi.

5.2 Verilerin Modellenmesi

Akademik iş birliği analizinde kullanılan veriler, tez danışmanı olan İnce'nin ilgili çalışmasında [80], bu tez çalışması dışında geliştirilen yöntemle elde edilmiştir. Bu çalışmada Türkiye'ye ait olan kısım kullanılmıştır.

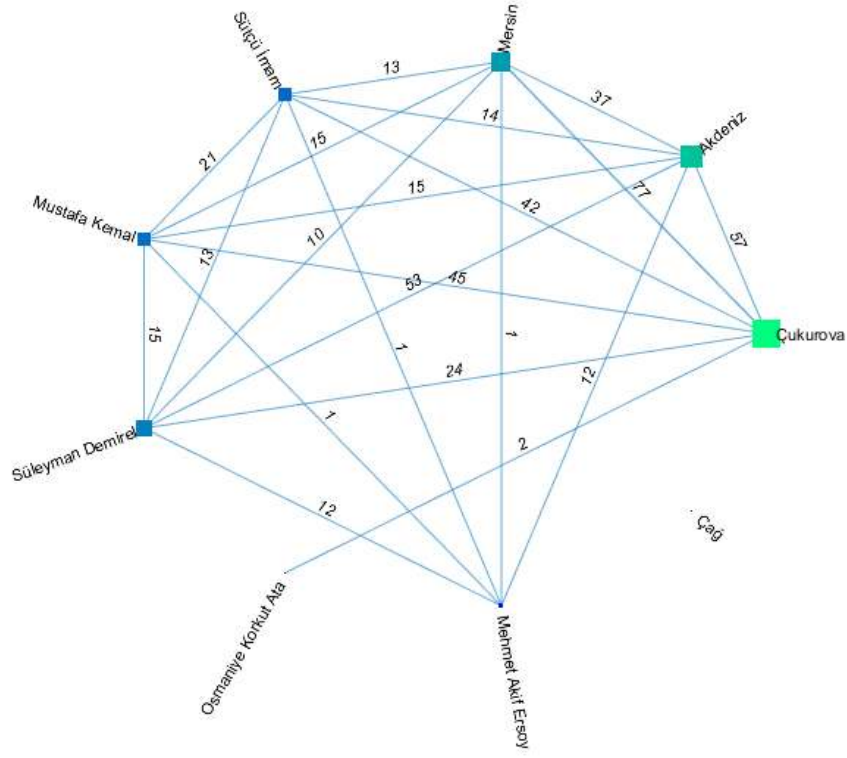
Akademik veriler, merkezilik ve baskınlık analizlerinde daha anlamlı sonuç elde etmek için çeşitli kategorilendirmelerle modellenmiştir. Modelleme yaparken Matlab kullanılmıştır. Matlab ile akademik iş birliği çizgesi için veriler, düğüm ve komşuluk matrislerini oluşturacak şekilde .mat dosyası halinde hazırlanmıştır. Türkiye'de yer alan 131 üniversite bilgisi düğümleri, bunlar arasındaki ortak yayın ilişkisi ise komşuluk matrisini oluşturmaktadır. Ağırlıklı komşuluk matrisi kullanılmıştır. Ortak yayın sayısı her bir düğümün ağırlığını oluşturur. Düğüm bilgisi için bölgesel analiz çalışmalarında kullanılmak üzere yedi ayrı bölge-üniversite bilgisi; çalışma alanı ayrımı için ise mühendislik, tıp, sosyal-beşerî bilimler ve diğer olmak üzere 4 ayrı ağırlıklı komşuluk matrisi hazırlanmıştır.

Çizelge 5.2'de Akdeniz Bölgesi'ne ait tıp alanındaki çalışmaları içeren modellenmiş verinin ağırlıklı komşuluk matrisinin görüntüsü verilmektedir. Çağ Üniversitesinin bu alanda herhangi bir üniversite ile iş birliği çalışması olmadığından tüm değerleri 0 olmuştur.

Şekil 5.2'de ise bu matristen oluşturulmuş çizgenin görüntüsü, yani sayısal verinin modellenmiş hali, bağlantı numaraları ağırlıkları temsil edecek şekilde gösterilmektedir.

Çizelge 5.2 : Akdeniz Bölgesi tıp alanı ağırlıklı komşuluk matrisinin görüntüsü.

	Çukurova	Akdeniz	Mersin	S.İmam	M.Kemal	S.Demirel	K.Ata	M.A.Ersoy	Çağ
Çukurova	0	57	77	42	45	24	2	0	0
Akdeniz	57	0	37	14	15	53	0	12	0
Mersin	77	37	0	13	15	10	0	1	0
S.İmam	42	14	13	0	21	13	0	1	0
M.Kemal	45	15	15	21	0	15	0	1	0
S.Demirel	24	53	10	13	15	0	0	12	0
K.Ata	2	0	0	0	0	0	0	0	0
M.A.Ersoy	0	12	1	1	1	12	0	0	0
Çağ	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Şekil 5.2 : Akdeniz Bölgesi tıp alanı modellenmiş sayısal veri.

Bu model üzerinden karmaşık ağların genel özelliklerini inceleyecek olursak;

- **Büyüklik:** Çağ Üniversitesi ağı dâhil olmadığından, toplam aktör sayısı olan 8, bu ağı büyükliktir.
- **Kümelenme Katsayısı:** Tek bağlantısı olan Osmaniye Korkut Ağı düğümü üzerinden örneklendirecek olursa, $cc(V_{OsmaniyeKorkutAta}) = 1/8 = 0.25$
- **Yoğunluk:** 8 büyüklüğünde bir çizgenin muhtemel maximum bağlantı sayısı tam bağlı olduğu durum olan 64 bağlantıya sahip halidir. $cc(G) = 42/64 = 0.65625$
- **Geçişlilik:** Çizge üzerinde birden fazla üçgen oluşturan bağlantı durumu görülmektedir. Örneğin, Sütcü İmam-Akdeniz-Mehmet Akif Ersoy düğümleri arasında geçişlilik durumu söz konusudur.
- **Yol uzunluğu:** Mehmet Akif Ersoy ile Osmaniye Korkut Ağı düğümleri üzerinden incelenecek olursa, bu düğümler arası yol uzunluğu 3'tür.
- **Köprü:** Bu ağda Çukurova Üniversitesi köprü görevindeki düğümlerdendir, çünkü bağlantıları kaldırıldığında Osmaniye Korkut Ata Üniversitesine ulaşamamaktadır.

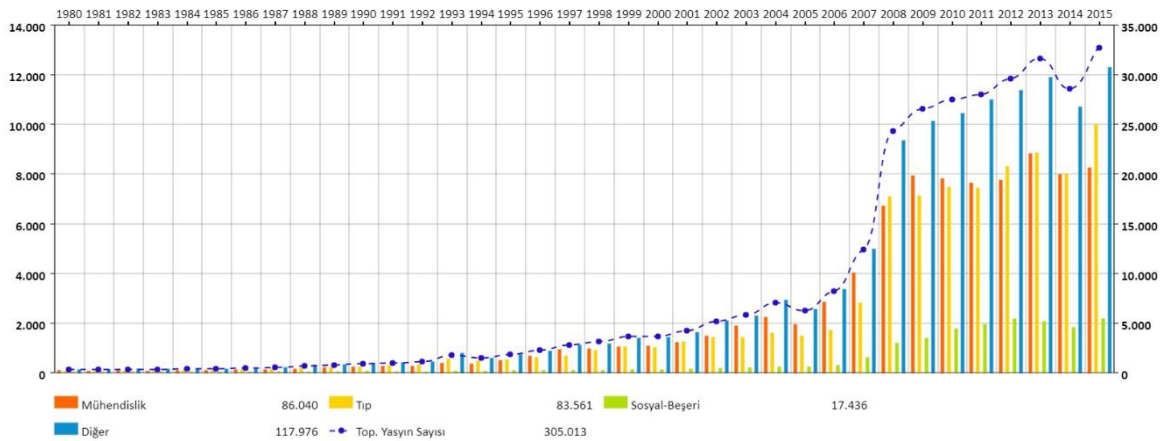
5.3 İstatiksel Bulgular

Veri analizi çalışmalarında sonuçları anlamlı kılmak için üzerinde çalışılan veriyi iyi tanımak gerekmektedir. Özellikle büyük veri içeren çalışmalarda görselleştirme ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bu bölümde Türkiye akademik verisine ait istatistiksel bulgular görsel olarak rapor halinde sunulmaktadır. Bu istatistikler, verinin temel elemanları olan yıl ve üniversite bilgisi üzerinden hazırlanan raporlardan oluşmaktadır. Çünkü yıllara göre yayın-yazar sayısı oranları; üniversite bazlı çalışma sayısı ve ortak yazar oranları gibi analizlerin; akademik veriyi anlamlandırmada ve iş birliği oranlarını değerlendirme de önemli analizler olduğu düşünülmektedir. Ayrıca merkezilik ve baskınlık analizleri yaparken bölge, çalışma alanı gibi sınıflandırmalar yapıldığından; bu ölçütlere göre de raporlar sunulmaktadır.

5.3.1 Yıl bazlı istatistikler

Bu bölümde 1980-2015 arası Türkiye akademik verisi üzerinden yıl bilgisine göre raporlar sunulmaktadır. Bu yıllar arası yaklaşık 95.000 yazar tarafından 250.000 küsur yayın, araştırma vs. oluşturulmuştur. Yıllar ilerledikçe yayın sayılarında da ciddi bir artış olmuştur. Bu durumun üniversite ve araştırmacı sayısının artmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Şekil 5.3’de bu çalışmada uygulanan çalışma alanı kategorisine göre yıl bazlı yayın sayılarını gösterilmektedir. Sol taraf çalışma alanı bazlı yayın sayılarını, sağ taraf ise tüm alanların toplam yayın sayılarını göstermektedir. Görsel incelendiğinde, özellikle 2007-2008 geçişinde; 12.000 civarından 24.000 civarına çıkan yayın sayısında yaklaşık iki kat gibi ciddi bir artış gözlemlenmektedir. Hem de bu artışın mühendislik, tıp ve sosyal beşerî bilimler alanlarından her birine yayıldığı görülmektedir.

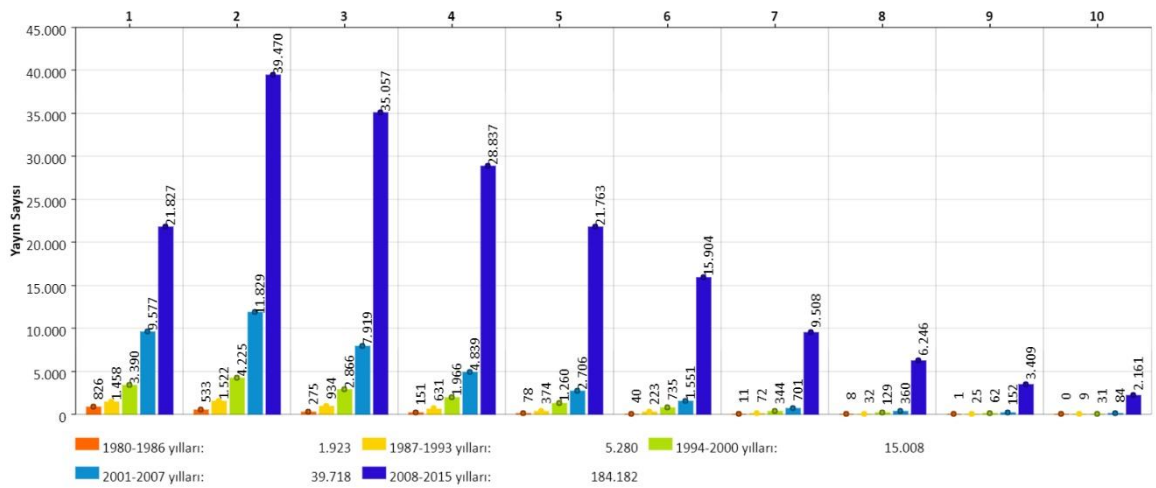


Şekil 5.3 : Alan kategorisine göre yıl bazlı yayın sayıları.

Şekil 5.3'ü çalışma alanına göre inceleyecek olursak genelde, mühendislik ve tıp alanındaki çalışmaların başa baş gittiği görülmektedir. Toplam yayın sayısının yarısından fazlasını oluşturan bu iki alan; akademik iş birliği ağında merkezilik ve baskınlık tespiti gibi analiz sonuçlarının, çalışma kategorisine göre de incelenmesinin gerekliliğini göstermektedir.

Bazı yayınların; birden fazla çalışma alanına dâhil olması, toplam yayın sayısının daha fazla çıkmasına sebep olmuştur. Çalışma alanı kategorilendirilmesi yapılırken WOS'da yer alan araştırma alanları kullanıldığından ve bir yayın birden fazla araştırma alanına dâhil olabileceğinden bu durum söz konusudur. Örneğin; tıbbi alanda yapılan bir makine öğrenmesi çalışması hem mühendislik hem tıp kategorisine girebilmektedir.

Şekil 5.4'de yıllar, beş zaman dilimi ile gruplandırılarak, minimum bir, maximum on yazar tarafından oluşturulan yayınların sayısal grafiği verilmektedir.



Şekil 5.4 : Yıl gruplandırılmalı yazar sayısına göre yayın sayıları.

Bu grafik, beş farklı zaman aralığında yazar sayısına göre yayın sayıları artışı ve on yazara kadar ortak yazarlı yayın sayılarının durumu gibi iki farklı açıdan incelenebilir. Aslında toplam veri içerisinde, ondan fazla yazara sahip yayınlar da bulunmaktadır. Fakat grafikten de görüleceği üzere, bu durumdaki yayın sayısı giderek azaldığı ve son zaman dilimi hariç diğerlerinde bir anlam ifade etmeyeceğinden, grafiğe eklenmemiştir.

Genel olarak bakıldığında, yıl bazlı ortak yazarlık ilişkisinde artış olduğu görülmektedir. Burada dikkat çeken unsur iki yazarlı yayın sayısının en fazla olmasıdır. Bu durumun akademik eğitim sistemindeki danışman-öğrenci yayınlarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

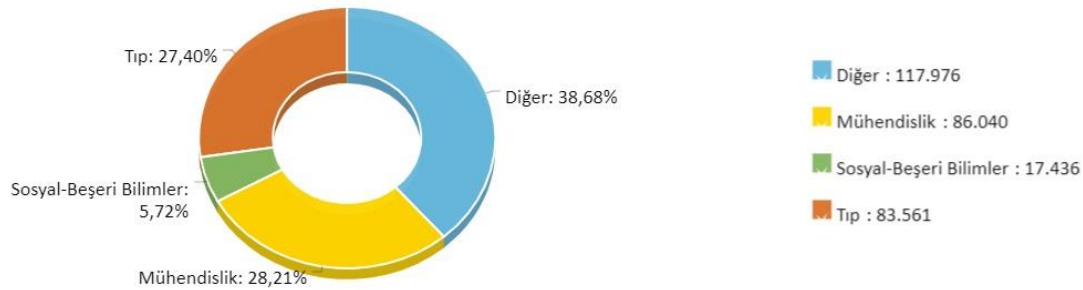
Grafikte özellikle son zaman diliminde akademik iş birliği anlamında ortak yazarlı yayın sayılarında artış olduğu görülmektedir.

5.3.2 Çalışma alanı ve bölge bazında istatistikler

Bu bölümde veriler uygulanan kategorilendirmelere göre görselleştirilmiştir. Toplam Türkiye verisinde WOS’da yer alan araştırma alanlarının gruplandırılmasıyla belirlenen üç temel alan ve diğer yayınların toplam verideki durumunu gösteren grafik, Şekil 5.5’te verilmektedir.

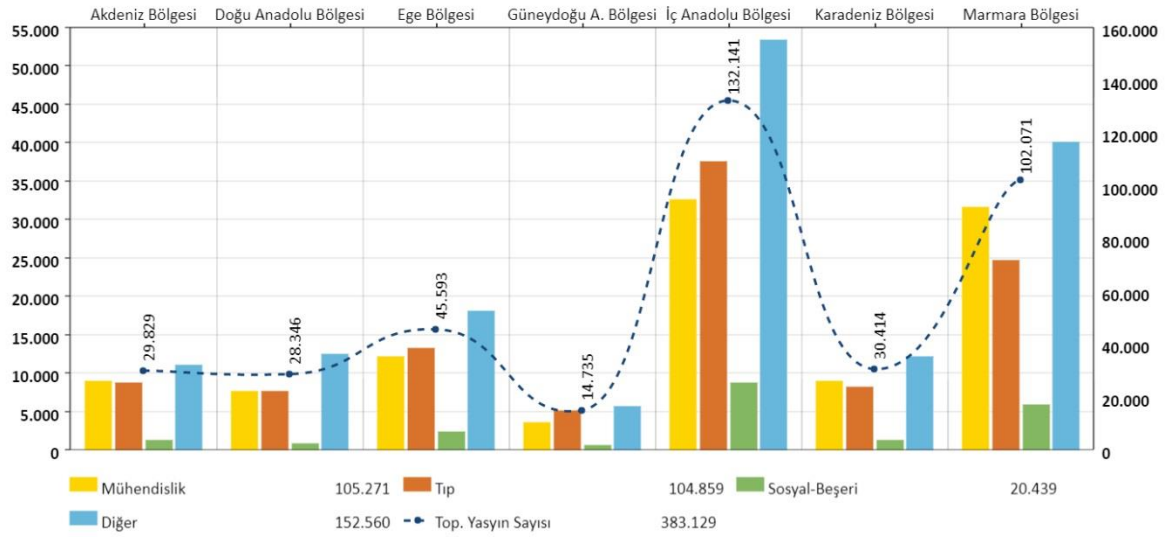
Bu grafiğe göre sosyal-beşerî bilimler alanlarındaki çalışmaların, diğer alanlara oranla geriplanda kaldığı görülmektedir. Fakat bu üç alan %62 gibi bir oranla bu akademik veride önemli bir yer tutmaktadır.

Diğer gruplandırması içerisinde fizik, kimya, biyoloji gibi fen-edebiyat alanları; resim, tiyatro gibi sanat dalları, zooloji, paleontoloji ve biyoistatistik gibi WOS araştırma alanları bulunmaktadır. Analiz aşamasında anlamlı sonuç üretilebilecek, ortak bir alanı temsil eden veri sayısı çok düşük olduğundan herhangi bir gruplandırma yapılmamıştır.



Şekil 5.5 : Çalışma alanı kategori yüzdeleri.

Şekil 5.6’ da ise bölge ayrımıyla bu çalışma alanlarının yayın durumları rapor edilmiştir. Bu grafikte, herhangi bir yayının bölge dışı iş birliği ile farkı iki bölgede bulunan araştırmacı tarafından ortak geliştirilme durumu olduğundan, yayın sayıları farklı olabilmektedir. Bölgesel olarak analiz yapılmasının sebeplerinden biri coğrafi yakınlığın ortak yayın çıkarma üzerinde etkili olduğunun düşünülmesidir. Fakat oranı daha düşük de olsa farklı coğrafyalardan araştırmacılar da bir araya gelerek yayınlar çıkarmışlardır. Şekil 5.6’ daki yayın sayılarının, Şekil 5.5’deki grafikten farklı olmasının temel sebebi budur.

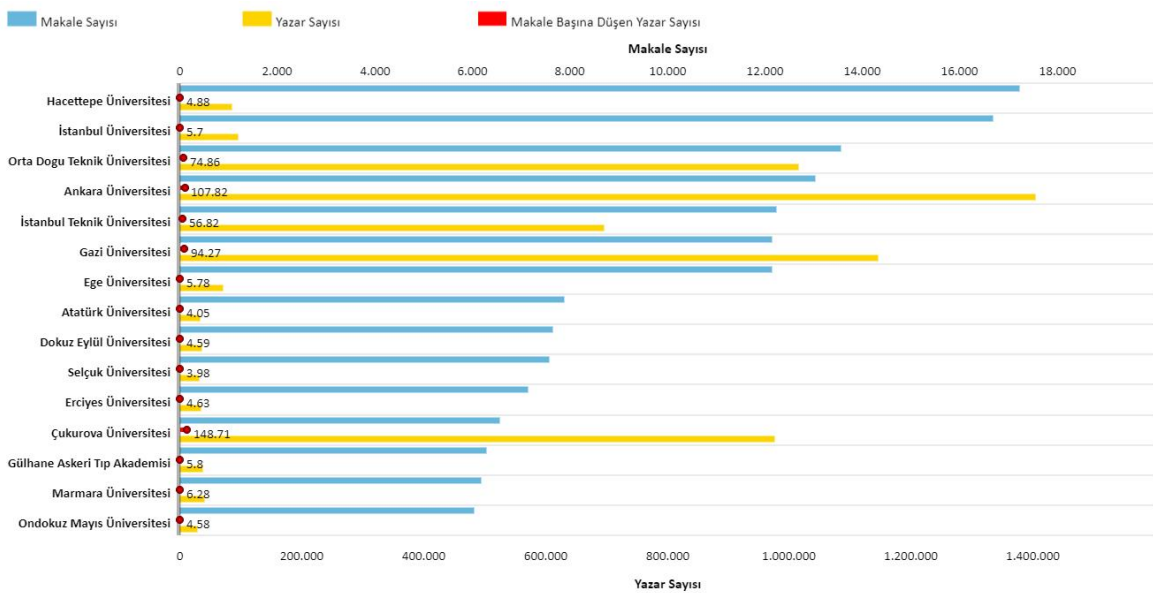


Şekil 5.6 : Bölgesel bazda çalışma alanı-yayın grafiği.

Grafikte, sol taraf sütunların değerlerini, sağ taraf ise çizginin değerini yani o bölgenin toplam yayın sayısını göstermektedir. Üniversite sayısı daha fazla olan İç Anadolu ve Marmara Bölge'lerinde yayın sayısı daha fazladır. Bu durum dışında Ege Bölgesi ön plana çıkmaktadır, çünkü daha fazla üniversite içeren bölgeler bulunmasına rağmen akademik anlamda daha yoğun yayın üretilen bölge olmuştur. Ayrıca bölgesel ayrımda da mühendislik ve tıp çalışmalarının başa baş gittiği görülmektedir.

5.3.3 Üniversite bazlı istatistikler

Şekil 5.7' de en yüksek yayına sahip ilk on beş üniversitenin grafiği verilmektedir.



Şekil 5.7 : Yayın sayısına göre ilk on beş üniversite yayın-yazar durumu.

Grafik, Türkiye akademik verisinde 1980-2015 yılları arası en yüksek yayına sahip 15 üniversitenin çıkardığı yayın sayıları, bu yayınları oluşturan yazarların toplamı ve makale başına düşen yazar sayısından oluşmaktadır. Görüldüğü gibi en yüksek yayın sayısına sahip üniversite Hacettepe olurken, en çok yazar Ankara Üniversitesi'dir. Yayın başına düşen yazar sayısının en fazla olduğu üniversite ise 148,71 ile Çukurova Üniversitesi olmuştur. Grafikte, yayın-yazar sayısı oranı fazla, dolayısıyla iş birliği oranı yüksek başka üniversitelerin de olduğu görülmektedir. Ankara ve Orta Doğu Teknik Üniversiteleri makale başına düşen yüksek yazar sayısı ile bu üniversitelerdendir.

5.4 Merkezilik Ölçütlerinin Hesaplanması

Uygulamanın bu aşamasında, bir sosyal ağda yer alan aktörlerin, ağdaki konumları itibariyle önemlerini belirlemeye yarayan merkezilik ölçütlerinden Derece, Yakınlık, Arasındalık ve Öz vektör Merkeziliği hesaplanmaktadır.

Türkiye akademik verisi üzerinde, merkezilik ölçütleri Matlab kullanılarak yazılan *function cmNodes = centrGraph(G)* fonksiyonu ile bulunmaktadır. Bu fonksiyon üniversiteler ve aralarındaki ortak yayın ilişkisinden oluşan komşuluk matrisiyle kurulan çizgeyi parametre olarak almakta ve belirlenen dört merkezilik ölçütü sonucunu tablo olarak döndürmektedir. Merkezilik ölçütleri hesaplanırken, ortak yayın sayısının ağırlık olarak kabul edildiği komşuluk matrisi kullanılmıştır. Kullanılan veri akademik veri olduğundan, bağlantıların eşit öneme sahip olduğu lojik komşuluk matrisinin kullanılmasının eksik kalacağı düşünülmüştür. X üniversitesi ile Y üniversitesi aynı sayıda üniversite ile iş birliği içindeyken; X üniversitesinin iş birliği içerisindeki ortak yayın sayısı; Y üniversitesinden fazlaysa üniversitelerin ağdaki konumları itibariyle öneminin belirlenmesinde bunun da dikkate alınması için böyle bir yöntem izlenmiştir.

centrGraph(G) fonksiyonu içerisinde, ilk olarak DM, her bir düğümün sahip olduğu bağlantı sayısı bulunup, bağlantı ağırlıkları da dâhil edilerek hesaplanmıştır. YM, bir düğümün tüm diğer düğümlere en kısa ortalama uzaklıkları bulunarak hesaplanmıştır. Arasındalık merkeziliği, düğümün en kısa yol üzerinden geçen bağlantı sayısı hesaplanarak bulunmuştur. ÖM, düğümün sadece kendi konumunun değil komşularının konumunun da önemli olduğu merkezilik ölçütüdür. Buna göre komşu düğümlerin merkeziliklerinin de hesaplanarak merkeziyet puanı olarak alındığı bir hesaplama yapılmıştır.

Türkiye'nin yedi bölgesi ve tüm Türkiye verisi üzerinde; çalışma kategorilerinin sınıflandırılmasıyla belirlenen dört alana göre (sosyal ve beşerî bilimler, mühendislik, tıp ve diğer) sonuçlar bulunmuştur. Bu bölümde bölgesel bazda belirlenen bölgelerde ve yapılan çalışma alanı sınıflandırmasına göre tüm Türkiye üniversitelerinden kurulan akademik iş birliği ağlarının çizge olarak görselleri ve merkezilik analiz tabloları sunulacaktır. Çizge görseli oluşturulurken, merkezilik ölçütlerinin etkisini göstermek amacıyla büyükten küçüğe düğüm boyutu belirlenmiştir. Bir bölgenin tek alanı için dört farklı görsel üretilmiştir. Böylece akademik iş birliği ağında üniversitelerin farklı merkeziliklere göre nasıl konum aldığı ve önem kazandığı görülebilmektedir. Ayrıca her bir bağlantı eşit öneme sahip olmadığından; ağdaki en yüksek ağırlığa göre bir normalizasyon uygulanarak bağlantı kalınlığı ayarlanmıştır. Düğüm boyutları da yine ağına sahip olduğu en yüksek merkezilik değerine göre bir normalizasyondan geçirilerek belirlenmiştir. Tüm Türkiye verisi üzerinde de hem bu dört alan için ayrı ayrı, hem de alan ayrımı olmadan tüm akademik verilerin yer aldığı iş birliği ağı kurulmuş olup örnek sonuçlar ve değerlendirmeleri ilgili bölümlerde sunulmaktadır.

5.4.1 Bölgesel bazda merkezilik ölçütleri

Sınıflandırılan alanlardan, fen bilimleri için iki temel alan olan mühendislik ve tıp çalışmalarını kapsayan veriler üzerinden bölgesel bazda oluşturulan iş birliği ağı analizleri bu bölümde verilmektedir. Mühendislik alanı için örnek bölge olarak Doğu Anadolu Bölgesi seçilmiştir. Tıp alanında ise Ege Bölgesi incelenmiştir. Bu bölgelerdeki üniversitelerin akademik çalışmalarından oluşan veri seti üzerinden iş birliği ağı kurulmuştur. İki bölge için de kurulan AİA analiz edilerek merkezilik ölçütleri hesaplanmıştır. İş birliği ağı ve merkezilik analizlerinden oluşan bulgular; sonuç-değerlendirme şeklinde sunulmaktadır.

Sonuç: Doğu Anadolu Bölgesi'nde 1980-2015 yılları arasında WOS'da yer alan ve mühendislik kategorisine dâhil edilen toplam '7577' çalışma bulunmaktadır. Bu bölgede yer alan 15 üniversitenin mühendislik alanında ortak yazarlık çalışmalarından oluşturulan iş birliği ağındaki merkezilik değerleri Çizelge 5.3'de verilmektedir. Çizelgede hesaplanan dört farklı merkezilik değerine göre; iş birliği ağı görselleştirilmiştir. Her bir merkezilik için düğümler boyutlandırılarak şekil anlamlandırılmıştır.

Çizelge 5.3 : Doğu Anadolu Bölgesi mühendislik alanı merkezilik ölçütleri.

Üniversite	Derece Merkeziliği	Yakınlık Merkeziliği	Arasındalık Merkeziliği	Öz Vektör Merkeziliği
Atatürk	287	0.02381	0	0.17153
İnönü	102	0.04166	10.917	0.09951
Fırat	206	0.03225	5.25	0.13345
Kafkas	23	0.02857	2.5	0.02268
Yüzüncü Yıl	95	0.02	0	0.07593
Bingöl	91	0.03225	2.75	0.08684
Bitlis Eren	56	0.04347	18.333	0.05141
Erzincan	82	0.03703	11	0.09505
Alparslan	32	0.03448	14.167	0.03189
Ardahan	8	0.03333	1.8333	0.00738
Hakkâri	13	0.04166	26.083	0.01058
Iğdır	46	0.02702	0	0.04538
İbrahim Çeçen	35	0.02631	0	0.04259
Tunceli	69	0.03448	12.667	0.06381
Erzurum Teknik	51	0.02777	1.5	0.06193

Değerlendirme: Çizelge 5.3'e göre bölgesel iş birliği ağında bazı üniversitelerin ön plana çıktığı görülmektedir. Bu merkezilik analizinde ortak yayın sayısı ağırlık olarak kullanılmış ve merkezilikler hesaplanırken bu bilgiden de yararlanılmıştır. Bağlantı sayısı en yüksek olan dolayısıyla derece merkeziliğine göre en merkezi ilk 3 üniversitenin Atatürk, Fırat ve İnönü Üniversiteleri olduğu görülmektedir.

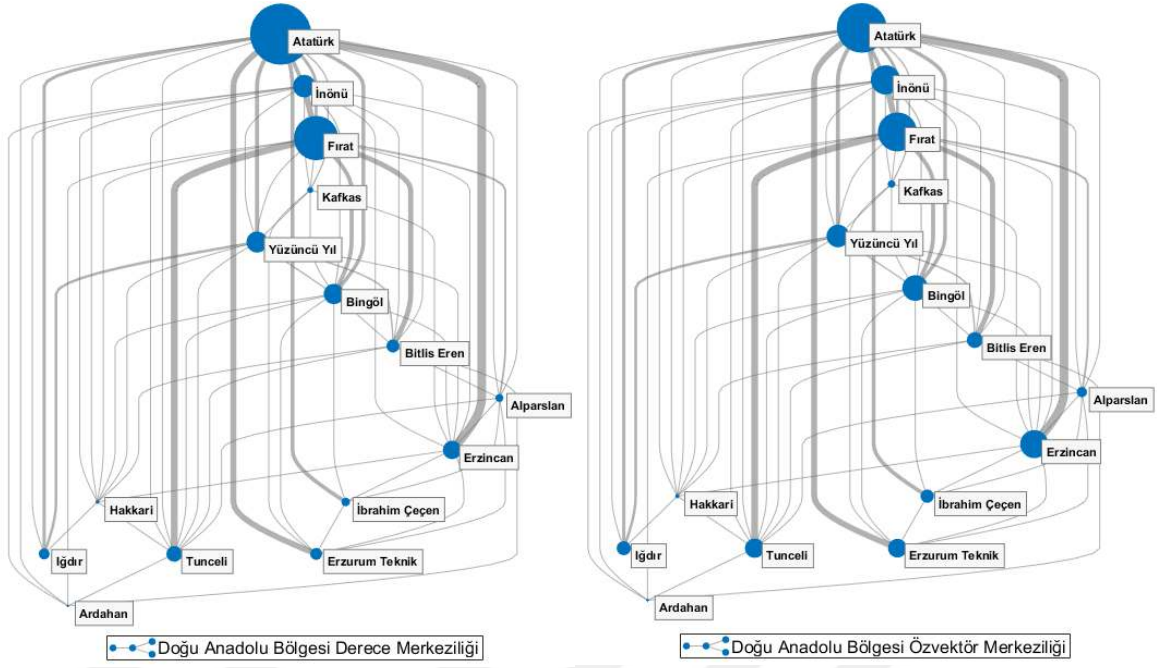
1980-2015 mühendislik alanındaki çalışmalarda bu 3 üniversitenin iş birliği oranı fazladır. Şekil 5.8 ve Şekil 5.9’ da Doğu Anadolu Bölgesi mühendislik alanı AİA’nın görselleri verilmektedir.

Ağdaki önemli düğümlerle yani derece merkeziliği yüksek olan düğümlerle kurulan bağlantılara göre merkezilik puanını da dikkate alan öz vektör merkeziliğine göre değerlendirildiğinde, farklı merkezilik ölçütü uygulandığında ağda Erzincan ve Bingöl Üniversitelerinin de ön plana çıktığı görülmektedir. Örneğin; Erzincan Üniversitesi derece merkeziliğine göre ilk 5’te yer almazken; yaptığı iş birliklerini, merkezilik puanları yüksek üniversitelerle yaptığından, yayın sayısı az olmasına rağmen ağda önemli üniversiteler arasına girmektedir.

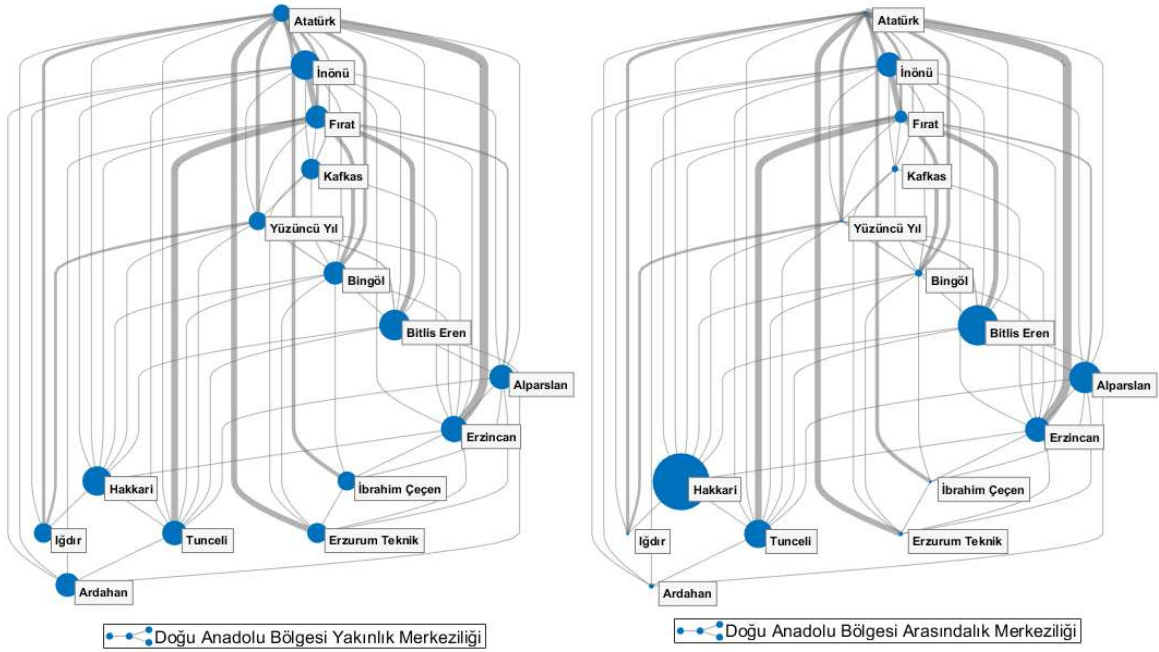
Öz vektör merkeziliği analiz sonuçları göstermektedir ki; sosyal ağlarda düğüm derecesine göre konum itibariyle önem belirleme; özellikle iş birliği ağları düşünüldüğünde yetersiz kalabilmektedir. Çünkü yapılan iş birliği oranının yüksek olması kadar; iş birliklerinin merkezi düğümlerle yapılmış olması da düğüm önemini belirleme de önemli bir ölçüttür.

Yakınlık merkeziliği değerleri, bu iş birliği ağında birbirine yakın olarak takip etmektedir. Şekil 5.9’ da verilen yakınlık merkezilik ölçütüne göre çizge görselinde görüldüğü üzere, Bitlis Eren, İnönü ve Hakkâri Üniversiteleri ön plana çıkmaktadır. YM, en kısa ortalama uzaklıkların toplamı ile bulunur. Bu ağda örneğin Bitlis Eren Üniversitesi yayın sayısı çok olmamasına rağmen yayınlarını, farklı üniversiteler ile iş birliği içinde yaptığından ağda yakınlığı yüksek bir üniversite olarak yer almıştır. Buna göre mühendislik alanında yapılacak bir çalışmada bu 3 üniversitenin iş birliği yapması ile ağ içerisinde bilgi kısa sürede yayılabilecektir. Bu sonuçtan yola çıkarak, yakınlık merkeziliği analizlerinin özellikle akademik iş birliği ağlarında yeni kurulacak etkili iş birliklerinin belirlenmesinde önemli rol oynayacağı düşünülmektedir.

Arasındalık merkeziliği değerlendirildiğinde, Hakkâri ve Bitlis Eren Üniversiteleri ön plana çıkmaktadır. Bir ağda arasındalık merkeziliği yüksek olan düğümler o ağda köprü görevi görmektedir. En kısa yol üzerinden geçen bağlantı sayısına göre hesaplandığından bu düğümler; ağda birbiriyle bağlantısı olmayan diğer düğümlerin iletişim kurmasında etki olabilmektedir. Bu ölçütte yol uzunluğu önemli değildir. Düğümün kaç kısa yol üzerinde kaldığı bilgisinden yararlanılarak hesaplanır. Bu ağda merkezilik ölçütü hesaplanırken ağırlık bilgisinden de yararlanıldığından Hakkâri Üniversitesi arasındalığı en yüksek üniversite olmuştur. Dolayısıyla konum itibariyle de önemli düğümler arasına girmiştir.



Şekil 5.8 : Doğu Anadolu Bölgesi derece ve öz vektör merkeziliği iş birliği ağı.



Şekil 5.9 : Doğu Anadolu Bölgesi yakınlık ve arasındalık merkeziliği iş birliği ağı.

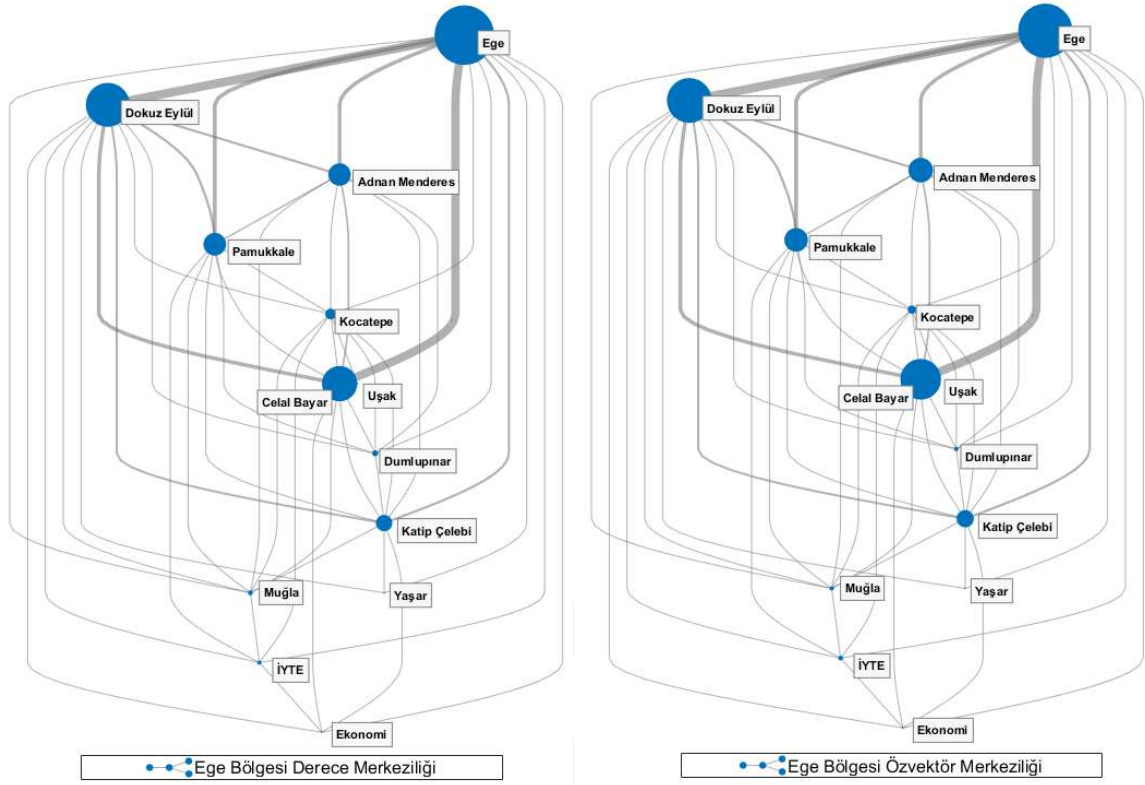
Genel merkezilik ölçütlerine bakıldığında, özellikle öz vektör merkeziliğine göre Ardahan Üniversitesi bu bölgesel ağda geri planda kalmıştır. Hem bağlantı sayısı ağına göre çok düşük; hem de bu bağlantılar ağda önemli düğümlerle kurulmamıştır. Akademik iş birliği anlamında mühendislik alanındaki çalışmalarda Ardahan Üniversitesinin pasif kaldığını, merkezilik analizleri göstermektedir.

Sonuç: Ege Bölgesi'nde 13 tane üniversite bulunmaktadır. Bu üniversitelerdeki araştırmacıların, 1980-2015 yılları arası WOS'da '13169' tane tıp alanında çalışması yer almaktadır. Ağda ortak yayını bulunmayan üniversite yoktur. Yani bölgedeki tüm üniversiteler ortak en az bir yayın çıkarmıştır. Bu çalışmalardan bölgesel tabanlı iş birliği ağı kurulup, merkezilik ölçütleri hesaplanmıştır. Hesaplanan merkezilik değerleri Çizelge 5.4'de verilmektedir.

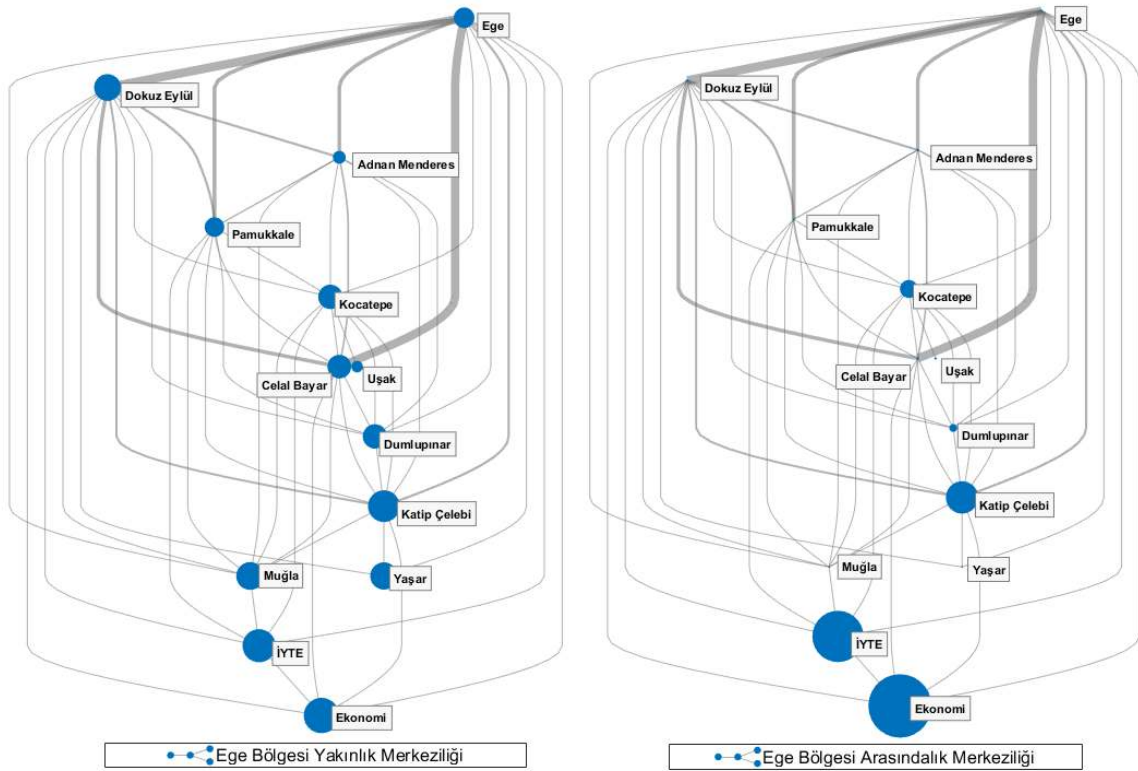
Çizelge 5.4 : Ege Bölgesi tıp alanı merkezilik ölçütleri.

Üniversite	Derece Merkeziliği	Yakınlık Merkeziliği	Arasındalık Merkeziliği	Öz Vektör Merkeziliği
Ege	738	0.013514	0	0.24505
Dokuz Eylül	540	0.017857	0	0.20123
Adnan Menderes	269	0.008064	0	0.10798
Pamukkale	271	0.012821	0	0.10314
Kocatepe	122	0.016129	11	0.03261
Celal Bayar	431	0.015625	0	0.18219
İYTE	38	0.022222	33	0.01675
Dumlupınar	59	0.016129	4.33	0.01465
Kâtip Çelebi	191	0.021277	20.5	0.07402
Muğla	48	0.018519	0.66	0.01502
Yaşar	7	0.018182	0.50	0.00327
Ekonomi	9	0.023810	41	0.00357
Uşak	7	0.007194	0	0.00051

Şekil 5.10 ve Şekil 5.11’ de Ege Bölgesi tıp alanı AİA’nın görselleri verilmektedir.



Şekil 5.10 : Ege Bölgesi derece ve öz vektör merkeziliği iş birliği ağı.



Şekil 5.11 : Ege Bölgesi yakınlık ve arasındalık merkeziliği iş birliği ağı.

Değerlendirme: Bölüm 5.3.2’deki istatistiklerde göstermektedir ki Ege Bölgesi, bölgesel iş birliği analizinde ön plana çıkan bölgelerdendir.

Çizelge 5.4’e göre bu bölgesel ağda Ege, Dokuz Eylül ve Celal Bayar Üniversiteleri iş birliği ve yayın sayısı ile merkezi konumdadır. Doğu Anadolu Bölgesi sonuçlarına kıyasla hem ağdaki toplam yayın sayısı hem de üniversite başına düşen ortak yayın sayısı fazla olduğundan akademik iş birliği anlamında güçlü bir ağ olduğu görülmektedir.

Farklı merkezilik değerlerinin ağlardaki etkisine, bu bölgesel ağdaki arasındalık ve yakınlık merkeziliği analizleri örnek teşkil etmektedir. Şekil 5.11 de görüleceği üzere, normalde merkezi konumda bulunan ve birbirleri ile de iş birliği oranı yüksek olan ilk üç üniversitenin farklı merkezilik değerlerinde ağdaki önem sıraları değişmiştir. Ege Üniversitesi üzerinden incelenecek olursa; derece merkeziliği ve öz vektör merkeziliğinde ilk sırada yer alırken, yakınlık merkeziliğinde bu öneminin düştüğü, arasındalık merkeziliğinde ise 0 değeri ile tamamen kaybedildiği görülmektedir. Yani Ege Üniversitesi bu ağda köprü görevi gören üniversiteler arasında yer almamaktadır. Dolayısıyla bilgi akışını kontrol etmede etkili değildir. Ekonomi Üniversitesi için ise tam tersi durum geçerlidir. Derece merkeziliği yani yayın sayısı ile merkezi düğümler arasına girememişken, diğer düğümlerin arasında olma durumu ile önemli düğümler arasına girebilmiştir.

5.4.2 Çalışma Alanı Bazında Merkezilik Ölçütleri

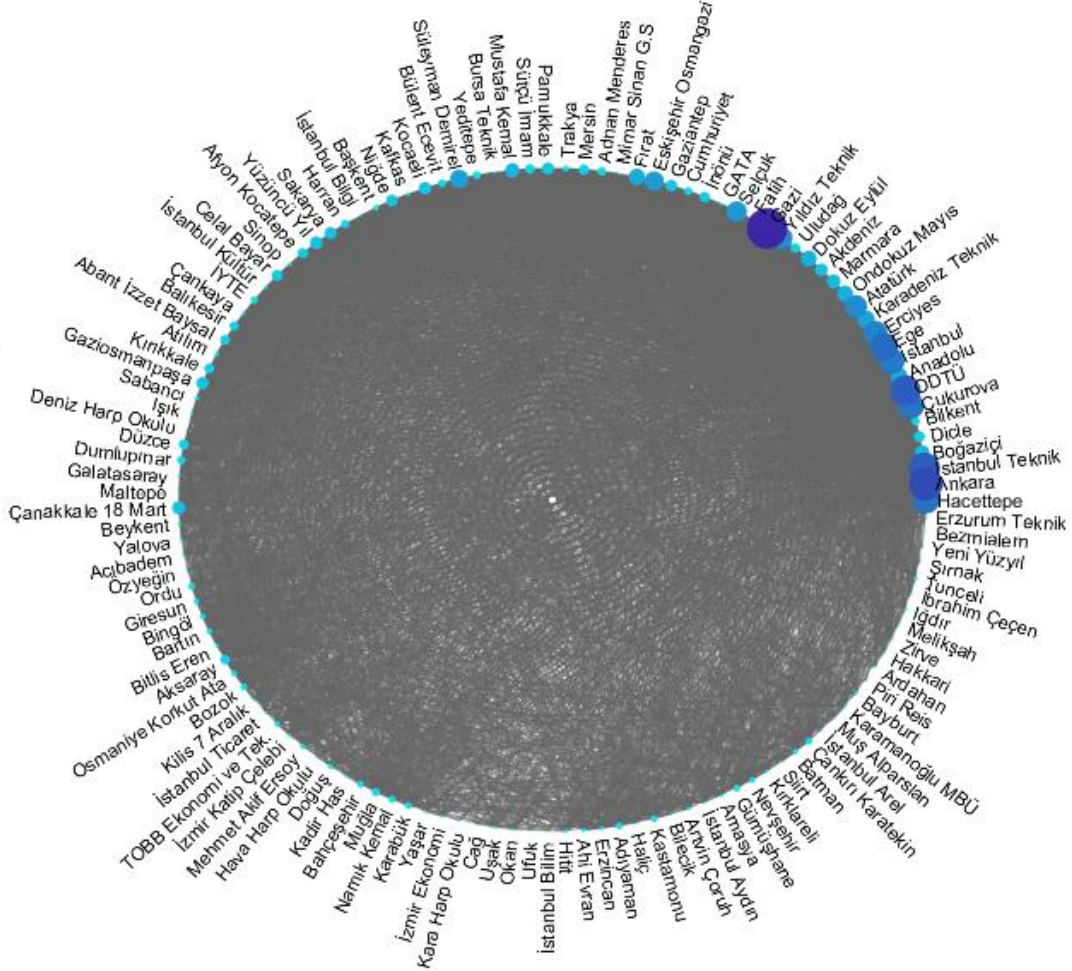
1980-2015 yılları arası WOS’da yer alan Türkiye’nin 131 devlet ve vakıf üniversitesindeki araştırmacıların yaptıkları çalışmalardan oluşturulan iş birliği ağlarının merkezilikleri, WOS çalışma kategorisine göre yapılan alan sınıflandırmasıyla mühendislik, tıp, sosyal ve beşerî bilimler olarak bu bölümde incelenmektedir.

İş birliği ağları oluşturulurken derece merkeziliğine göre koyudan açığa renklendirilmiştir. Düğüm boyutları da bu merkezilik ölçütüne uygulanan normalizasyon ile belirlenmiştir. Ağda ön plana çıkan üniversiteler çeşitli üniversitelerle yaptığı ortak yayın sayısı toplamı en yüksek olan üniversitelerdir.

Görseller oluşturulurken üniversiteler arası bağlantılar için, ağırlıkları olan ortak yayın sayısına uygulanan normalizasyon ile ayrıt kalınlığı belirlenmiştir. Oluşan sosyal ağlar yoğun komşuluk ilişkisi içerdiğinden güçlü akademik iş birliği ağlarıdır.

Sonuç: Şekil 5.12’de Türkiye üniversitelerinin ilgili yıllarda mühendislik alanındaki çalışmalarından oluşan iş birliği ağı verilmektedir.

Ağda, Bezmialem Vakıf Üniversitesi hariç tüm üniversiteler en az bir ortak yayın çıkarmıştır. Ayrıt yoğunluğundan da görüldüğü üzere iş birliği oranı yüksektir.

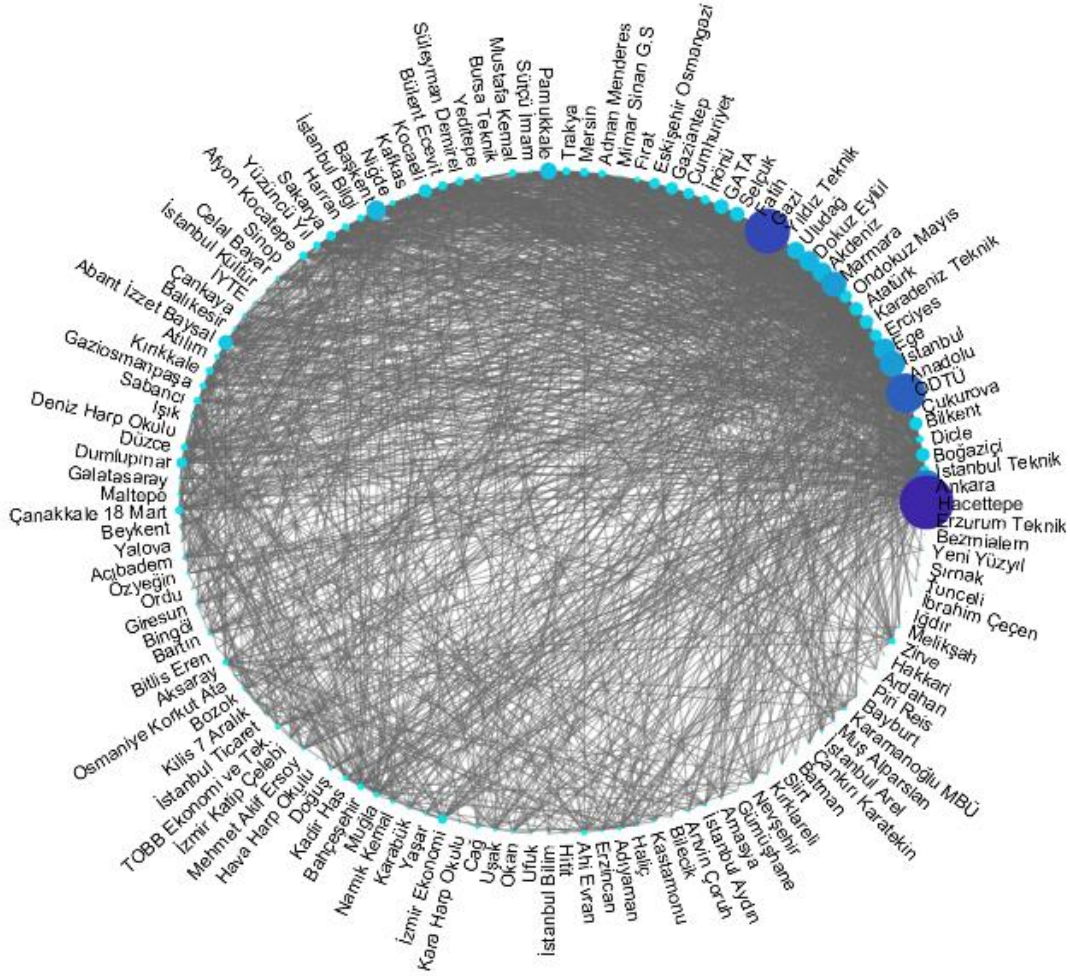


Şekil 5.12 : Mühendislik alanı Türkiye verisi iş birliği ağı.

Mühendislik alanı iş birliği ağı için hesaplanan merkezilik değerleri Ek A’da yer alan Çizelge A.1’de tablo halinde verilmektedir. Buna göre Gazi, Ankara ve İstanbul Teknik Üniversiteleri derece merkeziliği en yüksek olan üniversitelerdendir.

Öz vektör merkeziliğine göre bazı düğümlerin merkezilik sıralaması değişmektedir. Bu ağda bazı üniversiteler, bağlantı sayısı ağı oranla yüksek olmamasına rağmen ortak yayınlarını; derece merkeziliği yüksek üniversiteler ile yaptığından, merkezi konumda bulunmaktadır. Örneğin; Selçuk ve Erciyes Üniversiteleri bu ağda öz vektör merkeziliğiyle ön plana çıkan üniversiteler arasındadır.

Şekil 5.14’de araştırmacıların sosyal-beşerî bilimler alanlarında yaptıkları ortak çalışmalarından kurulan iş birliği ağının görseli verilmektedir.



Şekil 5.14 : Sosyal ve Beşerî Bilimler alanı Türkiye verisi iş birliği ağı.

Sosyal ve beşerî bilimler alanında yapılan ortak yayın sayısı; tıp-mühendisliğe göre daha azdır. Bu durum görseldeki ayrıtlardan da görülmektedir. Çünkü maximum ağırlığa yani ortak yayın sayısına göre normalizasyon uygulanarak ayrıt kalınlığı belirlenmiştir. Hacettepe, Gazi ve ODTÜ Üniversiteleri sosyal-beşerî bilimler alanında ortak yayınlarıyla ön plandadır. Ek C’de yer alan Çizelge C.1’deki sosyal-beşerî bilimler iş birliği ağı merkezilik tablosundaki bulgulara göre öz vektör merkeziliğinde; bu üniversiteler dışında ortak yayınlarını çoğunlukla merkezi üniversitelerle yapan Başkent Üniversitesinin de merkezi konuma geldiği görülmektedir.

Değerlendirme: Yakınlık merkeziliği değerleri; tüm Türkiye verisi üzerinden kurulan mühendislik, tıp ve sosyal beşerî bilimler ağlarının üçünde de ortak yayını olmayan ya da ağına göre düşük bir oranda olan üniversiteler hariç birbirine çok yakın takip etmektedir.

Dolayısıyla bu merkezilik değeriyle ön plana çıkan herhangi üniversite bulunmamaktadır. Ağdaki düğümlerin birbirine yakınlığı ile ilgilenen yakınlık merkeziliğinde; yol uzunluğu önemlidir. Bu ağlarda iş birliği oranı yüksek olduğundan, ağdaki üniversitelerin birbirine yakınlıkları aynı seviyelerdedir. Hem ortak yayın sayısı hem de ortak yayın yapılan üniversite çeşitliliği fazla olduğundan üniversitelerin birbirine ulaşabilirliği artmaktadır. Bu da bu ağda, bölgesel iş birliği ağlarından farklı olarak herhangi bir üniversitenin, bilgiyi kısa sürede yayabilme kapasitesine sahip olabileceğini göstermektedir. Ayrıca bu durum yakınlık merkeziliğinin ağın büyüklüğünden bağımsız düşünülemeyeceğini de göstermektedir.

Arasındalık merkeziliğine göre; ağda çeşitli üniversiteler merkezi durumdadır. Arasındalık; bir üniversitenin kaç tane en kısa yol üzerinde bulunduğuyula ilgilendiğinden; bölge bölge farklı üniversitelerin arasındalığının yüksek olduğu görülmektedir. Bu merkezilik ölçütü yüksek düğümler ağda köprü görevi gördüğünden; aynı zamanda bilgi akışını da kontrol edebilmektedir. Bu ölçüte göre özellikle mühendislik ve tıp alanındaki iş birliği ağlarında vakıf üniversitelerinin de köprü görevi gören üniversiteler arasında bulunduğu görülmektedir.

Bölgesel iş birliği ağlarında; yakınlık ve arasındalık merkeziliğine göre genelde aynı üniversiteler ön plana çıkarken; bu iki ölçütün hesaplanmasındaki en belirgin fark olan yol uzunluğunun önemi, tüm Türkiye verisi ile 3 farklı çalışma alanına göre oluşturulan ağlarda gözlemlenmektedir.

5.5 Baskın Üniversitelerin Belirlenmesi

Uygulamanın bu aşamasında; bölgesel, alan sınıflandırılmalı ve tüm verileri içeren sosyal ağlarda hâkim olan düğüm veya düğümlerin belirlenmesi hedeflenmektedir. Ağın, bir akademik iş birliği ağı olması sebebiyle, baskınlık tespitinin önemli bir analiz ölçütü olduğu düşünülmektedir. Çünkü bir ağda hâkim olan düğümler; o ağda yapılacak çalışmalar için önemli düğümler olacaktır. Örneğin; mühendislik alanındaki çalışmalardan oluşan sosyal akademik iş birliği ağında, ağa hâkim olan üniversitelerin bilinmesi hem ileride iş birliği oranının artırılmasında hem de o ağ içerisinde pasif kalan üniversitelerle iletişimin sağlanmasında etkili olabilecektir. Ayrıca bu üniversiteler ağı yönlendirme konusunda da öncü üniversiteler olacaktır.

Kullanılan algoritmada; üniversiteler arası ortak yayın ilişkisinden yararlanılmaktadır. DS, temel olarak V düğüm kümesinin yani ağda yer alan üniversite kümesinin bir alt kümesidir ki bu alt kümede yer alan her bir elamanın, alt kümede olmayan elemanlarla en az bir bağlantıya sahip olması gerekmektedir. Öncelikle bu tanıma uygun olarak ağda yer alan baskın üniversiteler belirlenmiştir. Birden fazla üniversitenin baskın olduğu durumlarda CDS, yani baskın üniversitelerin birbiri ile bağlantılı olma durumu incelenmektedir. Çünkü özellikle Türkiye'nin tüm verisini içeren 131 üniversite bilgisiyle yapılan baskın set analizinde, iş birliği içinde bulunan üniversite sayısı fazla olduğundan ağdan birçok farklı baskın küme çıkabilecektir. Böylesi durumlar için baskın üniversiteler belirlenirken aşağıdaki maddeler dikkate alınmaktadır:

1. Baskın düğüm kümesinde yer alan elemanların birbirine bağlı olması durumu.
2. Birbirine bağlı olanlar arasından en az elemana sahip olanlar belirlenerek, literatürde MCDS olarak geçen kümenin tespit edilmesi.

Yukarıda sözel olarak tanımı verilen ve Matlab'da yazılan bu algoritma, çizgenin düğüm kümesi, komşuluk matrisi ve toplam düğüm sayısını parametre olarak almaktadır. Ve sonuç olarak tablo şeklinde baskın üniversiteler kümesini vermektedir.

Bu bölümde baskın üniversite tespitinde verinin üç ayrı şekilde kategorilendirilmesiyle sonuçlar tablolar halinde sunulmaktadır.

1. Mühendislik, tıp ve sosyal-beşerî bilimler alanlarında 7 bölge için sonuçlar.
2. Mühendislik, tıp ve sosyal-beşerî bilimler alanlarında tüm Türkiye verisi sonuçları.
3. Alan ayrımı olmaksızın tüm Türkiye verisi sonuçları.

Yapılan analiz sonuçlarına göre; iş birliğinin belli üniversiteler üzerinden sağlandığı ağlarda, daha az sayıda üniversitenin ağda baskın olduğu görülmektedir. Hatta bölgesel anlamda incelendiğinde tek üniversitenin bile ağa hâkim olabildiği görülmektedir. Bu tek üniversite, ağdaki diğer tüm üniversitelerle en az bir ortak yayına sahip olduğundan, ağdaki hâkimiyeti de sağlamaktadır. Zaten bölgesel anlamda iş birliği oranları, merkezilik ölçütleri incelemesinde de görüldüğü üzere yoğun olabilmektedir. Aynı bölgede yer alan yani birbirine yakın araştırmacıların ortak yayın yapma olasılığının daha fazla olacağı öngörülmektedir.

Alan kategorine göre tüm Türkiye verisi üzerinden yapılan analizlerde, baskın üniversite sayısının arttığı görülmektedir. Çünkü spesifik bir alan üzerinden tüm Türkiye verisi incelendiğinden; belirlenen alt küme içerisindeki elemanların, en az bir ortak yayını bulunan tüm üniversitelerle bağlantılı olması gerekmektedir. Bu da bu kümedeki eleman sayısını arttırmaktadır.

5.5.1 Bölgesel bazda baskınlık tespiti

Çizelge 5.5’te mühendislik alanında yapılan çalışmalardan kurulan, bölgesel iş birliği ağlarının analizi sonucu belirlenen baskın üniversiteler verilmektedir.

Mühendislik alanında her bölge için tek üniversite ağı hâkim durumunda olabilmektedir. Çünkü bu üniversitelerin ağda hiç ortak yayını bulunmayan, yani ağı dâhil olamayan üniversiteler hariç her üniversiteyle en az bir bağlantısı bulunmaktadır. Ayrıca bu üniversitelerin çoğu, merkezilik analizinde öne çıkan, bulundukları konum itibarıyla ağda önemli düğümler arasında yer alan merkezi düğümlerdir. Örneğin; Doğu Anadolu Bölgesi için Atatürk Üniversitesi ağı derece ve öz vektör merkeziliği ile önemli konumda yer alan bir üniversitedir. Dolayısıyla bu üniversitenin mühendislik alanında yapılacak iş birliklerinde etkin olarak yer alma ve ağını yönlendirme etkisi bulunmaktadır.

Çizelge 5.5 : Mühendislik alanı baskın üniversiteler.

Bölge	Baskın Üniversiteler
Doğu Anadolu Bölgesi	Atatürk Üniversitesi
İç Anadolu Bölgesi	Gazi Üniversitesi
Karadeniz Bölgesi	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Akdeniz Bölgesi	Sütçü İmam Üniversitesi
Ege Bölgesi	Ege Üniversitesi
Marmara Bölgesi	İstanbul Üniversitesi
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	Gaziantep Üniversitesi

Tıp alanında bölgesel olarak baskın üniversitelerin birden fazla olabildiği Çizelge 5.6’da verilen sonuç tablosunda görülmektedir.

Tıp alanında baskın üniversitelerin belirlenmesinde, baskın kümeden yer alan üniversitelerin birbiri ile bağlantılı olma durumu önem taşımaktadır. Çünkü Ege ve Doğu Anadolu Bölge’leri hariç diğer bölgelerde, tek üniversitenin hâkim olmadığı durumlar oluşmuştur.

Ayrıca bu sonuçlara göre bölge ve üniversiteler değişmediği halde; ağa hâkim üniversitelerin çalışma kategorisine göre değişebileceği de görülmektedir. Örneğin, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde mühendislik alanında Gaziantep öne çıkarken; tıp alanında Dicle ve Adıyaman Üniversiteleri hâkim durumundadır. Bu da sosyal ağ analizi çalışmaları yapılırken; üzerinde çalışılacak ağa göre doğru kategorilendirmelerle daha anlamlı sonuçlar üretilebileceğini göstermektedir.

Çizelge 5.6 : Tıp alanı baskın üniversiteler.

Bölge	Baskın Üniversiteler
Doğu Anadolu Bölgesi	Atatürk Üniversitesi
İç Anadolu Bölgesi	Hacettepe Üniversitesi Gazi Üniversitesi
Karadeniz Bölgesi	On dokuz Mayıs Üniversitesi Karadeniz Teknik Üniversitesi
Akdeniz Bölgesi	Çukurova Üniversitesi Akdeniz Üniversitesi
Ege Bölgesi	Ege Üniversitesi
Marmara Bölgesi	İstanbul Üniversitesi Marmara Üniversitesi
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	Dicle Üniversitesi Adıyaman Üniversitesi

Çizelge 5.7'de sosyal-beşerî bilimler alanında bölgesel ağlardan belirlenen baskın üniversiteler verilmektedir. Sosyal-beşerî bilimler alanında WOS'da yer alan çalışmalardan kurulan ağda, yayın sayısı ve iş birliği oranı mühendislik ve tıpa göre daha düşüktür. Bu da bazı bölgelerde daha fazla üniversitenin baskın düğüm kümesine dâhil olmasına, bazılarında ise tam tersi duruma sebep olmaktadır. Bu etkiyi inceleyecek olursak, Marmara Bölgesi'nde toplam 42 üniversite yer almaktadır. Baskınlık analizinde, bu üniversitelerden en az bir ortak yayını bulunan tüm üniversitelerle, bağlantısı olan 4 elemanlı bir MCDS belirlenmiştir. Bu durum, ağda yer alan üniversitelerin, iş birliğine katılım oranlarının düşük olmasından ve iş birliğinin genelde belirli üniversiteler arasında sağlanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde tek üniversite baskındır fakat bu durum da bölgede yer alan 9 üniversiteden sosyal-beşerî bilimler alanında ortak yayını bulunan 6 üniversite olmasından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 5.7 : Sosyal-Beşerî bilimler alanı baskın üniversiteler.

Bölge	Baskın Üniversiteler
Doğu Anadolu Bölgesi	Atatürk Üniversitesi Fırat Üniversitesi
İç Anadolu Bölgesi	Hacettepe Üniversitesi Ankara Üniversitesi
Karadeniz Bölgesi	On dokuz Mayıs Üniversitesi Abant İzzet Baysal Üniversitesi Karadeniz Teknik Üniversitesi
Akdeniz Bölgesi	Çukurova Üniversitesi Akdeniz Üniversitesi Mersin Üniversitesi
Ege Bölgesi	Dokuz Eylül Üniversitesi Ege Üniversitesi
Marmara Bölgesi	Boğaziçi Üniversitesi İstanbul Üniversitesi Marmara Üniversitesi Yıldız Teknik Üniversitesi
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	Gaziantep Üniversitesi

5.5.2 Alan kategorisine göre baskınlık tespiti

Bu bölümde baskınlık analizi Türkiye'nin tüm verisi üzerinden alana göre incelenmektedir. 131 tane devlet ve vakıf üniversitesinin düğüm olarak yer aldığı akademik iş birliği ağlarından; fen bilimleri, sağlık bilimleri ve sosyal bilimleri temsil edebilecek alanlar seçilerek baskın üniversiteler tespit edilmiştir.

Belirlenen baskın üniversiteler incelendiğinde hem bölgesel anlamda hem alan sınıflandırmasıyla devlet üniversiteleri ön plana çıkmaktadır. Ayrıca özellikle tıp ve sosyal-beşerî bilimler alanlarında çoğunlukla kendi coğrafi bölgesinde baskın olan üniversiteler, tüm Türkiye içerisinde de baskın düğümler kümesinde yer almaktadır.

Mühendislik alanındaki sonuçlar, bölgesel sonuçlara göre farklılık göstermektedir. Bu durumun bölge içerisindeki bazı üniversitelerin, kendi bölgesi dışında üniversitelerle daha fazla ortak yayın çalışması yapmasından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 5.8’de alan kategorisine göre, tüm Türkiye üniversitelerine uygulanan algoritma sonucu belirlenen baskın üniversiteler verilmektedir.

Çizelge 5.8 : Alan kategorisine göre Türkiye verisi baskın üniversiteler.

Çalışma Alanı	Baskın Üniversiteler
Mühendislik	Ankara Üniversitesi İstanbul Teknik Üniversitesi Orta Doğu Teknik Üniversitesi İstanbul Üniversitesi Erciyes Üniversitesi Gazi Üniversitesi
Tıp	Hacettepe Üniversitesi Ankara Üniversitesi İstanbul Üniversitesi Marmara Üniversitesi Atatürk Üniversitesi 19 Mayıs Üniversitesi 9 Eylül Üniversitesi Gazi Üniversitesi
Sosyal-Beşerî Bilimler	Hacettepe Üniversitesi Ankara Üniversitesi Orta Doğu Teknik Üniversitesi İstanbul Üniversitesi Ege Üniversitesi Karadeniz Teknik Üniversitesi 19 Mayıs Üniversitesi Marmara Üniversitesi Gazi Üniversitesi Başkent Üniversitesi

5.5.3 Türkiye üniversiteleri baskınlık tespiti

Herhangi bir kategorilendirme yapılmadan Türkiye’deki 131 devlet ve vakıf üniversitesine ait akademik verilerden yapılan baskınlık tespitinin sonuçları Çizelge 5.9’da verilmektedir. Sonuçlar incelendiğinde; çizelgede yer alan üniversitelerin tıp, mühendislik ve sosyal-beşerî bilimler gibi alanlarda baskın olan üniversiteler içerisinde olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.9 : Türkiye baskın üniversiteler.

Bölge	Baskın Üniversiteler
Tüm Türkiye	Ankara Üniversitesi İstanbul Teknik Üniversitesi Orta Doğu Teknik Üniversitesi İstanbul Üniversitesi

Ayrıca Şekil 5.7’de verilen grafikte yer aldığı üzere en yüksek yayına sahip ilk 5 üniversite içerisinde bu üniversiteler yer almaktadır. Yayın başına düşen yazar sayısı incelendiğinde İstanbul Üniversitesi geri planda olsa da uygulanan algoritma sonucu bu ağda baskın üniversiteler arasına girmiştir. Bu da tüm Türkiye ağı içerisinde, merkezi konumda yer almasından ve ağda birçok üniversite ile en az bir de olsa ortak yayını bulunmasından kaynaklanmaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gerçek dünya ağlarından oluşan sosyal ağların, modellenmesi ve analizi ile hızla büyüyen ve gelişen veri üzerinden anlamlı sonuçlar üretilebilmekte ve karşılaşılabilecek problemlere çözümler sunulabilmektedir. Dolayısıyla bu ağların analizi için etkili algoritmaların üretilmesi ve uygulanması önem taşımaktadır. Çizge teorisi, sosyal ağ analizinde sıklıkla kullanılan yöntemlerdendir. Euler'in çözümünden günümüze kadar çeşitli ağ analizi çalışmalarında kullanıldığı bu çalışmada yapılan literatür taramasından da görülmektedir. Baskın düğüm tespiti çalışmaları da bu tarama içerisinde geniş bir alan tutmaktadır.

Bu tez çalışması genel anlamıyla bir sosyal ağ analizi çalışmasıdır. Çalışmayı iki ayrı yönüyle ele alacak olursak; gerçek dünya verisinden oluşan bir akademik iş birliği ağı kurulup istatiki olarak yorumlanmış ve üzerinde merkezilik analizleri yapılarak literatürde daha önce birçok algoritma önerilen ve henüz optimal bir sonucu olmayıp yaklaşık çözümler sunulan çizge problemlerinden olan minimum bağlı baskın düğüm seti tespiti uygulaması yapılmıştır. Bölgesel bazda ve çalışma alanına göre elde edilen sonuçlar uygulanan algoritmanın etkinliğini göstermektedir.

İstatiki analiz sonucunda Türkiye akademik verisi üzerinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Mühendislik, tıp ve sosyal beşerî bilimler alanlarındaki çalışmalar %62'lik bir orana sahiptir. Bu durum Bölüm 5'deki merkezilik ve baskınlık sonuçlarından görüleceği üzere 131 üniversiteli iş birliği ağını etkilemektedir.
- Yıllar ilerledikçe yayın sayıları oranlarında, çalışma kategorilerine dağılmış olarak özellikle 2008-2015 arası ciddi bir artış yaşanmıştır. Bu da göstermektedir ki, iş birliğinin artması akademik dünyaya olan katkıları da olumlu etkilemiştir.
- Aynı alanda çalışma yapan araştırmacılardan coğrafi olarak yakın üniversitelerdekiler daha fazla iş birliği içerisinde.

Merkezilik ölçütleri bu ağda, farklı büyüklükte ağ grupları için ayrı ayrı incelenmiştir. Çünkü coğrafi yakınlık, ortak çalışma alanı durumları düşünüldüğünde sadece tüm Türkiye için hesaplanacak sonuçların akademik iş birliği değerlendirmesi ve baskın üniversitelerin tespiti için yetersiz olduğu düşünülmüştür. Bölüm 5.4'de merkezilik hesabı için uygulanan algoritma ve üretilen sonuçların değerlendirilmesi detaylıca verilmektedir.

Merkezilik analizlerinden, aynı düğümlerin farklı ağ grupları içerisinde öneminin, dolayısıyla ağda ön planda olma durumunun değişeceği sonucuna ulaşılmıştır.

Akademik verilerden oluşan bu ağda, yoğun bir komşuluk ilişkisi söz konusudur. Dolayısıyla burada yapılan baskınlık analizinde Bölüm 5.5’ de anlatılan yöntemle minimum bağlı baskın seti bulmaya odaklanılmıştır. Çünkü özellikle Türkiye’deki tüm üniversitelerden kurulan akademik iş birliği ağlarında; birden fazla bağlı baskın set olabildiği gözlemlenmiştir. Bölgesel ayırım gibi kategorilendirmede ise ağ büyüklüğü daha az olduğundan tek bir düğümün ağa hâkim olabildiği görülmüştür.

Üretilen sonuçlara göre kuruluşu itibariyle daha eski üniversiteler, Türkiye akademik iş birliği ağını domine etmede önemli rol oynamaktadır. Ayrıca alan ve bölgesel ayrımlarla üretilen sonuçlardan faydalanılarak, ileride araştırmacıların alanına göre bu üniversitelerdeki meslektaşları ile ortak yürüteceği çalışmaların hem üniversitelerinin ağdaki durumunu etkileyebileceği hem de bir ülkenin gelişmişlik düzeyinde kilit rolü olan akademik dünyaya verimli çalışmalar kazandırabileceği düşünülmektedir.

Bu tez çalışmasından yola çıkarak ileride; yakınlık, arasındalık, öz vektör vb. farklı merkezilik ölçütlerini düğüm ağırlığı olarak kabul eden minimum ağırlıklı baskın düğüm kümesini tespit etme ve akademik iş birliği ağlarındaki etkisini inceleme çalışmaları yapılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Digital Report** (2019). We Are Social & Hootsuite. Retrieved from <https://wearesocial.com/global-digital-report-2019>
- [2] **Wasserman, S. & Faust, K.** (1994). *Social Network Analysis: Methods and Applications*, pp.3-27 (*Structural Analysis in the Social Sciences*) -Cambridge University Press 1994.
- [3] **Tabassum, S., Pereira, F. S. F., Fernandes, S., & Gama, J.** (2018). Social network analysis: An overview. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 8(5) e1256, <https://doi.org/10.1002/widm.1256>
- [4] **Euler, L.** (1736). Solutio problematis and geometrian situs pertinentis. *Comentarii Academiae Scientiarum Petropolitanae*, 8(1741), 128–140. <https://doi.org/002433.d/232323>
- [5] **Seker, S. E.** (2015). Çizge Teorisi (Graph Theory). *YBS Ansiklopedi*, 2(2), 17-29.
- [6] **Moreno, J. L.** (1941). Foundations of Sociometry: An Introduction. *Sociometry*, 4(1), 15-35. <https://doi.org/10.2307/2785363>
- [7] **Zitnik, M., Sosič, R., Feldman, M. W., & Leskovec, J.** (2019). Evolution of resilience in protein interactomes across the tree of life. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(10), 4426–4433. <https://doi.org/10.1073/pnas.1818013116>
- [8] **Barthélemy, M.** (2011). Spatial networks. *Physics Reports*, 499(1–3), 1–101. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2010.11.002>
- [9] **Küçükçiftçi S.** (2003). Çizge Teorisi. *Matematik Dünyası (Çizgeler özel sayısı)*, 12(3), 13–24.
- [10] **Rual, J. F., Venkatesan, K., Hao, T., Hirozane-Kishikawa, T., Dricot, A., Li, N., ... Vidal, M.** (2005). Towards a proteome-scale map of the human protein-protein interaction network. *Nature*, 437(7062), 1173–1178. <https://doi.org/10.1038/nature04209>
- [11] **Chakraborty, A., Dutta, T., Mondal, S. & Nath, A.** (2018). Application of Graph Theory in Social Media. *INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTER SCIENCES AND ENGINEERING*. 6, 722-729. DOI: 10.26438/ijcse/v6i10.722729
- [12] **Niewiadomska-Szynkiewicz, E.** (2012). Application of Social Network Analysis to the Investigation of Interpersonal Connections. *Journal of Telecommunications and Information Technology*, 2012(2), 81-89.
- [13] **Valverde-Rebaza, J. & Lopes, A.** (2012). Structural Link Prediction Using Community Information on Twitter. *Proceedings of the 2012 4th International Conference on Computational Aspects of Social Networks, CASoN 2012*.

- [14] **Iyer, V.** (2019). Link Prediction in a Social Network: My approach for Facebook's user recommendation contest. Retrieved from <https://medium.com/@vgnshiye/link-prediction-in-a-social-network-df230c3d85e6>
- [15] **Tang, J., Chang, S., Aggarwal, C. C. & Liu, H.** (2014). Negative Link Prediction in Social Media. *WSDM 2015 - Proceedings of the 8th ACM International Conference on Web Search and Data Mining*. DOI: 10.1145/2684822.2685295.
- [16] **Gençer, M.** (2017). Sosyal Ağ Analizi Yöntemlerine Bir Bakış. *Yıldız Social Science Review*, 3(2), pp. 20. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/yssr/issue/33542/334638>
- [17] **Freeman, L. C.** (1978-1979). Centrality in social networks conceptual clarification. *Social Networks*, 1(3), 215–239. [https://doi.org/10.1016/0378-8733\(78\)90021-7](https://doi.org/10.1016/0378-8733(78)90021-7)
- [18] **Wasserman, S., Faust K.** (1994). *Social Network Analysis_ Methods and Applications, pp.169-215 (Structural Analysis in the Social Sciences)* -Cambridge University Press.
- [19] **Watts, D. J., & Strogatz, S. H.** (1998). Collective dynamics of 'small-world' networks. *Nature*, 393(June), 440–442. <https://doi.org/10.1038/30918>
- [20] **Barabási, A. L., & Albert, R.** (1999). Emergence of scaling in random networks. *Science*, 286(5439), 509–512. <https://doi.org/10.1126/science.286.5439.509>
- [21] **Borgatti, S. P., Mehra, A., Brass, D. J., & Labianca, G.** (2009). Network analysis in the social sciences. *Science*, 323(5916), 892–895. <https://doi.org/10.1126/science.1165821>
- [22] **Krebs, V. E.** (2002). Uncloaking terrorist networks. *First Monday*, 7(4). <https://doi.org/10.5210/fm.v7i4.941>
- [23] **Hou, Y., Xiong, D., Jiang, T., Song, L., & Wang, Q.** (2019). Social media addiction: Its impact, mediation, and intervention. *Cyberpsychology*, 13(1). <https://doi.org/10.5817/CP2019-1-4>
- [24] **Macchion, L., Danese, P., & Vinelli, A.** (2015). Redefining supply network strategies to face changing environments. A study from the fashion and luxury industry. *Operations Management Research*, 8(1–2), 15–31. <https://doi.org/10.1007/s12063-014-0097-6>
- [25] **Bacak, G., Beşeri T.** (2002). Çizge kuramına genel bir bakış. *Matematik Dünyası*, 11(4), 13–18.
- [26] **Arslan, M.** (2014). Web Based Reputation Index of Turkish Universities. *International Journal of E-Education, e-Business, e-Management and e-Learning*, 4(3), 197-203. <https://doi.org/10.7763/ijeeee.2014.v4.330>
- [27] **Gibbons, A.** (1985). *Algorithmic graph theory*. Cambridge University Press 1985, pp. 5

- [28] **Garey, M. R., & Jonhson, D. S.** (1979). *Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness*, pp.35-38
- [29] **Pradesh, A.** (2017-2018). Applications of Graph Theory, *A Project Report (9-11)*. Retrieved from <https://www.slideshare.net/ManiKanta175/graph-theory-and-its-applications>
- [30] **Latapy, M., Magnien, C., & Vecchio, N. Del.** (2008). Basic notions for the analysis of large two-mode networks. *Social Networks*, 30(1), 31–48. <https://doi.org/10.1016/j.socnet.2007.04.006>
- [31] **Kumar, P., & Venugopal, V.** (2016). Link Prediction in the Pinterest Network.
- [32] **Holland, P. W., & Leinhardt, S.** (1971). Transitivity in structural models of small groups. *Comparative Group Studies*, 2(2), 107–124. <https://doi.org/10.1177/104649647100200201>
- [33] **Codal, K. S.** (2016). Sosyal Ağ Türlerinin karşılaştırılmasına ilişkin bir ağ analizi, *AİBÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 16(1), 143–158.
- [34] **Gençer, M.** (2017). Sosyal Ağ Analizi Yöntemlerine Bir Bakış. *Yıldız Social Science Review*, 3(2), 30-31. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/yssr/issue/33542/334638>
- [35] **Bolland, J. M.** (1988). Sorting out centrality: An analysis of the performance of four centrality models in real and simulated networks. *Social Networks*, 10(3), 233-253 [https://doi.org/10.1016/0378-8733\(88\)90014-7](https://doi.org/10.1016/0378-8733(88)90014-7)
- [36] **Costenbader, E., & Valente, T. W.** (2003). The stability of centrality measures when networks are sampled. *Social Networks*, 25(4), 283–307. [https://doi.org/10.1016/S0378-8733\(03\)00012-1](https://doi.org/10.1016/S0378-8733(03)00012-1)
- [37] **Riquelme, F., Gonzalez-Cantergiani, P., Molinero, X., & Serna, M.** (2018). Centrality measure in social networks based on linear threshold model. *Knowledge-Based Systems*, 140(January), 92–102. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2017.10.029>
- [38] **Salman, C.** (2018). *Göreceli Kenar Önemi Metodu (A New Network Centrality Measure: Relative Edge Importance Method)* (Master's thesis). Available from <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> (Tez No. 493925).
- [39] **Musial, K., Kazienko, P., & Bródka, P.** (2009). User position measures in social networks. *Proceedings of the 3rd Workshop on Social Network Mining and Analysis, SNA-KDD '09*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 6, 1–9. <https://doi.org/10.1145/1731011.1731017>
- [40] **Loosemore, M.** (1998). Social network analysis: Using a quantitative tool within an interpretative context to explore the management of construction crises. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 5(4), 315–326. <https://doi.org/10.1108/eb021085>

- [41] **Dorogovtsev, S. N., & Mendes, J. F. F.** (2002). Evolution of networks. *Advances in Physics*, 51(4), 1079–1187. <https://doi.org/10.1080/00018730110112519>
- [42] **Scott, J.** (2000). *Social Network Analysis: A Handbook*. SAGE Publications, pp. 340-370
- [43] **Mika, P.** (2007). *Social Networks and the Semantic Web*, pp. 44
- [44] **Central Intelligence Agency. Exports - Partners. The World Factbook** (2017). Retrieved from: <https://www.cia.gov/library/publications/download/download-2017/index.html>
- [45] **Bolata, S. Ö.** (2018). *Ülkeler Arası İlişki Ağlarının Modellenmesi ve Analizi* (Master's thesis). Available from <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> (Tez No. 542528).
- [46] **Wasserman, S., Faust K.** (1994). *Social Network Analysis: Methods and Applications (Structural Analysis in the Social Sciences)* -Cambridge University Press 1994, pp. 183-188
- [47] **Degenne, A., Forsé, M.** (1999). *Introducing social networks*. Introducing Statistical Methods series, pp. 135-136
- [48] **Borgatti, S. P.** (2005). Centrality and network flow. *Social Networks*, 27(1), 55–71. <https://doi.org/10.1016/j.socnet.2004.11.008>
- [49] **Prell, C.** (2011). *Social Network Analysis: History, Theory and Methodology*, pp. 107-109
- [50] **Bonacich, P.** (1972). Factoring and weighting approaches to status scores and clique identification. *The Journal of Mathematical Sociology*, 2(1), 113–120. <https://doi.org/10.1080/0022250X.1972.9989806>
- [51] **Spizzirri, L.** (2011). Justification and Application of Eigenvector Centrality. *Math. Washington. Edu*. Retrieved from https://www.math.washington.edu/~morrow/336_11/papers/leo.pdf
- [52] **Bonacich, P.** (2007). Some unique properties of eigenvector centrality. *Social Networks*, 29(4), 555–564. <https://doi.org/10.1016/j.socnet.2007.04.002>
- [53] **Tunalı V.** (2016). *Sosyal ağ analizine giriş*. Nobel Akademi Yayıncılık
- [54] **Brin, S., & Page, L.** (2012). Reprint of: The anatomy of a large-scale hypertextual web search engine. *Computer Networks*, 56(18), 3825-3833. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2012.10.007>
- [55] **Ore, O.** (1962) Theory of Graphs. *American Mathematical Society Colloquium Publications*, 38 (American Mathematical Society, Providence, RI), 206-212.
- [56] **Berge, C.** (1958). *Théorie des graphes et ses applications*. Paris: Dunod, pp. 39-44

- [57] **Cockayne, E. J., & Hedetniemi, S. T.** (1977). Towards a theory of domination in graphs. *Networks*, 7(3), 247-261.
<https://doi.org/10.1002/net.3230070305>
- [58] **Guha, S., Khuller, S.** (1998) Approximation Algorithms for Connected Dominating Sets. *Algorithmica* 20, 374–387. <https://doi.org/10.1007/PL00009201>
- [59] **Tosun, M.** (2018). *Telsiz Duyurga Ağlarında ağırlıklı baskın küme algoritmaları* (Master's thesis). Available from <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> (Tez No. 518022).
- [60] **Kelleher, L. L., Cozzens, M. B.** (1988). Dominating sets in social network graphs. *Mathematical Social Sciences*, 16(3), 267-279. [https://doi.org/10.1016/0165-4896\(88\)90041-8.57](https://doi.org/10.1016/0165-4896(88)90041-8.57)
- [61] **Zhu, X., Yu, J., Lee, W., Kim, D., Shan, S., & Du, D.** (2010). New dominating sets in social networks. *Journal of Global Optimization*, 48, 633-642.
- [62] **Du, H., Yuan, C., Yuan, H., Wei, S., & Xu, W.** (2019). Identify Connected Positive Influence Dominating Set in Social Networks Using Two-Hop Coverage. *IEEE Transactions on Computational Social Systems*, 6, 956-967.
- [63] **Chalupa, D.** (2018). An order-based algorithm for minimum dominating set with application in graph mining. *Information Sciences*, 426, 101–116.
<https://doi.org/10.1016/j.ins.2017.10.033>
- [64] **Cockayne, E. J., Dawes, R. M., & Hedetniemi, S. T.** (1980). Total domination in graphs. *Networks*, 10(3), 211–219. <https://doi.org/10.1002/net.3230100304>
- [65] **Haynes, T. W., Hedetniemi, S. T., & Slater, P. J.** (1998). *Fundamentals of Domination in Graphs*. <https://doi.org/10.1201/9781482246582>
- [66] **Haynes, T. W., Hedetniemi, S. T., & Slater, P. J.** (1998). *Domination in graphs: Advanced topics*, 2. <https://doi.org/10.1201/9781315141428>
- [67] **Henning, M. A.** (2009). A survey of selected recent results on total domination in graphs. *Discrete Mathematics*, 309(1), 32–63.
<https://doi.org/10.1016/j.disc.2007.12.044>
- [68] **Jaccard, J., Blanton, H., & Dodge, T.** (2005). Peer influences on risk behavior: An analysis of the effects of a close friend. *Developmental Psychology*, 41(1), 135–147.
<https://doi.org/10.1037/0012-1649.41.1.135>
- [69] **Larimer, M. E., & Cronce, J. M.** (2007). Identification, prevention, and treatment revisited: Individual-focused college drinking prevention strategies 1999-2006. *Addictive Behaviors*, 32(11), 2439–2468.
<https://doi.org/10.1016/j.addbeh.2007.05.006>

- [70] **Wang, F., Camacho, E., & Xu, K.** (2009). Positive influence dominating set in online social networks. *Combinatorial Optimization and Applications. COCOA 2009. Lecture Notes in Computer Science*, vol 5573, 313–321. https://doi.org/10.1007/978-3-642-02026-1_29
- [71] **Wang, F., Du, H., Camacho, E., Xu, K., Lee, W., Shi, Y., & Shan, S.** (2011). On positive influence dominating sets in social networks. *Theoretical Computer Science*, 412(3), 265–269. <https://doi.org/10.1016/j.tcs.2009.10.001>
- [72] **Fink J. F., Jacobson M. S.** (1985). On n-domination, n-dependence and forbidden subgraphs. *Graph theory with applications to algorithms and computer science. John Wiley & Sons, Inc., USA*, 283–300.
- [73] **Wang, G.** (2014). *Domination problems in social networks*. (Master's thesis). Retrieved from https://eprints.usq.edu.au/27867/1/Wang_whole_2014.pdf
- [74] **Zou, F., Wang, Y., Xu, X. H., Li, X., Du, H., Wan, P., & Wu, W.** (2011). New approximations for minimum-weighted dominating sets and minimum-weighted connected dominating sets on unit disk graphs. *Theoretical Computer Science*, 412(3), 198–208. <https://doi.org/10.1016/j.tcs.2009.06.022>
- [75] **Potluri, A., & Singh, A.** (2013). Hybrid metaheuristic algorithms for minimum weight dominating set. *Applied Soft Computing Journal*, 13 (1), 76–88. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2012.07.009>
- [76] **Hedetniemi, S., & Laskar, R.** (1988). A bipartite theory for graphs II, *Congressus Numerantium*, 64, 137-146.
- [77] **Hou, H., Kretschmer, H., & Liu, Z.** (2008). The structure of scientific collaboration networks in Scientometrics. *Scientometrics*, 75(2), 189–202. <https://doi.org/10.1007/s11192-007-1771-3>
- [78] **Kaplan, Z.** (2017). Scientific Collaboration of Turkey with the EU Member States: The Case of Nanotechnology. *Bilgi Sosyal Bilimler Dergisi*, (1), 70–94.
- [79] **Çavuşoğlu, A., & Türker, I.** (2013). Scientific collaboration network of Turkey. *Chaos, Solitons and Fractals*, 57, 9–18. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2013.07.022>
- [80] **İnce, K.** (2018). *Üniversiteler arası akademik iş birliklerinin sosyal ağ olarak modellenmesi ve analiz edilmesi* (Ph.D. Thesis). Available from <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> (Tez No. 502523).

EKLER

EK A: Mühendislik Merkezilik Ölçütleri

Çizelge A.1: Tüm Türkiye Mühendislik Alanı Merkezilik Ölçütleri

Üniversite	Derece Merkeziliği	Yakınlık Merkeziliği	Arasındalık Merkeziliği	Öz Vektör Merkeziliği
'Hacettepe'	1369	0.0037158	70.512	0.033457
'Ankara'	1724	0.0036469	42.326	0.038157
'İstanbul Teknik'	1579	0.0035677	35.953	0.027496
'Boğaziçi'	669	0.0039387	61.427	0.014421
'Dicle'	491	0.0039865	85.874	0.009145
'Bilkent'	367	0.0040689	113.67	0.011379
'Çukurova'	1331	0.0036879	64.319	0.022882
'ODTÜ'	1569	0.0039074	160.16	0.035379
'Anadolu'	796	0.0041723	172.09	0.019391
'İstanbul'	1283	0.0038314	101.22	0.021733
'Ege'	1426	0.0037583	79.749	0.024193
'Erciyes'	1207	0.0034918	41.976	0.022900
'Karadeniz Teknik'	864	0.0038615	77.026	0.012693
'Atatürk'	1111	0.0036879	29.385	0.017245
'On dokuz Mayıs'	763	0.0039705	44.489	0.014214
'Marmara'	656	0.003892	61.662	0.011499
'Akdeniz'	573	0.0040191	85.193	0.013146
'Dokuz Eylül'	757	0.0037872	57.827	0.015199
'Uludağ'	421	0.0039545	95.518	0.007394
'Yıldız Teknik'	1100	0.0036605	43.133	0.021022
'Gazi'	2115	0.0033154	12.865	0.044207
'Fatih'	230	0.0040858	109.1	0.004377
'Selçuk'	998	0.003923	79.728	0.022894
'GATA'	97	0.00412	113.55	0.002672
'İnönü'	479	0.0038314	40.609	0.010069
'Cumhuriyet'	352	0.0039545	58.171	0.008053
'Gaziantep'	533	0.0039865	94.164	0.011121
'Eskişehir Osmangazi'	934	0.0038314	34.948	0.020819
'Fırat'	793	0.0039865	97.493	0.011817
'Mimar Sinan G.S'	30	0.0031662	2.8127	0.000735
'Adnan Menderes'	365	0.0041373	130.72	0.008772
'Mersin'	458	0.003892	73.013	0.011719

Üniversite	Derece Merkeziliği	Yakınlık Merkeziliği	Arasındalık Merkeziliği	Öz Vektör Merkeziliği
'Trakya'	233	0.0039545	73.048	0.003739
'Pamukkale'	559	0.0038018	50.215	0.012450
'Sütçü İmam'	429	0.0038314	84.486	0.007814
'Mustafa Kemal'	681	0.003892	72.888	0.014748
'Bursa Teknik'	57	0.003923	63.157	0.001286
'Yeditepe'	340	0.0038314	63.716	0.008160
'Süleyman Demirel'	907	0.0038464	78.027	0.018389
'Bülent Ecevit'	339	0.0040522	96.764	0.007040
'Kocaeli'	578	0.003892	76.148	0.011018
'Kafkas'	150	0.0041723	126.72	0.002844
'Niğde'	543	0.0040191	94.985	0.012390
'Başkent'	210	0.0040356	142.05	0.006930
'İstanbul Bilgi'	49	0.0036742	31.848	0.001087
'Harran'	369	0.0040356	94.794	0.007826
'Sakarya'	552	0.0041028	132.36	0.010513
'Yüzüncü Yıl'	597	0.003923	49.595	0.013568
'Afyon Kocatepe'	467	0.0039387	47.806	0.011099
'Sinop'	137	0.00412	123.29	0.002860
'Celal Bayar'	498	0.0040858	99.723	0.011245
'İstanbul Kültür'	92	0.0037727	64.575	0.001882
'İYTE'	298	0.0040027	102.19	0.006003
'Çankaya'	101	0.0038018	41.455	0.002944
'Balıkesir'	398	0.0035677	14.275	0.007780
'Abant İzzet Baysal'	431	0.0039074	59.177	0.010285
'Atılım'	184	0.003892	55.239	0.006193
'Kırıkkale'	436	0.0039387	78.372	0.012901
'Gaziosmanpaşa'	582	0.003923	97.132	0.011512
'Sabancı'	184	0.0039074	90.58	0.003637
'Işık'	97	0.0038464	64.214	0.002052
'Deniz Harp Okulu'	20	0.0031359	4.4268	0.000519
'Düzce'	442	0.0038018	83.409	0.009409
'Dumlupınar'	360	0.0040356	111.34	0.008288
'Galatasaray'	58	0.0034309	23.874	0.000929
'Maltepe'	64	0.0037158	43.581	0.001005
'Çanakkale 18 Mart'	622	0.0040689	120.41	0.012442
'Beykent'	101	0.0035806	60.05	0.002143
'Yalova'	88	0.0033379	5.5441	0.001910
'Acıbadem'	83	0.003744	35.878	0.001491

Üniversite	Derece Merkeziliği	Yakınlık Merkeziliği	Arasındalık Merkeziliği	Öz Vektör Merkeziliği
'Özyeğin'	43	0.0033492	8.5578	0.000739
'Ordu'	269	0.0037583	71.132	0.005807
'Giresun'	214	0.0038166	35.978	0.004036
'Bingöl'	214	0.0040191	54.093	0.003290
'Bartın'	227	0.0040522	109.97	0.004547
'Bitlis Eren'	132	0.00412	119.23	0.002081
'Aksaray'	410	0.0040858	101.85	0.011287
'Osmaniye Korkut Ata'	234	0.003923	39.485	0.004742
'Bozok'	268	0.0038464	37.728	0.006462
'Kilis 7 Aralık'	100	0.003923	56.746	0.001997
'İstanbul Ticaret'	91	0.0039074	55.15	0.001770
'TOBB Ekonomi ve Tek.'	224	0.0041028	139.92	0.006638
'İzmir Kâtip Çelebi'	116	0.004208	163.97	0.002225
'Mehmet Akif Ersoy'	202	0.0038166	39.943	0.004499
'Hava Harp Okulu'	56	0.0036469	12.686	0.001259
'Doğuş'	191	0.0034429	10.162	0.003526
'Kadir Has'	72	0.0033379	26.251	0.001499
'Bahçeşehir'	273	0.0038464	98.969	0.004988
'Muğla'	348	0.003923	51.543	0.007815
'Namık Kemal'	294	0.003744	31.031	0.005943
'Karabük'	276	0.0040027	72.054	0.005973
'Yaşar'	75	0.0037583	21.736	0.001481
'İzmir Ekonomi'	84	0.0036201	14.011	0.001991
'Kara Harp Okulu'	13	0.0032284	3.963	0.000364
'Çağ'	22	0.0030021	4.2918	0.000342
'Uşak'	113	0.0038314	34.31	0.002645
'Okan'	92	0.0040027	92.031	0.001835
'Ufuk'	13	0.0032822	4.1387	0.000486
'İstanbul Bilim'	18	0.0032074	3.9729	0.000343
'Hitit'	173	0.0041723	129.34	0.005295
'Ahi Evran'	181	0.003923	60.474	0.005376
'Erzincan'	162	0.0038464	42.475	0.002762
'Adıyaman'	271	0.0041547	104.31	0.005173
'Haliç'	57	0.0038018	56.145	0.001093
'Kastamonu'	272	0.0040689	76.734	0.005885
'Bilecik'	61	0.0032932	4.6065	0.001428
'Artvin Çoruh'	123	0.0041028	99.325	0.001849
'İstanbul Aydın'	64	0.0040689	125.81	0.001402

Üniversite	Derece Merkeziliği	Yakınlık Merkeziliği	Arasındalık Merkeziliği	Öz Vektör Merkeziliği
'Amasya'	112	0.0038615	47.906	0.002054
'Gümüşhane'	258	0.0039705	61.195	0.004714
'Nevşehir'	223	0.003923	84.947	0.005625
'Kırklareli'	111	0.0037158	31.341	0.001902
'Siirt'	91	0.0037158	34.496	0.001461
'Batman'	201	0.0038464	37.982	0.003023
'Çankırı Karatekin'	275	0.003892	62.561	0.006098
'İstanbul Arel'	31	0.0036605	26.619	0.000607
'Muş Alparslan'	70	0.0040522	83.227	0.001101
'Karamanoğlu MBÜ'	102	0.003892	29.965	0.002126
'Bayburt'	137	0.0037872	48.217	0.002730
'Piri Reis'	19	0.0029929	6.0371	0.000413
'Ardahan'	30	0.003542	29.656	0.000535
'Hakkâri'	51	0.0039705	66.621	0.001146
'Zirve'	92	0.0039074	46.18	0.001495
'Melikşah'	33	0.0032605	10.207	0.000612
'İğdır'	107	0.0036201	16.653	0.002100
'İbrahim Çeçen'	54	0.0035806	17.801	0.000928
'Tunceli'	157	0.0040522	99.126	0.002458
'Şırnak'	20	0.0035042	19.132	0.000420
'Yeni Yüzyıl'	8	0.0029839	3.5008	0.000140
'Bezmialem'	0	0	0	0
'Erzurum Teknik'	76	0.0036879	36.572	0.001217

EK B: Tıp Merkezilik Ölçütleri**Çizelge B.1: Tüm Türkiye Tıp Alanı Merkezilik Ölçütleri**

Üniversite	Derece Merkeziliği	Yakınlık Merkeziliği	Arasındalık Merkeziliği	Öz Vektör Merkeziliği
'Hacettepe'	3948	0.0034501	203.25	0.055810
'Ankara'	3141	0.0032424	77.345	0.044990
'İstanbul Teknik'	173	0.0036862	255.93	0.002092
'Boğaziçi'	214	0.0035512	289.81	0.003540
'Dicle'	1830	0.0034257	29.47	0.021925
'Bilkent'	138	0.0038168	247.73	0.002150
'Çukurova'	1857	0.0032642	197.83	0.025947
'ODTÜ'	343	0.0035126	162.17	0.004901
'Anadolu'	282	0.0038319	351.63	0.002871
'İstanbul'	4344	0.0030486	175.01	0.051092
'Ege'	2721	0.0032975	34.857	0.036687
'Erciyes'	2256	0.0031273	62.035	0.028778
'Karadeniz Teknik'	1377	0.0035774	81.716	0.016822
'Atatürk'	1601	0.0033662	58.896	0.016029
'On dokuz Mayıs'	1852	0.0030014	87.873	0.024058
'Marmara'	2379	0.0032975	212.91	0.033064
'Akdeniz'	1931	0.0029738	4.2671	0.026287
'Dokuz Eylül'	2097	0.0036446	175.35	0.029389
'Uludağ'	1569	0.0035253	150.96	0.021578
'Yıldız Teknik'	179	0.0036584	179.09	0.002370
'Gazi'	3162	0.0034873	132.53	0.045069
'Fatih'	437	0.0034624	61.598	0.005635
'Selçuk'	1713	0.0034748	90.39	0.022375
'GATA'	2083	0.0031682	188.41	0.029435
'İnönü'	1403	0.0035906	93.053	0.015878
'Cumhuriyet'	1201	0.0034257	39.704	0.014516
'Gaziantep'	1765	0.0034136	55.591	0.022299
'Eskişehir Osmangazi'	1238	0.0029738	10.67	0.014271
'Fırat'	1186	0.0032975	36.317	0.012172
'Mimar Sinan G.S'	1	0.0021786	0	0.000240
'Adnan Menderes'	914	0.0029738	3.7888	0.012213
'Mersin'	1157	0.0032316	29.951	0.015514
'Trakya'	1041	0.003343	27.365	0.013668
'Pamukkale'	1334	0.0033315	44.076	0.017277

Üniversite	Derece Merkeziliği	Yakınlık Merkeziliği	Arasındalık Merkeziliği	Öz Vektör Merkeziliği
'Sütçü İmam'	762	0.003189	28.386	0.008575
'Mustafa Kemal'	760	0.0034748	48.388	0.008481
'Bursa Teknik'	1	0.0023028	0	0.000229
'Yeditepe'	976	0.0032316	21.809	0.014605
'Süleyman Demirel'	1118	0.0034999	78.879	0.013222
'Bülent Ecevit'	685	0.0032424	23.731	0.008663
'Kocaeli'	1264	0.0035512	71.056	0.017842
'Kafkas'	324	0.0035512	115	0.003369
'Niğde'	83	0.0037431	343.51	0.000971
'Başkent'	1873	0.0033546	167.05	0.028170
'İstanbul Bilgi'	24	0.0031374	36.812	0.000351
'Harran'	844	0.0036446	102.06	0.010158
'Sakarya'	751	0.0033897	70.825	0.008202
'Yüzüncü Yıl'	1172	0.0032316	15.825	0.012822
'Afyon Kocatepe'	924	0.0030679	45.481	0.010028
'Sinop'	21	0.0028019	3.3594	0.000203
'Celal Bayar'	1298	0.0035126	65.922	0.017962
'İstanbul Kültür'	48	0.0032316	48.805	0.000744
'İYTE'	82	0.0032316	47.674	0.001123
'Çankaya'	10	0.0030583	16.058	0.000158
'Balıkesir'	296	0.0036584	167.49	0.002979
'Abant İzzet Baysal'	930	0.0034016	42.44	0.010585
'Atılım'	10	0.0027156	2.1416	0.000185
'Kırıkkale'	741	0.0032316	42.529	0.012131
'Gaziosmanpaşa'	759	0.0034378	97.694	0.009047
'Sabancı'	72	0.0037722	342.68	0.000733
'Işık'	3	0.0024606	0.15385	0.000378
'Deniz Harp Okulu'	0	0	0	0
'Düzce'	840	0.0033546	58.548	0.009202
'Dumlupınar'	372	0.0033088	128.48	0.003698
'Galatasaray'	4	0.0026781	6.2885	0.000459
'Maltepe'	277	0.0036862	144.76	0.003715
'Çanakkale 18 Mart'	572	0.0035642	131.37	0.006467
'Beykent'	6	0.0028682	23.308	0.001327
'Yalova'	14	0.0030875	19.682	0.001903
'Acıbadem'	755	0.003189	18.618	0.011505
'Özyeğin'	2	0.0025991	0.50305	0.000289
'Ordu'	205	0.0036722	210.11	0.002218

Üniversite	Derece Merkeziliği	Yakınlık Merkeziliği	Arasındalık Merkeziliği	Öz Vektör Merkeziliği
'Giresun'	159	0.0036862	181.26	0.001658
'Bingöl'	51	0.0033779	70.602	0.000354
'Bartın'	18	0.0028853	14.443	0.000279
'Bitlis Eren'	46	0.0032208	25.556	0.000284
'Aksaray'	78	0.003343	68.131	0.000974
'Osmaniye Korkut Ata'	5	0.002843	2.7673	0.000726
'Bozok'	268	0.0035512	56.378	0.003018
'Kilis 7 Aralık'	29	0.0033546	54.203	0.000242
'İstanbul Ticaret'	19	0.0031374	33.75	0.000202
'TOBB Ekonomi ve Tek.'	38	0.0034873	143.46	0.000541
'İzmir Kâtip Çelebi'	609	0.0033662	60.673	0.007150
'Mehmet Akif Ersoy'	67	0.0035774	136.36	0.000674
'Hava Harp Okulu'	2	0.0017312	0	0.000226
'Doğuş'	10	0.0029026	17.691	0.001509
'Kadir Has'	27	0.0030973	88.049	0.000284
'Bahçeşehir'	124	0.0037144	215.79	0.001690
'Muğla'	192	0.0036584	185.51	0.001997
'Namık Kemal'	432	0.0036722	132.78	0.005325
'Karabük'	61	0.0035774	122.9	0.000856
'Yaşar'	15	0.0031273	56.827	0.000156
'İzmir Ekonomi'	16	0.0030014	18.505	0.000248
'Kara Harp Okulu'	3	0.001447	0	0.000222
'Çağ'	0	0	0	0
'Uşak'	22	0.0031786	16.377	0.000154
'Okan'	22	0.0031374	28.168	0.000253
'Ufuk'	252	0.0034257	96.831	0.004713
'İstanbul Bilim'	485	0.0034999	87.887	0.007790
'Hitit'	136	0.0037003	160.25	0.001791
'Ahi Evran'	123	0.0037722	205.97	0.001480
'Erzincan'	205	0.0036584	128.02	0.001933
'Adıyaman'	322	0.0037003	186.77	0.003335
'Haliç'	57	0.0034378	64.01	0.000932
'Kastamonu'	29	0.0033315	67.24	0.000349
'Bilecik'	1	0.0025512	0	0.000134
'Artvin Çoruh'	33	0.0031073	45.224	0.000210
'İstanbul Aydın'	29	0.0034257	91.501	0.000457
'Amasya'	48	0.0034501	95.479	0.000413
'Gümüşhane'	56	0.0036446	255.69	0.000522

Üniversite	Derece Merkeziliği	Yakınlık Merkeziliği	Arasındalık Merkeziliği	Öz Vektör Merkeziliği
'Nevşehir'	33	0.0032316	99.635	0.000280
'Kırklareli'	34	0.0028939	14.586	0.000431
'Siirt'	26	0.0029738	1.9803	0.000175
'Batman'	20	0.0031173	8.9051	0.000224
'Çankırı Karatekin'	28	0.0035126	108.22	0.000298
'İstanbul Arel'	31	0.0035774	119.39	0.000401
'Muş Alparslan'	41	0.0033088	22.765	0.000241
'Karamanoğlu MBÜ'	33	0.0032316	70.245	0.000365
'Bayburt'	16	0.0027156	10.329	0.001066
'Piri Reis'	4	0.0025922	0.82702	0.000373
'Ardahan'	13	0.0030679	27.904	0.002065
'Hakkâri'	1	0.0022865	0	0.000214
'Zirve'	36	0.0034257	58.008	0.000345
'Melikşah'	18	0.0026273	4.718	0.000127
'İğdır'	10	0.0026416	2.5385	0.000984
'İbrahim Çeçen'	18	0.0025051	1.6034	0.000176
'Tunceli'	31	0.0035382	147.56	0.000211
'Şırnak'	5	0.0024237	0	0.000682
'Yeni Yüzyıl'	54	0.0034501	118.37	0.000924
'Bezmialem'	5	0.0026781	5.2327	0.000844
'Erzurum Teknik'	53	0.0031579	23.322	0.000501

EK C: Sosyal-Beşeri Bilimler Merkezilik Ölçütleri**Çizelge C.1: Tüm Türkiye Sosyal-Beşerî Bilimler Alanı Merkezilik Ölçütleri**

Üniversite	Derece Merkeziliği	Yakınlık Merkeziliği	Arasındalık Merkeziliği	Öz Vektör Merkeziliği
'Hacettepe'	533	0.0034628	120.12	0.078233
'Ankara'	314	0.0034628	202.34	0.049510
'İstanbul Teknik'	82	0.0035424	72.057	0.003545
'Boğaziçi'	122	0.0034116	87.643	0.008877
'Dicle'	59	0.0035836	85.978	0.004766
'Bilkent'	115	0.003302	90.715	0.019693
'Çukurova'	76	0.0037431	118.67	0.007415
'ODTÜ'	384	0.0034628	121.71	0.044781
'Anadolu'	77	0.0035697	105.14	0.006868
'İstanbul'	243	0.0036835	223.49	0.023577
'Ege'	206	0.0034628	226.11	0.026130
'Erciyes'	104	0.0037131	85.384	0.012149
'Karadeniz Teknik'	121	0.0038205	376.34	0.010946
'Atatürk'	121	0.0036689	244.52	0.011799
'On dokuz Mayıs'	108	0.0038363	346.83	0.012696
'Marmara'	237	0.0037892	353.86	0.020476
'Akdeniz'	180	0.0033138	52.728	0.024227
'Dokuz Eylül'	186	0.0035975	143.11	0.022214
'Uludağ'	160	0.0036115	166.95	0.019914
'Yıldız Teknik'	79	0.004091	508.9	0.005593
'Gazi'	443	0.0035021	67.994	0.067872
'Fatih'	50	0.0037737	151.34	0.004801
'Selçuk'	130	0.0033867	149.54	0.016963
'GATA'	131	0.0032555	24.624	0.023166
'İnönü'	72	0.00364	116.61	0.007199
'Cumhuriyet'	96	0.0036689	166.21	0.015462
'Gaziantep'	108	0.0036689	97.651	0.011869
'Eskişehir Osmangazi'	91	0.0037431	105.36	0.008215
'Fırat'	39	0.0036689	240.26	0.002491
'Mimar Sinan G.S'	12	0.0030614	13.051	0.000827
'Adnan Menderes'	62	0.003728	250.06	0.005080
'Mersin'	70	0.0035697	74.497	0.010441
'Trakya'	63	0.003437	63.672	0.006127
'Pamukkale'	154	0.0037892	123.5	0.023728

Üniversite	Derece Merkeziliği	Yakınlık Merkeziliği	Arasındalık Merkeziliği	Öz Vektör Merkeziliği
'Sütçü İmam'	24	0.0033138	17.972	0.002406
'Mustafa Kemal'	59	0.00364	87.483	0.004768
'Bursa Teknik'	0	0	0	0
'Yeditepe'	59	0.0034498	132.09	0.006161
'Süleyman Demirel'	66	0.0036689	125.53	0.007276
'Bülent Ecevit'	76	0.0034889	83.79	0.012764
'Kocaeli'	118	0.0039176	255.94	0.013204
'Kafkas'	26	0.0035836	66.338	0.003098
'Niğde'	46	0.0037737	93.229	0.004448
'Başkent'	181	0.0039176	409.5	0.035800
'İstanbul Bilgi'	56	0.0027193	132.85	0.003204
'Harran'	56	0.003556	150.05	0.007730
'Sakarya'	80	0.0035697	146.58	0.011050
'Yüzüncü Yıl'	60	0.00364	73.333	0.008016
'Afyon Kocatepe'	66	0.003728	114.84	0.010462
'Sinop'	2	0.0026266	0	0.000552
'Celal Bayar'	32	0.0034243	35.97	0.004005
'İstanbul Kültür'	8	0.0031025	16.932	0.001011
'İYTE'	19	0.0026799	0.76667	0.001593
'Çankaya'	35	0.0028188	9.336	0.007697
'Balıkesir'	26	0.0034758	32.859	0.003570
'Abant İzzet Baysal'	130	0.0037431	170.06	0.020548
'Atılım'	41	0.0029921	4.4506	0.009758
'Kırıkkale'	63	0.0035975	93.547	0.012723
'Gaziosmanpaşa'	50	0.0037737	140.24	0.007590
'Sabancı'	56	0.0031341	13.285	0.003110
'Işık'	29	0.0031555	75.992	0.001304
'Deniz Harp Okulu'	1	0.0025124	0	0.000108
'Düzce'	54	0.0036982	217.66	0.007040
'Dumlupınar'	92	0.0038847	215.73	0.010640
'Galatasaray'	13	0.0030614	6.9927	0.000737
'Maltepe'	23	0.0035154	72.5	0.003022
'Çanakkale 18 Mart'	64	0.0035836	93.677	0.004376
'Beykent'	14	0.0032327	34.479	0.000958
'Yalova'	4	0.0027273	1.1315	0.000135
'Acıbadem'	28	0.0033867	70.967	0.002944
'Özyeğin'	20	0.0028448	13.208	0.001443
'Ordu'	9	0.0024459	0	0.000560

Üniversite	Derece Merkeziliği	Yakınlık Merkeziliği	Arasındalık Merkeziliği	Öz Vektör Merkeziliği
'Giresun'	27	0.0033138	26.989	0.002507
'Bingöl'	3	0.0028017	0.74593	0.000152
'Bartın'	26	0.0035154	60.391	0.004312
'Bitlis Eren'	4	0.0030018	3.7599	0.000183
'Aksaray'	45	0.0033257	107	0.006745
'Osmaniye Korkut Ata'	4	0.0028102	3.0846	0.000705
'Bozok'	25	0.003437	46.688	0.002104
'Kilis 7 Aralık'	8	0.0031235	11.192	0.000261
'İstanbul Ticaret'	11	0.0031992	44.635	0.000538
'TOBB Ekonomi ve Tek.'	39	0.0027599	10.308	0.006564
'İzmir Kâtip Çelebi'	13	0.003302	20.673	0.001105
'Mehmet Akif Ersoy'	26	0.0031992	28.697	0.003151
'Hava Harp Okulu'	0	0	0	0
'Doğuş'	24	0.0030116	21.08	0.001456
'Kadir Has'	36	0.0032786	72.1	0.001804
'Bahçeşehir'	50	0.0033138	92.031	0.004230
'Muğla'	45	0.0037584	189.55	0.005520
'Namık Kemal'	31	0.0031025	15.528	0.002073
'Karabük'	16	0.003362	18.264	0.003411
'Yaşar'	19	0.0029074	3.3484	0.001334
'İzmir Ekonomi'	79	0.0033867	50.105	0.012493
'Kara Harp Okulu'	1	0.0025682	0	0.000189
'Çağ'	32	0.0031555	15.522	0.000948
'Uşak'	25	0.0034498	22.438	0.001836
'Okan'	27	0.0031663	91.651	0.004701
'Ufuk'	13	0.0027034	2.3726	0.003338
'İstanbul Bilim'	6	0.0027848	0.56667	0.000385
'Hitit'	5	0.0026721	1.006	0.000262
'Ahi Evran'	41	0.0032902	27.525	0.008844
'Erzincan'	14	0.0030819	.3924	0.001957
'Adıyaman'	34	0.0034243	8	0.002755
'Haliç'	12	0.0032441	191.45	0.000806
'Kastamonu'	14	0.0032786	41.569	0.002797
'Bilecik'	4	0.0028536	22.01	0.000147
'Artvin Çoruh'	16	0.0031881	3.4953	0.000620
'İstanbul Aydın'	21	0.0029444	9.1555	0.002761
'Amasya'	10	0.0031992	31.661	0.001054
'Gümüşhane'	6	0.0023466	0	0.000191

Üniversite	Derece Merkeziliği	Yakınlık Merkeziliği	Arasındalık Merkeziliği	Öz Vektör Merkeziliği
'Nevşehir'	21	0.0031881	19.071	0.002468
'Kırklareli'	6	0.0026492	1.745	0.000498
'Siirt'	5	0.0028536	3.4743	0.000509
'Batman'	2	0.0026266	0	0.000151
'Çankırı Karatekin'	8	0.0029444	6.4574	0.001755
'İstanbul Arel'	10	0.0029166	1.3552	0.000671
'Muş Alparslan'	10	0.0030922	6.6555	0.000706
'Karamanoğlu MBÜ'	21	0.0032215	11.239	0.002033
'Bayburt'	9	0.0029921	5.4554	0.000277
'Piri Reis'	1	0.0019926	0	0.000126
'Ardahan'	5	0.0029539	7.9248	0.000230
'Hakkâri'	1	0.0024854	0	0.000305
'Zirve'	52	0.0033138	37.708	0.004220
'Melikşah'	8	0.0028274	1.5018	0.000362
'İğdır'	0	0	0	0
'İbrahim Çeçen'	2	0.0027517	0.25758	0.0001205
'Tunceli'	3	0.0023646	0	0.0002887
'Şırnak'	1	0.0023289	0	0.0004066
'Yeni Yüzyıl'	3	0.0028188	0.92892	0.0001413
'Bezmialem'	0	0	0	0
'Erzurum Teknik'	0	0	0	0

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Müberra KAYGUSUZ
Doğum Tarihi ve Yeri : 08.08.1994 - Malatya
E-posta : muberrakaygusuz.iu@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2017, İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM:

- 2018-2020 (Bilgisayar Mühendisi) - Malatya Teknopark- TUGA Teknoloji

YÜKSEK LİSANS TEZİNDEN TÜRETİLEN ÇALIŞMALAR

- **Kaygusuz, M. & İnce, K. (2019).** Modelling Academic Collaboration Network of Turkey as Graph and Dominating Set Analysis. *2019 International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium (IDAP), Malatya, Turkey*, pp. 1-5, IEEE. DOI: 10.1109/IDAP.2019.8875940