

**TÜRKİYE'DE MÜHENDİSLİK ALANINDAKİ  
BİLİMSEL İŞBİRLİĞİ AĞI HARİTASININ ANALİZİ  
VE GÖRSELLEŞTİRİLMESİ**

**2015  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ**

**Sait DEMİR**

**TÜRKİYE'DE MÜHENDİSLİK ALANINDAKİ BİLİMSEL İŞBİRLİĞİ AĞI  
HARİTASININ ANALİZİ VE GÖRSELLEŞTİRİLMESİ**

**Sait DEMİR**

**Karabük Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK  
Ocak 2015**

Sait DEMİR tarafından hazırlanan “TÜRKİYE’DE MÜHENDİSLİK ALANINDAKİ BİLİMSEL İŞBİRLİĞİ AĞI HARİTASININ ANALİZİ VE GÖRSELLEŞTİRİLMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. İlker TÜRKER

Tez Danışmanı, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

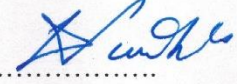


Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 15/01/2015

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Yrd. Doç. Dr. İlhami Muharrem ORAK (KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. İlker TÜRKER (KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Bilgehan ERKAL (KBÜ)



...../...../2015

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Mustafa BOZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Sait DEMİR



## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### TÜRKİYE'DE MÜHENDİSLİK ALANINDAKİ BİLİMSEL İŞBİRLİĞİ AĞI HARİTASININ ANALİZİ VE GÖRSELLEŞTİRİLMESİ

Sait DEMİR

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. İlker TÜRKER

Ocak 2015, 148 sayfa

Bilgisayar teknolojilerinin gelişimi ile, içerisinde büyük miktarda düğüm ve bağlantı barındıran kompleks ağların incelenmesi popüler araştırma konularından birisi haline gelmiştir. Kompleks ağlar ilgili araştırmalar topolojik ve metrik (*metric*) özelliklerin incelenmesi ve ağın yapısının görselleştirilmesi olarak iki bölüme ayrılmaktadır. Ağ görselleştirmesi ile düğümlerin ve linklerin grafiksel olarak sunumu sağlanmaktadır. Bilimsel işbirliği ağları bilim insanları arasındaki ortak çalışmaların tanımladığı gerçel ağlardır. Bu tez kapsamında Web of Science sistemindeki veriler kullanılarak, 1980 ile 2012 yılları arasında Türkiye adresli mühendislik alanındaki bilimsel yayınlar incelenmiştir. Çalışma kapsamında yaklaşık 37 bin yayın incelenerek 29548 düğüm ve 91486 linkten oluşan bilimsel işbirliği ağı konum bilgilerini de içerecek şekilde oluşturulmuş, analiz edilmiş ve görselleştirilmiştir. Çeşitli topolojik ve konum bazlı görselleştirme çalışmalarının yanında metrik analizlere de yer verilmiştir. Bu analizler kapsamında bilimsel işbirliği ağının power-law derece

dağılımına sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca ağın ortalama yol uzunluğu 5,77 olarak bulunmuştur. Bu durum ağın küçük dünya ağlarına ait özellikleri taşıdığını göstermiştir. Ayrıca bulunan 0,62 gibi yüksek kümelenme katsayısı, ağda gruplaşma eğiliminin yüksek olduğunu ortaya koymuştur.

**Anahtar Kelimeler :** Bilimsel işbirliği, kompleks ağlar, veri görselleştirme.

**Bilim Kodu** : 902.2.042

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **ANALYZING AND VISUALIZATION OF THE SCIENTIFIC COLLABORATION NETWORK MAP OF TURKEY IN THE ENGINEERING FIELD.**

**Sait DEMİR**

**Karabük University**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Department of Computer Engineering**

**Thesis Advisor:**

**Assist. Prof. Dr. İlker TÜRKER**

**January 2015, 148 Page**

With the development of the computer technologies, studying complex networks that are consisted of large amounts of nodes and edges has become one of the most popular research topics. Complex network related research is divided into two parts as the examination of the topological and metric properties and visualization of the network structure. Network visualization provides graphical presentation of nodes and edges. Scientific collaboration networks are real networks defined by the collaboration between scientists. In this thesis, Turkey addressed scientific papers in engineering field between the years 1980-2012 are examined. In this context, by the examination of approximately 37 thousand papers in detail, a scientific collaboration network of 29548 nodes and 91486 edges including the location data is generated, analyzed and visualized. In conjunction with various topological and location based visualizations, some metric analysis are also carried out. By these metric analysis, it

is showed out that the network has a power-law degree distribution. Also, the average path length of the network was found as 5.77. This showed that the network has the properties of small world networks. In addition, a clustering value of 0.62 stated out that the grouping tendancy in the network is very high.

**Key Words** : Scientific collaboration, complex networks, data visualization.

**Science Code** : 902.2.042

## TEŞEKKÜR

Bu tez çalıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütölmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında őekillendiren sayın hocam Yrd. Doç. Dr. İlker TÜRKER'e sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Tez hazırlama sürecindeki desteklerinden dolayı Arő. Gör. Efdal POLAT'a teşekkür ederim.

Bu zorlu ve uzun süreçte bana desteklerini hiç esirgemeyen başta Annem olmak üzere tüm aileme teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xviii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xix
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ .....	1
1.1. KOMPLEKS AĞ TANIMI .....	1
1.2. GRAF (ÇİZGE) YAPILARI .....	2
1.3. KOMPLEKS AĞ YAPILARI .....	3
1.3.1. Model Ağlar.....	4
1.3.1.1. Rastsal Ağlar.....	4
1.3.1.2. Küçük-Dünya Ağları.....	5
1.3.1.3. Ölçek Bağımsız Ağlar.....	7
1.3.2. Kompleks Ağların Özellikleri .....	9
1.3.2.1. Düğüm Derece .....	10
1.3.2.2. Düğüm Derece Dağılımı .....	11
1.3.2.3. Karmaşıklık (Complexity) .....	15
1.3.2.4. Kümelenme (Clustering).....	15
1.3.2.5. En Kısa Yol.....	16
1.3.3. Gerçek Ağlar.....	17
1.3.3.1. Teknolojik Ağlar.....	18
1.3.3.2. Sosyal Ağ Türleri.....	24
1.3.3.3. Biyolojik Ağlar .....	29

	<b><u>Sayfa</u></b>
1.3.3.4. Finansal Ağlar .....	30
1.3.3.5. Diğer Gerçek Ağlar .....	31
<b>BÖLÜM 2 .....</b>	<b>32</b>
<b>BİR SOSYAL AĞ OLARAK BİLİMSEL İŞBİRLİĞİ AĞI .....</b>	<b>32</b>
2.1. SOSYAL AĞLAR .....	32
2.2. SOSYAL AĞ TARİHİ .....	34
2.3. SOSYAL AĞLARDA İLİŞKİLER .....	35
2.4. SOSYAL AĞ ANALİZİ .....	36
2.5. SOSYAL AĞ ANALİZİNDE KULLANILAN TEMEL ÖLÇÜTLER .....	37
2.6. SOSYAL AĞLARDA VERİ SETLERİNİN ELDE EDİLMESİ .....	39
2.7. BİLİMSEL İŞBİRLİĞİ KAVRAMI .....	40
2.8. BİLİMSEL İŞBİRLİĞİ AĞI .....	42
<b>BÖLÜM 3 .....</b>	<b>46</b>
<b>KOMPLEKS AĞLARIN GÖRSELLEŞTİRİLMESİ .....</b>	<b>46</b>
3.1. AĞ GÖRSELLEŞTİRME .....	46
3.2. AĞ ANALİZ VE GÖRSELLEŞTİRME YAZILIMLARI .....	49
3.3. AĞ GÖRSELLEŞTİRİLMESİ İÇİN KULLANILAN YERLEŞTİRME ALGORİTMALARI .....	51
3.3.1. ForceAtlas 2 Yerleştirme Algoritması .....	53
3.3.2. Eş Merkezli Küre Düzeni Algoritması .....	55
3.4. GEPHI GÖRSELLEŞTİRME YAZILIMI .....	57
<b>BÖLÜM 4 .....</b>	<b>59</b>
<b>VERİ SETİNİN OLUŞTURULMASI .....</b>	<b>59</b>
4.1. GİRİŞ .....	59
4.2. WEB OF SCIENCE'DEN VERİLERİN ELDE EDİLMESİ .....	60
4.3. YAPISAL VERİ TABANIN OLUŞTURULMASI .....	63
4.4. VERİ SETİNE TANIMLAYICI BİLGİLERİN EKLENMESİ .....	65
4.5. YAZAR ADRESLERİNE AİT KOORDİNAT VERİLERİNİN DÜZENLENMESİ .....	67

4.6. ÖZNETELİK VERİLERİNİN OLUŞTURULMASINDA KARŞILAŞILAN ZORLUKLAR .....	68
BÖLÜM 5 .....	75
UYGULAMA .....	75
5.1. BİLİMSEL İŞBİRLİĞİ AĞININ GÖRSELLEŞTİRİLMESİ.....	75
5.1.1. 1980-1990 Yıllarına Ait Bilimsel İşbirliği Ağının Görselleştirilmesi ....	78
5.1.2. 1980-2000 Yıllarına Ait Bilimsel İşbirliği Ağının Görselleştirilmesi ....	89
5.1.3. 1980-2012 Yıllarına Ait Bilimsel İşbirliği Ağının Görselleştirilmesi ..	103
BÖLÜM 6 .....	119
İSTATİKSEL, KONUMSAL VE KOMPLEKS AĞ ANALİZİ SONUÇLARI.....	119
6.1. GİRİŞ.....	119
6.2. YAZARLARIN ÜLKELERE GÖRE DAĞILIMI.....	119
6.3. YAZAR SAYISININ YILLARA GÖRE DEĞİŞİMİ.....	121
6.4. YAYIN SAYISININ YILLARA GÖRE DEĞİŞİMİ.....	122
6.5. YENİ YAYIN SAYISINA GÖRE YENİ YAZAR SAYISIN DEĞİŞİMİ ..	124
6.6. AĞININ KONUM BAZLI ANALİZİ VE GÖRSELLEŞTİRİLMESİ.....	125
6.6.1. İllere Göre Yazar Sayılarının İncelenmesi .....	125
6.6.2. Ülkelere Göre Yazar Sayılarının İncelenmesi .....	130
6.7. KOMPLEKS AĞ ANALİZ SONUÇLARI.....	130
6.7.1. Düğüm Derece Dağılımı.....	131
6.7.2. Ortalama Derece .....	133
6.7.3. Ortalama Yol Uzunluğu.....	134
6.7.4. İzole Düğümler .....	134
6.7.5. Ağ Yoğunluğu .....	135
6.7.6. Ağ Yarıçapı.....	136
6.7.7. Kümelenme Katsayısı.....	136
6.7.8. Derece Merkeziliği .....	137
6.7.9. Özvektör Merkeziliği (Eigenvector Centrality).....	137
6.7.10. Yakınlık Merkeziliği (Closeness Centrality).....	138
6.7.11. Aradalık Merkeziliği (Betweenness Centrality).....	138



	<b><u>Sayfa</u></b>
BÖLÜM 7 .....	140
SONUÇ VE ÖNERİLER .....	140
7.1. SONUÇLAR .....	140
7.2. ÖNERİLER .....	141
KAYNAKLAR .....	143
ÖZGEÇMİŞ .....	148

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 1.1.	Grafların matematiksel ve görsel gösterimleri.....	3
Şekil 1.2.	Küçük-dünya ağı, Ölçek bağımsız ağ, Rassal ağ görseli.....	4
Şekil 1.3.	Farklı $p$ değerlerine göre Erdos-Renyi modeli ağ görselleri.....	5
Şekil 1.4.	Watts-Strogatz ağının $p$ değerinin artışına göre görünümü.....	7
Şekil 1.5.	Ölçek bağımsız ağ modeli görseli.....	9
Şekil 1.6.	Rassal ağlarda poisson ve gerçel ağlarda power-law derece dağılımı ...	12
Şekil 1.7.	Rassal ağlar için poissonian derece dağılımı.....	13
Şekil 1.8.	Scale-free ağlarda power-law derece dağılımı.....	14
Şekil 1.9.	Çeşitli gerçel ağlara ait power-law uyumlu derece dağılımı grafikleri..	14
Şekil 1.10.	WWW ağının 2007'de gelen linklere göre derece dağılımı.....	19
Şekil 1.11	WWW ağının 2007'de çıkan linklere göre derece dağılımı.....	19
Şekil 1.12.	WWW ağının görselleştirilmiş görüntüsü.....	20
Şekil 1.13.	İnternet ağı düğüm derece dağılımı.....	21
Şekil 1.14.	İnternet ağının görselleştirilmiş görüntüsü.....	22
Şekil 1.15.	E-mail ağının görselleştirilmesi.....	23
Şekil 1.16.	Güç iletim ağının temsili gösterimi.....	24
Şekil 1.17.	Sosyal ağ görseli.....	25
Şekil 1.18.	Bilimsel işbirliği ağı görseli.....	26
Şekil 1.19.	Bilimsel işbirliğine ait görselleştirme.....	27
Şekil 1.20.	Bilimsel işbirliği ağına derece dağılım grafiği.....	27
Şekil 1.21.	1960, 1972 ve 2007 yıllarına ait filim-aktör ağının derece dağılımı.....	28
Şekil 1.22.	Kelime ağı görseli.....	29
Şekil 1.23.	New York Borsası finans ağı görseli.....	30
Şekil 2.1.	Sosyal ağ görseli.....	33
Şekil 2.2.	Sosyal ağlar ile ilgili yayınların artış hızı.....	34
Şekil 2.3.	Bir fabrikada greve giden işçilerin ilişki ağı.....	35
Şekil 2.4.	A.B.D'de 470 lise öğrencisi için tanımlanan sosyal ağ.....	39

Şekil 2.5. Nobel Ödülü kazanan fizikçiler (*) ve kimyacılar (+) arasındaki işbirliği. ....	42
Şekil 2.6. Bilimsel işbirliği ağının graf ile gösterimi .....	43
Şekil 2.7. Yayın sayısının artışına göre işbirliği sayısının değişimi.....	44
Şekil 2.8. Newman tarafından elde edilen değerler .....	44
Şekil 2.9. Cerrahi alanında oluşturulan bilimsel işbirliği ağının görseli. ....	45
Şekil 3.1. Bilimsel işbirliği ağı görselleştirme örneği. ....	47
Şekil 3.2. Bilimsel işbirliği ağının görseli. ....	49
Şekil 3.3. Bilimsel işbirliği ağının farklı yerleştirme algoritmaları (layout) ile görselleştirilmesi. ....	52
Şekil 3.4. ForceAtlas2 parametre penceresi. ....	55
Şekil 3.5. Eş merkezli küre düzeni algoritması. ....	56
Şekil 3.6. Eş merkezli küre düzeni algoritması ile bilimsel işbirliği ağının görselleştirilmesi. ....	56
Şekil 3.7. Gephi’ni başlangıç ara yüzü. ....	57
Şekil 3.8. Gephi’nin çalışma sırasında görünümü. ....	58
Şekil 4.1. Türkiye adresli yayınların aranması. ....	61
Şekil 4.2. Türkiye adresli yayınların süzülmesi. ....	62
Şekil 4.3. Polymer Korea dergisinin yayın kapsamı (scope). ....	62
Şekil 4.4. HTML formatında verilerin alınması. ....	63
Şekil 4.5. Web of Science’den alınan HTML dosyalarının içeriği. ....	63
Şekil 4.6. Tasarlanan yapısal veri tabanı (MS SQL). ....	64
Şekil 4.7. WOS data parser yazılımı. ....	65
Şekil 4.8. Yayınlarla ait tanımlayıcı bilgiler.....	66
Şekil 4.9. Bilimsel işbirliği ağı yazar öznitelikleri görünümü.....	67
Şekil 4.10. www.itouchmap.com adresinden alınan Karabük Üniversitesi koordinatları. ....	68
Şekil 5.1. Düğümlerin ve linklerin Gephi ortamına aktarılması. ....	75
Şekil 5.2. Gephi düğüm (nodes) tablosu. ....	76
Şekil 5.3. Gephi link tablosu. ....	77
Şekil 5.4. 1980-1990 yıllarına ait bilimsel işbirliği ağının işlenmemiş ham görüntüsü.....	79
Şekil 5.5. 1980-1990 yıllarına ait ağın sadece düğümler yerleştirildikten sonra görünümü. ....	80

Şekil 5.6.	1980-1990 yıllarına ait ağın düğümler ve linkler renkli olarak yerleştirildikten sonra görünümü,yakınlaştırılmış görüntü .....	80
Şekil 5.7.	1980-1990 yıllarına ait bilimsel işbirliği ağının yazar isimlerine göre etiketlenmiş görünümü. ....	81
Şekil 5.8.	1980-1990 yıllarına ait bilimsel işbirliği ağının yazarların ağa giriş yılına göre etiketlenmiş görünümü.....	82
Şekil 5.9.	1980-1990 yıllarına ait bilimsel işbirliği ağının uyrukları Türk olan yazarların oluşturduğu ağın görünümü. ....	83
Şekil 5.10.	Düğüm derecesi 5 ve daha büyük olan yazarlara ait görüntüsü düğüm derecesi 10 ve daha büyük olan yazarlara ait ağ görüntüsü. ....	84
Şekil 5.11.	Düğüm derecesi 15 ve daha büyük olan yazarlara ait ağ görüntüsü düğüm derecesi 20 ve daha büyük olan yazarlara ait ağ görüntüsü. ....	84
Şekil 5.12.	Düğüm derecesi daha büyük olan yazarların düğümlerinin daha büyük ve isimlerinin daha büyük olarak görselleştirilmesi.....	85
Şekil 5.13.	1980-1990 yıllara arasında ağa yeni katılan yazarlar.....	86
Şekil 5.14.	1980-1990 arasında bilimsel işbirliği ağında bulunan ilk 20 ülke. ....	87
Şekil 5.15.	1980-1990 arasında ağ içerisinde en çok üyesi bulunan 25 kurum.....	87
Şekil 5.16.	1980-1990 yılları arasında ağ da bulunan Türk (T) ve Yabancı (F) uyruklu yazar sayıları. ....	88
Şekil 5.17.	Bilimsel işbirliği ağının Google Earth ile elde edilen görseli. ....	88
Şekil 5.18.	1980-2000 yıllarına ait bilimsel işbirliği ağının ham görüntüsü. ....	89
Şekil 5.19.	1980-2000 yıllarına ait ağın algoritma çalıştıktan sonra ham görüntüsü.....	90
Şekil 5.20.	1980-2000 yıllarına ait bilimsel işbirliği ağının renklendirilmiş görünümü. ....	91
Şekil 5.21.	1980-2000 yıllarına ait bilimsel işbirliği ağının yazar isimlerine göre etiketlenmiş görünümü. ....	92
Şekil 5.22.	1980-2000 yıllarına ait bilimsel işbirliği ağının yazarların ağa giriş yılına göre ağın görünümü. ....	93
Şekil 5.23.	1980-2000 yıllarına ait bilimsel işbirliği ağının uyruğu Türk olarak etiketlenmiş yazarların görünümü. ....	94
Şekil 5.24.	Düğüm derecesi 5 ve daha büyük olan yazarların görünümü düğüm derecesi 10 ve daha büyük olan yazarların görünümü .....	95
Şekil 5.25.	Düğüm derecesi 30 ve daha büyük olan yazarların görünümü düğüm derecesi 40 ve daha büyük olan yazarların görünümü .....	95
Şekil 5.26.	Düğüm derecesi daha büyük olan yazarların düğümlerinin daha büyük ve isimlerinin daha büyük olarak görselleştirilmesi.....	96
Şekil 5.27.	Ağa ait yakınlaştırılmış görüntü.....	97

## **Sayfa**

Şekil 5.28. Ağ içerisinde bir düğüme ait yakınlaştırılmış işbirliği görüntüsü.....	97
Şekil 5.29. Ağa ait yakınlaştırılmış görüntü.....	98
Şekil 5.30. Ağa ait yakınlaştırılmış görüntü.....	98
Şekil 5.31. 1980-2000 yıllara arasında ağa katılan yazar oranları .....	99
Şekil 5.32. 1980-2000 arasında bilimsel işbirliği ağında bulunan ilk 20 ülke.....	100
Şekil 5.33. 1980-2000 arasında ağ içerisinde en çok üyesi bulunan 25 kurum.....	100
Şekil 5.34. 1980-2000 yılları arasında ağ da bulunan Türk (T) ve Yabancı (F) uyruklu yazarların sayıları.....	101
Şekil 5.35. Bilimsel işbirliği ağının Google Earth görsel.....	102
Şekil 5.36. Bilimsel işbirliği ağının Google Earth ile İstanbul adresli yazarların görünümü. ....	102
Şekil 5.37. 1980-2012 yıllarına ait bilimsel işbirliği ağının ham görüntüsü.....	104
Şekil 5.38. 1980-2012 yıllarına ait ağımızın Force Atlas 2 algoritması çalıştıktan sonra ham görüntüsü. ....	105
Şekil 5.39. 1980-2012 yıllarına ait ağımızın Force Atlas 2 algoritması çalıştıktan sonra ham görüntüsü (siyah zemin üzerinde).....	106
Şekil 5.40. 1980-2012 yıllarına ait bilimsel işbirliği ağının renklendirilmiş görünümü. ....	107
Şekil 5.41. 1980-2012 yıllarına ait bilimsel işbirliği ağının yazar isimlerine göre etiketlenmiş görünümü. ....	108
Şekil 5.42. 1980-2012 yıllarına ait bilimsel işbirliği ağının yazarların ağa giriş yılına göre görünümü. ....	109
Şekil 5.43. 1980-2012 yıllarına ait bilimsel işbirliği ağının uyuğu Türk olarak etiketlenmiş yazarların oluşturduğu ağın görünümü. ....	110
Şekil 5.44. 1980-2012 yıllarında sadece Yabancı uyruklu yazarların oluşturduğu ağın görünümü.....	111
Şekil 5.45. 1980-2012 arası düğüm derecesi daha büyük olan yazarların düğümlerinin daha büyük ve isimlerinin daha büyük olarak görselleştirilmesi. ....	113
Şekil 5.46. Ağa ait yakınlaştırılmış bir görüntü. ....	114
Şekil 5.47. Sadece yabancıların bulunduğu ağa ait yakınlaştırılmış görüntü.....	114
Şekil 5.48. Yazarların adreslerine göre yapılan görselleştirme. ....	115
Şekil 5.49. Düğümlerin yakınlaştırılmış görselli.....	115
Şekil 5.50. 1980-2012 yıllara arasında ağa katılan yazar oranları. ....	116
Şekil 5.51. 1980-2012 arasında bilimsel işbirliği ağında bulunan ilk 20 ülke. ....	116

## **Sayfa**

Şekil 5.52. 1980-2012 arasında ağ içerisinde en çok üyesi bulunan 25 kurum.....	117
Şekil 5.53. 1980-2012 yılları arasında ağ da bulunan Türk (T) ve Yabancı (F) uyruklu yazarların sayıları.....	117
Şekil 5.54. Bilimsel işbirliği ağının Google Earth görseli.....	118
Şekil 6.1. Yıllara göre yazar sayılarının değişimi (birikimli).....	122
Şekil 6.2. 5'er yıllık dönemde ağa eklenen yeni yazar sayısı. ....	122
Şekil 6.3. 1980-2012 yılları arasında Türkiye adresli yayın grafiği.....	123
Şekil 6.4. 1980-2012 yılları arasında Türkiye adresli bilimsel yayın sayıları (birikimli). ....	123
Şekil 6.5. Yıllara yeni yayınlara göre yeni yazar sayısının değişimi. ....	124
Şekil 6.6. Yıl bazında illere göre yazar sayıları için hazırlanan veri setinin görünümü. ....	125
Şekil 6.7. Türkiye haritası ile illerin yazar sayılarının görselleştirilmesi.....	127
Şekil 6.8. Türkiye haritası ile illerde bulunan yazarlar sayılarının 1980-2012 dönemi için görselleştirilmesi. ....	127
Şekil 6.9. Akdeniz bölgesi illere göre yazar sayısı.....	128
Şekil 6.10. Doğu Anadolu bölgesi illere göre yazar sayısı.....	128
Şekil 6.11. Ege bölgesi illere göre yazar sayısı. ....	128
Şekil 6.12. Güneydoğu Anadolu bölgesi illere göre yazar sayısı.....	129
Şekil 6.13. İç Anadolu bölgesi illere göre yazar sayısı. ....	129
Şekil 6.14. Karadeniz bölgesi illere göre yazar sayısı.....	129
Şekil 6.15. Marmara bölgesi illere göre yazar sayısı.....	129
Şekil 6.16. Yabancı ülkelerden gelen yazarların oluşturduğu dünya haritası görseli.....	130
Şekil 6.17. 1980-1990 yılları düğüm derece dağılımı. ....	131
Şekil 6.18. 1980-2000 yılları düğüm derece dağılımı. ....	132
Şekil 6.19. 1980-2012 yılları düğüm derece dağılımı. ....	132
Şekil 6.20. Yıllara göre ortalama derecenin değişimi. ....	133
Şekil 6.21. Kümelenme kat sayısının yıllara göre değişimi.....	136

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 3.1. İnteraktif görselleştirme ve veri analiz programı örnekleri. ....	50
Çizelge 5.1. 1980 ile 2012 yılları arasında 100 veya daha fazla yayın da ismi geçen Türk uyruklu yazarların listesi. ....	112
Çizelge 6.1. Türkiye adresli yayınlarda yazar sayılarına göre ilk 50 ülke. ....	120
Çizelge 6.2. 1980-2012 arası ağ yıllara göre yeni katılan yazar sayısı. ....	121
Çizelge 6.3. 1980-2012 yılları arasında mühendislik alanında Türkiye adresli bilimsel yayın sayıları. ....	123
Çizelge 6.4. Yıllara göre yeni yayın sayılarına göre yeni yazar sayıları.....	124
Çizelge 6.5. Türkiye adresli yayınlar içerisinde en çok yazar çıkaran iller. ....	126
Çizelge 6.6. Ortalama yol uzunluğu.....	134
Çizelge 6.7. İzole düğümlerin sayısı. ....	135
Çizelge 6.8. Ağ yoğunluğu.....	135
Çizelge 6.9. Ağ yarıçapı.....	136
Çizelge 6.10. Derece merkeziliği en yüksek 10 yazar. ....	137
Çizelge 6.11. Özvektör merkeziliği en yüksek 10 yazar.....	138
Çizelge 6.12. Yakınlık merkeziliği en yüksek 10 yazar.....	138
Çizelge 6.13. Yakınlık merkeziliği en yüksek 10 yazar.....	139

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

- $G$  : Graf  
 $V$  : Düğüm Kümesi  
 $E$  : Link Kümesi  
 $n$  : Düğüm Sayısı  
 $p$  : Dğümler Arasındaki Bağlanma Olasılığı  
 $a_{ij}$  : İki Dğıüm Arasındaki Bağlantı Sayısı  
 $k_i^{out}$  : Dğıümden Çıkan Linklerin Sayısı  
 $k_i^{in}$  : Dğıüme Gelen Linklerin Sayısı  
 $k_i$  : Toplam Dğıüm Derecesi  
 $k$  : Ortalama Derece Değeri  
 $P(k)$  : Derece Dağılım Fonksiyonu  
 $P(k_{in})$  : Gelen Linkler İçin Derece Dağılım Fonksiyonu  
 $P(k_{out})$ : Çıkan Linkler İçin Derece Dağılım Fonksiyonu  
 $C$  : Kümelenme Değeri  
 $T_i$  : Geçişli Üçgenler Arasındaki Ülülerin Sayısı

### KISALTMALAR

- WWW: World Wide Web  
IP : İnternet Protokol  
IMDB : İnternet Movie Database (İnternet Film Veritabanı)  
HTML: Hypertext Markup Language (Hiper Metin İşaretleme Dili)  
KMZ : Google Earth Placemark File



## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Çok fazla düğümden ve linkten oluşan ağlar, kompleks veya karmaşık ağlar (Complex Networks) olarak adlandırılmaktadır. Günümüz bilgisayar teknolojisi ile sınırları ve sonu bilinemeyen milyarlarca düğüm ve linklerden oluşan ağ yapılarına (İnternet ve WWW ağı gibi.) ait veri oluşmuştur. Teknolojik gelişim ile birlikte bilgisayarların işlem hızları, veri depolama ve analiz etme kapasitelerinin artmış olması kompleks ağların incelenmesine olanak sağlamıştır.

Graf teoremi ve ağ yapıları, ağı oluşturan düğümlerin birbirleriyle olan ilişkilerini açıklamak amaçlı kullanılır. Graflar ve ağ yapılarıyla ilgili ilk çalışmalar günümüzden nerede ise üç yüz yıl önce yapılmıştır. 1736 yılında İsviçreli Matematikçi Leonhard Euler tarafından Königsberg köprüsü problemi çözümü yayınlanmıştır. Königsberg şehri problemi, şehir içerisinde ulaşımı sağlayan köprülerden yalnızca bir kere geçilerek tüm şehrin dolaşılmasını amaçlanmaktadır. Euler, problemi graf yapıları ile ifade ederek açıklamıştır [1].

Gerçek dünyadaki (*real-world*) pek çok olgu ağ (*network*) yapıları ile ifade edilebilmektedir. Ağ yapıları ile ifade edilen olguların çözümü, araştırılması ve yorumlanması daha kolay yapılmaktadır. Günümüzde milyarlarca bilgisayardan oluşan internet ağı, WWW ağı, sosyal medya arkadaşlık ağları, elektrik iletim hatları, biyolojik ağlar ve işbirliği ağları gibi karmaşık ağların görselleştirilmesi ve analiz edilmesinde ağ biliminden yararlanılmaktadır [2].

#### 1.1. KOMPLEKS AĞ TANIMI

Karmaşık ağlarla ilgili söylenebilecek en kesin ifade gerçekten de çok büyük olduklarıdır. Kompleks ağlar için büyüklük ifadesi ağın içerisinde bulunan düğüm ve

link sayılarına bağlıdır. Farklı temel bilim dalları ağ yapıları ile ilgili çalışmalar yapmaktadırlar. Bu nedenle ağ yapıları ile ilgili eksiksiz ve tümünü kapsayıcı bir tanımlama yapmak oldukça güçtür. Bilim insanları ve araştırmacılar karmaşık ağlarla ilgili tanımlamalarında kendi ilgi alanlarını kapsayan lokal tanımlar geliştirmişlerdir [3]. Kompleks ağlarının tanımından önce ağ kavramını tanımlarsak; çok genel anlamda ağ, matematiksel olarak ifade edilebilen ve elemanları arasında ilişki içeren sistemlerin graf yapıları kullanılarak ifade edilmesidir [4].

Farklı tanımları olmakla birlikte kompleks ağlar şu şekilde ifade edilebilir: Gerçek dünyada bulunan ilişkileri modelleyen ve içerdiği büyük miktarda düğüm ve link sayısı nedeniyle, oldukça karmaşık bir topolojiye sahip olan büyük hacimli ilişki yapılarıdır. Kompleks ağ yapılarında düğüm kümesinde yer alan elemanlar birbirlerine linkler ile bağlıdırlar [5].

## 1.2. GRAF (ÇİZGE) YAPILARI

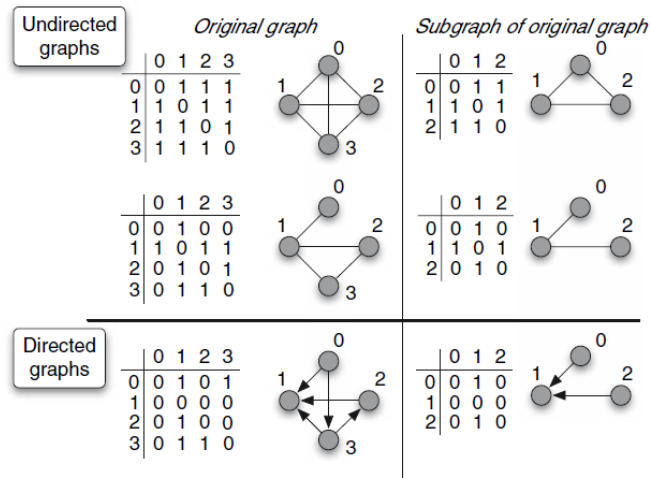
Kompleks ağların anlaşılabilmesi için graf yapılarının bilinmesi gerekmektedir. Graf (*Graph*), ağ yapılarının düğümler ve linkler ile görselleştirilerek ifade edilmesidir. Linklerin görselleştirilmesi için düz veya kıvrımlı çizgiler kullanılırken düğümlerin görselleştirilmesinde nokta, daire ve dikdörtgen gibi geometrik şekiller kullanılmaktadır. Graf yapıları problemlerin ifade edilmesinde ve çözülmesinde oldukça kolaylıklar sağlamaktadır. Matematiksel olarak ifade edildiklerinde anlaşılması güç yapılar graf gösterimi ile kolaylıkla ifade edilebilmektedirler.

Literatürde graf yapıları şu şekilde tanımlanmaktadır [3];

$$G = (V; E) \quad (1.1)$$

G: Graf, V: düğüm kümesi, E: link kümesini ifade etmektedir. Düğümler (V) modellemek istediğimiz objelere karşılık gelmektedir. Linkler (E) ise düğümler arasındaki ilişkileri ve bağlantıları oluşturmaktadır. Düğümler ve linkler arasındaki ilişkilerin çizgiler ile gösterilmesi Graf olarak adlandırılır. Örnek olarak sosyal ilişki ağında düğümler insanları, linkler ise insanlar arasındaki ilişkileri ifade etmektedir [3]. Graf teoremi ayrık matematiğin incelediği konulardandır [1].

Graf yapılarında, düğümlerin ve linklerin konumları ve grafiksel biçimleri (şekil, boyut vb.) önemli değildir. Önemli olan düğümler aralarındaki ilişkinin doğru olarak görselleştirilmesidir. Düğümler arasındaki ilişkileri tanımlamak için yönlü (*directed*) ve yönsüz (*undirected*) linkler kullanılmaktadır. Eğer iki düğüm arasında tanımlanan link için yön bilgisi bulunmuyorsa yönsüz link olarak adlandırılır. Düğümler arasında linkler için A düğümünden B düğümüne doğru gider şeklinde bilgi tanımlanır ise yönlü link olarak adlandırılır [6].



Şekil 1.1. Grafların matematiksel ve görsel gösterimleri [4].

### 1.3. KOMPLEKS AĞ YAPILARI

Kompleks ağlar gerçek dünyada fiziksel (bilgisayar ağları gibi) yada sanal (sosyal ağlar gibi) olarak birbirleriyle ilişkili yapıların bir araya getirilmesi sonucunda oluşur.

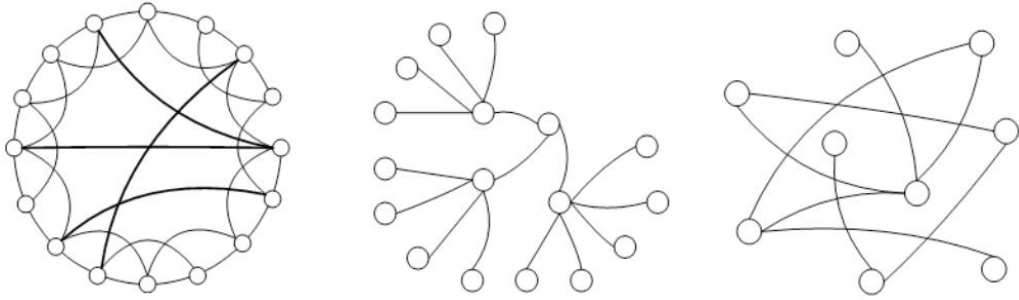
Kompleks ağların düğüm ve link sayıları çok büyüktür. Büyük ağların modellenmesi ve topolojisinin ortaya çıkartılabilmesi için bilgisayarlar kullanılır. Kompleks ağ yapıları iki temel başlık altında toplanmaktadır. İnsanlar tarafından modellenen model (modelled) ağlar ve gerçek dünyada var olan gerçel ağlardır [7].

### 1.3.1. Model Ağlar

Model ağlar, gerçek dünyada bulunan kompleks yapıların daha anlaşılır kılınması için üretilmiş yapay ağ modelleridir. Model ağların üretilmesindeki temel amaç gerçek ağlara ait dinamiklerin daha anlaşılır hale getirilmesidir. Model ağlar çeşitli algoritmalar kullanılarak ağa ait parametrelerin değiştirilmesi ile oluşturulan yapay ağlardır. Model ağlarda istenilen sayıda düğüm ve link tanımlanabilir. Bu nedenle istenilen büyüklükte yapay ağlar elde edilebilir. Ayrıca düğümler ve linkler arasındaki bağlanma ilişkileri çeşitli parametreler ile sağlanmaktadır [7]. En bilinen model ağ türleri şunlardır [1].

- Rassal Ağlar (Random Networks)
- Küçük-Dünya Ağları (Small-Worlds Networks)
- Ölçek Bağımsız Ağlar (Scale-Free Networks)

En çok bilinen yapay ağ modellerine ait görseller aşağıda (Şekil 1.2) verilmiştir. Model ağların parametreleri değiştirilerek farklı topolojilerde ağlar elde edilebilir.



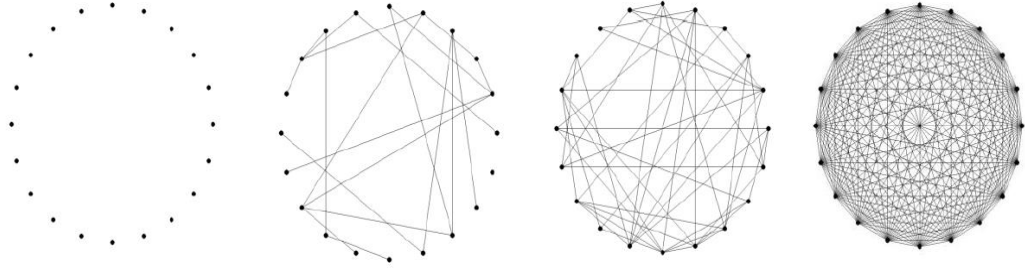
Şekil 1.2. a) Küçük-dünya ağı, b) Ölçek bağımsız ağ, c) Rassal ağ görseli [8].

#### 1.3.1.1. Rastsal Ağlar

Rassal ağlar teorisi ilk defa 1956 yılında Paul Erdos ve Alfred Renyi tarafından önerilmiştir. Düğümler arasındaki linklerin rastgele (rassal) dağıtılması ilkesi kullanılarak oluşturulan ağlara rassal yada random ağlar denir. Rassal ağlarda, hangi düğümlerin arasında bağlantı olacağına rastgele karar verilir. Hangi düğümlerin

arasında bir link olacağına dair herhangi bir algoritma veya model bulunmamaktadır. Rassel ağ teorisi kompleks ağ çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır [9].

Rassel ağları açıklamak için Erdos-Renyi modeli kullanılmaktadır. Bu modelde yapay bir ağ oluşturulurken  $n$  düğüm sayısını ve  $p$  düğümler arasındaki bağlanma olasılığını göstermek üzere,  $p > 0$  olması durumunda  $n(n-1)p/2$  adet rastgele dağıtılmış linkden oluşan bir ağ elde edilir. Erdos-Renyi modelinde aynı sayıda düğümden oluşan ağlarda  $p$ 'nin değerine göre farklı link sayıları olabilir [5].



Şekil 1.3. Farklı  $p$  değerlerine göre Erdos-Renyi modeli ağ görselleri [5].

Şekil 1.3'de 20 adet düğümden oluşan Erdos-Renyi rassel ağında  $p$  değerinin 0'dan sağa doğru artırılması sonucunda oluşan ağlar görülmektedir [5].

### 1.3.1.2. Küçük-Dünya Ağları

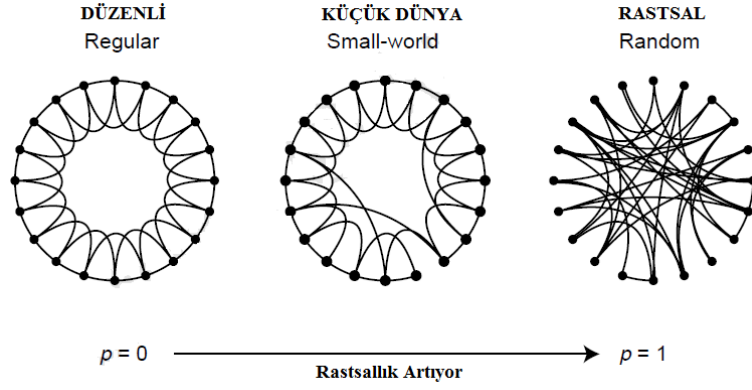
Küçük-Dünya Ağları (Small-Worlds Networks) olarak bilinen model ağların temelini 1967 yılında Stanley Milgram tarafından yapılan bilimsel araştırma oluşturmaktadır. Milgram çalışmasında rastgele seçilen iki insanın arasında bir bağlantı olup olmadığını ve birbirlerini tanıma olasılıklarının ne olduğunu araştırmıştır. İki insanın birbirini şahsen tanımasından farklı olarak ortak arkadaşları üzerinden aralarındaki dolaylı bağlantı bulunmaya çalışılmıştır. Bu durum seçilen iki insanın ortalama olarak birbirlerinden ne kadar uzaklıkta olduğu bilgisinin bulunmasını gerektirmiştir. Adım veya uzaklık kavramı iki kişi arasındaki kurulan bağlantıda, iki düğüm arasında bulunan insanların sayısıdır. İnsanların birbirlerini tanıma ilişkisi üzerinden başlangıç kişisinden istenilen kişiye ortalama olarak kaç adımda ulaşılacağı sorusuna odaklanılmıştır. Milgram tarafından yapılan çalışma günümüzde kullanılan modern

sosyal ağlara ait ilk çalışmadır. Bu çalışmada, seçilen sosyal ağ kullanılarak düğümler arası uzaklığın ortalama değeri araştırılmıştır. Milgram çalışmasında meşhur mektup deneyini gerçekleştirmiştir. Başlangıç kişisine verdiği bir mektubu, eğer hedef kişiyi tanıyorsa mektubu ona göndermesini, hedef kişiyi tanımiyorsa tanıma olasılığı en yüksek kişiye göndermesini istemiştir. Mektupların kişiler arasındaki her değişiminde isimler not edilmiştir. Sonuç olarak seçilen iki düğüm arasındaki ortalama uzaklığın yaklaşık altı (6) adım olduğu tespit edilmiştir [2].

Kısaca küçük-dünya ağları, ağı oluşturan düğümler arasında kısa bir yolun varlığının gösterilebiliyor olmasıdır. Bu durum ağın boyutundan bağımsız olmak üzere çoğu gerçel ağ için tanımlanabilmektedir. Ağ yapılarında düğümler arasındaki en kısa mesafe, düğümleri birbirlerine bağlayan link sayısıdır. Küçük dünya özelliği gösteren ağlarda iki düğüm arası ortalama uzaklığın 6 adım olduğu kabul edilir [10].

Milgram'ın çalışması bilgisayar teknolojisi kullanılarak 2001 ve 2008 yıllarında iki farklı çalışmada test edilmiştir. 2001 yılında Duncan Watts tarafından yapılan çalışmada insanlara birbirlerine mektuplar yerine paket taşıyan elektronik postalar (e-mail) gönderilmesi istenilmiştir. 2008 yılında ise Jure Leskovec ve Eric Horvitz tarafından Microsoft .NET Messenger servisi kullanılarak benzer bir çalışma yapılmıştır. Sonuç olarak her iki çalışmada da düğümler arasındaki ortalama yol uzunluğunun yaklaşık olarak 6 adım olduğu sonucuna ulaşılmıştır [3,11]. Modern bilgisayarlar kullanılarak yapılan analizler sonucunda Milgram'ın çalışması doğrulanmıştır.

*Watts-Strogatz modeli:* Milgram'ın küçük dünya deneyi temel alınarak oluşturulmuş bir ağ modelidir. 1998 yılında Watts ve Strogatz tarafından small-world fenomeni olarak ortaya konulmuştur. Temel olarak rastgele seçilen iki düğüm arasında komşu düğümlerden oluşan daha kısa bir yolun bulunduğunu ve seçilen iki düğümün birbirine daha kısa bir yoldan bağlanabileceği şeklinde ifade edilir [8]. Watts-Strogatz ağında düzenli bir ağ içerisinde rastgele seçilen düğümler arasında belirli bir olasılık ile linkler rastgele oluşturulmaktadır [7]. Model ağda rassallığı sağlamak için 0 ile 1 arasında bir  $p$  değeri tanımlanmıştır [10].



Şekil 1.4. Watts-Strogatz ağının  $p$  değerinin artışına göre görünümü [12].

Şekil 1.4'de görüldüğü gibi  $p$  değeri arttıkça ağ düzenli ağdan rassal ağa doğru geçiş yapmaktadır.

Bu model ile oluşturulan model ağlar küçük dünya ağı ve yüksek kümelenme (*clustering*) katsayısı özelliklerini göstermektedir [1].

### 1.3.1.3. Ölçek Bağımsız Ağlar

Ölçek bağımsız ağlar, model ağlar içerisinde gerçek dünyadan elde edilen ağlara en çok benzeyen yapay ağ modelidir [7]. Watts-Strogatz ağ modeli gerçek dünyada bulunan telekomünikasyon ve biyolojik ağlar gibi bazı gerçel ağları tam olarak açıklayamamaktadır. Bu nedenle Albert-Laszlo Barabasi ve Reka Albert tarafından 1999 yılında gerçel ağların anlaşılabilirliğini artırmak için, ölçek-bağımsız (*scale-free*) ağlar kavramı ortaya atılmıştır [2]. Rassal ağlar ve küçük dünya ağlardan farklı olarak ölçek bağımsız ağlarda, ağa yeni eklenen düğümler mevcut düğümler içerisinde rastgele bir düğüme bağlanmak yerine hub olarak isimlendirilen ve popülaritesi yüksek olan düğümlere bağlanmayı (link oluşturmayı) tercih ederler. Bu durumda ağda, az sayıda hub düğümünün oluşmasına ve çok sayıda popülaritesi düşük düğümün varlığını neden olmaktadır. Ölçek bağımsız ağlarda yayılım hızı oldukça yüksektir. Yayılım hızının yüksek olması, istenilen durumların hızla yayılmasını sağlayabileceği gibi istenilmeyen durumlarında hızla yayılmasına neden olabilir. Hastalıkların daha hızlı yayılması bu model ile açıklanmaktadır. Örneğin bir virüs

yüksek dereceli bir hub'a bulaşırsa ağ içerisinde yayılımı aynı derecede hızlı olmaktadır [10].

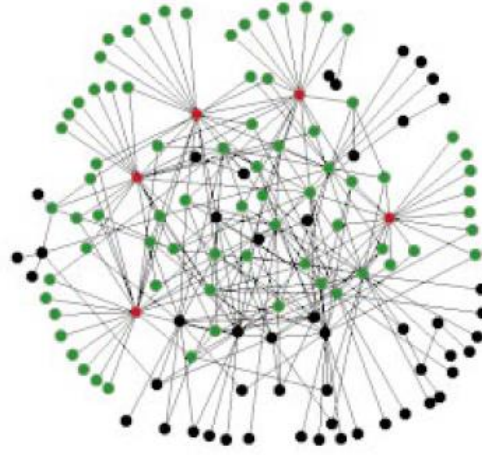
*Barabasi-Albert Modeli:* Bu modeli ile rassal ve küçük-dünya ağlarındaki yaklaşımlardan farklı olarak, ağların topolojilerinin modellenmesi yerine, gerçel ağların oluşum aşamalarının ve büyüme süreçlerinin incelenmesi ve modellenmesi gerektiği fikri önerilmiştir. Kompleks ağın büyüme ve oluşum sürecine uygun olarak modellenmesi için ağın özelliklerinin iyi bilinmesi gerekmektedir. Sonuç olarak gerçek dünyada bulunan ve dinamik olarak yeni düğüm ve linklerin eklendiği veya çıkarıldığı ağlarda, ağın değişimine neden olan etkenler bulunabilirse oluşturulacak model ağ istenilen ağ topolojisine uygun olarak ortaya çıkacaktır [10]. Barabasi-Albert modelinde gerçel ağlarda olduğu gibi power-law düğüm derece dağılımına sahip ağlar oluşturulması amaçlanmaktadır [1].

Barabasi-Albert modelinde, iki temel özellik ortaya konulmaktadır; Bu özellikler büyüme ve tercihli bağlantı yaklaşımlarıdır [6].

*Büyüme (growth):* Düğümlerden oluşan ağ sistemlerinde zamanla yeni düğümlerin eklenerek ağın genişlemesini ifade eder. Küçük bir düğüm kümesi ile başlayan ağ zamanla yeni düğümlerin eklenmesi sonucu yaşamı boyunca büyümeye devam eder. Gerçek dünyada bulunan ağlar sürekli yeni düğümlerin eklenmesi ile büyümektedirler. Sürekli büyüyen ağlara örnek olarak WWW ağı verilebilir. WWW ağı yeni web sayfalarının yayına girmesiyle zamanla katlanarak büyümektedir [9]. Bilimsel işbirliği ağları da zaman içerisinde hızla büyüyen ağlardandır.

*Tercihli bağlantı (preferential attachment):* Yeni eklenen düğümlerin ağ içerisinde var olan düğümlerden hangisine bağlanacağını tanımlayan bir kavramdır. Tercihli bağlantı, yeni eklenen bir düğümün popüler düğümlerden birine bağlanma olasılığının daha yüksek olması durumudur. Düğümler arasındaki popülerite düğümün derecesi ile doğru orantılıdır. Örnek olarak atıf ağlarında, derecesi yüksek ve çok atıf alan bir yayının, ağa yeni katılan bir yayından atıf alma olasılığı az bilinen bir yayının atıf alma olasılığından daha yüksektir [10].





Ölçek Bağımsız Ağ  
Scale-free

Şekil 1.5. Ölçek bağımsız ağ modeli görseli [13].

Şekil 1.5’de verilen ölçek bağımsız ağ örneğinde, 130 düğüm ve 215 link vardır. Derecesi yüksek olan popüler düğümler renkli olarak gösterilmiştir. Kırmızı renkli düğümler en popüler hub noktalarıdır [13].

### 1.3.2. Kompleks Ağların Özellikleri

Kompleks ağların anlaşılabilmesi için bazı temel kavramların ve tanımlamaların bilinmesi gerekmektedir. Gerçek ve model ağların analiz edilebilmesi için topolojik özelliklerinin incelenmesi gerekir. Bu temel özellikler kullanılarak ağın durumu ve yapısı hakkında fikir yürütülebilmektedir. Gerçek ağlar ve model ağlar birbirleriyle benzer özelliklere sahip olabildikleri gibi farklı özellikler de gösterebilirler.

Gelişen bilgisayar teknolojisi ile büyük miktarda verinin toplanabilmesi ve işlenebilmesi sonucunda gerçek dünyada bulunan kompleks ağların incelenmesi mümkün hale gelmiştir. Binlerce düğümden oluşan bir ağ için derece dağılımı, ağ yoğunluğu ve ortalama yol uzunluğu gibi istatistiki bilgiler çok kısa süre içinde elde edilebilmektedir [4].

Büyük miktarda veri analizi yapabilme yeteneği arttıkça ve ağların boyutu büyüdükçe, kompleks ağlar ile ilgili yeni kavramlar ve metrik analiz türleri ortaya çıkmaktadır.

### 1.3.2.1. Düğüm Derece

Ağ yapıları içerisinde yer alan en temel öğeler düğümler ve linklerdir. Her tür ağ için en sık kullanılan kavram düğümlerin sahip olduğu derece değerleridir.

*Düğüm:* Kompleks ağları meydana getiren en küçük birime düğüm (*node*) denir. Ağı oluşturan her bir eleman düğümler ile temsil edilir. Örneğin internet ağında internet erişimine açık her bir cihaz bir düğüm noktasını oluşturmaktadır. Bilimsel işbirliği ağında her bir yazar ağ içerisinde bir düğüm noktası olarak temsil edilmektedir.

Bir düğümün başka düğümler ile olan bağlantı (link) sayısı, düğümün derece (*degree*) değeri olarak ifade edilir. Özellikle sosyal ağların anlaşılmasında derece kavramı çok önemlidir. Etkili ve popüler düğümler ancak derece değerleri incelenerek bulunabilir [2].

$N$  adet düğüme sahip bir ağda düğümler arasındaki linkler  $N \times N$  boyutlu bir matris ile ifade edilebilir (Eşitlik 1.2). Matris içerisinde her iki düğüm arasındaki bağlantı sayısı  $a_{ij}$  ile ifade edilir. Her bir düğüm için derece değeri olan  $a_{ij}$  Eşitlik 1.2'deki ilişki matrisinin elemanları olmak üzere aşağıdaki Eşitlik 1.3'deki formül ile hesaplanmaktadır [1].

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdot & \cdot & a_{1N} \\ a_{21} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{31} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{N1} & \cdot & \cdot & \cdot & a_{NN} \end{bmatrix} \quad (1.2)$$

$$k_i = \sum_{j \in N} a_{ij} \quad (1.3)$$

Bazı ağlarda düğümler arasında tanımlan linklerde yön bilgisi mevcuttur. Linklerin yönlü ve yönsüz olmasına göre düğümlerin dereceleri değişmektedir. Eğer ağımızı oluşturan linkler yönlü ise her bir düğümden dışarı çıkan link sayısı ile düğüme gelen link sayısı toplanarak düğüm derecesi elde edilir [1].

$$k_i^{out} = \sum_{j \in N} a_{ij} \text{ Düğümden çıkan linklerin sayısı} \quad (1.4)$$

$$k_i^{in} = \sum_{j \in N} a_{ji} \text{ Düğüme gelen linklerin sayısı} \quad (1.5)$$

$$k_i = k_i^{in} + k_i^{out} \text{ Yönlü ve yönsüz linklerin toplamı düğüm derecesini verir} \quad (1.6)$$

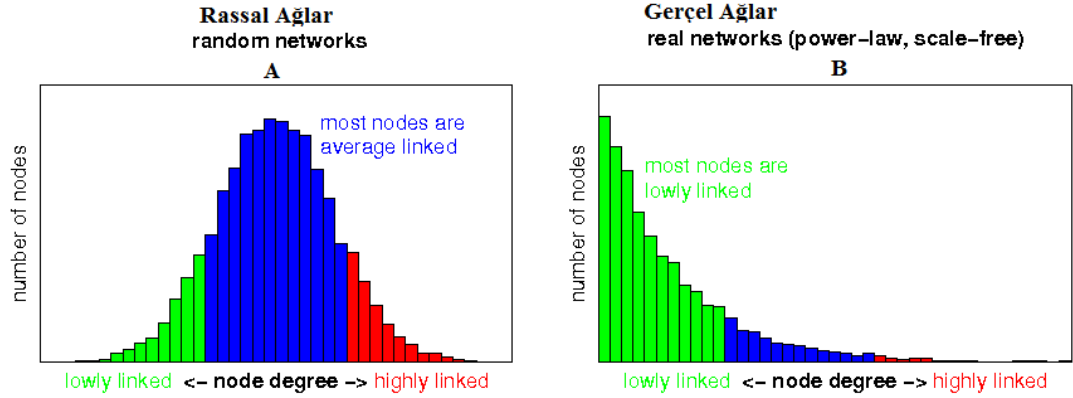
### 1.3.2.2. Düğüm Derece Dağılımı

Kompleks ağların karakteristikleri ile ilgili önemli parametrelerden birisi düğüm derece dağılımı kavramıdır. Düğüm derece dağılımı, ağdaki tüm düğümlere ait derece değerleri bulunduktan sonra bu değerlerin toplam derece değerine bölünmesi ve çıkan sonuçların normalize edilmesinden sonra logaritmik (log-log) ekseninde dağılım grafiğinin çizdirilmesi ile elde edilir.

Gerçek dünyada bulunan kompleks ağların düğümlerinin dereceleri çoğunlukla birbirine eşit değildir. Derece dağılımı kavramı, rasgele seçilen bir düğümün  $k$  adet linke sahip olma olasılığını tanımlayan  $P(k)$  dağılım fonksiyonu ile açıklanabilmektedir [10]. Yönlendirilmiş graflarda düğümlere giren ve çıkan linkler için ayrı ayrı derece dağılımı hesaplanmaktadır. Düğüme gelen linklere ait  $P(k_{in})$  ve düğümden çıkan linklere ait  $P(k_{out})$  değerleri rastgele seçilen bir düğümün  $k_{in}$  ve  $k_{out}$  adet linke sahip olma olasılığını tanımlar [6].

Ağ yapıları incelendiğinde gerçel ağlar ile model ağların farklı düğüm derece dağılımlarına sahip oldukları gözlemlenmiştir. Kompleks ağların iki farklı şekilde

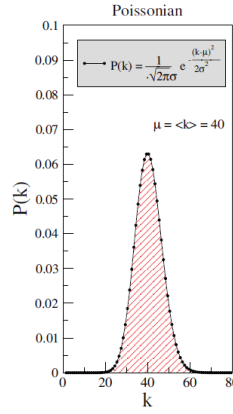
derece dağılım gösterdikleri gözlemlenmiştir. İlk olarak, ağ içerisindeki düğümlere ait derecelerin homojen olarak dağıldığı ağlarda görülen Poisson veya Gaussian şeklinde isimlendirilen derece dağılımlarıdır. İkincisi ise, ağ içerisindeki düğümler arasındaki ilişkinin heterojen olarak dağıldığı ağlarda görülen power-law (güç-yasası) derece dağılımı ve türevleridir [6].



Şekil 1.6. a) Rassal ağlarda Poisson ve gerçek ağlarda power-law derece dağılımı b) [14].

### Poisson Derece Dağılımı

Poisson derece dağılımı düğümler arasındaki linklerin rastgele olarak dağıtıldığı rassal ağlarda görülmektedir. Rassal ağlarda düğümler arası linkler rastgele dağıtıldığından dolayı düğümlerin ortalama derece değerleri birbirine yakın olmaktadır. Ağda oluşan derece dağılımı ağın ortalama derecesi olan  $\langle k \rangle$  değeri civarında yoğunlaşmış bir can eğrisi şeklinde gerçekleşmektedir [10]. Rassal ağlarda ortalama derece değerinin elde edilen görünümü Şekil 1.7'deki gibi görüntülenmektedir.



Şekil 1.7. Rassal ağlar için Poissonian derece dağılımı [6].

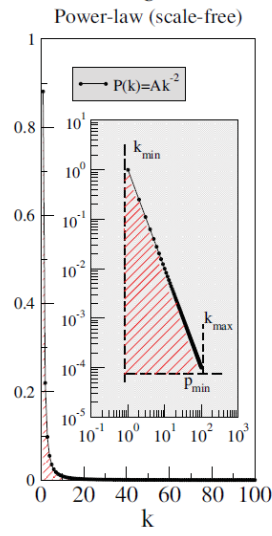
### Power-Law (Güç-Yasası) Derece Dağılımı

Rassal ağlardan farklı olarak gerçel ağlarda ağ içerisinde popüler düğümler ve izole düğümler bulunabilmektedir. Bu nedenle düğümlerin sahip olduğu derece değerleri geniş bir ölçek içerisinde dağılmaktadır. Genel olarak gerçel ağlarda derece dağılımı bu şekilde gerçekleşmektedir. Sosyal ağlarda düğüm derece dağılımı power-law ilkesine uygun olarak gözlenmektedir [7]. Ağ analizlerinde power-law derece dağılımı ile ilgili çalışmalar, WWW ağının derece dağılımının Poisson dağılımından farklı olduğunun gösterilmesinden sonra hız kazanmıştır [10].

Scale-free ağları gibi düğümlere ait derece dağılımlarının heterojen özellik gösterdiği gerçel ağlarda çoğunlukla Power-law benzeri derece dağılımları görülür. Power-law yapıdaki ağlar Eşitlik 1.7'deki denklem ile ifade edilmektedir [6].

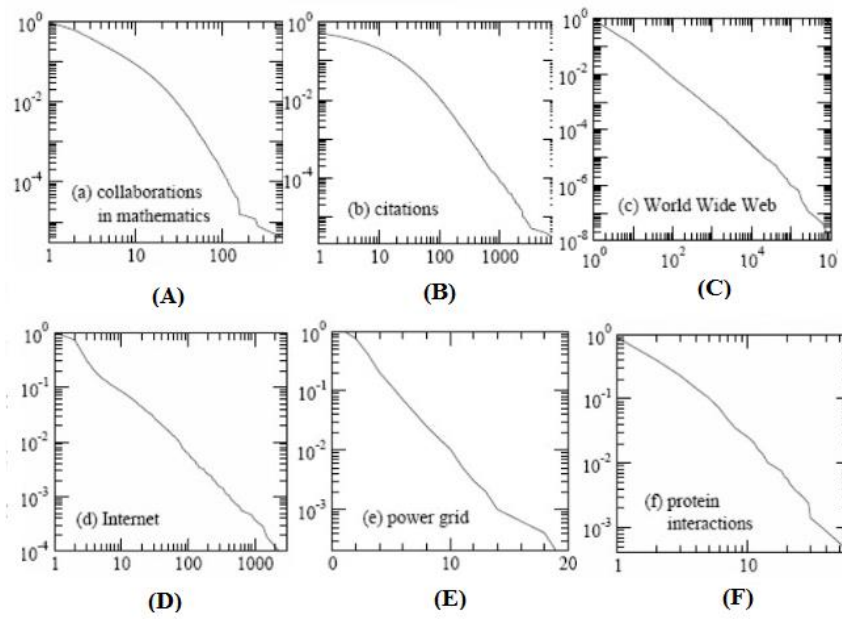
$$P(k) = Ak^{-y} \quad (1.7)$$

Power-law dağılımı analitik olarak, iki eksenini de logaritmik ölçeklenmiş bir derece dağılımı grafiğinin doğrusal düşüş gösterdiği durumlarla ilişkilendirilir (Şekil 1.8). Bu doğrusal düşüşün eğimi, Eşitlik 1.7'deki  $-y$  katsayısına eşittir [15].



Şekil 1.8. Scale-free ağlarda power-law derece dağılımı [6].

Şekil 1.9'daki görselde bilimsel işbirliği ağından güç transfer ağına kadar farklı boyut ve türdeki gerçel ağların düğüm derece dağılımı power-law ilkesine uygun olarak gerçekleştiği görülmektedir. Ancak nadiren power-law prensibine tam uyumlu (Şekil 1.9c) ağlar görülür, log-log eksendeki doğrunun sol tarafında saturasyon (Şekil 1.7b) ya da sağ tarafında expansiyonel faz (Şekil 1.7e) eğilimli doğrularda sıkça rastlanmaktadır [15]. Power-law dağılımında grafiğin kuyruğu zamanla yavaş bir şekilde sıfır değerine doğru ilerlemektedir [16].



Şekil 1.9. Çeşitli gerçel ağlara ait power-law uyumlu derece dağılımı grafikleri [17].

### 1.3.2.3. Karmaşıklık (Complexity)

Dünyada bulunan her şeyin birbiriyle bağlantılı olması ve bir ağın düğümlerinden birisini oluşturması karmaşıklık teorisi olarak adlandırılır [7]. Karmaşıklık kavramı iki temel tanımı bünyesinde barındırır. İlk olarak, sistemler büyüklükleri ölçüsünde heterojen dağılım gösterirler. İkinci olarak karmaşıklık sistemi oluşturan birimler arasındaki etkileşimden kaynaklanmaktadır [6].

Gerçek ağlarda karmaşıklık zaman değişimine bağlı olarak artmaktadır. Yeni düğümlerin eklenmesi ile ağların karmaşıklığı artmaktadır. Örneğin hava yolu ulaşım ağında yeni uçuşların eklenmesi ile ağ dinamik olarak büyümektedir. Gerçek ağlar genellikle heterojen bir büyüme gösteriler [6]. Zamanla karmaşıklığı artan ağlara örnek olarak bilimsel işbirliği ağları da verilebilir. Zamanla bilim ilerlemekte ve ilerleme beraberinde yeni araştırmacıları ve yayınları ortaya çıkartmaktadır. Dünya üzerinde yaklaşık 7 milyar insan yaşamaktadır. 7 milyar düğümden oluşan bir ağdaki link sayısı ne kadardır? Bu sorunun cevabının bulunması ve oluşturulacak olan sosyal ilişki ağının çözülmesi günümüz teknolojisi ile nerede ise imkânsızdır [7].

### 1.3.2.4. Kümelenme (Clustering)

Sosyal ağlarda sık kullanılan terimlerden biriside kümelenme kavramıdır. İşbirliği veya aktör ağları gibi popüler düğümlerin çok olduğu ağlarda, kümelenme durumu ile sık karşılaşılır. Kümelenme ile birbirleri ile ilişki içerisinde olan kapalı çevirim bir ağ oluşur. Örneğin bilimsel işbirliği ağında sürekli birbirleri ile yayın yapan yazarların oluşturduğu kümelenme durumu buna örnek olarak gösterilebilir [10].

Kümelenme kavramı ile birbirlerine komşu olan düğümlerin başka düğümlere komşuluk derecesi ölçülmektedir. Kümelenme, sosyal ağlarda arkadaşlarınızın birbirlerini tanıyor olma durumudur. Bu durumda kümelenme değeri yüksek olmaktadır. Kümelenme değeri yüksek olan ağlarda düğümler arasında oluşan üçgenlerin sayısı nispeten fazla olmaktadır [3].

Genel bir graf da, T geçişli üçgenler arasındaki üçlüleri ifade etmek üzere, T: değeri Eşitlik 1.8a kullanılarak hesaplanır. Kümelenme değeri olan C Eşitlik 1.8b kullanılarak bulunur [1,7]. C'nin aldığı değer ağın sahip olduğu toplam kümelenme katsayısının değerini ifade etmektedir.

$$T_i = \frac{\text{Birbilerine üçgen şeklinde bağlı düğüm sayısı}}{\text{Üçgen şeklinde olup birbirine bağlı üçlü düğümlerin sayısı}} \quad (1.8a)$$

$$C = \frac{1}{n} \sum_i T_i \quad (1.8b)$$

### 1.3.2.5. En Kısa Yol

En kısa yol, iki düğüm arasında var olan yollar içerisinde en kısa mesafeli bağlantı yolunu tanımlamaktadır. İki düğüm arasında tanımlanan en kısa yol, başlangıç düğümünden bitiş düğümüne ulaşıncaya kadar takip edilen link sayısına eşittir. Tüm düğümlerin birbiriyle ilişkili olduğu model ağlarda en kısa yol uzunluğu her zaman bulunabilmektedir. Ancak bazı gerçek ağlarda tüm düğümler arasında ilişki olmadığından her düğüm için en kısa yol bilgisine ulaşılamamaktadır. Örneğin bilimsel işbirliği ağında bazı izole düğüm kümeleri bulunmaktadır. İzole düğümlerin birbiriyle bir şekilde bağlı olan büyük düğüm toplulukları ile bir bağlı bulunmamaktadır.

En kısa yol kavramı ulaşım ve telekomünikasyon ağlarında çok önemlidir. Örneğin internet ağında bilgisayarlar arasındaki paket gönderiminin hızlı bir şekilde sağlanması için en kısa yolun bulunması gerekmektedir. Bulunan en kısa yol paketlerin hızlı bir şekilde iletilmesini ve sistem kaynaklarının verimli kullanılmasını sağlamaktadır [1]. Coğrafi bilgi içeren ulaşım ağları için iki düğüm arasındaki en kısa yolun bulunması için link sayısından ziyade düğümler arasındaki mesafe bilgisinden yararlanır. Örneğin karayolları ağında düğüm sayısı değil düğümler arasındaki coğrafi mesafeler en kısa yol olarak tanımlanır.



Gerçel ağlarda düğümler birbirlerine oldukça yakın mesafeler de bulunurlar. Bu durum Milgram'ın mektup deneyinde ve Twitter gibi sosyal ağların arkadaşlık ilişkisinin araştırılması gibi çalışmalarda, küçük dünya ağları arasındaki ortalama uzaklık değerinin 3 ile 6 adım arasında değiştiği görülmektedir [10].

### 1.3.3. Gerçel Ağlar

Dünya üzerinde gerçek veya sanal olarak varlığı bilinen yapılara ait ilişkilerin toplanması ve birleştirilmesi sonucu elde edilen kompleks ağlardır. Geçen bölümde incelediğimiz model ağlar gerçek ağların anlaşılması ve incelenmesi için geliştirilen ağ modelleridir. Gerçek ağlarda düğümler gerçek objeler ve olgulardan oluşur. Örneğin arkadaşlık ağlarında düğümler, gerçek insanları temsil eder. Gerçek insanlar arasındaki ilişkiler ise linkleri oluşturur. Gerçel ağlar ilgili araştırmaların yapılabilmesi için karmaşık yapılardan oluşan ağlara ait veri setlerinin elde edilmesi gerekmektedir. Ağ yapılarına ilişkin bilgilerin elde edilmesi, bilgisayar yardımıyla veri setlerinin metrik olarak analiz edilmesi ve görselleştirilmesiyle sağlanmaktadır. Gerçek ağlar üzerinde yapılan çalışmalar iki temel bölüm altında incelenmektedir.

*i)- Ağ sistemlerine ait düğüm derece dağılımı, kümelenme ve en kısa yol gibi matematiksel ve istatistiksel durumların incelenmesidir.*

*ii)- Ağ yapılarının görselleştirilmesidir. Görselleştirme çalışmaları ile ağıma ait ilişkiler resim formatına getirilmektedir. Görselleştirme ile soyut ağ yapılar somut olarak sunulmaktadır.*

Dünya üzerinde aralarında ilişki bulunan yapılar bir araya gelerek, gerçel ağları meydana getirirler. Gerçel ağlar türlerine ve yapılarına göre sınıflandırılmaktadır. Literatürde gerçek ağlar aşağıdaki ana başlıklar altında incelenmektedir [16,18].

- Teknolojik Ağlar (Technological networks)
- Sosyal Ağlar (Social networks)
- Biyolojik Ağları (Biological networks)
- Bilgi Ağları (Networks of information)

- Jeofizik Ağları (Geophysical networks)
- Ekolojik Ağlar (Ecological networks)
- Finansal Ağlar (Financial networks)

### 1.3.3.1. Teknolojik Ağlar

Bilgi ve iletişim alanında son 50 yılda yaşanan hızlı gelişme ve ilerleme teknolojik ağları hayatımıza sokmuştur. Teknolojik ağlara örnek olarak WWW ve internet ağı verilebilir. Bu ağlarda teknolojik elemanlar düğümleri ve linkleri meydana getirirler. Örneğin internet ağında bilgisayarlar ve yönlendiriciler ağıdaki düğümleri meydana getirir. Teknolojik ağlarda düğümler arasında kablolu (*wired*) veya kablosuz (*wireless*) bağlantılar linkleri tanımlar.

Teknolojik ağlara örnek olarak aşağıdakiler verilebilir [1,9,16,18].

- WWW (World Wide Web) Ağı
- İnternet Ağı
- Telefon Ağları
- Elektrik Dağıtım Ağları (Power grids)
- E-mail Ağı
- Peer to Peer Ağlar (Dosya paylaşım ağları)

#### ❖ WWW Ağı

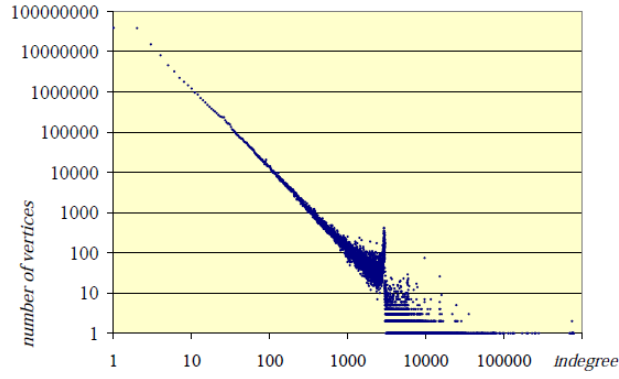
WWW ağı bugüne kadar tespit edilebilen en büyük ağıdır. WWW ağı, yeni düğümlerin ve linklerin eklenmesi ile sürekli büyümektedir. WWW ağında web sayfaları düğümleri oluşturmaktadır. Düğümler arasındaki bağlantılar (linkler) ise web sayfalarını birbirlerine bağlayan hyperlink'lerden oluşmaktadır [9]. WWW'nin günümüzde (Aralık 2014) en az 4.34 milyar adet web sayfasından oluştuğu tahmin edilmektedir [19]. Web sayfalarına gelen ve giden linkler vardır. Web sayfaları içerisindeki linkler yönlendirilmiş bağlantı bilgisi içerir. Her bir web sayfasına (düğüm) gelen ve giden linklerin toplamı, düğüme ait derece değerini

oluşturmaktadır [8]. Web ağının gerçek boyutunu belirlemek imkânsızdır. Google gibi gelişmiş arama motorlularında bile tüm web sayfaları indekslenmemektedir [2].

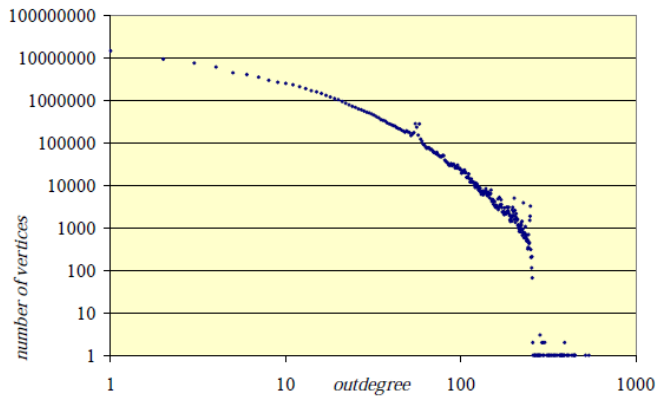
WWW ağının ait düğüm derece değerleri Eşitlik 1.9 kullanılarak bulunur. Linkler yönlü olduğu için giren ve çıkan linklerin derece değerler ayrı ayrı hesaplanır [1]. WWW ağı düğüm derece dağılımını power-law'a uygun olarak gerçekleşmektedir [9].

$$P_{in}(k) \sim k^{-\gamma_{in}} \text{ Gelen linklerin dereceleri} \quad (1.9a)$$

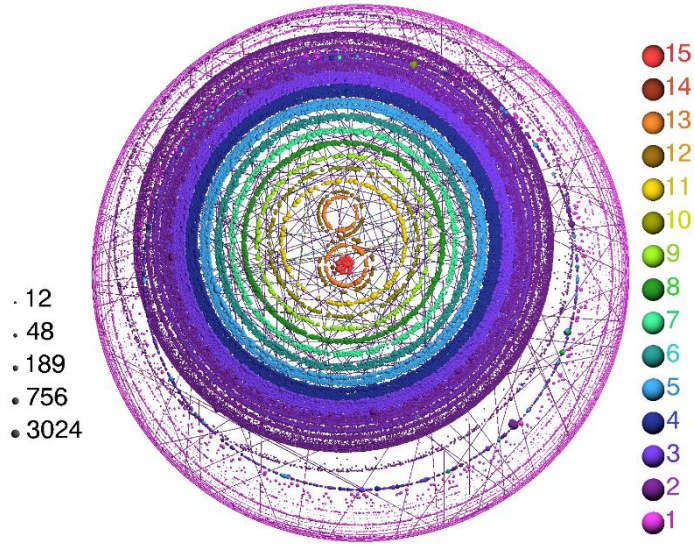
$$P_{out}(k) \sim k^{-\gamma_{out}} \text{ Çıkan linklerin dereceleri} \quad (1.9b)$$



Şekil 1.10. WWW ağının 2007'de gelen linklere göre derece dağılımı [20].



Şekil 1.11. WWW ağının 2007'de çıkan linklere göre derece dağılımı [20].



Şekil 1.12. WWW ağının görselleştirilmiş görüntüsü [21].

Şekil 1.12’de WWW ağının derece merkeziliği değerine göre renklendirilmiş görseli verilmiştir. Şeklin sağ tarafında merkezilik değerine göre renk ölçeği verilmiştir. Şeklin (Şekil 1.12) sol tarafında ise bazı düğümlere ait dereceler verilmiştir [21].

WWW ağını elde edebilmek için arama robotu (Web crawler) olarak adlandırılan yazılımlar kullanılır. Bu programlar otomatik olarak web sayfaları içerisinde gezinirler ve tüm sayfalar için dışarı çıkan linkleri kaydederler. Web sayfası içerisindeki linkler standart formatta tutuldukları için bu iş zor olmamaktadır [18].

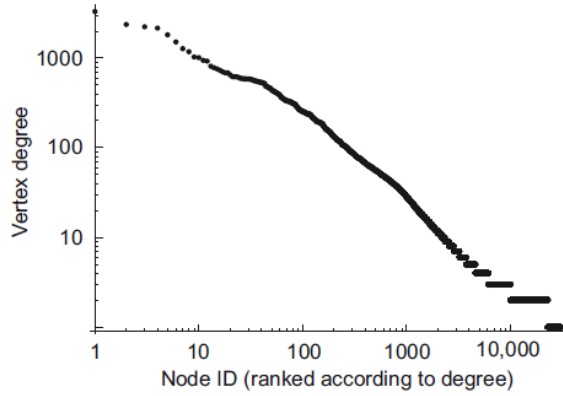
#### ❖ İnternet Ağı

WWW ve internet kavramları birbirleri ile karıştırılmaktadır. WWW ağı web sayfalarından oluşur. İnternet ağı ise birbirleriyle elektronik olarak haberleşme kapasitesine sahip fiziksel donanımlardan oluşur. İnternet ağı, kısaca internet erişimine açık cihazların oluşturduğu ağ olarak adlandırılabilir [16]. İnternet ağında düğümleri yönlendiriciler (router) ve bilgisayarlar oluşturmaktadır. Düğümler arasındaki linkleri ise cihazları birbirlerine bağlayan kablolu ve kablosuz bağlantılar oluşturmaktadır [9]. İnternet ağında iletişim MAC adresleri ve IP protokolleri gibi sistemler kullanılarak sağlanmaktadır [2].

İnternet ağlarında oluşun düğümler iki seviye altında incelenmektedir [9].

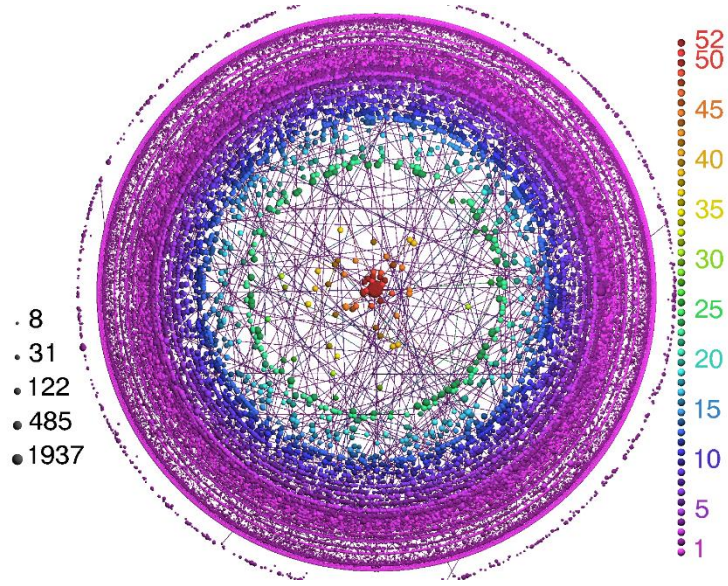
*i)*- İnternete bağlı her bir cihazın (bilgisayar, cep telefonu vb.) bir düğüm oluşturduğu ağlardır. Eğer herhangi iki cihaz arasında bağlantı var ise link olarak tanımlanır.

*ii)*- İnternete erişimi olan her bir cihazın bir düğüm olması yerine bağlı bulunduğu domain kümesinin bir üyesi olmasıdır. Bu durumda içinde çeşitli cihazlar bulunan domainler arasında ilişki tanımlanır. Her bir domain ağın bir düğümünü oluşturur. Domain'ler arası bağlantı ise linkleri oluşturur.



Şekil 1.13. İnternet ağı düğüm derece dağılımı [2].

Şekil 1.13'de görüldüğü üzere internet ağının düğüm derece dağılımı power-law özelliği göstermektedir [9]. Şekil 1.14'de internet ağının görselleştirilmiş görünümü verilmiştir.



Şekil 1.14. İnternet ağının görselleştirilmiş görüntüsü [22].

#### ❖ Telefon Ağı

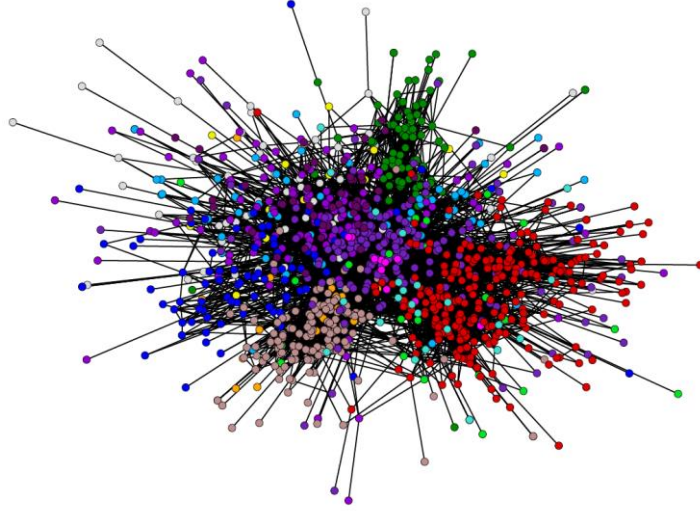
Günümüzde de kullanılan en eski teknolojik ağ telefon ağlarıdır. Telefon ağları verisine ulaşmanın zorluğu nedeniyle bu ağla ilgili çok az çalışma yapılmıştır. Telefon kayıtları hizmet sağlayıcı firmalar tarafından saklanmaktadır. Ancak firmalar telefon kayıtlarına ait verileri özel hayatın gizliliği nedeniyle araştırmacılarla paylaşmamaktadırlar [18].

Telefon ağlarında telefon numaraları düğümleri oluşturmaktadır. Sabit veya taşınabilir bir telefona ait numara bir düğümü ifade etmektedir. Düğümler arasındaki linkler ise telefonlar arasındaki aramalardan (call) oluşturulmaktadır. İki telefon arasındaki görüşme arayan numaradan aranan numaraya doğru yönlendirilmiş bir link oluşturmaktadır. Bu nedenle derece dağılımlarının giden ve gelen linklere göre yapılması gerekmektedir. Yapılan araştırmalarda telefon ağı için giden ve gelen linklerin derece dağılımının power-law durumuna uygun olduğu tespit edilmiştir [9].

#### ❖ E-mail (Elektronik Posta) Ağları

Kâğıt mektupların demode olduğu günümüzde elektronik postalar kullanılmaktadır. İnternet kullanımının yaygınlaşması ile elektronik posta kullanım oranları artmıştır.

E-mail ağlarında posta adresleri kompleks ağı oluşturan düğümleri meydana getirmektedir. Hesaplar arasında gönderilen mesaj trafiği ise linkleri oluşturmaktadır. Ancak bu ağın incelenmesi oldukça güçtür. Hesaplar arasındaki iletişim bilgisi gizli olduğu için araştırmacılar ile paylaşılmamaktadır. E-mail ağında düğümler arasında tanımlanan linkler yönlendirilmiş bilgi içermektedirler [16].



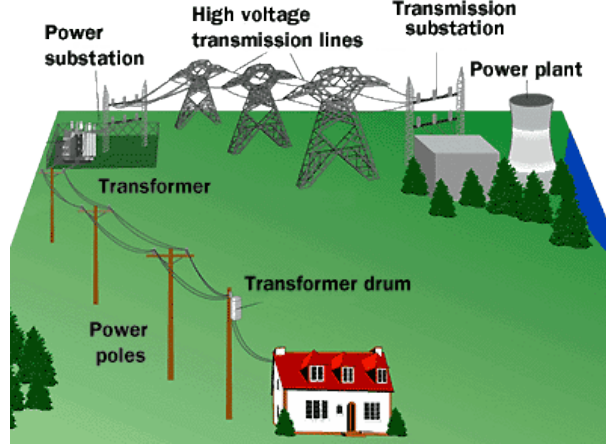
Şekil 1.15. E-mail ağının görselleştirilmesi [16].

Şekil 1.15’de Tarragona Üniversitesine ait e-mail ağının görseli verilmiştir. Farklı renkler üniversitenin farklı birimlerini göstermektedir. Kullanıcılar arasındaki mail trafiğine göre linkler oluşturulmuştur [ 16].

#### ❖ Elektrik İletim Ağları

Elektrik iletim hatları (Power Grids), yüksek voltajlı elektrik akımının ülkeler yada şehirler arasında uzun mesafeler boyunca taşınması için oluşturulan güç aktarım ağlarıdır. Yüksek voltaj elektrik iletim hatlarının oluşturduğu ağ yapılarında kompleks ağlar içerisinde yer almaktadır. İletim ağlarında elektrik üretimi yapılan istasyonlar (barajlar ve santraller gibi) ve güç aktarım için kullanılan trafolar (switching substations) ağın düğümlerini oluşturmaktadır. Üretim tesisleri arasındaki kablolardan oluşan elektrik iletim hatları ise linkleri oluşturmaktadır. Elektrik iletim

hatlarına dair veriler kolay elde edilebildikleri için üzerlerinde araştırmalar yapılabilir [18].



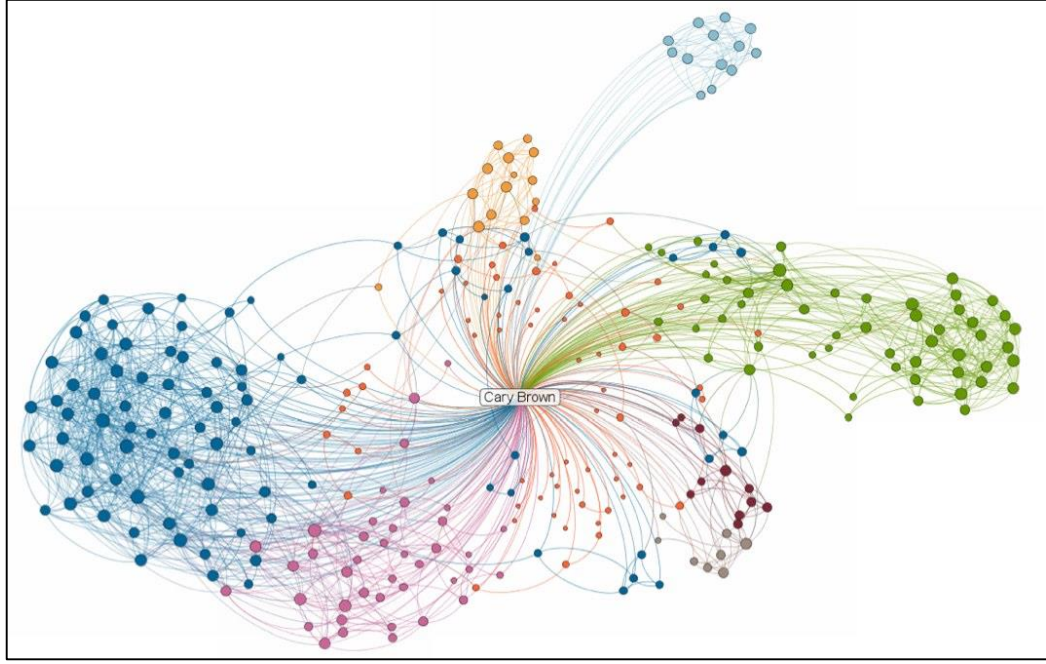
Şekil 1.16. Güç iletim ağının temsili gösterimi [23].

### 1.3.3.2. Sosyal Ağ Türleri

Sosyal ağlar bireyler (aktörler, bilim insanı ve müzisyenler vb.) üzerinden dostluk, bağlılık (affiliation) ve işbirliği gibi sosyal kavramları tanımlamak için kullanılmaktadır. Teknolojinin hızlı bir şekilde hayatımıza girmesi ve kullanımının artması ile yeni sosyal ağ türleri ortaya çıkmıştır [1]. Bilimsel işbirliği ağları ve film-aktör ağları en bilinen sosyal ağlara örnek olarak verilebilir [9]. İnternet kullanımının artması ile yaygınlaşan Facebook, Twitter ve LinkedIn arkadaşlık ağları da birer sosyal ağdır.

Facebook, Twitter ve Instagram gibi kullanıcılarına sanal ortamda sosyalleşme imkânı sunan sosyal medya uygulamalarının kullanımının yaygınlaşması ile birlikte, sosyal ağ kavramı daha sık duyulmaya başlanmıştır. İnternet ortamındaki sanal ilişkiler sosyal ağları oluşturmaktadır. Ancak sosyal ağlar sadece internet tabanlı web sitelerinin sağladığı sanal hizmetlerden ibaret değildir. Örneğin bilimsel işbirliği ağları da bir sosyal ağdır ve web tabanlı ilişkiler içermez. Şekil 1.17’de örnek bir sosyal ağ görseli verilmiştir.





Şekil 1.17. Sosyal ağ görseli [24].

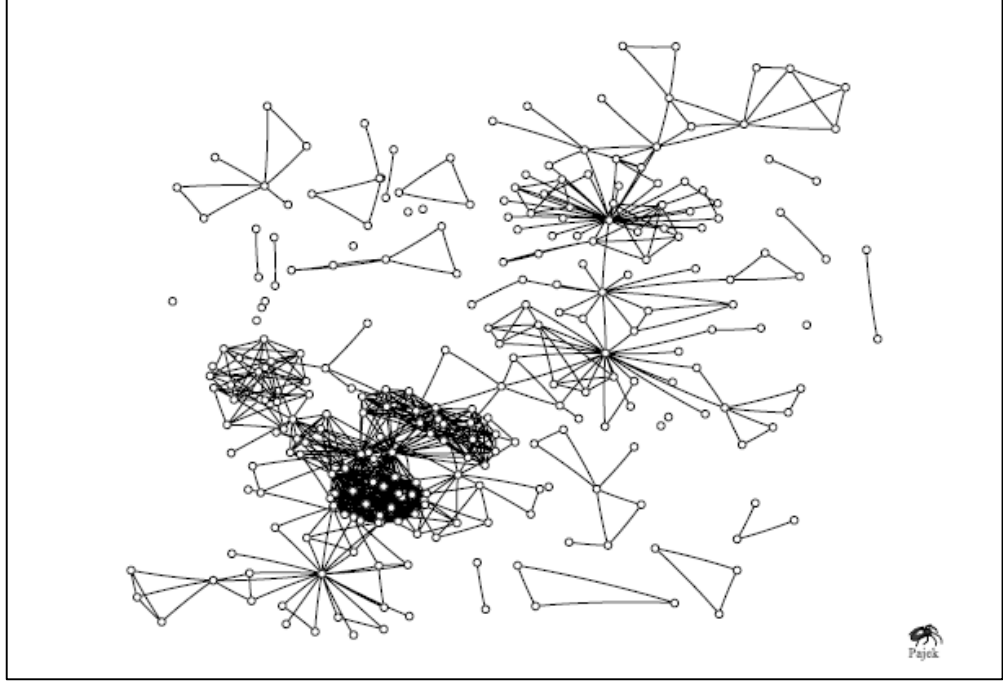
En bilinen sosyal ağlar şunlardır [1,9,10].

- Bilimsel İşbirliği Ağları (Scientific collaboration networks )
- Film-Aktör İşbirliği Ağları (Movie actor collaboration networks)
- Kelime Ağları (Networks in linguistics)
- Facebook, Twitter ve Instagram arkadaşlık ağları

#### ❖ **Bilimsel İşbirliği Ağları**

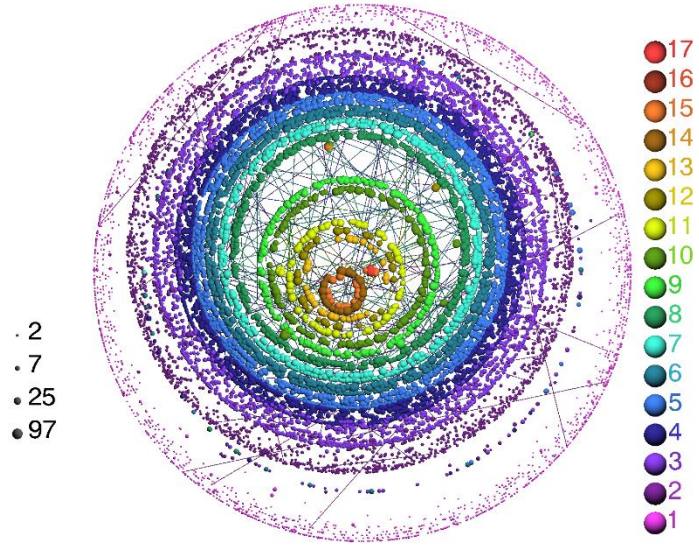
Bilimsel işbirliği ağları (Scientific collaboration networks) bilim insanlarının oluşturduğu bir sosyal ağ türüdür. Bilimsel işbirliği ağı bilim insanlarının birlikte yaptıkları çalışmalara ait sonuçları veya ortak fikirlerini beraber bir makale içerisinde yayınlamaları ile oluşur. Bilimsel işbirliği ağında düğümler bilim insanlarından (yazarlar) oluşur. Bilim insanlarının yayın ortaklıkları ise düğümler arasındaki linkleri meydana getirir [9]. Çalışmamızda bilimsel işbirliği ağı ayrı bir bölüm olarak incelenecektir.

Bilimsel işbirliği ağlarında ortalama yol uzunluğu oldukça kısadır ancak kümelenme katsayısı çok yüksek gözlenmektedir. İşbirliği ağında düğüm derece dağılımı power-law ilkesine uyumludur (Şekil 1.20) [9].



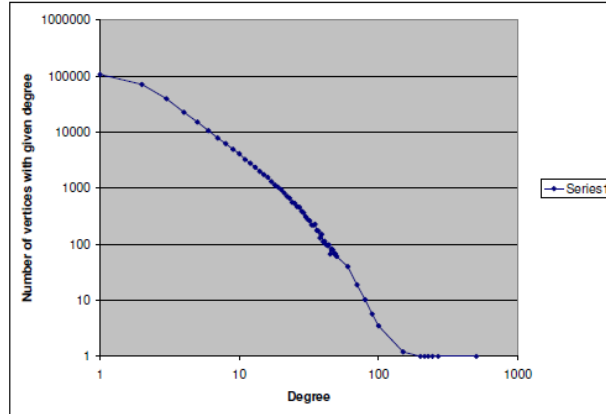
Şekil 1.18. Bilimsel işbirliği ağı görseli [16].

Şekilde 1.18’de bilimsel işbirliği ağının basit bir ağ görselleştirmesi verilmiştir. Ağ üzerinde çok sayıda kümelenme vardır. Farklı kümelenmeler farklı alanlarda çalışan bilim insanlarını temsil etmektedir. Ağ izole düğümler ve düğüm kümeleri bulunmaktadır [16].



Şekil 1.19. Bilimsel işbirliğine ait görselleştirme [25].

Şekil 1.19'de verilen görselleştirme 1995 ile 1998 arasında fizik alanında yayın yapan araştırmacılara ait bilimsel işbirliği ağının renklendirilmiş bir görselleştirmesidir [25].

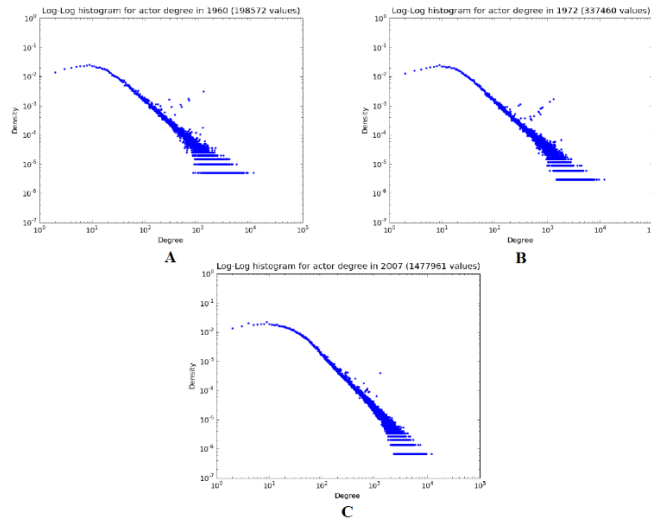


Şekil 1.20. Bilimsel işbirliği ağına derece dağılım grafiği [3].

#### ❖ Film-Aktör İşbirliği Ağları

Kompleks ağlar üzerinde yapılan çalışmalarda en büyük sorun incelenmek istenilen ağa ait veri setinin nasıl elde edileceğidir. Belki de bu nedenle üzerinde en çok araştırma yapılan kompleks ağ türü film-aktör işbirliği ağlarıdır (Movie actor collaboration networks). İnternet üzerinde bulunan veri tabanlarından ağı oluşturan

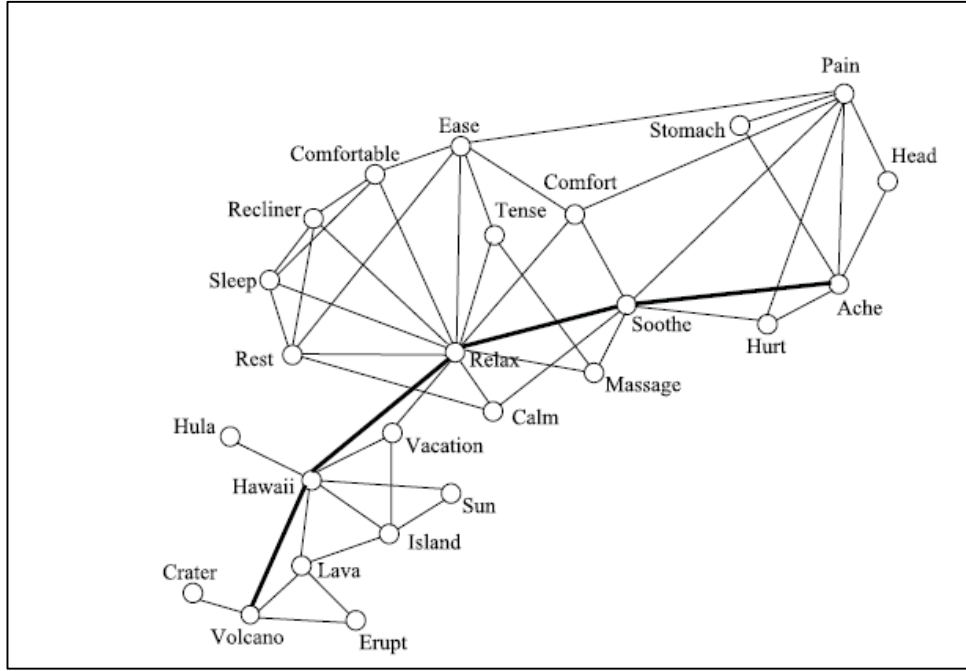
film, aktör, yapım yılı ve yönetmen gibi bilgiler kolaylıkla elde edilebilmektedir. Film-aktör ağlarında aktörler düğümleri oluşturmaktadır. Aktörlerin birlikte oynadıkları filimler ise aktörler arasındaki ilişkileri tanımlanmaktadır. Bu ağ türünde power-law'a uygun olarak derece dağılımı gözlenmektedir [9]. Şekil 1.21'de 1960, 1972 ve 2007 yılları için oluşturulan aktör ağının düğüm derece dağılımları verilmiştir.



Şekil 1.21. a) 1960, b) 1972 ve c) 2007 yıllarına ait film-aktör ağının derece dağılımı [3].

#### ❖ Kelime Ağları

Sosyal ağ türlerinden bir diğeri de konuşma dillerinden oluşturulan kelime (dil) ağlarıdır. Kelime ağlarında her bir kelime bir düğümü oluşturmaktadır. Kelimeler arasındaki linkler aynı cümlede arka arkaya bulunma veya bir kelime uzaklıkta bulunan kelimeler arasında tanımlanmıştır [10]. Kelime ağlarında düğüm derece dağılımı power-law'a uygun olarak gerçekleşmiştir [9]. Şekil 1.22'de görseli verilen çalışmada, volkan (Volcano) kelimesinden sonra gelen kelimelere ait kelime ağı görseli verilmiştir [16].



Şekil 1.22. Kelime ağı görseli [16].

### 1.3.3.3. Biyolojik Ağlar

Ağ yapıları biyoloji biliminde biyolojik nesnelere arasındaki ilişkilerin anlaşılması için kullanılmaktadır. Biyoloji çok geniş bir bilimdir ve pek çok disiplin ile ilişki içerisindedir. Biyolojinin pek çok alt dalında ağ yapıları kullanım alanı bulabilmektedir. Örneğin moleküler biyoloji ağ yapılarını, kimyasal reaksiyonların elementler arasında nasıl gerçekleştiğini anlamak için kullanılmaktadır. Diğer bir örnek olarak nörologlar beyin hücrelerinin nasıl birbirlerine bağlı olduğunu modellemek için kompleks ağlardan yararlanmaktadır [18].

Modern biyoloji sadece elementlerin, moleküllerin ve hücrelerin fonksiyonları ile ilgilenmeyip, bu yapıların nasıl bir ağ ile birbirlerine bağlandığını araştırmaktadır. Bu nedenle biyolojik yapıların meydana getirdiği ağın topolojisinin ve özelliklerinin de incelenmesi de gerekmektedir. Ancak biyolojik ağlar oldukça karmaşık yapıdadır. Çünkü sadece bir hücre içerisinde bile binlerce molekül vardır ve bu moleküller birbirleriyle ilişki halindedir [1].



Şekilde 1.23'de 2004 yılına ait New York borsasına ait finans ağı görülmektedir. Finans ağında merkezi düğümün General Electric (GE) firmasının olduğu görülmektedir [16].

#### **1.3.3.5. Diğer Gerçek Ağlar**

Gerçek veya sanal olarak ilişki barındıran pek çok farklı tür gerçek ağ tanımlanabilmektedir. Gerçek dünyada bulunan ve büyük ölçekte veri içererek diğer bazı kompleks ağ türleri aşağıda verilmiştir [16,18].

- Bilgi Ağları (Networks of information)
- Jeofizik Ağları (Geophysical networks)
- Ekolojik Ağlar (Ecological networks)

## BÖLÜM 2

### BİR SOSYAL AĞ OLARAK BİLİMSEL İŞBİRLİĞİ AĞI

#### 2.1. SOSYAL AĞLAR

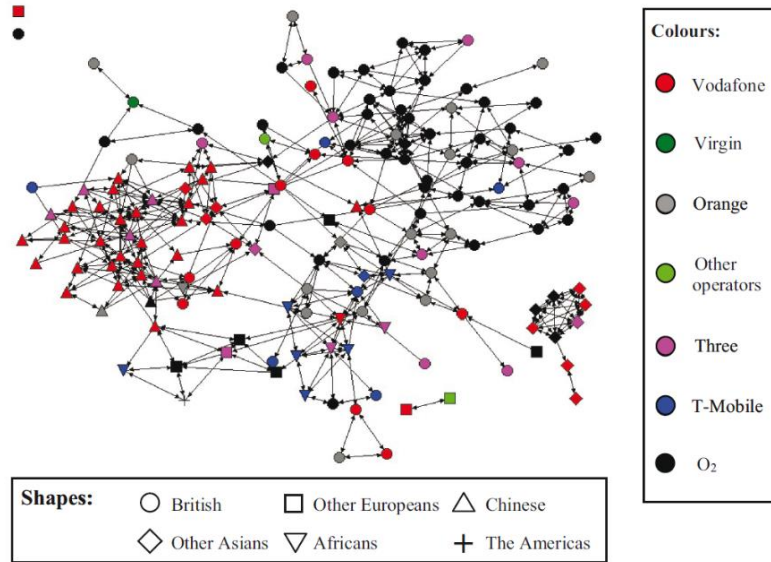
Sosyal ağ kavramı, pek çok kişi için internet tabanlı popüler sosyal medya siteleri olan Facebook, Twitter ve Instagram gibi web sitelerini çağrıştırmaktadır. Sosyal medya ve sosyal ağlar birbirlerinden farklı kavramlardır. Sosyal medya kavramı internet kullanımının artması ile ortaya çıkan yeni bir kavramdır. Sosyal medya araçlarının kullanımı ile sosyal ağlar oluşur. Ancak sosyal ağ kavramının tarihi günümüzden çok önceye dayanmaktadır [18]. Sosyal ağlar insanlar arasındaki ilişkileri inceleyen bir araştırma alanıdır [26]. Sosyal ağ kavramı esas olarak sosyoloji bilimine ait bir paradigmadır. Sosyal ağlar ile ilgili ilk çalışmalar sosyoloji bilimi içerisinde yapılan sosyolojik çalışmalardır. Bu çalışmalar için bireylerin arkadaşlık ağı, fabrika işçileri arasındaki sosyal ilişkiler, akrabalık bağları ve bazı matematiksel modeller kullanılarak yapılmıştır. Küçük-dünya kavramının Stanley Milgram tarafından ortaya atılması ile sosyal ağlar ile ilgili yapılan çalışmaların sayısı hızla artmıştır [6]. Sosyal ağların anlaşılması için öncelik ile ağ kavramının bilinmesi gerekmektedir. Ağlar birbirleriyle bağlantılı olguların oluşturduğu yapılardır. Sosyal ağlar ise insanlar arasında bulunan ilişkilerden oluşan ağlardır. Sosyal ağlara örnek olarak arkadaşlık ağı, ilişki ağı ve ticari ortaklık ağı gibi yapılar verilebilir. Sosyal ağlar sanal olabildikleri gibi gerçekde olabilirler [18]. Örneğin Facebook arkadaşlık ağı sanal bir ağdır ancak bilimsel atıf ağları gerçek bir ağdır. Kısaca sosyal ağlar insanlar arasındaki her türlü ilişkiyi tanımlar.

Sosyal ağlarda düğümlere ait tanımlayıcı öznelik (attributes) verileri eklenerek ağın daha anlaşılır olması sağlanabilir. Ayrıca bu sayede istatistiki analizlerin yanında sosyometrik analizlerde yapılabilir. Örneğin bilimsel işbirliği ağında yazarlarla birlikte yazarların hangi kurumlardan ve hangi ülkelerden yayın yaptıkları bilgisi



tanımlanarak daha anlaşılır sosyal ağlar kurulabilir. Tanımlanabilecek öznelik verilerine örnek olarak okullardaki arkadaşlık ağlarında öğrencilerin yaş, ebeveyn gelir durumu ve okul başarısı bilgileri tanımlanabilir. Ağ içerisindeki popüler düğümlerin durumu incelenerek popüler düğümlerin okul başarısı ve aile gelir durumu gibi bilgileri incelenebilir. Sosyal ağlar zamanla büyürler ve gelişirler. Örneğin bir lise öğrencisinin arkadaşlık ağında sadece lise arkadaşları bulunurken, aynı öğrenci üniversiteye gittiğinde arkadaşlık ağına üniversitede tanıştığı yeni arkadaşları da eklenir.

Sosyal ağlar internetin hayatımıza girmesiyle popüler araştırma konularından bir tanesi haline gelmiştir. İnternetin kullanımının yaygınlaşması Facebook, Twitter, Instagram ve Filecker gibi sosyal medya ağlarının oluşmasına neden olmuştur. İnternet tabanlı sanal ağların oluşturduğu sosyal ağlar gelişen araştırma alanlarındandır. İnsanlar arasındaki sanal ve gerçek ilişkiler incelenerek sosyal analizler yapılmaktadır. Milyonlarca düğümden ve linkten oluşan sosyal ağların analizi için gelişmiş bilgisayarlar ve yazılımlar kullanılmaktadır.



Şekil 2.1. Sosyal ağ görseli [27].

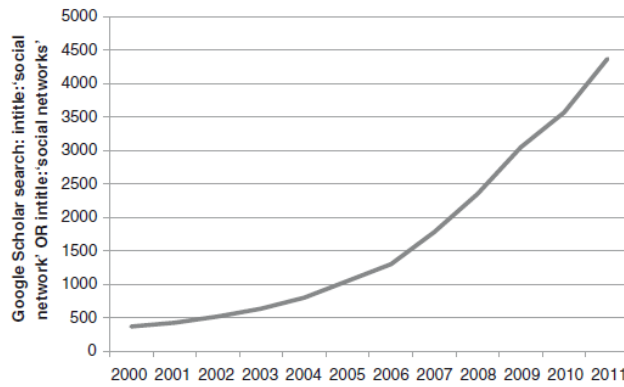
Şekil 2.1’de İncelenen kişilerin hangi milletten olduklarını ve hangi cep telefonu operatörünü kullandıklarını gösteren bir arkadaşlık ağı verilmiştir. Görselleştirme de

farklı milletlerden insanlara ait düğümler farklı geometrik şekiller ile gösterilmiştir. Kişilerin hangi cep telefonu operatörünü kullandığı renkli olarak verilmiştir [27].

## 2.2. SOSYAL AĞ TARİHİ

Geçmiş 1930'lu yıllara dayanan Sosyal ağlar ve sosyal ağ analizleri günümüzde de popülerliğini korumaktadır. Bu konular ile ilk çalışmalar 1930'lu yıllarda Jacob Moreno tarafından yapılmıştır. Moreno Amerika kıtasına göç eden göçmenlerin sosyal etkileşimleri üzerinde araştırmalar yapmıştır. Moreno tarafından yapılan bu ilk sosyometrik analizler günümüzde sosyal ağ analizleri olarak adlandırılmaktadır [18]. Günümüzde daha karmaşık ilişkileri barındıran sosyal ağlar tanımlanabilmektedir. Tanımlanan ağlar sınırları bilinmeyen boyutlarda olabilmektedir. Önek olarak E-mail ağı, iletişim ağları verilebilir [4].

Sosyal ağlar ve sosyal ağ analizleriyle ilgili yapılan çalışmalar sayısı son yıllarda hızla artmaktadır. Araştırmacıların bu alana yönelmesinde verilerin nispeten daha kolay elde edilebilmesi ve verileri işleyen yazılımların çoğalması gösterilebilir. Sosyolojik analizlerden sosyal ağ analizine gelen yol oldukça uzun olmuştur. Ancak özellikle son 20 yılda sosyal ağlar ile ilgili yapılan çalışma sayısı hızla artmıştır. Şekil 2.1'de Google akademik veri tabanında bulunan yayınlar içerisinde, başlıklarında sosyal ağ kavramı geçen yayınların artış grafiği verilmiştir. 2000 yılından sonra sosyal ağlar alanında yapılan çalışmaların sayısında hızlı bir artış olduğu görülmektedir [27].



Şekil 2.2. Sosyal ağlar ile ilgili yayınların artış hızı [27].



*Resmi (Formal) İlişkiler:* Devlet veya özel kurumlar arasındaki resmi ilişkilerdir. İş ortaklıkları, stratejik ittifaklar, devletlerarasındaki işbirlikleri bu tür ağlara örnek olarak verilebilir.

*Gayri Resmi (Informal) İlişkiler:* Kurumlar ile insanlar arasında tanımlanan ilişkiler informal ilişkiler olarak adlandırılırlar. Örnek olarak patron işçi arasında oluşan ilişki verilebilir.

*Üyelik (Affiliations) İlişkileri:* İnsanların birlikte çalışmalarından yada aynı kuruma üye olmaları ile oluşan ilişki ağlarıdır. Örnek olarak ticari ortaklıklar, dernek, birlik ve komite üyelikleri, bilimsel çalışmalarda eş yazarlık verilebilir.

İnsan ve toplum çok geniş bir kavramdır. Sosyal olarak her şey birbiri ile ilişkili olduğu için yukarıdaki örnekler çoğaltılabilir. Bu tür ilişkilerden oluşan ağlar kompleks ağlar içerisinde yer alırlar ve ağ bilimi için önemli araştırma konularındandır.

## **2.4. SOSYAL AĞ ANALİZİ**

Sosyal ağlar, insanlar veya topluluklar (aktörler, bilim insanları, müzisyenler, öğrenciler) arasındaki, dostluk, bağlılık ve işbirliği gibi sosyal kavramları tanımlamak için kullanılmaktadır [1]. İnsanlar (düğümler) arasındaki ilişkilerden oluşan sosyal ağın topolojik, istatistiksel ve ilişkiyel olarak incelenmesi gerekmektedir. Parçalardan oluşan ve bütünlük arz eden sosyal ağların analiz edilmesi için sosyal ağ analizleri kullanılır. Ağ analizi işlemi oldukça karmaşık ve zor bir süreçtir. Sosyal ağ analizlerinin kullanılması bizlere insanları ve toplulukları anlamak için yeni perspektifler sunar.

Sosyal ağ analizi çalışmalarında ağı meydana getiren üyeler arasındaki ilişkiler ile birlikte düğümlerin taşıdığı öznitelik değerleri incelenmektedir. Ağ içerisinde tanımlanan öznitelik verileri ağın bir üyesi değildir ancak ağın daha iyi analiz edilebilmesi için düğümlerin sahip oldukları özellikleri detaylandıran bilgilerdir [26]. Örneğin bilimsel işbirliği ağında yazarların adresleri kullanılarak tanımlanan

öznitelik verileri kullanılarak, en çok yeni yazar çıkaran ülkelerin hangileri olduğu bulunabilir.

Ağ analizlerini kullanarak insanlar arasındaki ilişkileri doğrudan inceleme imkânı buluruz. Bu yol ile insan ilişkilerini ve davranışlarını anlamamızı kolaylaştıran net bir resim elde edebiliriz [26]. Sosyal ağ verileri elektronik kaynaklardan oluşabildiği gibi elektronik olmayan kaynaklardan da oluşabilir. Elektronik kaynaklardan elde edilen sosyal ağlara ait data setleri çok büyüktürler ve ilişkileri analiz etmek için bilgisayarlar kullanılır. Örneğin elektronik olarak saklanan pazarlama ağları, insanların alışveriş yaparken nasıl davrandıklarının anlaşılması için kullanılır [27].

Sosyal ağ analizlerinde kümelenme, merkezilik ve en etkili düğüm gibi analizler yapılabilmektedir. Örneğin bilimsel işbirliği ağında kümelenme ile en çok çalışılan konular bulunabilir. Bilimsel atıf ağında en etkili düğüm bulunarak (derecesi en yüksek düğüm) en popüler yayın tespit edilebilir. Benzer olarak aradalık merkeziliği ölçütü kullanılarak hangi yazarın ağ için büyük önem taşıdığı ortaya çıkartılabilir.

## **2.5. SOSYAL AĞ ANALİZİNDE KULLANILAN TEMEL ÖLÇÜTLER**

Sosyal ağı tanımlayan düğüm ve link bilgileri kullanılarak, ağ üzerinde çeşitli analiz prosedürleri gerçekleştirilebilir. Metrik analizler ile ağımızı yorumlamamıza yardımcı bilgiler elde edebiliriz. Ekonomik araştırmalardan bilgisayar bilimlerine kadar çok geniş bir alanda kullanılan ölçüm türleri temel olarak sosyal bilimlere dayanmaktadır [18]. Sosyal ağ analizlerin de kullanılan metrik hesaplamalar bilgisayarların gelişen yüksek depolama ve işlem kapasitesi sayesinde kolaylıkla yapılabilmektedir. Binlerce düğüm ve linkten oluşan dijital ağlar hakkında ancak bu yol ile bilgi sahibi olunabilmektedir.

Ağ analizlerinde sıklık ile kullanılan ve en temel ölçüm türlerinden bazıları şunlardır;

*Derece Merkeziliği (Degree Centrality):* Sosyal ağ analizleri ilgili yapılan çalışmaların önemli bir kısmında derece merkeziliği kullanılmıştır. Derece merkeziliği ile ağı oluşturan düğümler arasında en önemli düğümün hangisi olduğu

bulunur. Merkezi düğümü bulmak için farklı yöntemler kullanılmaktadır. En bilinen yöntem düğüm dereceleridir. Derecesi en yüksek olan düğüm en merkezi düğüm olarak belirlenir. Bilimsel ağlarda merkezilik sık kullanılır örneğin bilimsel atıf ağında en popüler yayınlar bu yöntem ile bulunur [18]. Bilimsel işbirliği ağında ise en popüler ve en aktif bilim adamları bu yöntem ile bulunabilir.

*Özvektör Merkeziliği (Eigenvector Centrality):* Düğümlere ait derecelerden elde edilen metrik analizlerden bir diğeri özvektör merkeziliğidir. Ağ içerisinde bir düğümün komşu düğümleri ve bu düğümlerin sahip olduğu düğüm derece değerleri vardır. Yapı olarak tüm komşular eş değerdedir. Ancak bir düğümün önemi komşu olduğu düğümlerin önem değerleri ile ilişkilidir. Bu kavram özvektör merkeziliği olarak adlandırılır. Çok önemli komşuları bulunan düğümlerin Özvektör Merkeziliği yüksektir [18].

*Yakınlık Merkeziliği (Closeness Centrality):* Sosyal ağlar içerisindeki bağımsız herhangi bir düğümün diğer düğümlere olan yakınlığını belirtir. Düğümler birbirlerine doğrudan veya dolaylı olarak bağlı olabilirler. İki düğüm arasında doğrudan bağlantı olabileceği gibi komşu düğümler üzerinden dolaylı bağlantı bulunabilir. Bir düğümün başka bir bireye ulaşmak için alması gereken yolu ifade eder. Ağ içerisinde farklı yollar olabilir ancak yakınlık durumu her zaman en kısa yolu ifade eder [29].

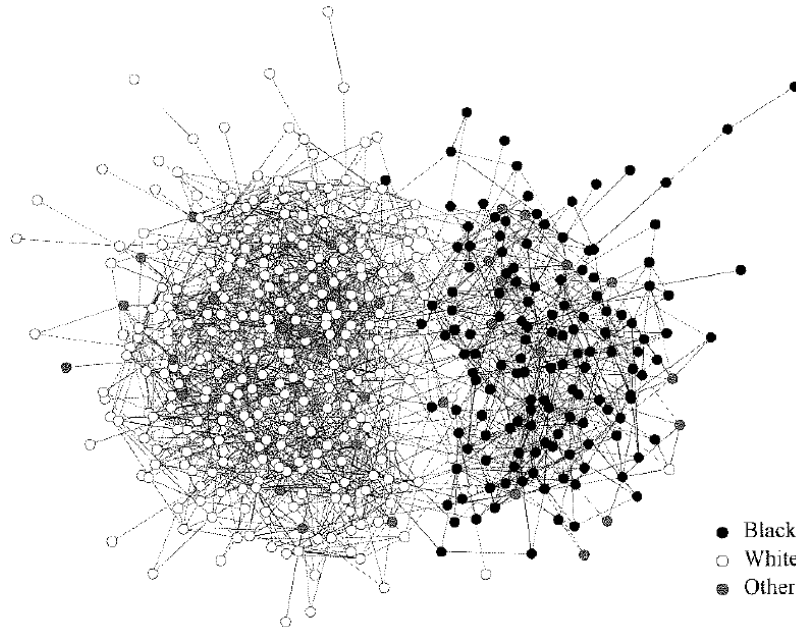
*Ağ Yoğunluğu (Network Density):* Ağ yoğunluğu ağ içerisindeki bağlantı miktarının bir ölçüsüdür. Sosyal ağ içerisindeki gerçek link sayısını ifade eder. Ağ içerisinde tanımlanabilecek en yüksek link sayısı ile ilişkilidir. Ağ yoğunluğu 0 ile 1 arasında bir sayı ile ifade edilir. Ağ yoğunluğu 1'e yaklaştıkça artar. Ağ yoğunluğu ağda bulunan düğüm sayısına duyarlıdır. Bu nedenle ağın büyüklüğü hakkında yorum yapmak için kullanılamaz [29].

*Aradalık Merkeziliği (Betweenness Centrality):* Ağ içerisinde bulunan bir düğümün başka iki düğüm arasında bulunma durumu için kullanılır [29]. Aradalık ölçülebilir bir analiz türüdür. Bir  $i$  düğümünden  $j$  düğümüne en kısa yoldan gitmek için iki

düğüm arasında bulunan  $k$  düğümünden kaç kez geçildiğinin ölçüsüdür. Bu ölçüye aradalık merkeziliği denir [16].

## 2.6. SOSYAL AĞLARDA VERİ SETLERİNİN ELDE EDİLMESİ

Sosyal ilişkiler üzerinde yapılan ilk çalışmalar 1900'lü yılların başına dayanmaktadır [18]. Sosyal ağlar zaman içerisinde dinamik olarak büyüyen ağlardır. Başlangıçta sosyal ağlar ile ilgili yapılan ilk çalışmalarda veri elde edebilmek için, insanlar ile birebir görüşmeler gerçekleştiriliyordu. Örneğin bir okulda bulunan öğrencilerin arkadaşlık ağının oluşturulabilmesi için okulda tüm öğrencilere tek tek hangi öğrenciler ile arkadaş olduklarının sorulması gerekiyordu. Günümüzde arkadaşlık ağı gibi çalışmalar için benzer yöntemler kullanılsa da, bilgisayarların kullanılmaya başlanması ile veri toplama işleri oldukça kolaylaşmıştır. Her şeyin dijital hale geldiği günümüzde yeni sosyal ağlar ortaya çıkmıştır. Bu ağlara ait verileri elde etmek için saha araştırmasından ziyade dijital veri tabanlarından bilgi elde edilmektedir. Bu tür veri elde edilen ağlara örnek olarak bilimsel işbirliği ağları ve aktör-film ağları verilebilir.



Şekil 2.4. A.B.D’de 470 lise öğrencisi için tanımlanan sosyal ağ [18].

Ağ analizleri için kullanılacak uygun verilerin büyük bir bölümü dijital ortamlarda tutulmaktadır. Elektronik olarak saklanan verilerin önemli bir kısmını müşterileri hakkında bilgileri saklayan firmalar ve vatandaşlara ait verilerin saklandığı devlet arşivlerinde bulunmaktadır. Örneğin cep telefonu operatörleri kullanıcılarına ait çok detaylı konum, iletişim ve veri trafiği bilgilerini (Log kayıtları) saklarlar. Ancak cep telefonu operatörleri özel hayatın gizliliğini gerekçe göstererek bu bilgileri araştırmacılara vermezler. Şirketler sakladıkları bilgileri daha iyi hizmet verebilmek için, veri madenciliği veya sosyal ağ analizi gibi yöntemler kullanarak analiz ederler [27].

Araştırmacılar sosyal ağ tanımlamak için gerekli bilgileri çeşitli veri tabanları kullanarak elde edebilirler. Bilimsel işbirliği ağı ile ilgili veri elde etmek için Scopus, Medline ve Web of Science gibi veri tabanları kullanılır. Türkiye adresli bilimsel işbirliği ağının oluşturulması için Çavuşoğlu ve Türker tarafından yapılan bir çalışmada Web of Science veri tabanından veriler alınmıştır [30]. Film-aktör işbirliği ağları için 1890 yıllardan günümüze olan süre için filmlere ve aktörlere ait bilgilerin bulunduğu IMDB (Internet Movie Database) veri tabanı kullanılmaktadır [9].

Dünyada ve ülkemizde internetin hızla kullanımının yaygınlaşması ile birlikte sosyal medya uygulamalarının kullanıcı sayıları hızlı artmaktadır. Sosyal ağ analizleri yapılarak insanların tercihleri, beğenileri ve ilişkileri üzerinden elde edilen sonuçlar ekonomi, pazarlama, eğitim gibi farklı alanlarda kullanılmaktadır. Global Digital Statistics'in 2014 yılına ait verilerine göre, ülkemizin nüfusu "80,694,485" milyon kişi, aktif internet kullanıcısı "35,990,932" milyon kişi ve aktif Facebook kullanıcısı "36,000,000" milyon kişidir. Buradan yola çıkarak yapılacak pek çok sosyal ağ analizi uygulamasının olduğu sonucuna varılabilir [31].

## **2.7. BİLİMSEL İŞBİRLİĞİ KAVRAMI**

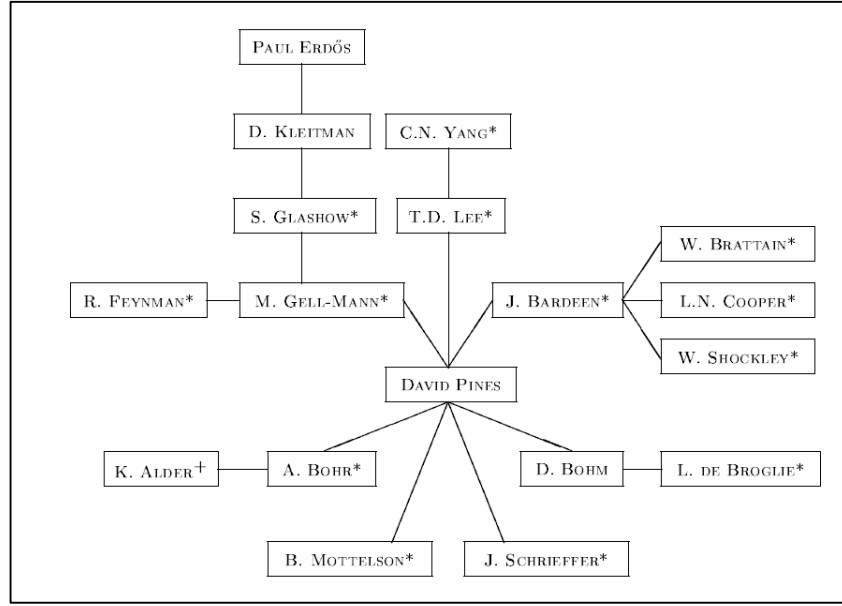
Birden fazla kişinin veya kurumun (üniversite, şirket vb.) ortak bir konu üzerinde beraber çalışmalarına ve araştırma yapmalarına işbirliği denir. Bilimsel işbirliği ise iki veya daha fazla bilim insanının, bilimsel anlam ifade eden bir görevi tamamlamak için birlikte çalışmaları ve sonuçları birlikte bilim literatürüne kazandırmalarıdır.



Bilimsel işbirliği bir insan davranışıdır ve insanların aynı amaç için birlikte hareket etmeleri sonucunda oluşur [32].

Bilimsel işbirliği günümüzde başlı başına bir araştırma konusu haline gelmiştir. Bilimsel işbirliği hakkında farklı disiplinler, ilgi alanlarına göre araştırmalar yapmaktadır. Bilimsel işbirliği ile ilgilenen disiplinlere örnek olarak; Bilgisayar bilimleri, psikoloji, sosyoloji, felsefe ve yönetim bilimleri verilebilir. Bilim insanları arasındaki işbirliği birden fazla bilim dalını ilgilendiren (multi-disipliner) alanların ortaya çıkması ile hız kazanmıştır [32]. Örneğin işbirliği ağının incelenmesinde, topolojik ve istatistikî çalışmalar için matematik bilimi, ağın dijital ortama aktarılması ve bilgisayarlar tarafından işlenebilir bir duruma getirilmesi için bilgisayar bilimleri ve ağ üzerinde sosyolojik analizler yapılabilmesi için sosyoloji bilimi görev yapar.

Ulaşım ve haberleşme teknolojilerinin gelişimi ile birlikte farklı ülkelerde bulunan bilim insanları ortak çalışmakta ve literatüre birlikte yayınlar kazandırmaktadırlar. Bilimsel işbirliğinin artmasında farklı milletlerden bilim insanlarının ortak bilimsel dil kullanmalarının etkisi yadsınamaz. Araştırmacıları birlikte çalışmaya teşvik etmek için çeşitli organizasyonlar kurulmuştur. Örnek olarak ülkemizin kurucu üyelerinden olduğu ve Avrupalı bilim insanları arasında etkileşimi ve işbirliğini artırmayı hedefleyen “Bilim ve Teknolojide Avrupa İşbirliği” organizasyonu verilebilir [33].

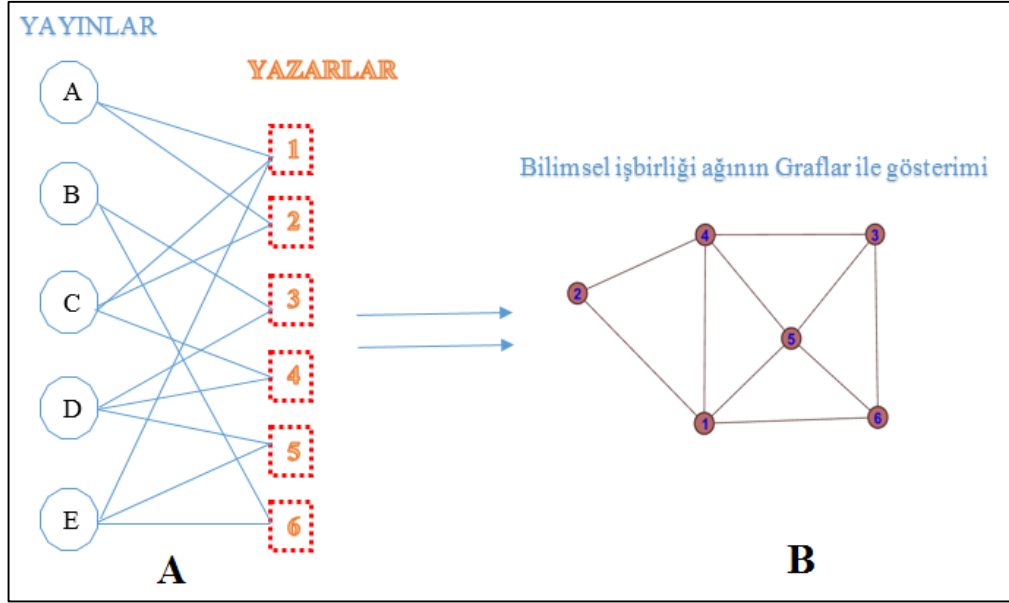


Şekil 2.5. Nobel Ödülü kazanan fizikçiler (\*) ve kimyacılar (+) arasındaki işbirliği [34].

## 2.8. BİLİMSEL İŞBİRLİĞİ AĞI

Profesyonel işbirlikleri sosyal ağlar ile tanımlanmaktadır [6]. Profesyonel işbirliği ağı türlerinden biride bilimsel işbirliği ağlarıdır. Bilimsel işbirliği ağı şu şekilde tanımlanabilir. Bilimsel işbirliği ağları, birden fazla bilim insanının işbirliği ile bilimsel makale yayınlamaları sonucunda oluşan sosyal bir ağıdır [35]. Bilimsel işbirliği ağında yayın yapan yazarların her biri ağın düğümlerini oluşturur. Eğer iki veya daha fazla yazar ortak bir makale yayınladılar ise aralarında bir link tanımlanır [9].

Bilimsel işbirliği ağında yazarların gerçekten birbirlerini tanıdığı varsayılır, sadece yüzlerce yazarın birlikte çalıştığı yüksek enerji fiziği araştırmalarında bu durum istisna olarak sayılır. Bilimsel işbirliği ağı, alanlarında uzman ve profesyonel kişilerin oluşturduğu en büyük ağ kabul edilebilir [35].



Şekil 2.6. Bilimsel işbirliği ağının grafla gösterimi.

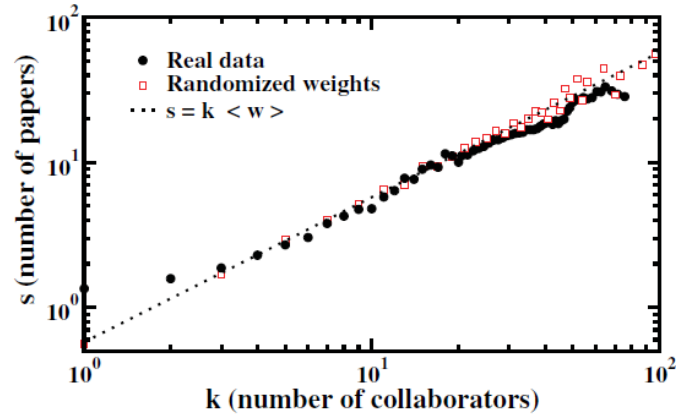
Şekil 2.6a'da yayınlar ve yazarlar arasındaki ilişkiler gösterilmiştir. Hangi yazarların hangi yayınlarda birlikte çalıştıkları görselleştirilmiştir. Şekil 2.6b'de ise ortak yayınlar üzerinden oluşan bilimsel işbirliği ağı grafla yapısı ile düğümler ve linkler kullanılarak gösterilmiştir.

Bilimsel işbirliği ağı için farklı bibliyometrik database'lerden veri alınabilir. Bibliyometrik databaselerde bilimsel yayınlara ilişkin yayın adı, yayın türü, yayınlandığı yer, yazar adresi gibi bilgiler bulunmaktadır. En bilinen bibliyografik veri tabanları Web of Science, Scopus ve Medline olarak sayılabilir.

Literatürde bilimsel işbirliği ile ilgili çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. En çok bilinen çalışma Newman tarafından 2001 yılında yayınlanan çalışmadır. Newman çalışmasında 1995 ile 1999 yılları arasındaki beş yıllık dönem için çeşitli veri tabanlarından alınan bilgilere göre oluşturulan bilimsel işbirliği ağlarını incelenmiştir [35]. Bir diğer çalışma olarak, Barabasi ve arkadaşları tarafından 2001 yılında yapılan ve matematikçiler ve nörobilimciler arasında 1991 ve 1998 yılları arasında yapılan çalışmalardan elde edilen bilimsel işbirliği ağıdır [9].

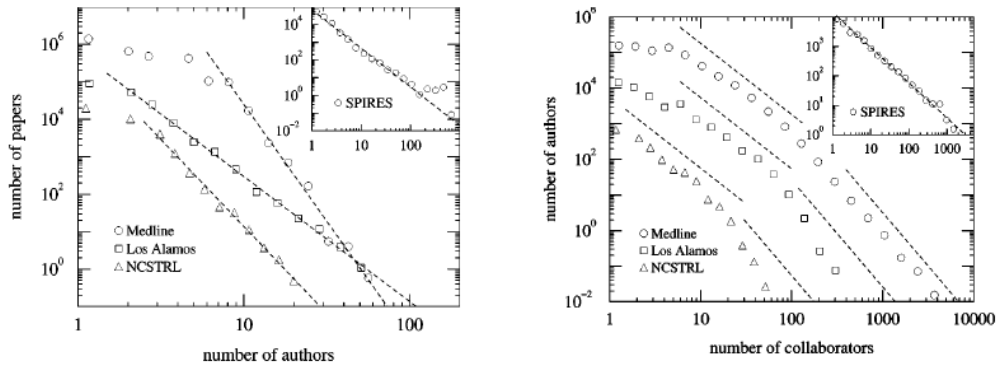
Bilimsel işbirliği ağlarında derece dağılımı heterojen bir yapı göstermektedir. Bilimsel işbirliği ağında izole düğümler olabildiği gibi, sürekli birlikte çalışan yüksek kümelenme değerine sahip düğümlerde bir arada bulunur [36].

Şekil 2.7’de bilimsel işbirliği ağında yayın sayısına göre işbirliği sayısının dağılımı verilmiştir. Yayın sayısı arttıkça işbirliği sayısı da artmaktadır.



Şekil 2.7. Yayın sayısının artışına göre işbirliği sayısının değişimi [36].

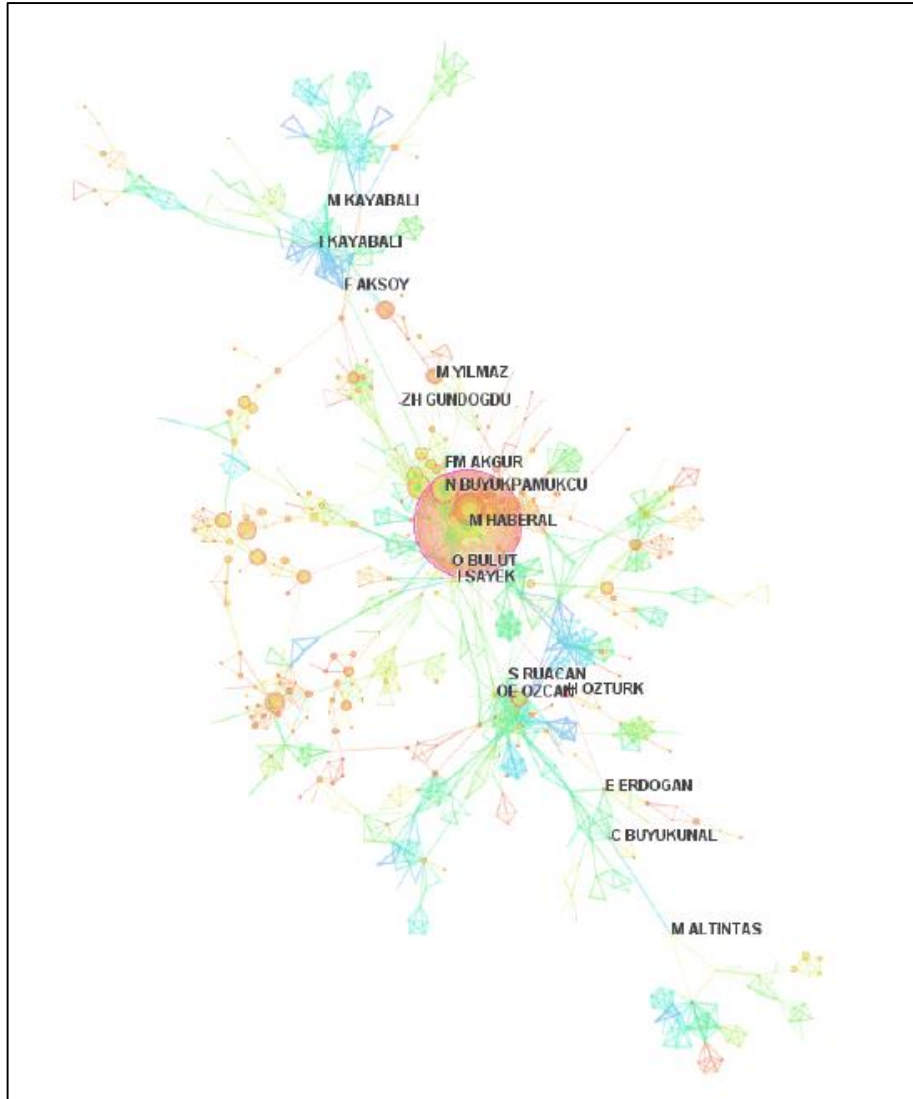
Şekil 2.8’de Newman tarafından Medline, Los Alamos NCSTRL veri tabanlarından alınan veriler kullanılarak yapılan araştırmada, yazar sayısının yayın sayısına göre değişimi ve yazar sayısına göre işbirliği sayısının değişimi verilmiştir [35].



Şekil 2.8. Newman tarafından elde edilen değerler [35].

Bilimsel işbirliği ağları kullanılarak yazarlara ait çeşitli yorumlarda bulunulabilir. Örnek olarak yazarlar arasındaki çalışma ilişkilerini, kümelenme bilgisini, bir yazarın başka yazarlar ile çalışmaya istekli olup olmadığını veya ağ içerisinde en popüler yazarın kim olduğu gibi bilgilere ulaşabiliriz. Yazarların ağıma giriş yılları belli olduğu için her bir yazarın hangi yıllara arasında verimli çalıştığı bulunabilir.

Gelişen bilgisayar teknolojisi kullanılarak bilimsel işbirliği ağlarına ait çeşitli görselleştirmeler yapılmaktadır. Şekilde 2.9'da Tıp bilimleri içerisinde yer alan cerrahi alanına ait bilimsel işbirliği ağı ağının görselleştirilmiş görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.9. Cerrahi alanında oluşturulan bilimsel işbirliği ağının görseli [37].

## BÖLÜM 3

### KOMPLEKS AĞLARIN GÖRSELLEŞTİRİLMESİ

#### 3.1. AĞ GÖRSELLEŞTİRME

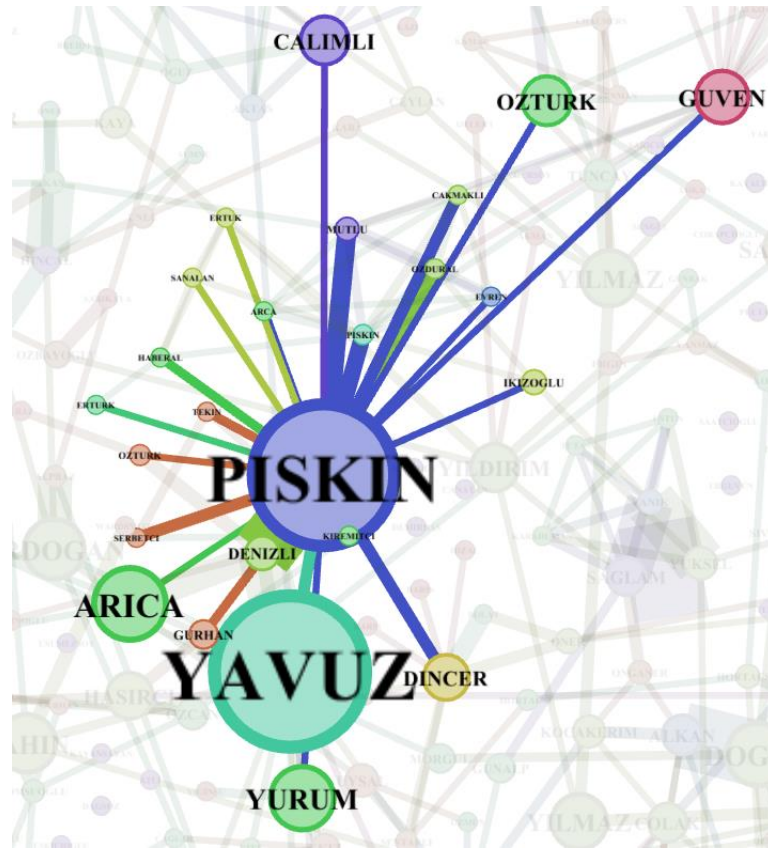
Kompleks ağlar alanında yapılan çalışmaların önemli bir bölümü büyük ölçekli ağ yapılarına ait istatistiksel ve matematiksel yapının ortaya konulmasını amaçlamaktadır. Ancak gelişmiş bilgisayarlar kullanılarak kompleks ağların görselleştirilmesiyle ilgili çalışmaların sayısı literatürde hızla artmaktadır. Binlerce düğümden ve linkten oluşan gerçel ağlar çeşitli yazılımlar ve yerleştirme algoritmaları kullanılarak renkli ve istenilen boyutlarda görselleştirilebilmektedir.

*Görselleştirme:* Ağ görselleştirme, kompleks ağların içeriğine yönelik bakış açısını ve anlayışı geliştirmek için bilginin grafiksel olarak sunulmasını amaçlamaktadır. Bilginin görselleştirilmesi ile nesnelere, kavramlar ve sayılar insan gözü ile görülebilir hale gelmektedirler. Bilgi ifadesi çeşitli süreçleri, ilişkileri ve kavramları ifade eder. Data görselleştirilmesi ile birlikte kümelenme gibi kavramlar ağ görselleri kullanılarak insan gözü ile algılanabilir hale getirilir [38].

Literatürde sosyal ağların görselleştirilmesi ile ilgili araştırmaların sayısı hızla artmaktadır. Ağ görselleştirme (*Network Visualizations*) pek çok araştırma alanında kullanılmaktadır. Örnek olarak yazılım mühendisliğinde kullanılan UML diyagramları, kimyasal şemalar, soyağaçları, biyolojik ağlar ve sosyal ağlar verilebilir. Ağ görselleştirilmesi ile ağı oluşturan düğümlerin ve linklerin resim haline getirilmesi sağlanır. Görselleştirme işleminde düğümler grafiksel şekiller kullanılarak yuvarlak, nokta veya dikdörtgen şeklinde temsil edilirler. Linkler ise grafiksel olarak, linklerin yönlü veya yönsüz olması durumuna dikkat alınarak kıvrımlı veya düz çizgiler kullanılarak görselleştirilirler [39]. Görselleştirme

düğümün ve linklerin konumu ve görünümünü önemli değildir. Önemli olan düğümler ve linklerin doğru ve anlaşılabilir bir şekilde aktarılabilmesidir.

Günümüzde farklı teknolojik alt yapılar kullanan ağ görselleştirme yazılımları araştırmacıların hizmetine sunulmuştur. Görselleştirme ve metrik analiz yapma kabiliyetine sahip yazılımlara örnek olarak Gephi, Pajek, R ve NetVis verilebilir [29]. Her çeşit kompleks ağ bu yazılımlar kullanılarak incelenebilir ve görselleştirilebilir.



Şekil 3.1. Bilimsel işbirliği ağı görselleştirme örneği.

Oldukça büyük miktarda veri içeren graf yapılarını görselleştirirken farklı yöntemler kullanılır. Genel olarak kullanılan yöntemler şunlardır [40].

- Tayfal graf çizim methodu (Spectral graph drawing method)
- Çok seviyeli hızlı kuvvet yönlendirme metotları (Fast multi-level force directed methods)

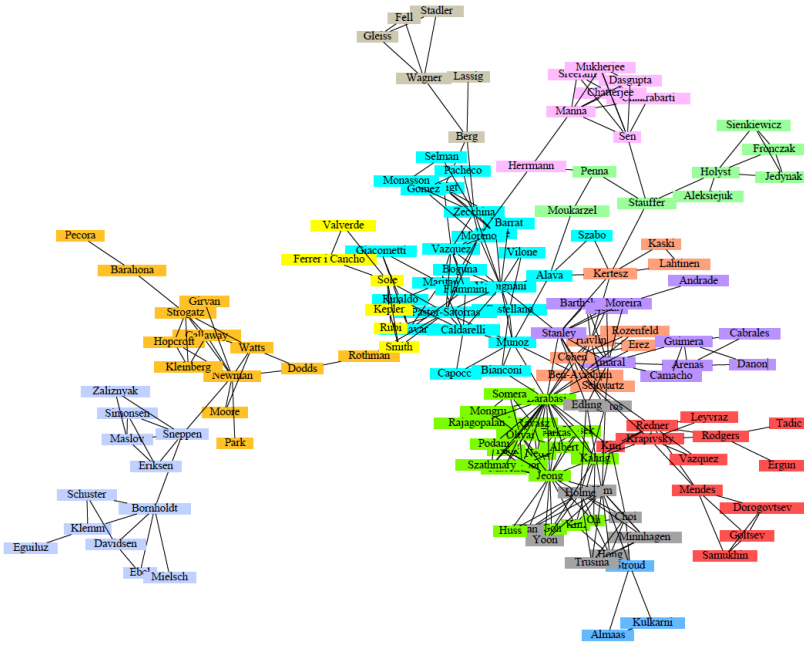
- Çok boyutlu gömme metotları (Multi-dimensional embedding)
- Geometrik veya kombinasyon kümeleme (Geometric or combinatorial clustering )
- Çok boyutlu ölçekleme yöntemleri (Multidimensional scaling methods)

Koşullu ağların görselleştirilmesinde genel olarak karşılaşılan sorunlar şunlardır [40,41]

- *Zayıf ölçeklenebilirlik (Poor scalability)*: Günümüzde kullanılan görselleştirme yöntemleri birkaç bin düğümden oluşan ağları görselleştirebilmektedir. Ancak ağa ait büyüklük arttıkça ağa ait ölçekleme zorlaşmaktadır.
- *Görsel Karmaşıklık (Visual complexity )*: İnsanların algı ve kavrama yeteneği sınırlıdır. Milyonlarca düğümden oluşan bir ağda görüntüler üzerinden çıkarım yapmak zorlaşmaktadır. Düğümlerin ve linklerin üst üste görselleştirilmesini azaltır.
- *Domain Karmaşıklığı (Domain complexity)*: Ağa ait spesifik özelliklerin görselleştirme içerisinde doğru bir şekilde yapılmalıdır. Örneğin sosyal ağlarda bazı düğümler önemlidir (merkezilik) bu düğümlerin yerleştirme algoritması tarafından doğru konumlandırılması gerekmektedir.
- *Matematiksel analiz yöntemleri ile zayıf entegrasyon (Poor integration with analysis methods)*: Kullanılan görselleştirme yazılımları ile kompleks ağ ilişkin istatistiksel hesaplamalar kolay bir şekilde yapılabilir.
- *3D görselleştirme eksikliği (Lack of good 3D visualisation)*: Düğümler ve linkler 3D olarak görselleştirilerek daha anlaşılır hale getirilebilir.
- *Navigasyon yöntemleri ile zayıf etkileşim (Lack of good interaction/navigation methods)*:

Ağlar farklı özelliklerine göre görselleştirilebilmektedir. Örnek olarak şekil 3.2’de linkler arasındaki en kısa yollar belirgin olacak şekilde görselleştirme yapılmıştır.





Şekil 3.2. Bilimsel işbirliği ağının görseli [42].

### 3.2. AĞ ANALİZ VE GÖRSELLEŞTİRME YAZILIMLARI

Kompleks ağları oluşturan verilerin elde edilmesinin ve işlenmesinin geçmişe göre nispeten kolaylaşması ile çok sayıda düğüm ve linkten oluşan gerçel ağlar tanımlanmıştır. Gerçek dünyadan elde edilen kompleks ağların topolojik olarak incelenmesi ve görselleştirilmesi istenilmektedir. Bu büyüklükteki ağların analiz edilebilmesi için bilgisayar yazılımlarından faydalanılır. Farklı platformlarda çalışan yazılımlar kullanılarak görselleştirme ve metrik analizler yapılabilir. Bilgisayar yazılımlarının ticari ve ticari olmayan uygulamaları bulunmaktadır. En bilinen ağ yazılımlarına örnek olarak Gephi, CytoScape, Pajek ve R programları verilebilir. Araştırmacıların hizmetine sunulan bu tür yazılımlar ile sosyal, biyolojik ve teknolojik ağ türlerine ilişkin çalışmalar yapılmaktadır. Görselleştirme yazılımlarının sosyal ağların görselleştirilmesi için kullanılması oldukça popülerdir. Sosyal ağlar ile ilgili ilk görselleştirme işlemlerinin 1930'lu yıllarda elle çizerek düşünüldüğünde geliştirilen yazılımlar araştırmacıların işleri oldukça kolaylaştırmıştır [43]. Özellikle Facebook ve Twitter gibi sosyal medya uygulamalarına ait arkadaşlık ilişkilerinin görselleştirilmesi sık karşılaşılan çalışmalardandır.

Ağ görselleştirme yazılımları, düğümlerin ve linklerin konumlarını belirlemek için çeşitli yerleştirme (*layout*) algoritmaları kullanırlar. Kullanılan algoritmalar ile düğümler ve linkler konumlandırılır. Yerleştirme algoritmaları 2D veya 3D olarak tercih edilen düzleme göre konumlandırma yapabilen türleri vardır. Daha önce ifade edildiği gibi ağ içerisinde yer alan düğümlerin ve linklerin, konumları ve şekilleri önemli değildir. Önemli olan doğru bir şekilde ağın görselleştirilmesidir.

Piyasada kompleks ağların analiz edilmesi ve görselleştirilmesi için tasarlanan farklı seviyelerde onlarca yazılım bulunmaktadır. Yazılımlar içerisinde düğümlerin renklendirilmesinden, veri filtrelemeye kadar farklı özellikler bulunabilmektedir. Ancak her programın gerçekleştirdiği belirli analiz türleri vardır. Bu nedenle farklı analizler için farklı yazılımlar kullanılabilir. Aşağıdaki çizelgede en bilinen ve en sık kullanılan ağ analiz yazılımlarından bazıları verilmiştir.

Çizelge 3.1. İnteraktif görselleştirme ve veri analiz programı örnekleri.

Yazılım	Platform	Lisans	Görselleştirme	Analiz	Açıklama
Gephi [44]	Windows, Linux, MacOS X	Açık Kaynak Kodlu Ücretsiz	VAR	VAR	Her türlü ağı görselleştirebilir. Yönlü ve yönsüz linkleri işleyebilir. Metrik analizler yapılabilir. 1 milyon adet düğüm ve linki görselleştirebilir. ForceAtlas ve GeoLayout gibi yerleştirme algoritmalarını kullanılır. 2 ve 3 boyutlu görselleştirme yapabilir. Java tabanlı olarak çalışmaktadır.
Pajek [45]	Windows	Ücretsiz	VAR	VAR	Büyük boyutlu ağlar analiz edebilir ve görselleştirebilir. Bilimsel işbirliği ağları, internet ağı ve atıf ağları gibi ağların işlenmesi ve görselleştirilmesi için özel araçları vardır.
Graphviz [46]	Windows, Linux, MacOS	Ücretsiz	VAR	YOK	Açık kaynak kodlu Graf ve Network görselleştirme yazılımıdır. Görselleştirme işlemi için farklı yerleştirme algoritmaları kullanılır
R [47]	Windows, Linux, MacOS	Ücretsiz	VAR	VAR	Açık kaynak kodlu bir programlama dili ve görselleştirme yazılımıdır. Ara yüz yerine kullanıcı tarafından verilen kodlar ile çalışır.
CytoScape [48]	Windows, Linux, MacOS	Ücretsiz	VAR	VAR	Moleküler etkileşim ve biyolojik ağları görselleştirmek için geliştirilen ancak her türlü kompleks ağları görselleştirebilen açık kaynak kodlu, Java tabanlı bir görselleştirme ve analiz yazılımıdır.

Çizelge 3.1’de verilen yazılımlardan başka ücretli yada ücretsiz onlarca farklı yazılım bulunmaktadır. Genel olarak görselleştirme yazılımları açık kaynak kodlu ve modüler yapıdadırlar. Farklı kullanıcılar ihtiyaçlarına göre yazılımları düzenleyebilirler. Açık kaynak kodlu olan yazılımlar için geliştiriciler tarafından yeni araçlar geliştirilmektedir.

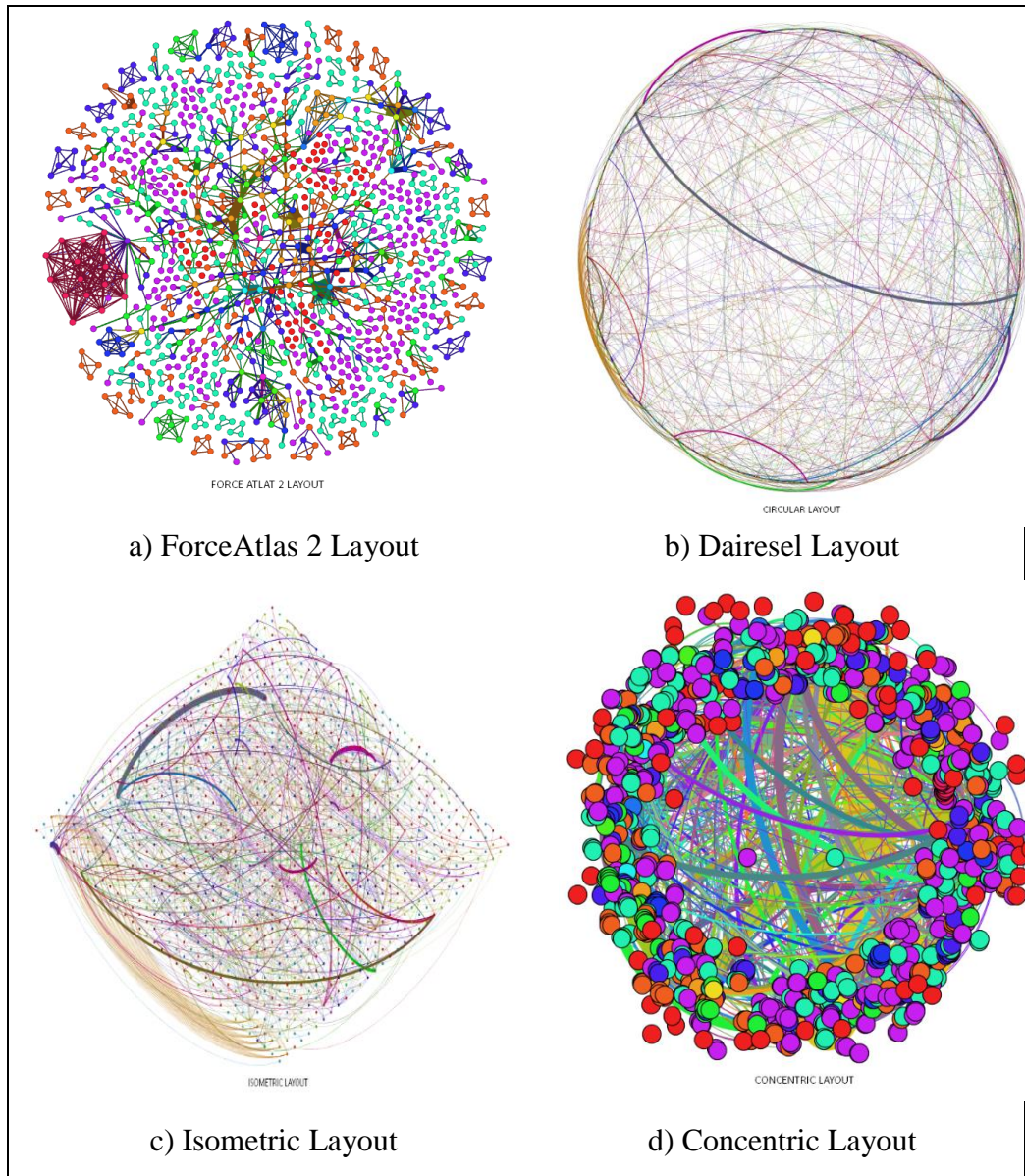
### **3.3. AĞ GÖRSELLEŞTİRİLMESİ İÇİN KULLANILAN YERLEŞTİRME ALGORİTMALARI**

Büyük miktarda düğüm barındıran kompleks ağların yapısının daha iyi anlaşılabilmesi için ağların görselleştirilmesi gerekmektedir. Ağ görselleştirilmesinde kaliteli ağ görüntüleri elde etmek için yerleştirme algoritmaları kullanılır. Kullanılan algoritmalar her bir düğümün nasıl ve nereye yerleştirileceğine karar verir. Kullanılan algoritmalar belirli sürelerde veya operatörün sonlandırmasına kadar çalışarak düğümleri ve linkleri 2D veya 3D olarak konumlandırmaktadır. Görselleştirme algoritmaları düğümlerin ve linklerin konumlarını ağın büyüklüğüne göre belirlerler.

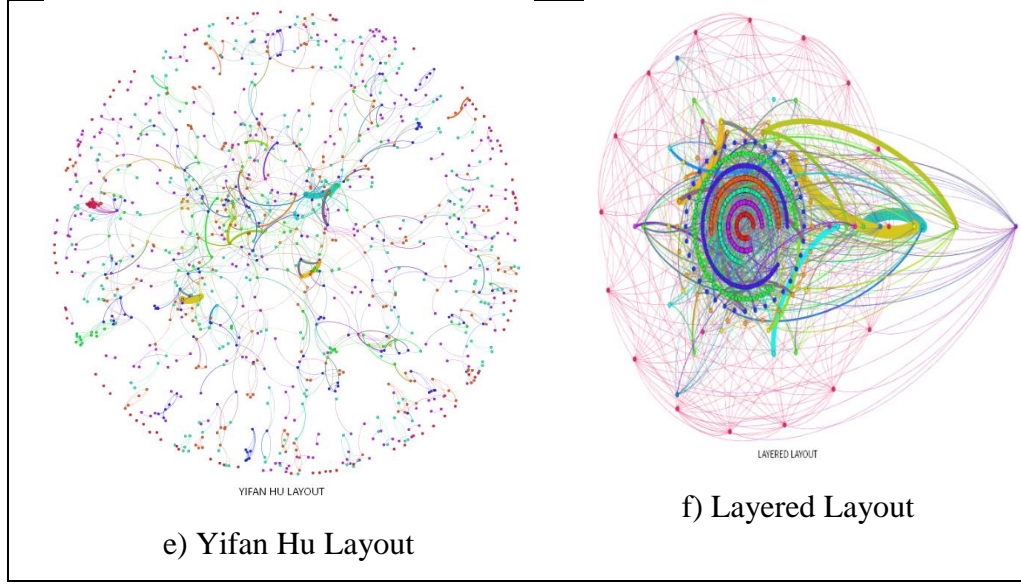
Ağ analizlerinde görselleştirme oldukça kapsamlı bir işidir. Görselleştirme işlemi için farklı bilim dalları birlikte çalışmaktadır. Graf yapılarının nasıl çizileceği konusunda matematik bilimi ve bilgisayar bilimleri beraber çalışmaktadırlar. Yerleştirme algoritmalarının çekirdeklerinin tasarımı ve düğüm ve linklerin konumlarının belirlenmesi gibi işlemler başa çıkılması gereken zor prosedürlerdir. Yerleştirme algoritmalarının tasarımı bilgisayar bilimleri için NP-hard problemler içerisinde yer almaktadır. Kompleks ağların görselleştirilmesi için kullanılan yerleştirme algoritmaları ağ bilimine sanatsal bir yön kazandırmaktadır [39].

Birbirlerinden farklı tür ve yapılarda yerleştirme algoritmaları olmakla birlikte, ağ görselleştirme algoritmalarına örnek olarak, Kuvvet yönlendirilmiş düğüm ve link diyagramları (*force-directed node-link diagrams*), Yay diyagramları (*arc diagrams*), Komşuluk matrisleri (*adjacency matrices*) ve Dairesel düzenler (*circular layouts*) verilebilir [49].

Aynı ağı ait düğümler ve linkler farklı yerleştirme algoritmaları kullanılarak farklı şekillerde görüntülenebilir. Her yazılımın kullandığı farklı yerleştirme algoritmaları vardır. Yerleştirme algoritmaları konusunda belli bir standartlaşma yoktur. Tüm görselleştirme yazılımları görünüm için hiyerarşik ve dairesel görünüm gibi benzer modeller kullansalar da birbirlerinden farklı algoritmalar ile bu işlemleri yaparlar. Şekil 3.3’de 1980 ile 1990 yılları arasındaki bilimsel işbirliği ağının Gephi ile farklı yerleştirme algoritmaları kullanılarak elde edilen ağ görselleri verilmiştir. Renklendirmeler düğümlerin sahip oldukları derece değerlerine göre yapılmıştır.



Şekil 3.3. Bilimsel işbirliği ağının farklı yerleştirme algoritmaları (layout) ile görselleştirilmesi.



Şekil 3.3. (devam ediyor).

### 3.3.1. ForceAtlas 2 Yerleştirme Algoritması

Force Atlas ve ForceAtlas2 algoritmaları Gephi için geliştirilen ve sadece Gephi ile birlikte kullanılabilen yerleştirme algoritmalarındandır. Çalışmamızın uygulama bölümünde ağımızın en anlaşılır görselleri ForceAtlas2 ile elde edildiği için bu algoritmanın kullanılması tercih edilmiştir. Force Atlas algoritması ağımızın 1980 ile 2012 yılları arasını kapsayan dönem için veri yoğunluğunun fazlalığından dolayı verimli olarak çalıştırılmamıştır.

ForceAtlas2 kuvvet-yönlendirme (*force-directed layouts*) türünde bir algoritmadır. Kuvvet yönlendirme bazlı çalışan algoritmalarda, düğümlerin ve linklerin başlangıç pozisyonları rassal olarak verilir ve düğümlerin konumları son haline gelene kadar belirli kuvvetlerin etkisine göre düğümlerin konumları değiştirilir [49]. Kuvvet-yönlendirmeli algoritmalar ağı oluşturmak için fiziksel sistemleri taklit ederler. ForceAtlas2 algoritmasında birbirine yaklaşan düğümler tıpkı yüklü parçacıkların birbirlerini ittikleri gibi dışarı doğru iterler. Linkler ise birbirlerine bağlı düğümleri bir arada tutarlar. Bu güçlerin dengeye oturduğu anda verilerin anlaşılmasına yardımcı olan bir görüntü elde edilir. Düğümlerin sahip olduğu öznitelik verileri ağın görselleştirilmesinde dikkate alınmaz. Örneğin bilimsel işbirliği ağı için düğümlerin sahip konum bilgisi ağın görselleştirilmesinde etkili değildir. Düğümler rassal olarak

dağıtıldığı için düğümlerin konumları üzerine herhangi bir yorum yapılamaz. Bu durum dezavantaj gibi görünse de ağın anlamlı bir bütün olarak görselleştirmesinde oldukça işe yaramaktadır [50].

Her kuvvet yönlendirme algoritması düğümler arası itme kuvveti için fiziksel bir kuvvetten yararlanır. ForceAtlas2 algoritması ise itme kuvveti için elektrik yüklü parçacıkların itme kuvveti formülünü ( $F_r = k / d^2$ ) ve çekme kuvveti formülünü ( $F_a = -k \cdot d^2$ ) kullanır. İki düğüm arasındaki geometrik mesafe  $d$  ile temsil edilir [50].

ForceAtlas2 algoritması çalışma esnasında parametrelerin değiştirilmesine izin vermektedir. Kullanıcı görselleştirme esnasında parametreleri istediği gibi değiştirebilmektedir. Bu sayede kullanıcı istediği görüntüye ulaşmak için çalışma esnasında algoritmaya müdahale edebilmektedir. ForceAtlas2 ile kullanılan bazı parametreler şunlardır [50,51].

*Çekirdek sayısı (Threads number):* Algoritmanın sistem kaynaklarını nasıl kullanacağı ile ilgili bir parametredir. İşlemcinin kaç çekirdeğinin aktif olarak kullanılacağını belirler. Tek çekirdekli işlemcilerde 2, çift çekirdekli işlemcilerde 4 değerini alır. Belirtilen sayıda işlemci gücünü aktif olarak kullanır [51].

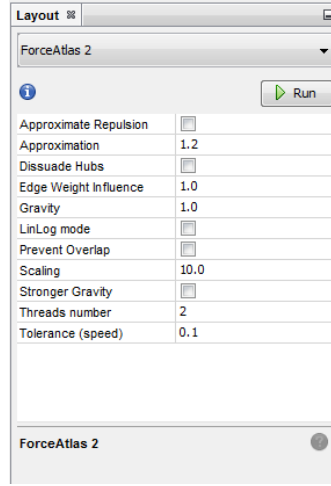
*Düğümlerin üst üste gelmesini engelleme (Prevent overlap):* Düğümlerin üst üste konumlandırılmasını engeller. Seçildiği takdirde düğümler hiçbir zaman üst üste konumlandırılmaz. Elde edilen görselin kalitesinin ve anlaşılabilirliğini artırır [51].

*Derece değerine göre itme (Repulsion by degree):* Özellikle sosyal analizlerinde sık kullanılan derece değerine göre komşu düğümler içerisinde zayıf derece değerine sahip olan düğümlerin daha kuvvetli düğümlere göre çok fazla kümelenmeden dağıtılmasını sağlar [50,51].

*LinLog Modu (LinLog Mode):* Düğümlerin yerleştirilme durumunu değiştirir ve itme kuvveti modunu logaritmik itme kuvvetine çevirir. ForceAtlas2 LinLog aktif

olduğunda daha anlaşılır yerleştirmeler yapmaktadır. Seçildiği takdirde bağlantısız düğümler arasındaki mesafe azalır. İtme kuvveti sabit kalır [50,51].

*Yerçekimi (Gravity)*: Ekranın orta kısmına düğümlerin itilmesi kontrol eder. Zayıf çekim kuvveti düğümleri ekranın merkezine doğru çeker kuvvetli çekim kuvveti ise dışarı doğru iter [51].

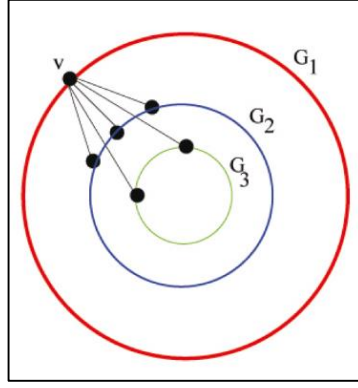


Şekil 3.4. ForceAtlas2 parametre penceresi.

### 3.3.2. Eş Merkezli Küre Düzeni Algoritması

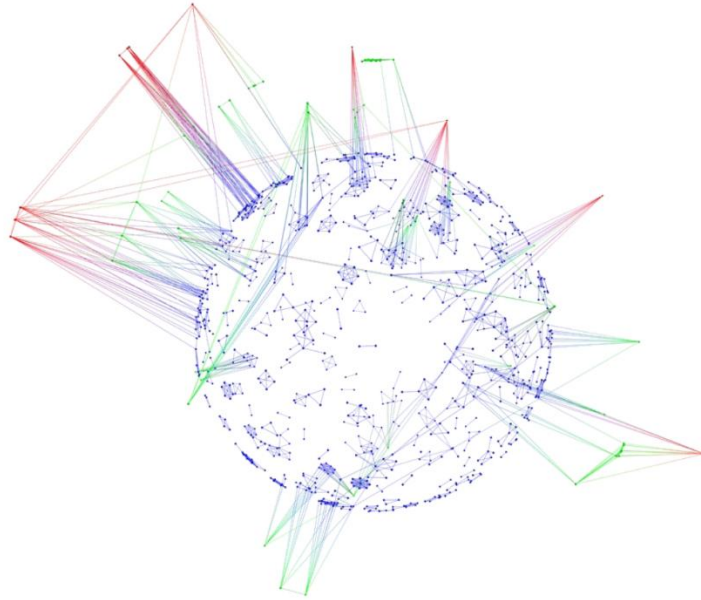
Bilimsel işbirliği ağlarının görselleştirilmesi için kullanılan algoritmalarından biriside eş merkezli küre düzeni algoritmasıdır (*Concentric sphere layout*). Bu algoritmada yüksek dereceli düğümler bir G1 grafına sıralanır ve kürenin en dış kısmına yerleştirilir. Düşük dereceli düğümler ise G3 grafının içerisinde yerleştirilir ve kürenin en iç kısmına yerleştirilir. Ara dereceli düğümler ise G2 grafi içerisine yerleştirilir [40]. Bu durum Şekil 3.5’de görülmektedir.





Şekil 3.5. Eş merkezli küre düzeni algoritması [40].

Bilimsel işbirliği ağının eş merkezli küre düzeni algoritması ile görselleştirildiği takdirde yüksek dereceli düğümler kürenin dışına yerleştirileceklerdir. Daha düşük dereceli düğümler ise kürenin iç kısmına yerleştirileceklerdir. Bu yöntem çok işbirliği yapan ve popüler araştırmacılar kolaylıkla belirlenebilmektedir. Popüler araştırmacılar kürenin dışında kümelenmektedir. Kürenin iç kısımlarında öğrenciler, genç araştırmacılar ve daha az işbirliği yapan araştırmacılar bulunmaktadır [40]. Şekil 3.6’da eş merkezli küre algoritması ile görselleştirilen bilimsel işbirliği ağı örneği görülmektedir.



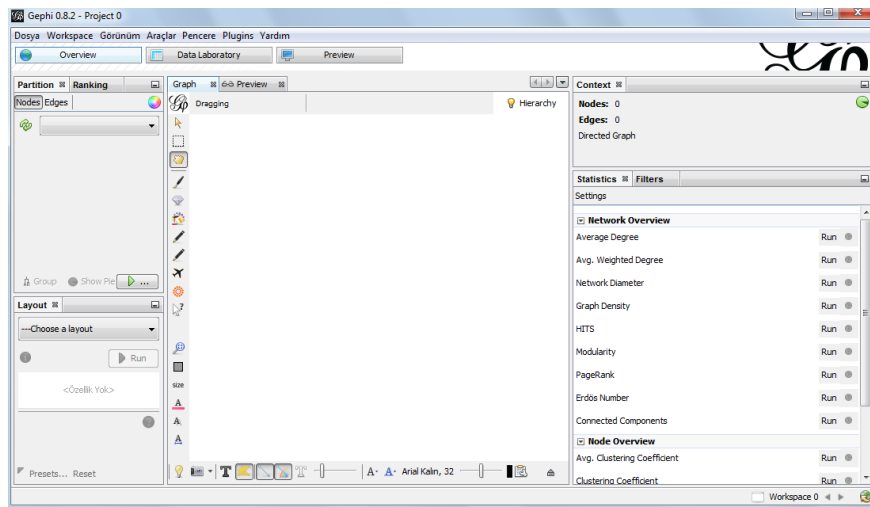
Şekil 3.6. Eş merkezli küre düzeni algoritması ile bilimsel işbirliği ağının görselleştirilmesi [40].



### 3.4. GEPHI GÖRSELLEŞTİRME YAZILIMI

Gephi yazılımı ilk olarak 2008 yılında kullanıma sunulmuştur. Java programlama dili ile geliştirilmiştir. Windows, Linux ve Mac işletim sistemleri ile birlikte çalışabilen Gephi büyük ölçekli ağların görselleştirilmesi ve analiz edilmesinde kullanılmaktadır. Gephi açık kaynak kodlu olarak ücretsiz kullanıma sunulmuştur [51]. Gephi çeşitli disiplinler tarafından kullanılan bir ağ görselleştirme yazılımıdır. Temel kullanım amacı ağ yapılarını görselleştirerek, kolay anlaşılır haritalar haline getirmek ve ağı ilgilendiren derece, ortalama yol vb. metrik analizleri yapmaktır. Başlangıç olarak ileri düzey graf teorileri bilgisi gerektirmeden görselleştirmeler yapılması amaçlanmıştır [50]. Gephi modüler bir yapıda tasarlanmıştır ve farklı görev ve işlevleri yerine getirmek için farklı modüller içerisinde barındırır. Ayrıca geliştiriciler tarafından geliştirilen modüller internet üzerinden indirilerek, Gephi'ye entegre edilebilmektedir. Genel olarak yerleştirme algoritmaları ve çeşitli araçlar bağımsız yazılımcılar tarafından kodlanarak kullanıcıların hizmetine sunulmaktadır. Gephi kütüphanesi kullanılarak farklı amaçlar için araçlar geliştirilebilmektedir.

Bilimsel işbirliği ağıımızı görselleştirmek ve analiz etmek için pek çok görselleştirme yazılımı kurulmuş ve denenmiştir. Ancak ağıımız için en verimli sonuçların Gephi ile elde edildiği için Gephi kullanımına karar verilmiştir.



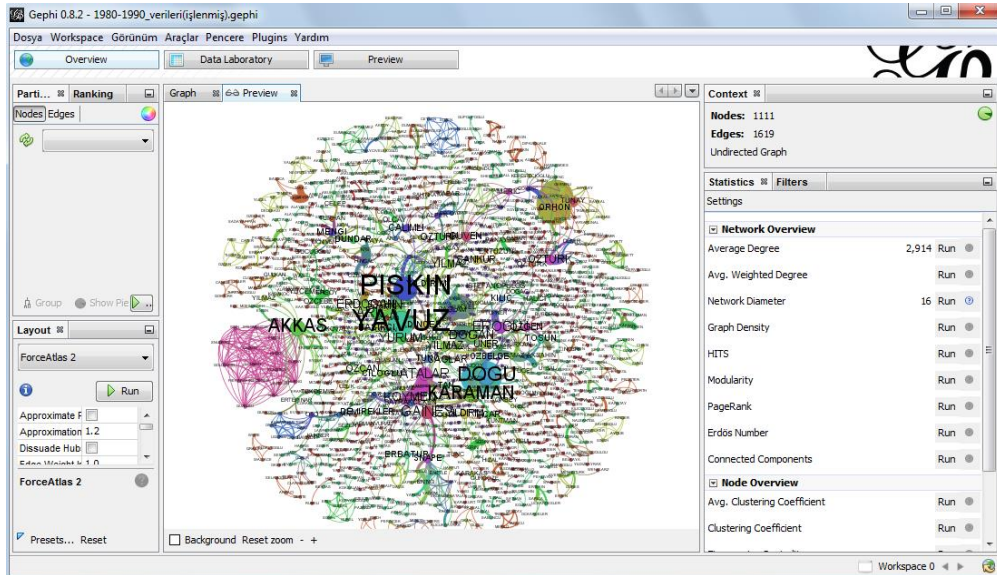
Şekil 3.7. Gephi'ni başlangıç ara yüzü.

Gephi içerisinde farklı amaçlar için kullanılan araçlar olmak ile birlikte işlemler üç temel pencere altında yapılmaktadır. Gephi'nin başlangıç ve çalışma sırasındaki görünümü Şekil 3.7 ve Şekil 3.8'de verilmiştir.

*Overview Penceresi:* Kompleks ağa ilişkin genel bilgilerin yer aldığı bölümdür. Genel görselleştirme ayarları, yerleştirme algoritmasının seçimi ve metrik analizler bu bölüm içerisinde yer alır. İçerisinde temel olarak Partition, Ranking, Layouts, Statistics ve Filters bölümleri bulunur.

*Data Laboratory Penceresi:* Düğümlere ve linklere ilişkin bilgiler bu bölümde tutulur. Bu bölüm kullanılarak ağa yeni düğümler ve linkler eklenebilir ayrıca var olan düğümler üzerinde istenilen değişiklikler yapılabilir.

*Preview Penceresi:* Görselleştirme sonucunda elde edilen çıktıların görüntülediği bölümdür. Bu bölüm içerisindeki araçlar kullanılarak ağ görüntüsü üzerinde değişiklikler yapılabilir. Düğümlerin ve linklerin büyüklükleri, renkleri ve şekilleri gibi işlemler preview penceresi altında yapılır.



Şekil 3.8. Gephi'nin çalışma sırasında görünümü.

## BÖLÜM 4

### VERİ SETİNİN OLUŞTURULMASI

#### 4.1. GİRİŞ

Çalışmamız 1980-2012 (33 yıllık) yıllarını kapsamaktadır. Çalışmamızda, Türkiye adresli mühendislik (*engineering*) alanında bulunan indeksli bilimsel makalelerin tespit edilmesi, ilgili makaleler kullanılarak bilimsel işbirliği ağının oluşturulması, analiz edilmesi ve görselleştirilmesi amaçlanmaktadır. Çalışmamızda ilk olarak Türkiye adresli mühendislik alanında yapılan yayınlar bulunmuştur. Daha sonra, Türkiye adresli yayınlara toplu olarak ulaşabilmek için uluslararası indeksleme ve tarama sistemleri olan, Thomson Reuters firmasına ait Web of Science veya Web of Knowledge isimleri ile bilinen veri tabanı kullanılmıştır.

Web of Knowledge veri tabanı bilimsel yayınları 100'den fazla ülkede 5,600'ün üzerinde kurum ve kuruluş aracılığı ile akademisyenlerin, öğrencilerin ve araştırmacıların hizmetine sunmaktadır. Web of Knowledge araştırmacılar için Fen Bilimleri, Sosyal Bilimler, Sanat ve Beşeri Bilimler gibi alanları içine alan 256 fazla disiplinde yayınların içeriklerine ulaşma ve atıf arama gibi özelliklere sahip bilimsel bir platformdur. Platform içerisinde günümüzden 100 yıl önceki yıllara ait arşiv taraması yapılabilmektedir [52]. Web of Science içerisinde 12,000'den fazla dergi ve 148,000'den fazla konferans düzenli olarak taranarak yayınlar indekslenmekte ve araştırmacıların hizmetine sunulmaktadır [53]. Web of Knowledge platformu üyelik karşılığında kullanıcılara hizmet sunmaktadır. Genel olarak üniversiteler sisteme üye olmakta ve öğrencilerin, akademisyenlerin ve araştırmacıların kullanımına sunmaktadırlar. Çalışmamızda sisteme erişim için Karabük Üniversitesi'nin sağladığı erişim hizmetinden yararlanılmıştır.

Çalışmamız da 1980 ile 2012 yılları arası bilimsel işbirliği ağında bulunan her bir yazar için adres bilgileri tek tek derlenmiştir. Her bir yazar için ülke, şehir, üniversite ve uyruk gibi bilgiler yapısal veri tabanımıza kayıt edilmiştir. Ağda bulunan 29,548 adet yazar için adres bilgileri kullanılarak, yazarların dünya üzerindeki konumuna ait coğrafi koordinat bilgileri enlem ve boylam cinsinden bulunarak veri tabanımıza aktarılmıştır. Çalışmamızda en çok vakit alan ve büyük iş yükü oluşturan bölüm öznitelik verilerinin elde edilmesi olmuştur. Veri setimizde yer alan 29,548 yazar için yaklaşık 37000 bin adet yayın tek tek taranarak öznitelik verileri elde edilmiştir.

Çalışma için gerekli olan veri seti üç aşamada oluşturmuştur.

*i)- Web of science platformundan yazarlara ait verilerin alınması:* Bu aşamada Web of science veri tabanından 1980 ile 2012 arasında mühendislik alanında yapılan Türkiye adresli yayınlara ait yazar, yayın yılı, başlık ve yayınlandığı yer gibi bilgilerin elde edilmesi gerekmiştir. Bu işlem site üzerinden bilgilerin HTML formatında indirilmesine verilen izin sayesinde çözülmüştür.

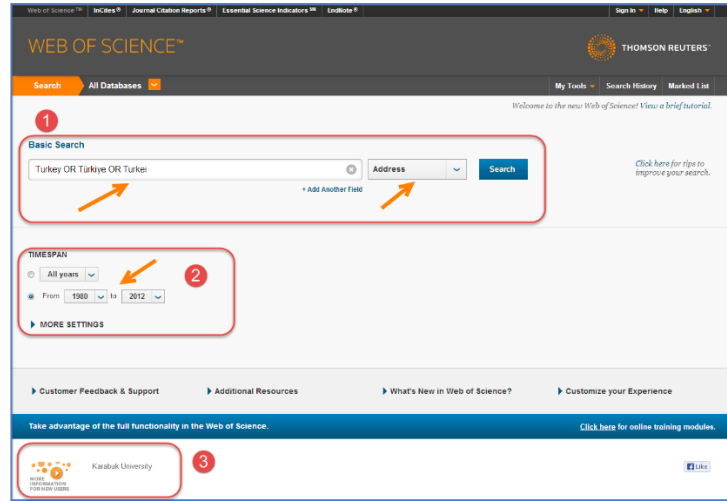
*ii)- Veri setinin oluşturulması:* Bu aşamada veri tabanımız oluşturulmuştur ve 1980 ile 2012 yılları arasındaki yazarların isimleri, yayınların isimleri, yayın yılı ve işbirliği gibi veri tabanımıza eklenmiştir. Bu işlemler için HTML dosyaları kullanılmıştır. HTML dosyalarının analizi için WOS data parser isimli yazılımdan faydalanılmıştır.

*iii)- Yazarlara ait tanımlayıcı bilgilerin oluşturulması:* Oluşturulan veri tabanının da bulunan yazarlara ait tanımlayıcı bilgiler veri setine eklenmiştir. Veri tabanımızda yazarlara ait tanımlayıcı bilgilerimiz; yazarların adresleri, uyrukları ve hangi ülke adresi ile yayın yaptıkları gibi bilgilerdir.

## **4.2. WEB OF SCIENCE'DEN VERİLERİN ELDE EDİLMESİ**

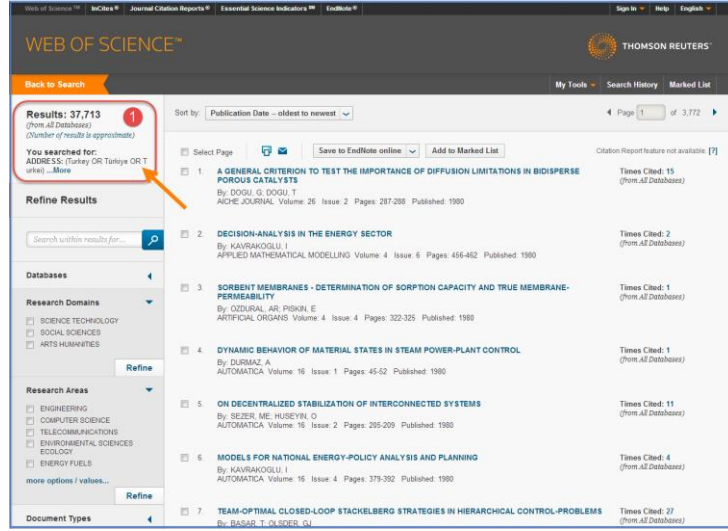
Bilimsel iş birliği ağının oluşturulması için öncelikle Web of Science sisteminden yazarlara ve yayınlara ait verileri temin etmemiz gerekmiştir. Web of Science platformu yayın başlığı (Title), yazarlar (Authors), yayın yeri ve yılı gibi bilgileri

araştırmacılar için HTML formatında indirilmesine izin vermektedir. Şekil 4.1’de görüldüğü üzere Web of science ara yüzünde bulunan arama bölümüne, anahtar kelimeler olarak “Turkey OR Türkiye OR Turkei” ifadesi yazılarak, arama yapılacak yer olarak Address seçeneği seçilmiştir. Yayınların adres bilgilerinde Türkiye adresi Türkçe, İngilizce ve Almanca olarak aranmıştır. Zaman aralığı (Timespan) 1980 ile 2012 yılları arası seçilmiştir.



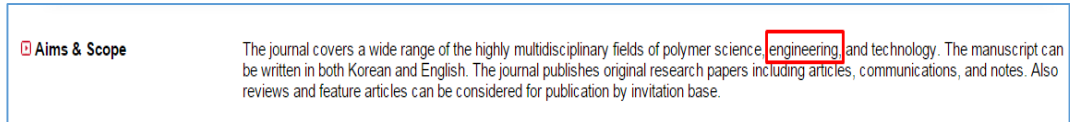
Şekil 4.1. Türkiye adresli yayınların aranması.

Şekil 4.1’de görülen işlem sonucunda yaklaşık olarak “Turkey OR Türkiye OR Turkei” ifadelerinden bir tanesi adres bölümünde bulunan yaklaşık 302,306 bin adet bilimsel yayın listelenmiştir. Daha sonra bu yayınlardan mühendislik alanı ile ilgili olan yayınlar süzöldüğünde yaklaşık 37000 bin adet çalışma bulunmuştur. Süzme işlemi Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



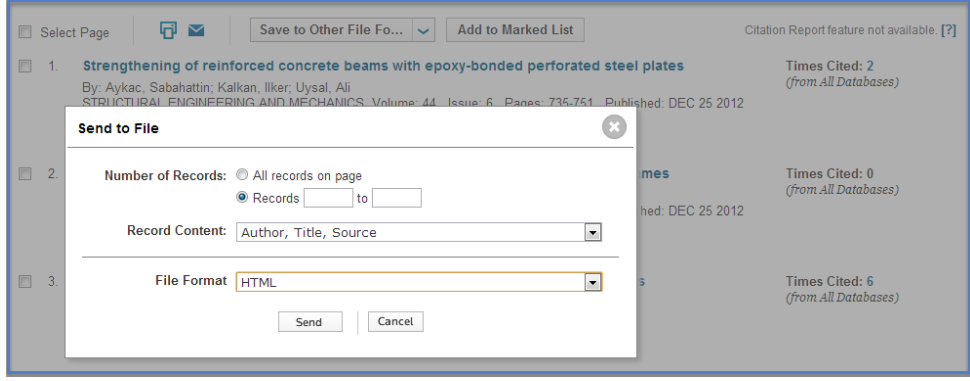
Şekil 4.2. Türkiye adresli yayınların süzülmesi.

Bilimsel bir yayının mühendislik alanında olup olmadığına yayımlandığı bilimsel derginin yayın kapsamında mühendislik bilimlerinin olup olmadığına göre karar verilmektedir (Şekil 4.3). Yayın kapsam aralığında mühendislik bilimleri geçen bilimsel bir dergide yayınlanan bir makale mühendislik alanında yayınlanmış olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle ağıımız içerisinde mühendislik dergilerinde yayınlan sağlık bilimleri gibi farklı alanlara ait azda olsa yayınlar bulunmaktadır.



Şekil 4.3. Polymer Korea dergisinin yayın kapsamı (scope) [54].

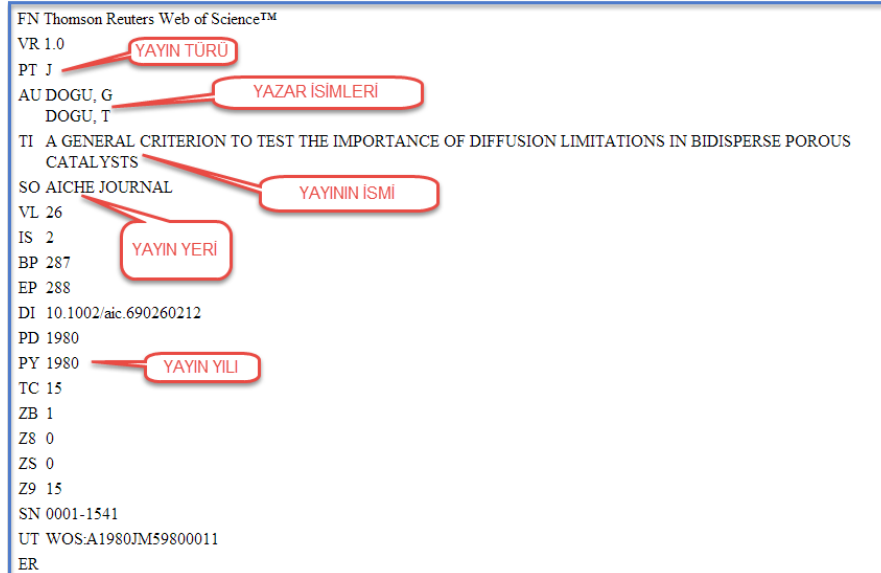
Web of science sistemi arama sonuçlarını bir seferde 500 kayıt içerek şekilde HTML formatında indirmemize izin vermektedir. Süzme işlemi sonucunda mühendislik alanında elde ettiğimiz yaklaşık 37,724 adet yayın 76 adet HTML dosyası şeklinde indirilmiştir. Şekil 4.4'de HTML formatında verilerin alınması görülmektedir.



Şekil 4.4. HTML formatında verilerin alınması.

### 4.3. YAPISAL VERİ TABANIN OLUŞTURULMASI

Web madenciliği yöntemleri kullanılarak Web of science sistemindeki Türkiye adresli yayınlara ait bilgiler, HTML dosyalarından veri tabanımıza aktarılmıştır. İndirilen HTML dosyalarının içerisinde Yazarlara ait ad soyad bilgileri, yayının başlığı, yayınlanan kaynak bilgisi, yayın yılı ve yayın türü gibi bilgiler bulunmaktadır. Şekil 4.5’de HTML dosyalarının içeriğinden örnek bir görünüm verilmiştir.



Şekil 4.5. Web of Science’den alınan HTML dosyalarının içeriği.

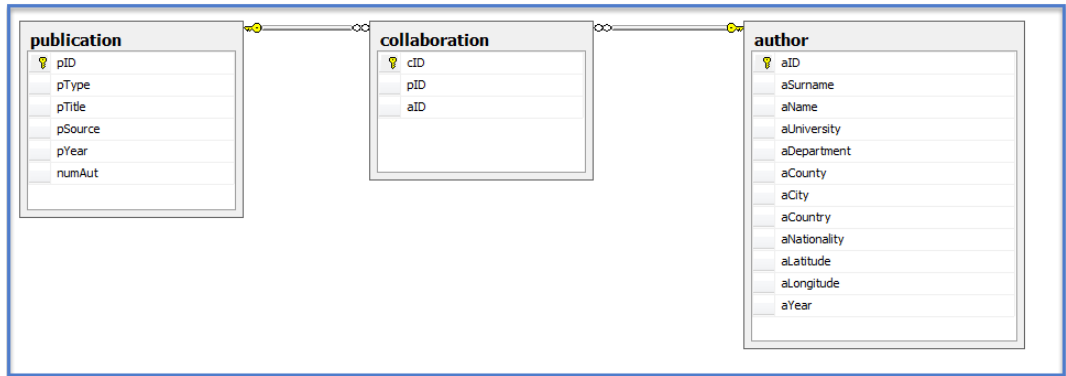
Çalışmada uygun bir veri tabanının tasarlanması ve elde edilen HTML dosyalarının kullanılacak bir yazılım yardımı ile veri tabanına aktarılması gerekmektedir.

Yapısal veri tabanı olarak Microsoft SQL Server kullanılmıştır. Yapılacak olan analiz sonuçlarında herhangi bir sorun yaşanmaması için veri tabanının doğru bir şekilde tasarlanması gerekmektedir. Uygulamada kullanılan veri tabanında üç tablo bulunmaktadır (Şekil 4.6).

i)- *Yazar tablosu (Author table)*: Bu tablo içerisinde yazarlara ait soyad (aSurname), ad (aName), Üniversite (aUniversity), Bölüm (aDepartment), Şehir (aCity), Ülke (aCountry), Uyruk (aNationality) ve adreslerine ait enlem (aLatitude) ve boylam (aLongitude) bilgileri tutulmaktadır.

ii)- *Yayın Tablosu (Publication table)*: Bu tablo içerisinde yayın türü (pType), başlığı (pTitle), yayın yeri (pSource) ve yayın yılı (pYear) gibi bilgiler tutulmaktadır.

iii)- *İşbirliği Tablosu (Collaboration Table)*: Yazarlar arasındaki işbirliği bilgileri ve linkler saklanmaktadır.



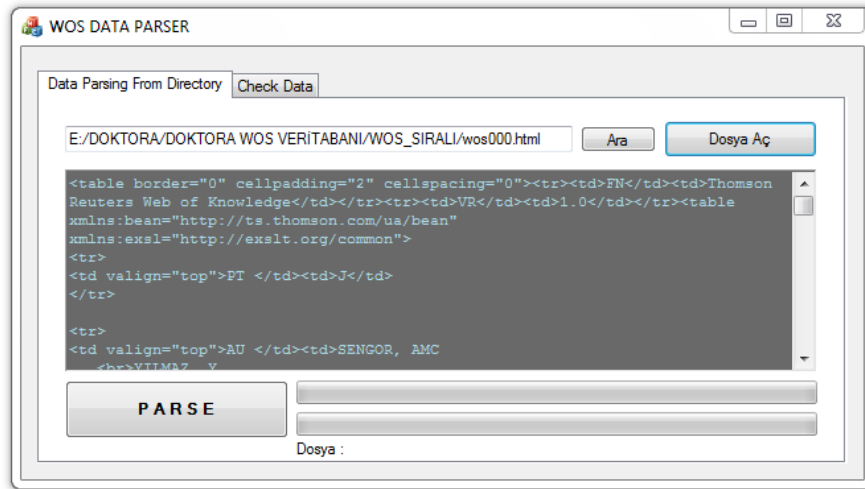
Şekil 4.6. Tasarlanan yapısal veri tabanı (MS SQL).

Veri tabanına yazar isimleri tanımlanırken HTML dosyalarında bulunan “AU” bölümü kullanılmıştır. “AU” bölümünde yazarların soyadları ve isimlerinin baş harfleri birbirlerinden virgül ile ayrılarak tutulmaktadır (Şekil 4.5). Yazar tablosu içerisinde yazarların soy isimler ve isimlerinin ilk harflerine göre yazarlar



oluşturulmuştur. Azda olsa bu durum hatalara neden olabilmektedir. Aynı soy isme sahip ve isimlerinin kısaltmaları aynı olan yazarlar, aynı kişi gibi görülmektedir. Ayrıca iki ön ismi olan yazarlar bazen ikisini birden kısaltarak bazen de tek ismi kullanabilmektedirler. Bu durum yazarların farklı kişiler gibi ağa eklenmesine neden olmaktadır. Web of science sisteminde eski yıllara ait yayınlarda yazarların ilk adlarının olmaması nedeniyle bu yol seçilmiştir. Ancak bu durum Newman'a göre ihmal edilebilecek küçük bir yüzdeye sahiptir [10].

Yapısal veri tabanı oluşturulması ve ilgili tabloların başlıklarının belirlenmesinden sonra, Web of science'dan alınan HTML dosyalarını işlenerek ilgili verilerin otomatik olarak veri tabanına eklenmesi gerekmektedir. Bu işlem için Microsoft Visual Studio ile C# programlama dilinde geliştirilmiş WOS Data Parser isimli yazılım kullanılmıştır. Yazılım HTML dosyalarını işleyerek veri tabanına aktarmaktadır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. WOS data parser yazılımı [10].

#### 4.4. VERİ SETİNE TANIMLAYICI BİLGİLERİN EKLENMESİ

Tüm araştırma ve yazılım geliştirme çabalarımıza rağmen Web of science platformunun, yazarlara ait adres bilgilerini standart bir formatta sunmadığı için herhangi bir program kullanarak veya kendimiz bir program geliştirerek yazarlara ait adres bilgilerini alınamamıştır. Bu nedenle bilimsel işbirliği ağımızda her bir düğüm

noktasını oluşturan yazarlara ait adres bilgilerini tek tek her bir makaleye göz ile bakılarak alınması gerekmiştir. Çalışmamızda iş yükümüzün büyük kısmını öznitelik verilerinin derlenerek veri tabanımıza aktarılması aşaması olmuştur. 29,548 yazardan oluşan veri setimiz için yaklaşık 37000 adet yayın tek tek açılarak incelenmiş ve adres bilgileri veri tabanımıza aktarılmıştır. Özellikle 1980’li yıllara ait yayınlarda adres bilgilerini eksik ve bazen hatalı olmasından dolayı bazı durumlarda düzeltme yapma ihtiyacı olmuştur. Mühendislik alanında yayınlanan makaleler şekil 4.8’deki bilgileri içermektedir.

The screenshot shows a Web of Science article page for the paper "TRANSIENT-RESPONSE OF A SPHERICAL-SHELL IN AN ACOUSTIC MEDIUM - COMPARISON OF EXACT AND APPROXIMATE SOLUTIONS". The page is annotated with red boxes and numbered arrows (1-6) pointing to specific information:

- 1**: Title of the article.
- 2**: Author information: By: AKKAS, N (AKKAS, N); ENGIN, AE (ENGIN, AE).
- 3**: Journal information: JOURNAL OF SOUND AND VIBRATION, Volume: 73, Issue: 3, Pages: 447-460, DOI: 10.1016/0022-460X(80)90526-X, Published: 1980.
- 4**: Author information: Reprint Address: AKKAS, N (reprint author), MIDDLE E TECH UNIV, DEPT CIVIL ENGN, ANKARA, TURKEY, Organization-Enhanced Name(s): Ota Dogu Teknik University.
- 5**: Address information: [ 1 ] OHIO STATE UNIV, DEPT ENGN MECH, COLUMBUS, OH 43210, Organization-Enhanced Name(s): Ohio State University.
- 6**: Categories / Classification: Research Areas: Acoustics, Engineering, Mechanics; Web of Science Categories: Acoustics; Engineering; Mechanical; Mechanics.

The right sidebar contains a "Citation Network" section with 15 Times Cited, 29 Cited References, and a "Most Recent Citation" by Hasheminejad, Seyyed M. (2011). The footer includes "© 2014 THOMSON REUTERS" and "TERMS OF USE", "PRIVACY POLICY", and "FEEDBACK".

Şekil 4.8. Yayınlarla ait tanımlayıcı bilgiler.

Şekil 4.8’de görsel üzerinde yapılan işaretlemelerin anlamları aşağıda verilmiştir.

1-Nolu işaretlemede açılan makalenin adı görüntülenmektedir.

2-Nolu işaretlemede makalenin yazarlarının adları verilmektedir

3-Nolu işaretlemede makalenin yayınlandığı derginin adı ve yayın yılı gibi bilgiler verilmektedir.

4 ve 5 Nolu işaretlemelerde ise sırsayla yazarların adresleri verilmektedir.

6- Nolu işaretlemede ise yayın yapılan derginin kategorisinin mühendislik olduğu görülmektedir.

Yukarıda anlatılan işlemler sonucunda her bir yazarın detaylı adres bilgileri veri tabanına aktarılmıştır. Yazarlar için adres parametreleri olarak aşağıdaki bilgiler tanımlanmış ve erişilebilenler veri tabanına işlenmiştir. Tanımlan adres bilgileri, Üniversite (aUniversity), Bölüm (aDepartment), İlçe (aCounty), Şehir (aCity), verilen adresi bulunduğu ülke (aCountry), uyruk (aNationality) bilgileridir. Yaklaşık olarak 3 aylık bir çalışma sonucunda bu işlem bitirilmiş ve veri setimiz hazır hale getirilmiştir.

ID	Author Name	Initials	University	Department	County	City	Country	Nationality
17	ALPER	E	Hacettepe Unive...	Faculty of Engin...	Çankaya	Ankara	Turkey	
18	WICHTENDAHL	B	University of Ha...	Faculty of Engin...	NELL	Hannover	Germany	
19	DECKWER	WD	University of Ha...	Faculty of Engin...	NELL	Hannover	Germany	
20	DANCKWERTS	PV	University of Ca...	Faculty of Engin...	NELL	CAMBRIDGE	England	
21	TOSUN	I	Orta Dogu Tekni...	Faculty of Engin...	Çankaya	Ankara	Turkey	
22	WILLIS	MS	University of Akron	Faculty of Engin...		Akron OH	Usa	
23	PEKER	S	Ege University	Faculty of Engin...	Bornova	Izmir	Turkey	
24	COMDEN	M	Ege University	Faculty of Engin...	Bornova	Izmir	Turkey	
25	ATAGUNDUZ	G	Ege University	Faculty of Engin...	Bornova	Izmir	Turkey	
26	LOHSE	M	University of Ha...	Faculty of Engin...	NELL	Hannover	Germany	
27	INANICI	Y	Istanbul University	Faculty of Engin...	NELL	Istanbul	Turkey	
28	PARLAR	H	Tedhical Univer...	Faculty of Engin...	NELL	Fresing	Germany	
29	TELLI	ZK	Karadeniz Teknik...	Faculty of Engin...	NELL	Trabzon	Turkey	
30	SAKA	MP	Karadeniz Teknik...	Faculty of Engin...	NELL	Trabzon	Turkey	
31	SOMER	TG	Orta Dogu Tekni...	Faculty of Engin...	Çankaya	Ankara	Turkey	
32	OZGEN	C	Orta Dogu Tekni...	Faculty of Engin...	Çankaya	Ankara	Turkey	
33	ERKAN	N	Orta Dogu Tekni...	Faculty of Engin...	Çankaya	Ankara	Turkey	
34	DOGURU	AR	Hacettepe Unive...	Faculty of Engin...	Çankaya	Ankara	Turkey	
35	GOKCEN	SL	Hacettepe Unive...	Faculty of Engin...	Çankaya	Ankara	Turkey	
36	GURUZ	K	Orta Dogu Tekni...	Faculty of Engin...	Çankaya	Ankara	Turkey	
37	ERTAN	HB	Orta Dogu Tekni...	Faculty of Engin...	Çankaya	Ankara	Turkey	
38	HUGHES	A	University of Leeds	Faculty of Engin...		Leeds	Yorkshire England	
39	LAWRENSON	PJ	University of Leeds	Faculty of Engin...		Leeds	Yorkshire England	
40	SEN	AE	Istanbul Teknik...	Faculty of Engin...		Besiktas	Istanbul Turkey	
41	TOKAD	Y	Istanbul Teknik...	Faculty of Engin...		Besiktas	Istanbul Turkey	
42	ATAMAN	E	Tubitak	NELL		Gebze	Kocaeli Turkey	
43	AATRE	VK	Dalhousie Univer...	NELL		Halifax	Nova Scotia Canada	
44	WONG	KM	Dalhousie Univer...	NELL		Halifax	Nova Scotia Canada	
45	OZGURER	U	Istanbul Teknik...	Faculty of Engin...		Besiktas	Istanbul Turkey	
46	SARACHIK	PE	Polytechnic Inst...	Faculty of Engin...		Biosölym	New York USA	
47	OZGULER	B	Orta Dogu Tekni...	Faculty of Engin...		Çankaya	Ankara Turkey	
48	SEZER	E	University of Flo...	Faculty of Engin...		Gainesville	FL Usa	
49	BASAR	TU	University of Tw...	Faculty of Engin...		NELL	Enschede Netherlands	

Şekil 4.9. Bilimsel işbirliği ağı yazar öznitelikleri görünümü.

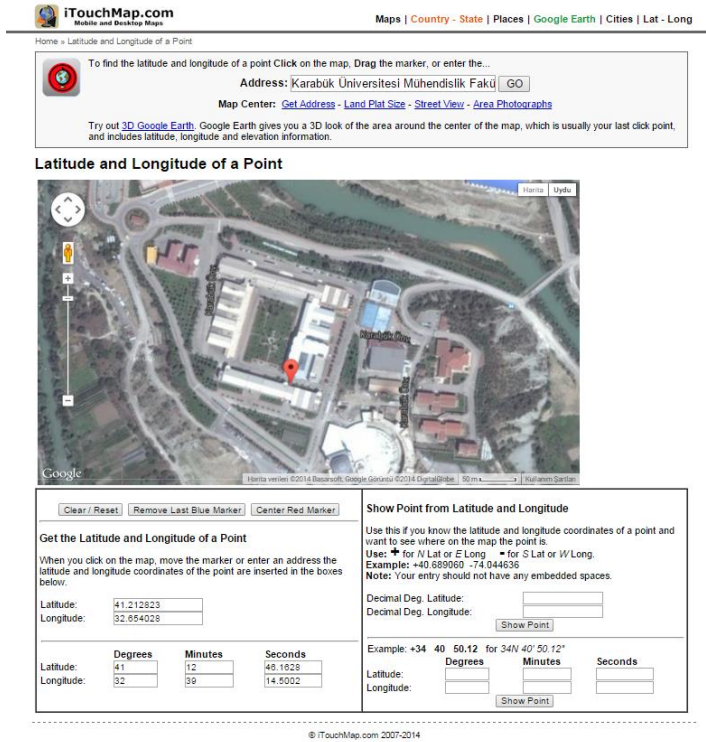
#### 4.5. YAZAR ADRESLERİNE AİT KOORDİNAT VERİLERİNİN DÜZENLENMESİ

Ağda oluşturulan tüm yazarlar bir düğüm noktası ile temsil edilmektedir. Her düğüm noktasının doğru bir şekilde harita üzerinde konumlandırılarak görselleştirilebilmesi için veri tabanındaki adres bilgilerinden, coğrafi koordinat verilerinin enlem ve boylam cinsinden bulunarak veri tabanına aktarılması gerekmektedir. Adres bilgileri kullanılarak yazarların bulunduğu konumlara ait enlem ve boylam bilgileri

bulunmuştur. Bu işlem için adreslere göre enlem ve boylam değerlerini sunan web siteleri kullanılmıştır. Seçilen bir nokta üzerinden enlem ve boylam bilgisine ulaşmak için iki farklı web sitesinden yararlanılmıştır. Bu siteler;

i)- [www.itouchmap.com/latlong.html](http://www.itouchmap.com/latlong.html): Itouchmap web sitesi ile dünya üzerindeki seçilen bir noktaya ait koordinat bilgileri alınabilir. Ayrıca metin formatında girilen adres bilgileri içinde enlem ve boylam verileri üretilmektedir (Şekil 4.10).

ii)- [www.google.com/maps](http://www.google.com/maps): Google haritalar hizmetini kullanarak yazarlara ait adresler sorgulanarak koordinatlar elde edilmiştir.



Şekil 4.10. [www.itouchmap.com](http://www.itouchmap.com) adresinden alınan Karabük Üniversitesi koordinatları.

#### 4.6. ÖZİNTELİK VERİLERİNİN OLUŞTURULMASINDA KARŞILAŞILAN ZORLUKLAR

Çalışmamız, 1980 ile 2012 yılları arasında uluslararası indekslerce taranan Türkiye adresli mühendislik alanında yapılan tüm yayınları kapsamaktadır. Veri tabanını

oluşturmak için yaklaşık olarak 37 bin adet makalenin tek tek açılması ve adres bilgilerinin düzenlenmesi gerekmiştir. Yazarlara ait adres bilgilerinin tespit edebilmesi sırasında bazı sorunlar ile karşılaşmıştır. Karşılaşılan sorunlar ve çözüm yöntemleri aşağıda sıralanmıştır. Bu işlemlerin tamamı veri setimizin hatalı bilgilerden temizlenerek sağlıklı bir kaynak olması için yapılmıştır.

i)- Yazarların adres bilgileri derlenirken karşılaşılan en büyük sorun Web of Science tarafından sağlanan verilerin standart bir formatta sunulmamasıdır. Standart formatta veri sunulmadığı için herhangi bir yardımcı program veya kendi geliştirdiğimiz bir yazılım ile veriler alınamamıştır.

ii)- Çalışmamızda kullanabilmek için yazarların soyadların yola çıkarak, yazarların uyrukları belirlenmeye çalışılmıştır. Genel olarak Türkçe soy ismi bulunan yazarlara uyruk bilgisi (*nationality*) olarak Türk anlamında “T” harfi veri tabanına işlenmiştir. Yabancı soy ismi taşıyan yazarlar ise Yabancı (*Foreign*) anlamında “F” harfi veri tabanına işlenmiştir. Web of Science tarafından yazarlara ait ön isim bilgisi 2000’li yıllarda sunulmaya başlanmıştır. 1980 yılından 2000’li yıllara kadar yaklaşık olarak 20 yıllık bir zaman diliminde yazarlara ait ön isim bulunmamaktadır. Şüpheye düşülen yazar soy isimleri arama motorlarından aranarak ön isimleri ve uyrukları bulunmuştur. İlgili örnekler aşağıda verilmiştir.

PERFORMANCE BOUNDS AND OPTIMAL LINEAR CODING FOR DISCRETE-TIME  
MULTICHANNEL COMMUNICATION-SYSTEMS

Author(s): [BASAR, TU](#) (BASAR, TU); [SANKUR, B](#) (SANKUR, B); [ABUT, H](#) (ABUT, H)

Yukarıdaki makalede ABUT, H’nin uyruğu anlaşılammıştır. Arama motorlarında yapılan aramalar sonucunda Hüseyin ABUT olduğu anlaşmış ve veri tabanına işlenmiştir.

iii)- 1980 yılından günümüze kadar kurumların ve üniversitelerin isimleri değişmiştir. Yazarların adreslerinde yer alan kurumların yeni isimleri veri tabanına işlenmiştir.

NON-LINEAR STABILITY OF FILM CONDENSATION

**Author(s):** [UNSAI, M](#) (UNSAI, M); [THOMAS, WC](#) (THOMAS, WC)

**Source:** JOURNAL OF HEAT TRANSFER-TRANSACTIONS OF THE ASME **Volume:** 102 **Issue:** 3 **Pages:** 483-488 **Published:** 1980

**Reprint Address:** UNSAI, M (reprint author)  
MIDDLE E TECHN  
UNIV,GAZIANTEP,[TURKEY](#).

Yukarıda örnek olarak verilen yayın 1980 yılına aittir. O dönem Orta Doğu Teknik Üniversite'sine bağlı olan Gaziantep Mühendislik Fakültesi daha sonra Gaziantep Üniversitesine dönüşmüştür. Veri tabanımıza yazarın adresi Gaziantep Üniversitesi olarak yazılmıştır.

*iv*)- 1980 yılından 2012 yılına kadar geçen sürede yeni devletler kurulmuş, devletler birleşmiş veya devletlerin ismi değişmiştir. Yazarların adreslerinde buldukları konum günümüzde hangi ülkenin sınırları içerisinde yer alıyor ise adres olarak o ülke kullanılmıştır.

**Author(s):** [JARIC, JP](#) (JARIC, JP); [SUHUBI, ES](#) (SUHUBI, ES)

**Source:** INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCE **Volume:** 26 **Issue:** 5 **Pages:** 495-502 **DOI:** 10.1016/0020-7225(88)90007-9 **Published:** 1988

**Reprint Address:** JARIC, JP (reprint author)  
UNIV BELGRADE,FAC SCI,INST MECH,BELGRADE,YUGOSLAVIA.  
**Organization-Enhanced Name(s)**  
University of Belgrade

**Addresses:**

[ 1 ] ISTANBUL TECH UNIV,FAC  
SCI,ISTANBUL,[TURKEY](#)

Yukarıdaki örnek makalede JARIC, JP isimli yazarın adresi Yugoslavia olarak verilmiştir. Ancak günümüzde böyle bir ülke olmadığı için yazarın bulunduğu konum Belgrade (Belgrad), Sırbistan (Serbia) sınırları içerisinde olduğu için veri tabanımıza Sırbistan olarak kayıt edilmiştir.

*v*)- Bazı durumlarda birden çok yazarlı makalelerde yazarlardan birinin veya birkaçının adresi yazılmamış olabilmektedir. Bu sorunun çözümü için yazarın diğer yayınlarına bakılarak ilgili adres tespiti yapılmıştır. Aşağıdaki örnek makalede

TATINCLAUX, JC isimli yazarın adresi ilk makalede bulunamamıştır. Yazarın öncelik ile aynı yazar ile başka çalışması olup olmadığına bakılarak, yazarın diğer yayınların adresi bulunup veri tabanına işlenmiştir.

**Author(s):** [GOGUS, M](#) (GOGUS, M); [TATINCLAUX, JC](#) (TATINCLAUX, JC)

1- Title: MEAN CHARACTERISTICS OF ASYMMETRIC FLOWS - APPLICATION TO FLOW BELOW ICE JAMS

Author(s): GOGUS, M; TATINCLAUX, JC

Source: CANADIAN JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING Volume: 8 Issue: 3 Pages: 342-350 DOI: 10.1139/I81-043 Published: 1981

2- Title: ASYMMETRIC PLANE FLOW WITH APPLICATION TO ICE JAMS

Author(s): TATINCLAUX, JC; GOGUS, M

Source: JOURNAL OF HYDRAULIC ENGINEERING-ASCE Volume: 109 Issue: 11 Pages: 1540-1554 Published:1983

Yazarın adresi ikinci makaleden bulunup veri tabanına işlenmiştir.

**Reprint Address:** TATINCLAUX, JC (reprint author)

USA,COLD REG RES & ENGN LAB,HANOVER,NH 03755, USA.

**Organization-Enhanced Name(s)**

United States Army

United States Department of Defense

vi)- Bazı yayınlarda yazarların birden fazla adresi bulunduğundan dolayı belli bir standardı yakalamak ve belirlenen kurallar çerçevesinde veri tabanını oluşturmak için yazarların ilk adresleri veri tabanına eklenmiştir. Aşağıda örnek olarak gösterilen yazarın iki adresi vardır. Ancak veri tabanına yazarın ilk adresi olan İstanbul Teknik Üniversitesi veri tabanına eklenmiştir.

### A quasi-linear constitutive relation for arterial wall materials

By:[Demiray, H](#) (Demiray, H)

#### **Author Information**

**Reprint Address:** Demiray, H (reprint author)

+ ISTANBUL TECH UNIV,FAC SCI & LETTERS,DEPT ENGN SCI,ISTANBUL 80626,[TURKEY](#).

#### **Addresses:**

+ [ 1 ] TUBITAK,MARMARA RES CTR,DEPT MATH,GEBZE,[TURKEY](#)

vii)- Uluslararası problemler nedeniyle Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyet'inden (KKTC) yayın yapan yazarlar adres olarak Kıbrıs adasındaki adreslerini verseler bile ülke bilgisine Türkiye yazmaktadırlar. KKTC adresli yazarlar Türkiye adresli olarak

görülmektedirler. Veri tabanında KKTC adresli yazarların verdikleri adres bilgileri kullanılarak Kıbrıs adasındaki koordinatları veri tabanına işlenmiştir. Ancak veri tabanında ülke bilgisi olarak Türkiye yazılmıştır.

MOMENTS OF THE SUM OF CORRELATED LOG-NORMAL RANDOM-VARIABLES

**Author(s):** [SAFAK, A](#) (SAFAK, A); [SAFAK, M](#) (SAFAK, M)

**Book Group Author(s):** [IEEE](#)

**Source:** VTC 1994 - 1994 IEEE 44TH VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE, VOLS 1-3: CREATING TOMORROWS MOBILE SYSTEMS **Pages:** 140-144 **Published:** 1994

**Addresses:**

[ 1 ] EASTERN MEDITERRANEAN UNIV,DEPT ELECT & ELECTR  
ENGN,GAZIMAGUSA,[TURKEY](#)

**Organization-Enhanced Name(s)**

Dogu Akdeniz University

*viii)-* Bazı durumlarda başka ülkelerde bulunan adresler Türkiye'deymiş gibi gösterilmiştir veya Türkiye içerisinde bulunan adresler başka ülkelerin içerisinde gibi gösterilmiştir. Bu durumlarda hataların tek tek düzeltilerek veri tabanına aktarılması gerekmektedir. Aşağıda karşılaşılan bazı örnek hatalar verilmiştir.

**Reprint Address:** KUNTMAN, A (reprint author)

TECH UNIV ISTANBUL,FAC ELECT & ELECTR ENGN,IL-80626 MASLAK,ISRAEL.

- İstanbul Teknik Üniversitesi'nin adresi İsrail olarak sisteme geçmiştir.

**Addresses:** [ 1 ] ESFAHAN UNIV TECHNOL,DEPT MECH ENGN,ESFAHAN,[TURKEY](#)

- İran'da bulunan bir üniversite Türkiye'de bulunuyormuş gibi veri tabanında yer verilmiş.

**Addresses:** [ 1 ] Fac Sci Monastir, Devices & Instrumentat Lab, Monastir, [Turkey](#)

- Tunus'da bulunan bir adres Türkiye'de bulunuyormuş gibi veri tabanında gösterilmiş.

**Addresses:** [ 1 ] Ain Shams Univ, Fac Comp & Informat Sci, Dept Comp Syst, Erzurum, [Turkey](#)

- Mısır'da bulunan bir üniversite Erzurum, Türkiye olarak sistemde gösterilmiş.

**Addresses:** [ 1 ] Vorsitzender Richter Oberlandesgericht Munchen AD, TR-86415 Mering, [Turkey](#)

- Almanya'da bulunan bir adres Türkiye adresli olarak gösterilmiş.

**Reprint Address:** Konstantopoulos, N (reprint author)



– Univ Aegean, 8 Mihalon, Chios, Turkey.  
**Organization-Enhanced Name(s)**  
Ege University

Yunanistan'da bulunan Aegean Üniversitesi Türkiye'de bulunan Ege Üniversitesi olarak sisteme geçirilmiştir.

Yukarıdaki örnekleri çoğaltmak mümkündür. Yukarıdaki örneklerde görüldüğü gibi yazarların adreslerinde hatalı bilgiler olduğu için adresler veri tabanına tek tek kontrol edilerek aktarılmıştır.

ix)- Bazı makalelerde yazarların çalıştıkları kurumların isimlerini İngilizce'ye çevirdikleri görülmüştür. Bu durum yazarlara ait adres bilgilerinin yanlış olarak sisteme geçmesine neden olmuştur.

**Addresses:**

[ 1 ] Black Sea Karadeniz Tech Univ, Dept Civil Engr, TR-61080 Trabzon, Turkey  
**Organization-Enhanced Name(s)**  
Karadeniz Teknik University

**Addresses:**

[ 2 ] 9 September Univ, Fac Engr, Dept Min Engr, TR-35100 Izmir, Turkey  
**Organization-Enhanced Name(s)**  
Dokuz Eylul University

x)- Türkiye isminin İngilizce karşılığı olan Turkey kelimesinin bazı adreslerde geçmesinden dolayı, bazı yayınlar yapılan sorgulamaya takılmıştır. Ancak bu yayınların sayıları ihmal edilecek kadar azdır. Bu adreslerden ağ içerisinde birer düğüm oluşmuştur. Örneğin aşağıdaki örnekte Turkey point isimli elektrik santrali örnek olarak verilebilir.

IMPROVEMENTS IN RF MONITORING-SYSTEM ON GENERATORS

**Author(s):** MOHAMMED, OA (MOHAMMED, OA); MUNDULAS, J (MUNDULAS, J)

**Reprint Address:** MOHAMMED, OA (reprint author)

**Addresses:**

[ 1 ] FLORIDA POWER & LIGHT CO, TURKEY POINT POWER PLANT, MIAMI, FL 33101

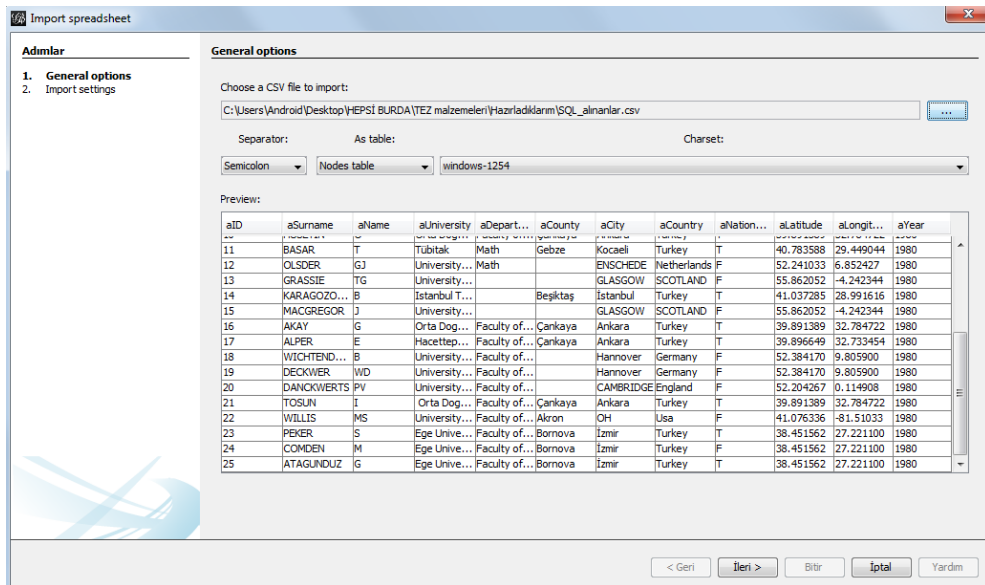
*xi*)- Veri tabanına yazarlar isimlerine göre aktarılmışlardır. Ancak bazı makalelerde yazar isimlerinin yanlış yazılması veya Türkçe karakter kullanılması gibi nedenlerden dolayı, yazarlar sisteme yeni yazarlarmış gibi eklenmiştir. Fakat bu oran ihmal edilecek kadar küçüktür.

## BÖLÜM 5

### UYGULAMA

#### 5.1. BİLİMSEL İŞBİRLİĞİ AĞININ GÖRSELLEŞTİRİLMESİ

Çalışmamızın bu bölümünde Ms SQL veri tabanında bulunan bilimsel işbirliği ağının görselleştirilmesi ve bazı metrik analizleri yapılmıştır. Ağı oluşturan düğümlere tanımlanan öznitelik verileri kullanılarak görselleştirmeler yapılmıştır. Örnek olarak sadece Türk uyruğuna sahip yazarların oluşturduğu ağın görselleştirilmesi verilebilir. Görselleştirme işlemi için Gephi yazılımı kullanılmıştır. Veri setimizin çok büyük olması ve verileri daha anlaşılır halde yerleştirdiği için ForceAtlas2 yerleştirme algoritması kullanılmıştır. Ms SQL’de saklanan düğüm ve link tablolarının Gephi ortamına aktarılması için Excel kullanılmıştır. Excel ortamına aktarılan veriler, “.Csv” formatı kullanılarak Gephi ortamına aktarılmıştır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Düğümlerin ve linklerin Gephi ortamına aktarılması.

Gephi data tablosu içerisinde, düğümler (*nodes*) ve linkler (*edges*) ayrı ayrı tablolar içerisinde tutulmaktadır. Oluşturulan bilimsel işbirliği ağındaki düğümlere ait öznelik verileri Gephi ortamına transfer edilmiştir (Şekil 5.2).

- Yazar Soyadı (aSurname)
- Üniversite (aUniversity)
- Ülke (aCountry)
- Uyruk (aNationality)
- Yayın Yılı (aYear)
- Enlem (aLatitude)
- Boylam (aLongitude)

Ms SQL veri tabanındaki bazı bilgiler Gephi ortamına dosya boyutunu artırmamak için alınmamıştır.

Nodes	Id	L...	aSurname	aUniversity	aCountry	aNationality	aLatitude	aLongitude	aYear
●	1		KARANJAC	OYMAPINAR DAM PROJECT	Turkey	F	36,9	31,533	1980
●	2		ALTUG	OYMAPINAR DAM PROJECT	Turkey	T	39,522	32,555	1980
●	3		DOGU	Orta Dogu Teknik University	Turkey	T	39,891	32,785	1980
●	4		DOGU	Orta Dogu Teknik University	Turkey	T	39,891	32,785	1980
●	5		KAIRAKOGLU	Bogazi University	Turkey	T	41,685	29,047	1980
●	6		OZDURAL	Hacettepe University	Turkey	T	39,897	32,733	1980
●	7		PISKIN	Hacettepe University	Turkey	T	39,897	32,733	1980
●	8		DURMAZ	Orta Dogu Teknik University	Turkey	T	39,891	32,785	1980
●	9		SEZER	Orta Dogu Teknik University	Turkey	T	39,891	32,785	1980
●	10		HUSEYİN	Orta Dogu Teknik University	Turkey	T	39,891	32,785	1980
●	11		BASAR	Tubtak	Turkey	T	40,784	29,449	1980
●	12		OLSDER	University of Twente	Netherlands	F	52,241	6,852	1980
●	13		GRASSIE	University of Strathdyde	SCOTLAND	F	55,862	-4,242	1980
●	14		KARAGOZGLU	Istanbul Teknik University	Turkey	T	41,037	28,992	1980
●	15		MACGREGOR	University of Strathdyde	SCOTLAND	F	55,862	-4,242	1980
●	16		AKAY	Orta Dogu Teknik University	Turkey	T	39,891	32,785	1980
●	17		ALPER	Hacettepe University	Turkey	T	39,897	32,733	1980
●	18		WICHTENDAHL	University of Hannover	Germany	F	52,384	9,806	1980
●	19		DECKOVER	University of Hannover	Germany	F	52,384	9,806	1980
●	20		DANCKWERTS	University of Cambridge	England	F	52,204	0,115	1980
●	21		TOSLİN	Orta Dogu Teknik University	Turkey	T	39,891	32,785	1980
●	22		WILLIS	University of Alcon	Usa	F	41,076	-81,51	1980
●	23		PEKER	Ege University	Turkey	T	38,452	27,221	1980
●	24		CONDEN	Ege University	Turkey	F	38,452	27,221	1980
●	25		ATAGINDUZ	Ege University	Turkey	T	38,452	27,221	1980
●	26		LOHSE	University of Hannover	Germany	F	52,384	9,806	1980
●	27		İNANCI	Istanbul University	Turkey	T	40,989	28,723	1980
●	28		PARLAR	Technical University of Munich	Germany	T	48,266	11,671	1980
●	29		TELLI	Karadeniz Teknik University	Turkey	T	40,997	39,768	1980
●	30		SAKA	Karadeniz Teknik University	Turkey	T	40,997	39,768	1980
●	31		SOMER	Orta Dogu Teknik University	Turkey	T	39,891	32,785	1980
●	32		OZGEN	Orta Dogu Teknik University	Turkey	T	39,891	32,785	1980
●	33		ERKAN	Orta Dogu Teknik University	Turkey	T	39,891	32,785	1980
●	34		DOGRU	Hacettepe University	Turkey	T	39,897	32,733	1980

Şekil 5.2. Gephi düğüm (nodes) tablosu.

Edge tablosu içerisinde yazarlar arasındaki işbirliği bilgisi tutulmaktadır. Edge tablosunda şu veriler bulunmaktadır (Şekil 5.3).

- Başlangıç düğümü (*Source*)
- Hedef düğüm (*Target*)
- Bağlantı türü (Bilimsel işbirliği ağında yönsüz link vardır.)

Source	Target	Type	Id	Weight
1	2	Undirected	91824	1
1	86	Undirected	92014	1
3	4	Undirected	91825	50
3	8	Undirected	94022	1
3	287	Undirected	92233	1
3	507	Undirected	92513	1
3	539	Undirected	92560	4
3	876	Undirected	93070	7
3	915	Undirected	93112	1
3	1070	Undirected	95697	4
3	1117	Undirected	93465	5
3	1434	Undirected	94019	1
3	1435	Undirected	94021	1
3	1436	Undirected	94023	1
3	2933	Undirected	97155	1
3	3567	Undirected	98893	7
3	5714	Undirected	105157	1
4	8	Undirected	94029	1
4	31	Undirected	101242	1
4	440	Undirected	92432	1
4	441	Undirected	92433	1
4	538	Undirected	92555	3
4	539	Undirected	92557	4
4	739	Undirected	94782	2
4	803	Undirected	92965	1
4	1070	Undirected	95699	4
4	1098	Undirected	101303	8
4	1435	Undirected	94028	1
4	1436	Undirected	94030	1
4	2447	Undirected	95990	1
4	2933	Undirected	97153	1
4	3453	Undirected	98510	3
4	3567	Undirected	98892	6
4	7768	Undirected	112274	4
4	7769	Undirected	112275	2
4	8639	Undirected	117765	2
4	9469	Undirected	118523	1
6	7	Undirected	91826	4
6	3348	Undirected	119320	2
6	5874	Undirected	111473	2
6	7542	Undirected	111474	2
6	7543	Undirected	111476	3

Şekil 5.3. Gephi link tablosu.

Oluşturulan bilimsel işbirliği ağın da toplam 29548 adet yazar ve 91486 adet link tanımlanmış bulunmaktadır. Ağa ait veri setinin büyük olması ve ağın gelişiminin daha iyi anlaşılabilmesi için 1980 yılı başlangıç kabul edilerek ağ üç dönem olarak görselleştirilmiştir. Görselleştirme işlemleri 1980-1990, 1980-2000 ve 1980-2012 yıl aralıkları içinde yapılmıştır. En kapsamlı ağ görseli 1980-2012 arasındaki dönemde elde edilmiştir. Bu dönemler arasındaki görselleştirme mühendislik alanında yapılan 33 yıllık bilimsel işbirliğini temsil etmektedir.

Görselleştirme işlemi için başlangıçta gerçek koordinatlar kullanılarak birebir dünya haritası üzerinden görselleştirme yapılması planlanmıştır. Bu nedenle ağ içerisinde bulunan her bir yazar için gerçek koordinat değerleri büyük bir hassasiyet ile belirlenmiştir.

Ancak veri setinin büyük olması ve yazarların genellikle benzer adreslerde bulunması, yapılan görselleştirmelerin kalitesini düşürmüş ve insan gözünün algılayamayacağı bir hale getirmiştir. Gephi içerisinde koordinat bazlı olarak görselleştirme yapan GeoLayout ve Map of Countries yerleştirme algoritmaları ile pek çok deneme yapılmış ancak sonuç alınamamıştır. Bu nedenle koordinat belirlemede bağımsız yerleştirme ve görüntüleme yöntemleri seçilmiştir. Elde edilen koordinat verileri ile en azından anlamlı bir ağ görselleştirmesi yapılabilmesi için, ağa ait bilgiler Gephi kullanılarak Google Earth programı tarafından işlenebilen KMZ dosya formatına çevrilmiştir. Elde edilen KMZ dosyaları Google Earth ile açılarak görselleri alınmıştır. Google Earth ile yapılan görselleştirme ile alınan koordinat verilerinin doğruluğu incelenmiştir. Sonuç olarak koordinat verilerinin oldukça sağlıklı olduğu tespit edilmiştir.

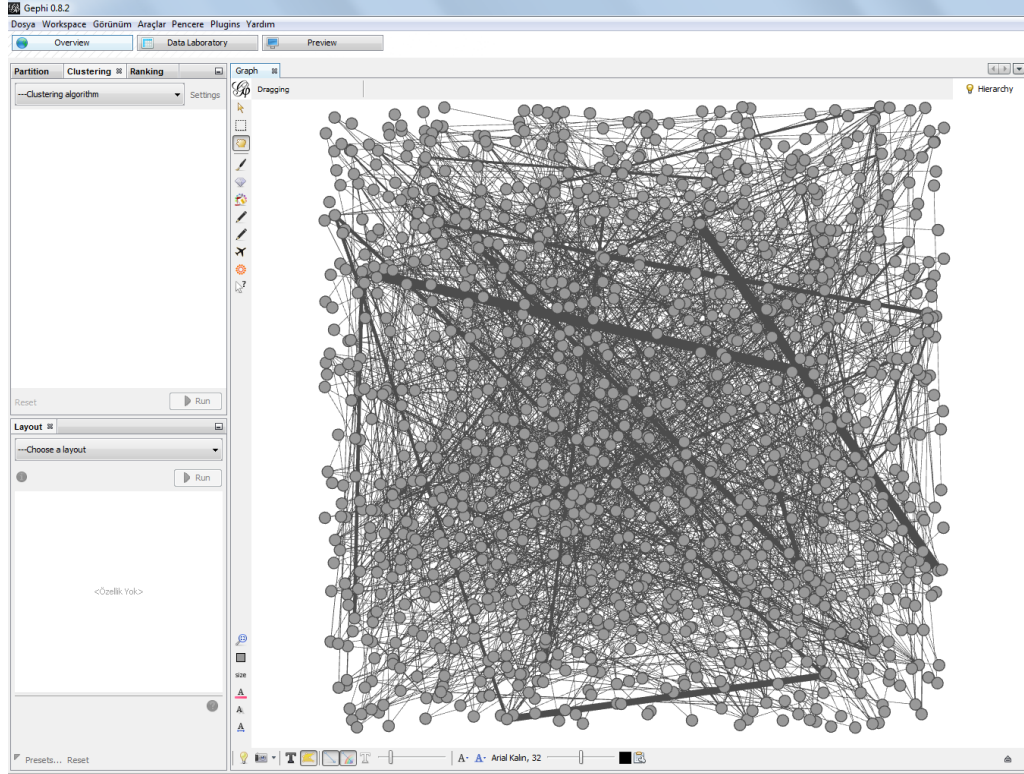
Gephi programı ve ForceAtlas2 yerleştirme algoritması kullanılarak ağdaki düğümler ve linkler görselleştirilmiştir. Elde edilen görseller renklendirilmiştir. Görselleştirmelerimizde renklendirme için düğümlere ait derece ve betweenness centrality değerleri kullanılmıştır. Aynı düğüm derecesine sahip yazarlar aynı renk ile görselleştirilmiştir. Görselleştirmelerde daire şekli düğümleri temsil etmesi için kullanılmıştır. Yazarları temsil eden düğümlerin boyutu yazarın derecesi artıka büyümektedir. Linkler ise renkli ve kıvrımlı olarak görselleştirilmiştir.

### **5.1.1. 1980-1990 Yıllarına Ait Bilimsel İşbirliği Ağının Görselleştirilmesi**

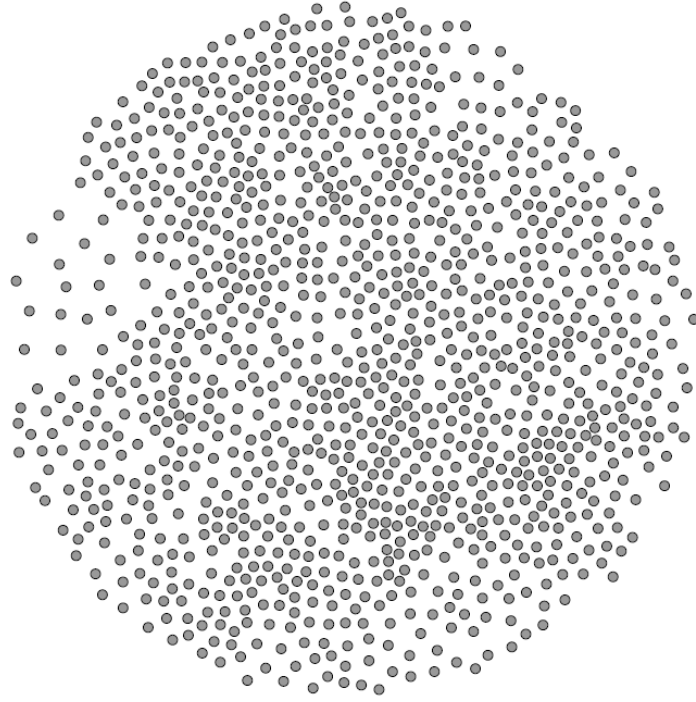
Bilimsel işbirliği ağımızın başlangıç yılı 1980'dir. Ağ oluşum ve gelişim sürecinin daha iyi görselleştirilebilmesi için üç döneme bölündüğünü daha önce ifade edilmişti. Bu bölümde 1980 ile 1990 yılları arasındaki mühendislik alanında yapılan bilimsel işbirliği ağı görselleştirilmiştir. 33 yıllık ağ verileri göz önüne alındığında, görsellerin en sade ve anlaşılır olduğu bu dönemdir. Bilimsel işbirliği ağında toplam 1111 düğüm (yazar) ve 1619 adet link (işbirliği) vardır.

Bilimsel işbirliği ağına ait görsellerin yakınlaştırma gibi işlemlerden etkilenmemesi için vektör veri formatında çıktıları alınmıştır. Görseller “.Pdf” formatında oluşturulmuştur. Png ve Jpg gibi resim formatlarında da çıktı alınabilmektedir.

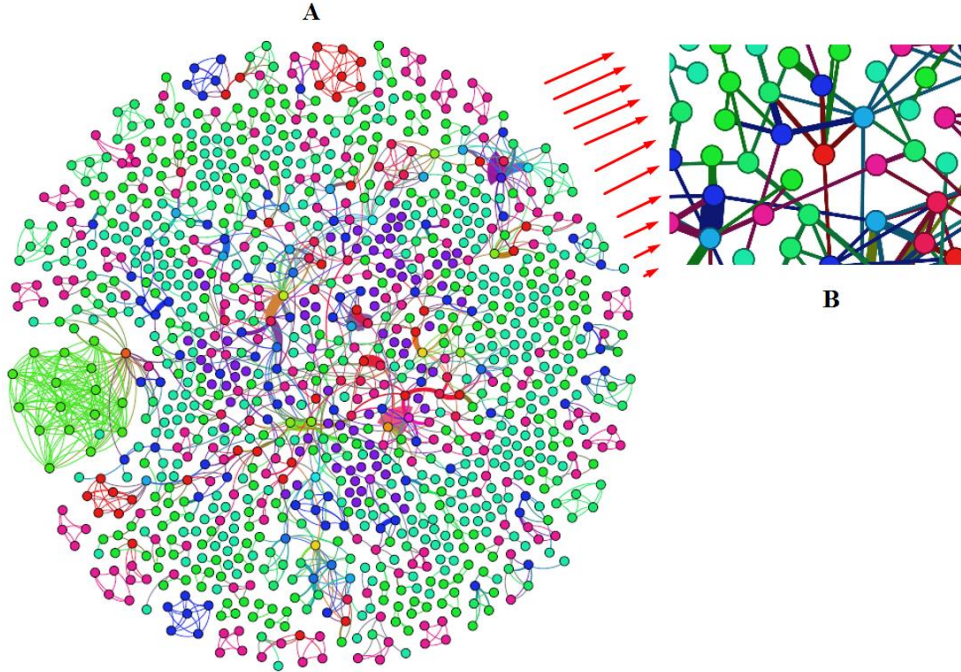
Ancak bu durumda yakınlaştırma işlemi sonucunda görüntülerde bozulmalar olmaktadır. Çalışmamıza görseller eklenirken “.Pdf” uzantılı dosyalar özel bir program yardımı ile yüksek çözünürlüklü (600 dpi) “.Png” formatına dönüştürülmüştür ve çalışma içerisine eklenmiştir.



Şekil 5.4. 1980-1990 yıllarına ait bilimsel işbirliği ağının işlenmemiş ham görüntüsü.

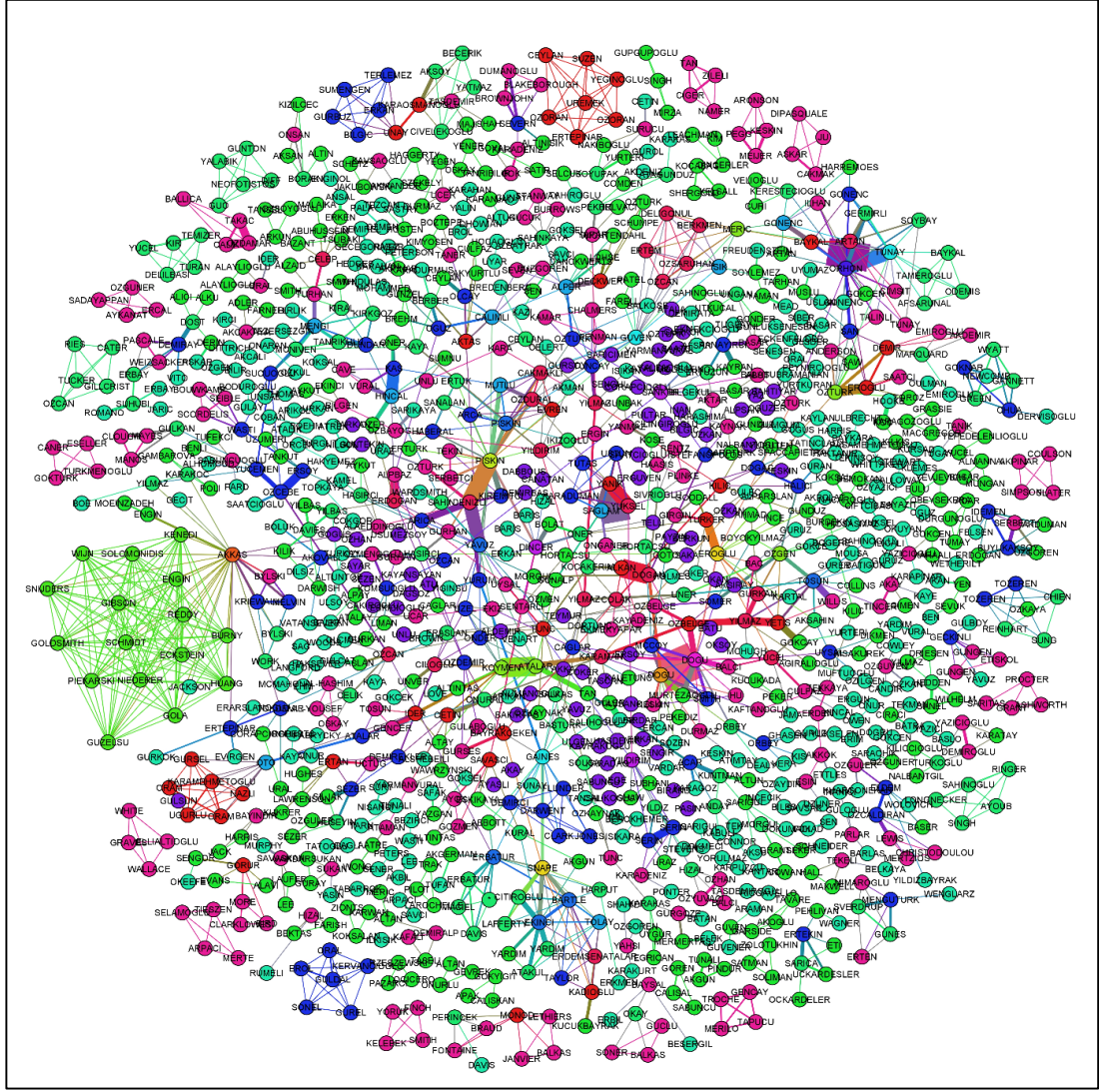


Şekil 5.5. 1980-1990 yıllarına ait ağın sadece düğümler yerleştirildikten sonra görünümü.

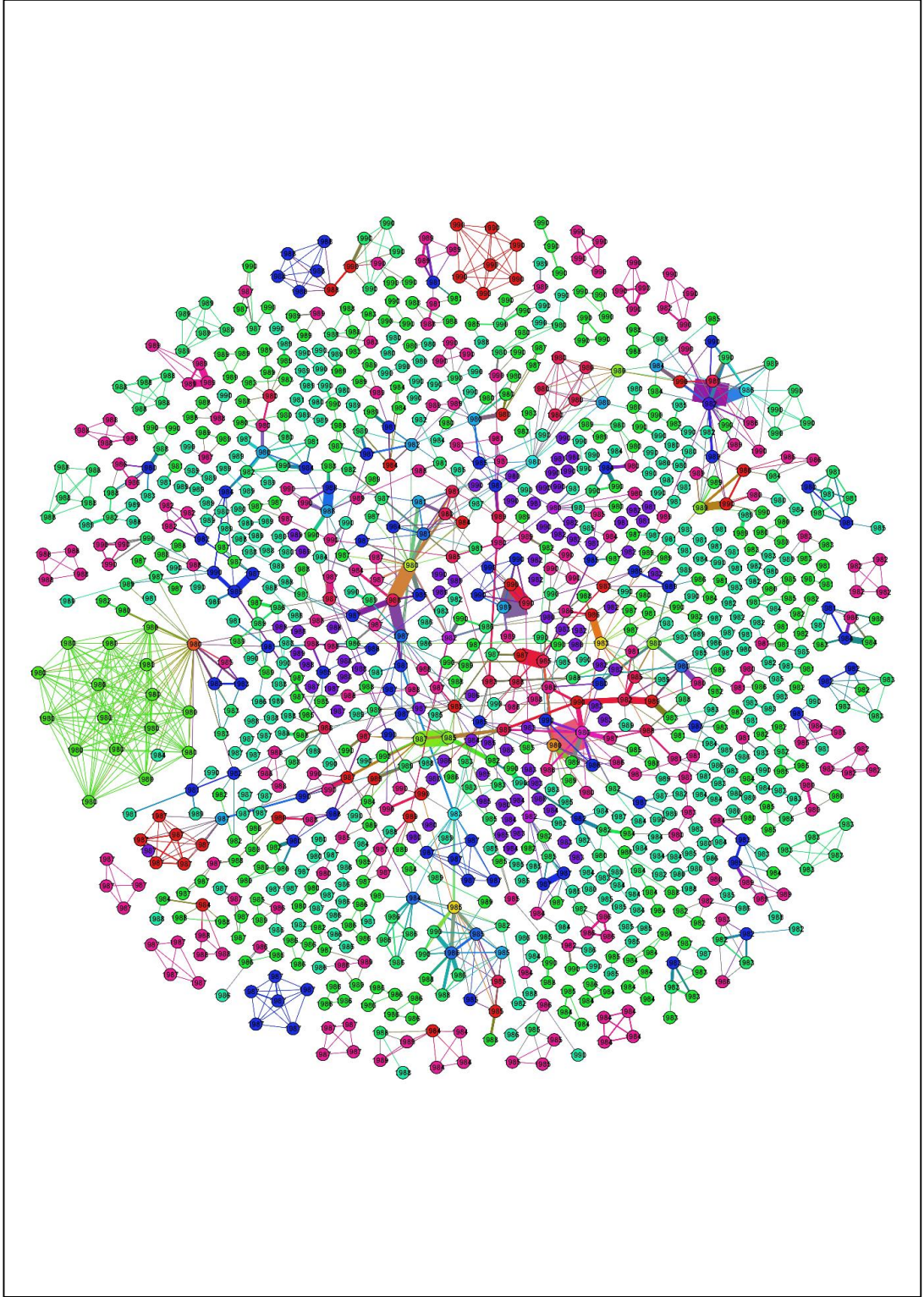


Şekil 5.6. 1980-1990 yıllarına ait ağın düğümler ve a) linkler renkli olarak yerleştirildikten sonra görünümü, b) yakınlaştırılmış görüntü.



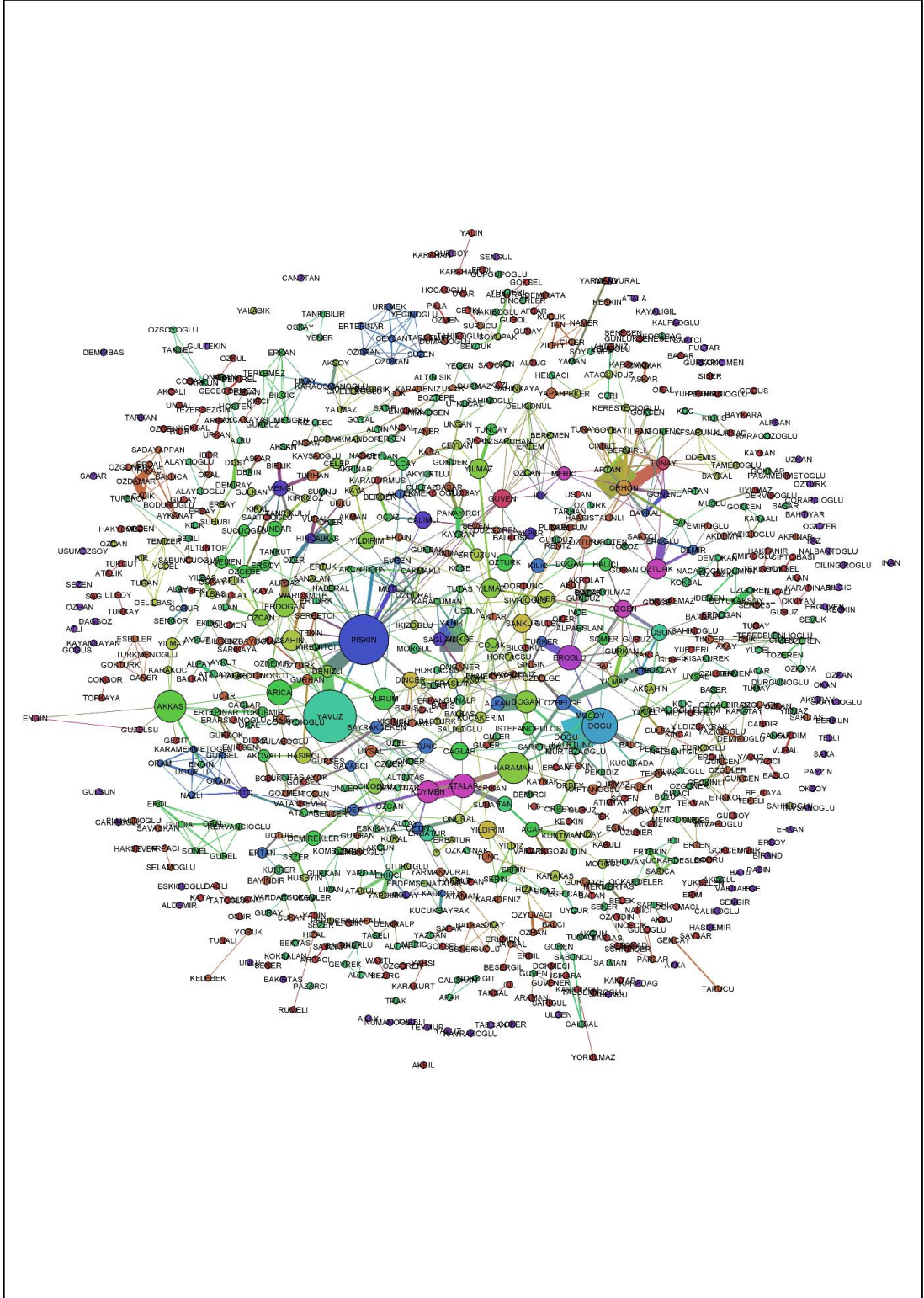


Şekil 5.7. 1980-1990 yıllarına ait bilimsel işbirliği ağının yazar isimlerine göre etiketlenmiş görünümü.



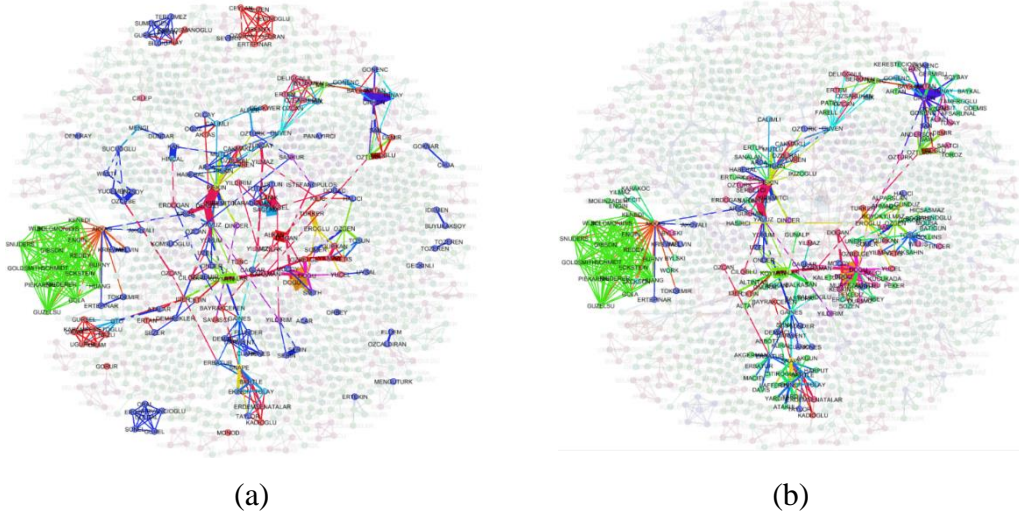
Şekil 5.8. 1980-1990 yıllarına ait bilimsel işbirliği ağının yazarların ağa giriş yılına göre etiketlenmiş görünümü.



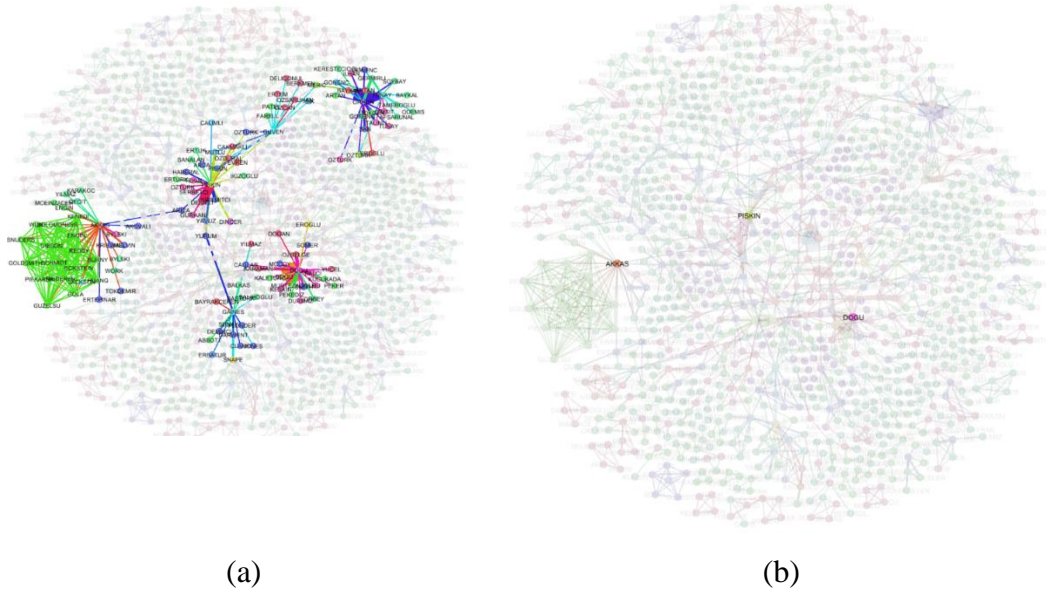


Şekil 5.9. 1980-1990 yıllarına ait bilimsel işbirliği ağının uyrukları Türk olan yazarların oluşturduğu ağın görünümü.

1980-1990 yılları arasındaki bilimsel işbirliği ağında en yüksek düğüm derecesi 31'dir. Ortadoğu Teknik Üniversitesi'nden AKKAS soyadlı yazarın, 1980-1990 yılları arasında 31 farklı makalede ismi geçmektedir.

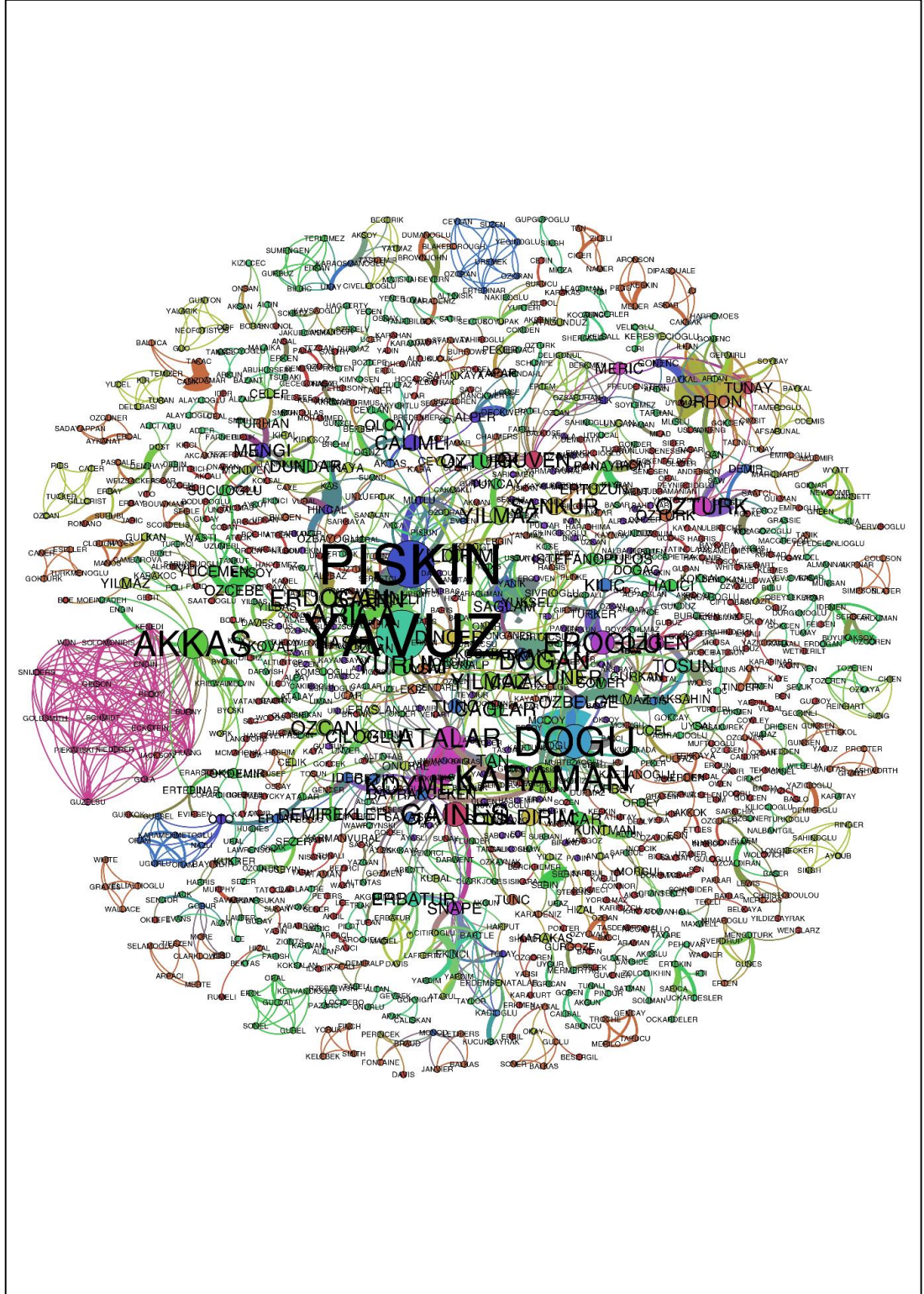


Şekil 5.10. a) Düğüm derecesi 5 ve daha büyük olan yazarlara ait görüntüsü, b) düğüm derecesi 10 ve daha büyük olan yazarlara ait ağ görüntüsü.



Şekil 5.11. a) Düğüm derecesi 15 ve daha büyük olan yazarlara ait ağ görüntüsü b) düğüm derecesi 20 ve daha büyük olan yazarlara ait ağ görüntüsü.

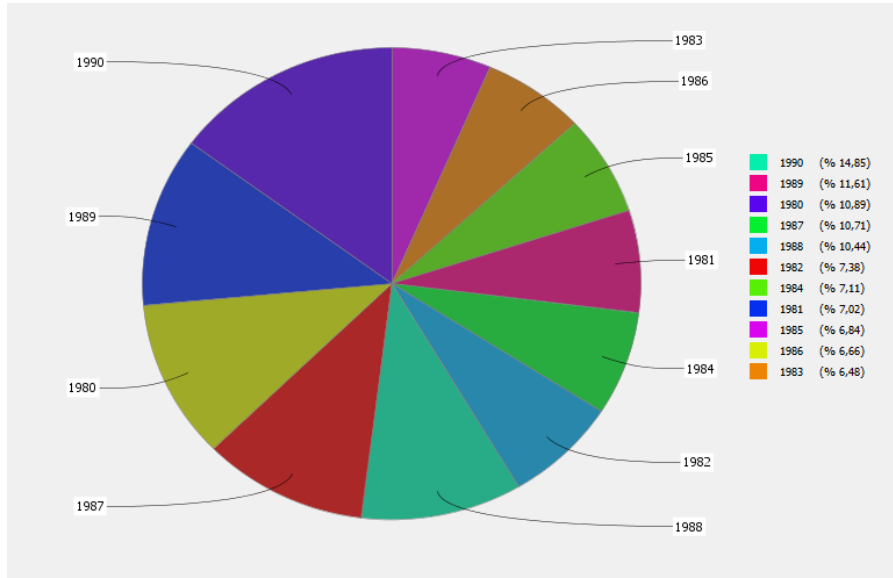




Şekil 5.12. Düğüm derecesi daha büyük olan yazarların düğümlerinin daha büyük ve isimlerinin daha büyük olarak görselleştirilmesi.

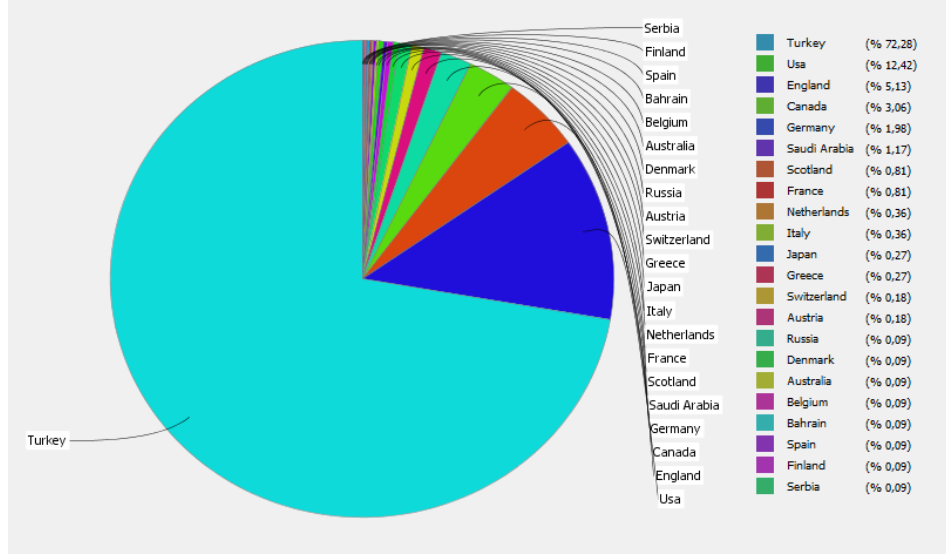
Şekil 5.12’deki görselleştirme popüler ve daha çok yayın yapan düğümler daha belirgin olarak görselleştirilmiştir.

Oluşturulan veri seti içerisinde yazarlar için tanımlanan öznitelik verilerini kullanarak bazı önemli istatistiksel veriler elde edilmiştir. Aşağıdaki grafikte 1980 ile 1990 yılları arasında hangi yıl kaç yeni yazarın ağa katıldığı görülmektedir. Toplam olarak 11 yıllık süreç içerisinde Türkiye adresli en fazla yazar 1990 yılında ağa katılmıştır. En az yazar ise 1983 yılında ağa katılmıştır. Grafikte verilen oranlar ilgili yıllardaki yayın sayılarını değil, ağa yeni katılan yazar sayısını göstermektedir.



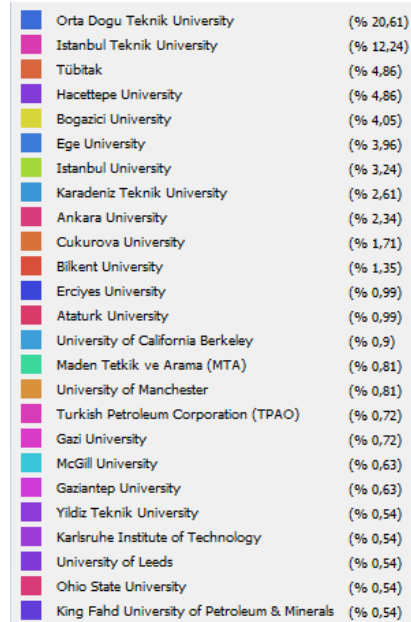
Şekil 5.13. 1980-1990 yıllara arasında ağa yeni katılan yazarlar.

Şekilde 5.14’de 1980 ile 1990 yılları arasında Türkiye adresli makaleler içerisindeki yazarların ülkelere göre dağılımları görülmektedir. Bilimsel işbirliği ağı birden çok bilim insanının ortak makale yayınlamaları sonucunda oluşmaktadır. Bilim insanları aynı ülkeden oldukları gibi farklı ülkelerden de olabilirler.



Şekil 5.14. 1980-1990 arasında bilimsel işbirliği ağında bulunan ilk 20 ülke.

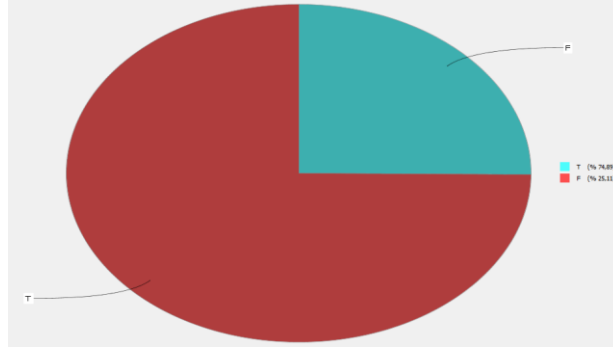
Şekilde 5.14’de 11 yıllık süreç içerisinde yapılan yayınlarda doğal olarak en çok Türkiye adresli yazarlar bulunmaktadır. Türkiye’yi sırası ile Amerika, İngiltere ve Kanada adresli yazarlar takip etmiştir.



Şekil 5.15. 1980-1990 arasında ağ içerisinde en çok üyesi bulunan 25 kurum.

Şekilde 5.14’de 11 yıllık süreç içerisinde ağda bulunan yazarların adreslerinde verilen kurumlar gösterilmiştir. Ağ içerisinde en çok Orta Doğu Teknik Üniversitesi

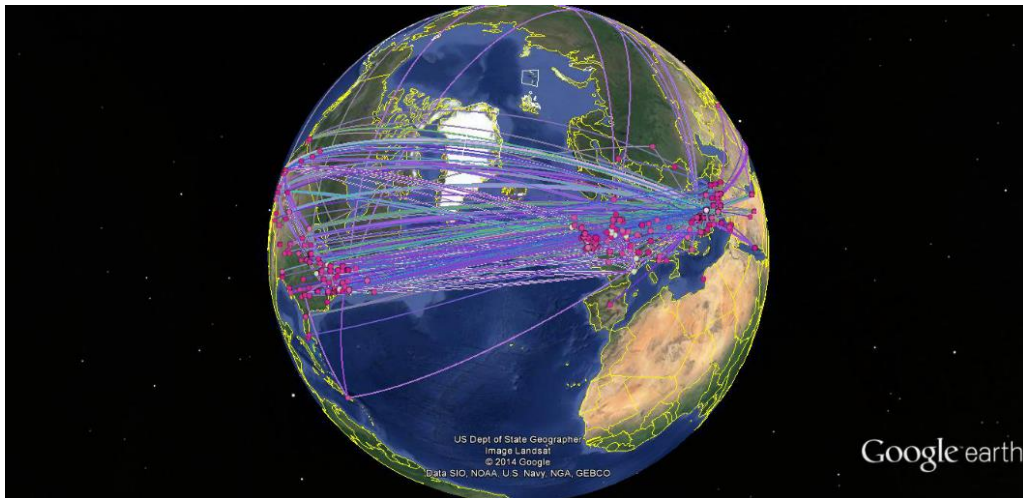
adresli yazar bulunmaktadır. Liste incelendiği zaman teknik ve mühendislik ağırlıklı kurumların listede üst sıralarda olduğu görülmektedir. Listeye ilk 25 kurum eklenmiştir. Yurt dışından 7 kurum listede bulunmaktadır. Diğer kurumlar Türkiye’de bulunmaktadır.



Şekil 5.16. 1980-1990 yılları arasında ağ da bulunan Türk (T) ve Yabancı (F) uyruklu yazar sayıları.

1980 ile 1990 arasında ağda toplam 1111 adet yazar bulunmaktadır. Bu yazarların 832 kişi Türk ve 279 kişi yabancı uyruklu yazarlardan oluşmaktadır. Ağda %74,89 Türk yazar ve %25,11 yabancı yazar vardır.

Gerçek koordinat verileri ile görselleştirme yapmak istenilmiş ancak verilerin üst üste binmesi nedeniyle bu fikirden vazgeçilmiştir. Ağın gerçek koordinatlar ile Google Earth üzerinden görselleştirilmesi Şekil 5.17’de verilmiştir.

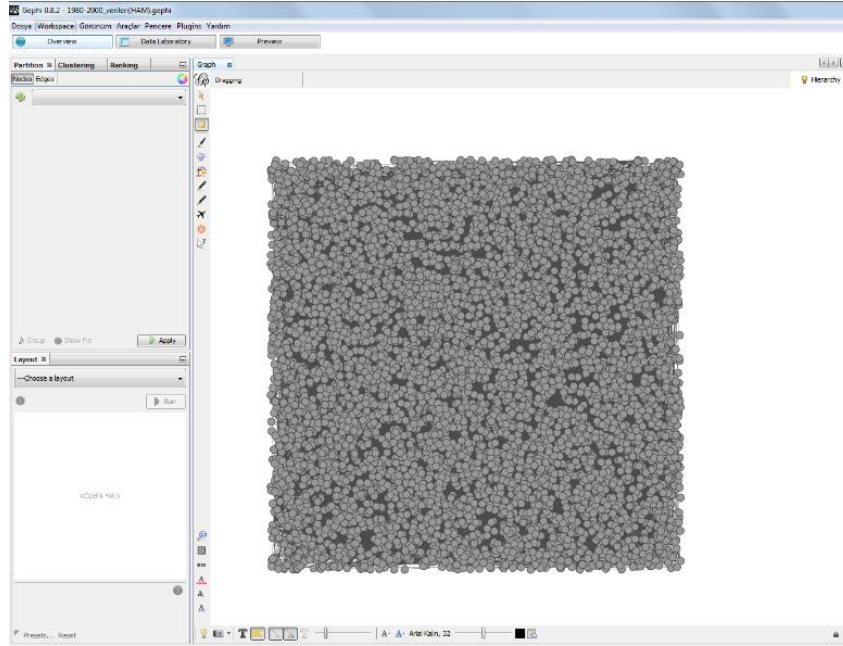


Şekil 5.17. Bilimsel işbirliği ağının Google Earth ile elde edilen görseli.



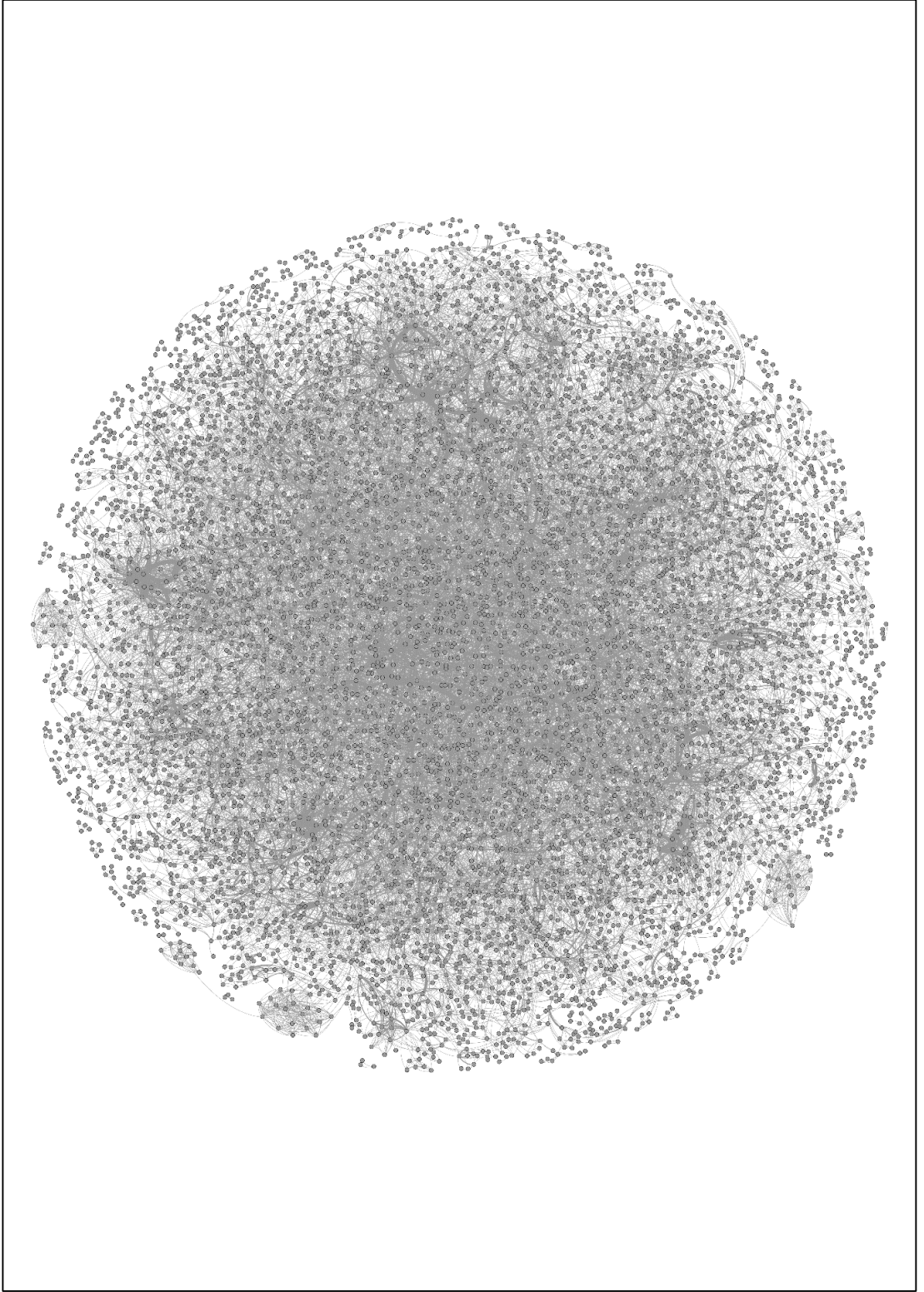
### 5.1.2. 1980-2000 Yıllarına Ait Bilimsel İşbirliği Ağının Görselleştirilmesi

Bilimsel işbirliği ağının başlangıç yılı olarak 1980'ni kabul ettikten sonra, bir önceki bölümde 1990 yılına kadar olan 11 yıllık süreç için bilimsel işbirliği ağı görselleştirilmiştir. Bu bölümde ise 1980 ile 2000 yılları arasındaki 21 yıllık süre için bilimsel işbirliği ağı görselleştirilecektir. 21 yıllık süreç içindeki ağın yapısı bir önceki bölüme göre daha karmaşıktır. Bilimsel işbirliği ağımızda toplam 6802 düğüm ve 16971 adet link vardır. 1991 ile 2000 yılları arasında ağda toplam 5691 yeni yazar katılmıştır. Bir önceki 11 yıllık sürece göre ağımız nerede ise %500 oranında büyümüştür. Bu büyümede, 1990 yıllardan sonra haberleşme teknolojilerinin artması ve Türkiye'de yeni üniversitelerin kurulmasının önemli rol oynadığı düşünülmektedir. Ağımızda meydana gelen yazar artışı ile orantılı olarak link sayısı da artmıştır. Ağımızda bulunan düğüm ve link sayısı arttıkça ağ daha karmaşık bir hale gelmiştir.

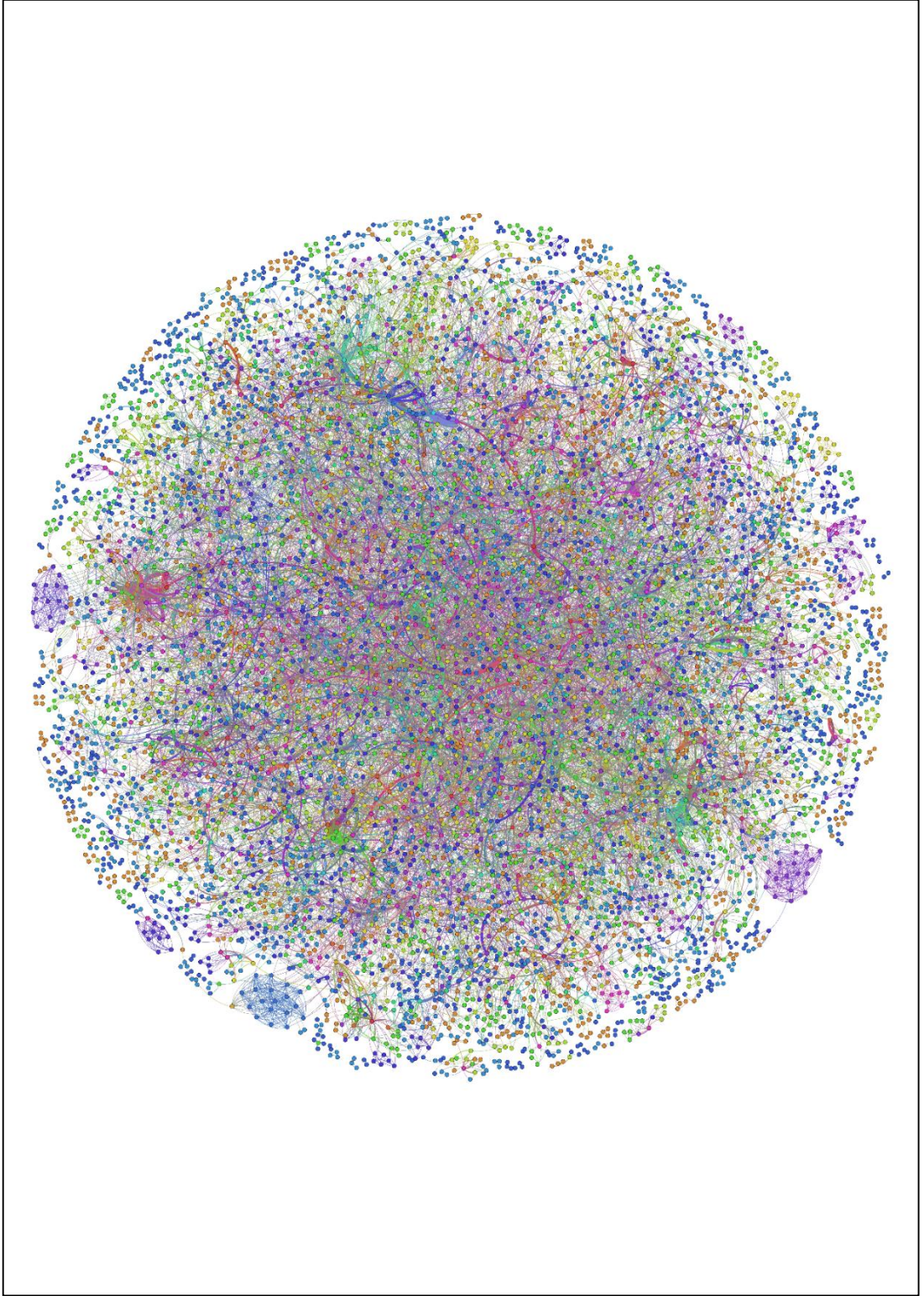


Şekil 5.18. 1980-2000 yıllarına ait bilimsel işbirliği ağının ham görüntüsü.

Şekil 5.18'de görüldüğü gibi ağın ham hali üst üste binmiş düğümler ve linklerden oluşmaktadır. Bir önceki görselleştirmemizde veri yoğunluğu az olduğu için düğümler ve linkler seçilebilirken 21 yıllık süreç için hazırlanan veri setimizde yoğunluktan dolayı linkler tam olarak görülememektedir.

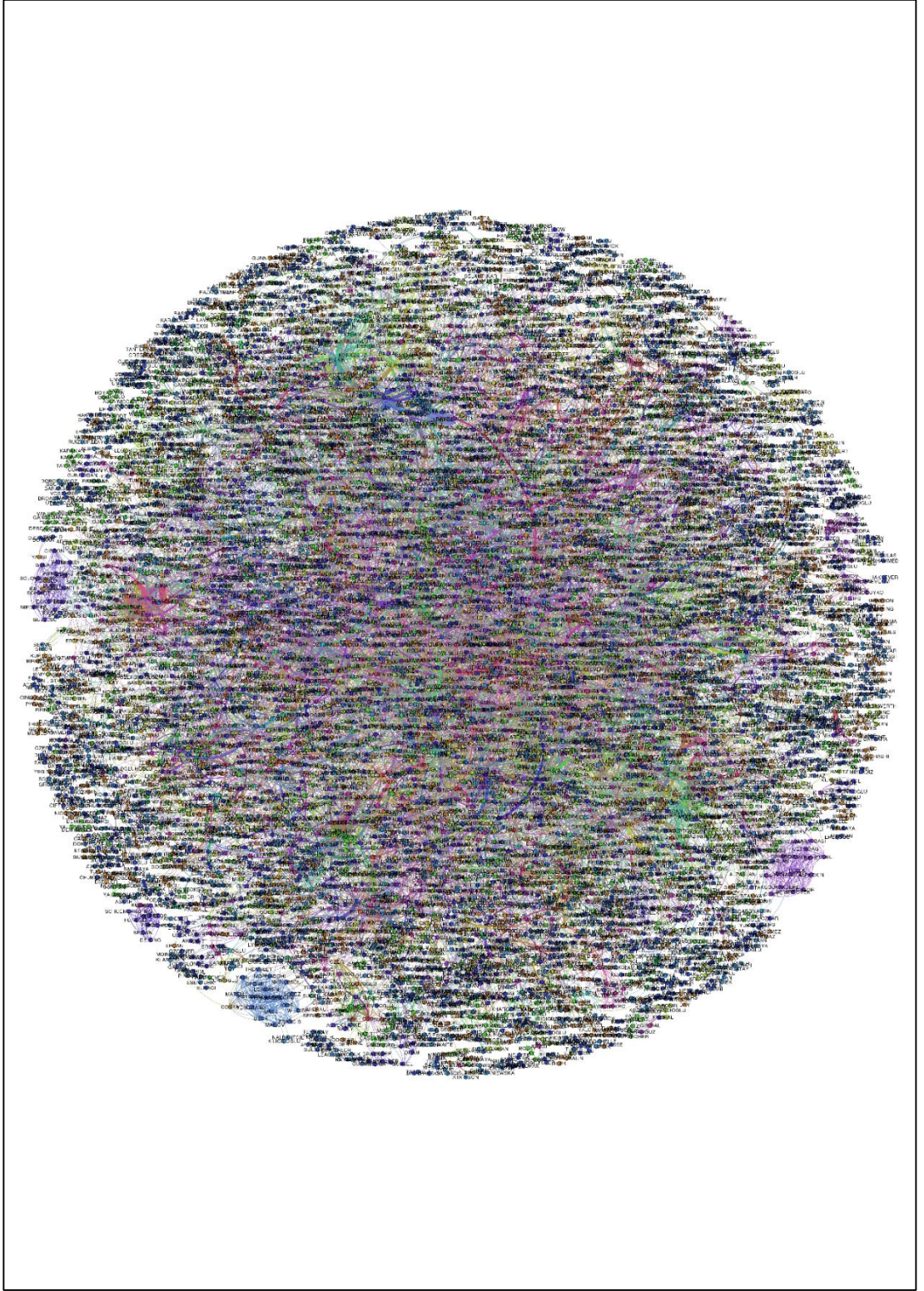


Şekil 5.19. 1980-2000 yıllarına ait ağın algoritma çalıştıktan sonra ham görüntüsü.



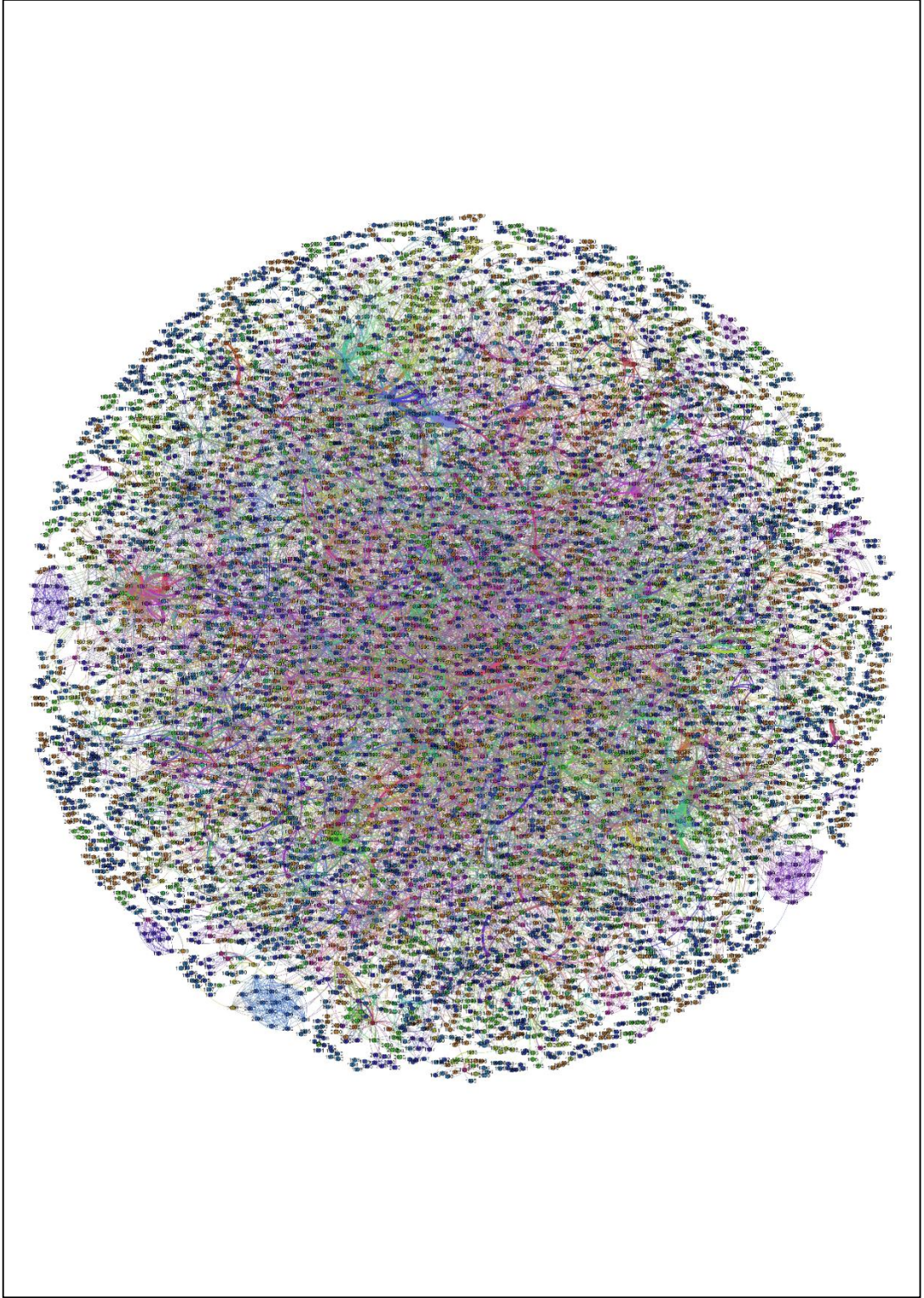
Şekil 5.20. 1980-2000 yıllarına ait bilimsel işbirliği ağının renklendirilmiş görünümü.





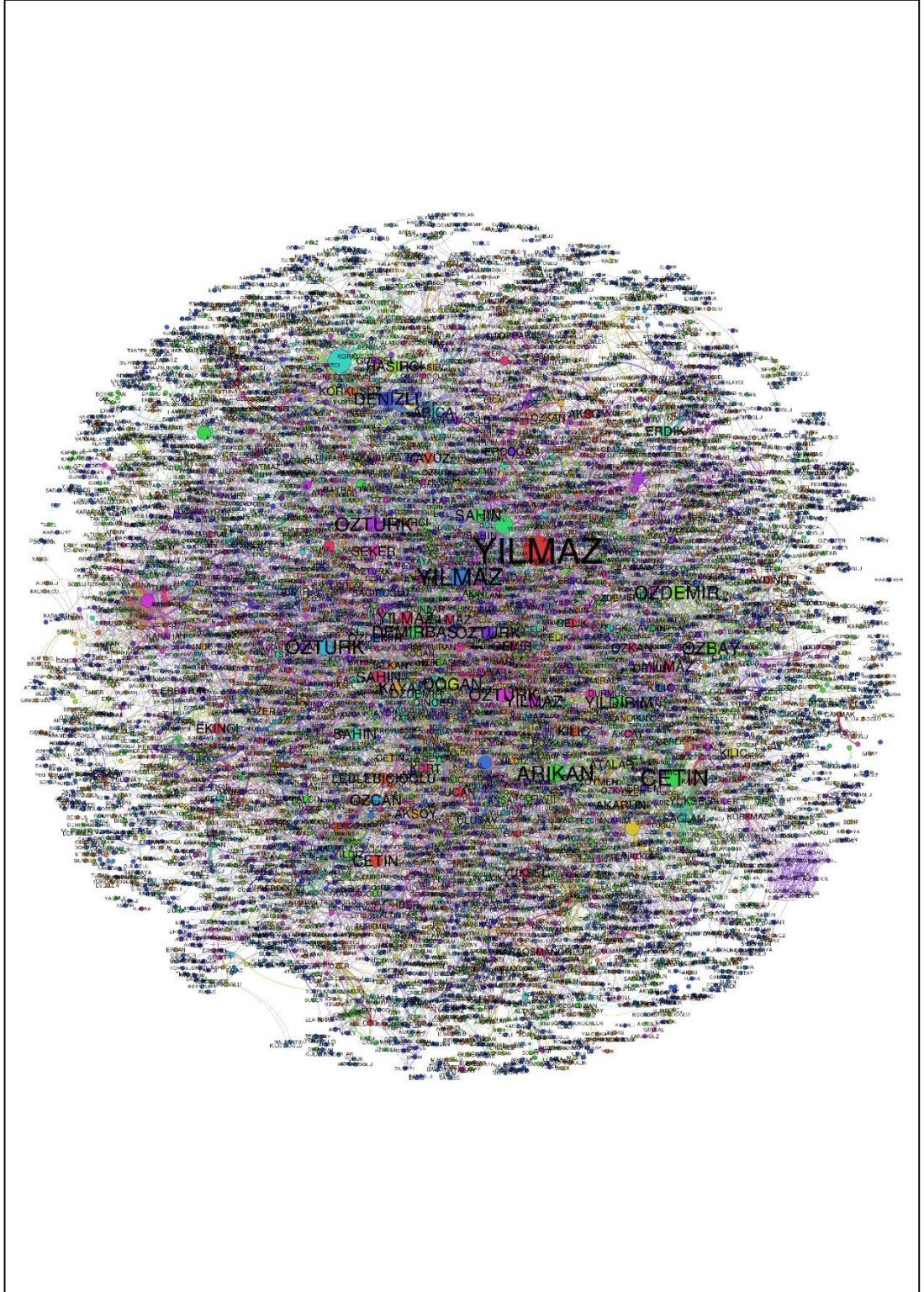
Şekil 5.21. 1980-2000 yıllarına ait bilimsel işbirliği ağının yazar isimlerine göre etiketlenmiş görünümü.





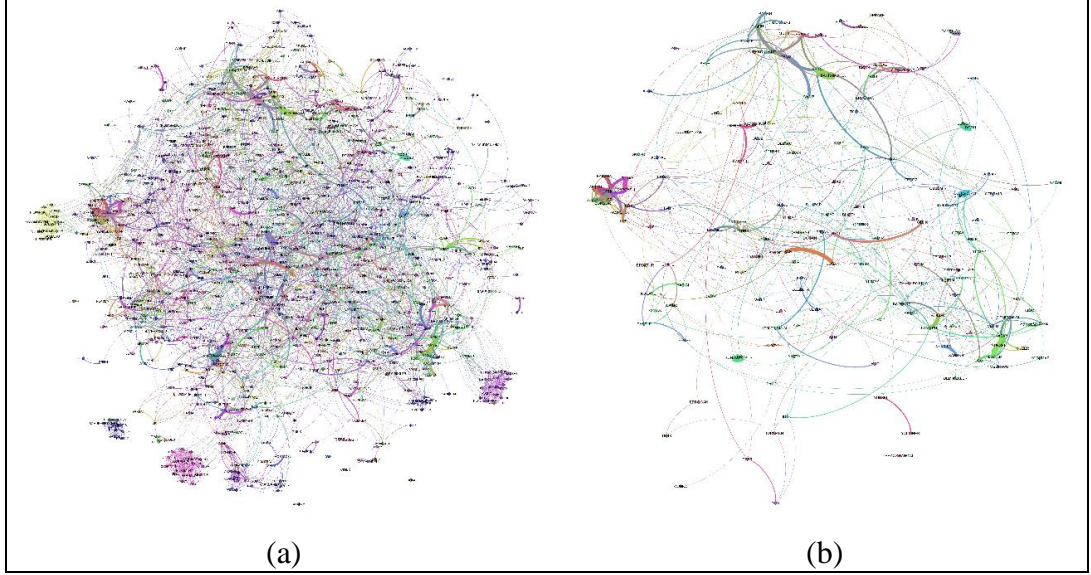
Şekil 5.22. 1980-2000 yıllarına ait bilimsel işbirliği ağının yazarların ağa giriş yılına göre ağın görünümü.



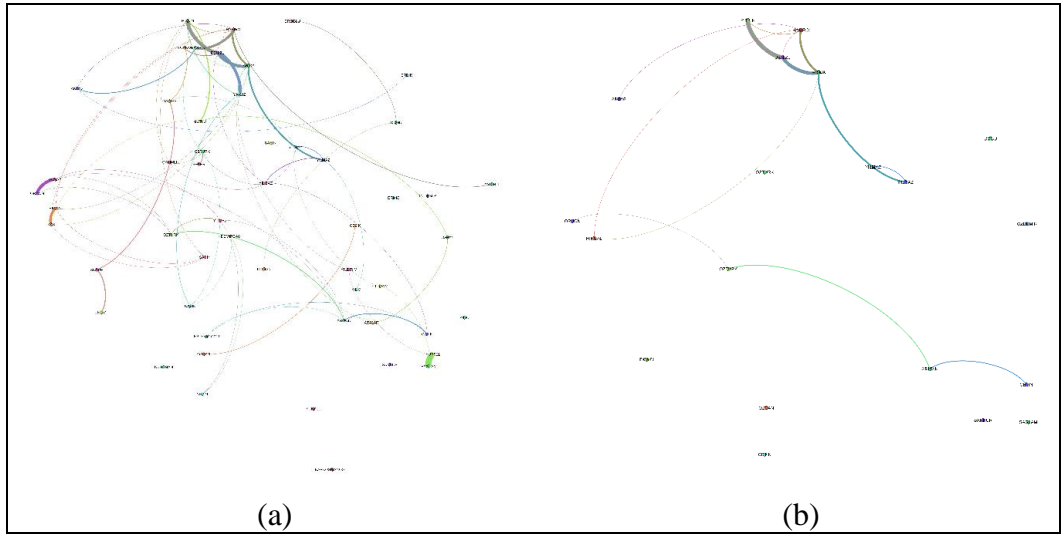


Şekil 5.23. 1980-2000 yıllarına ait bilimsel işbirliği ağının uyrugu Türk olarak etiketlenmiş yazarların görünümü.

1980-2000 arasındaki bilimsel işbirliği ağında en yüksek düğüm derecesi 99'dur. Hacettepe Üniversitesi'nden PİŞKİN soyadlı yazarın 1980-1990 yılları arasında 99 farklı makalede ismi geçmektedir. Yazarın ağa giriş yılı 1980'dir.



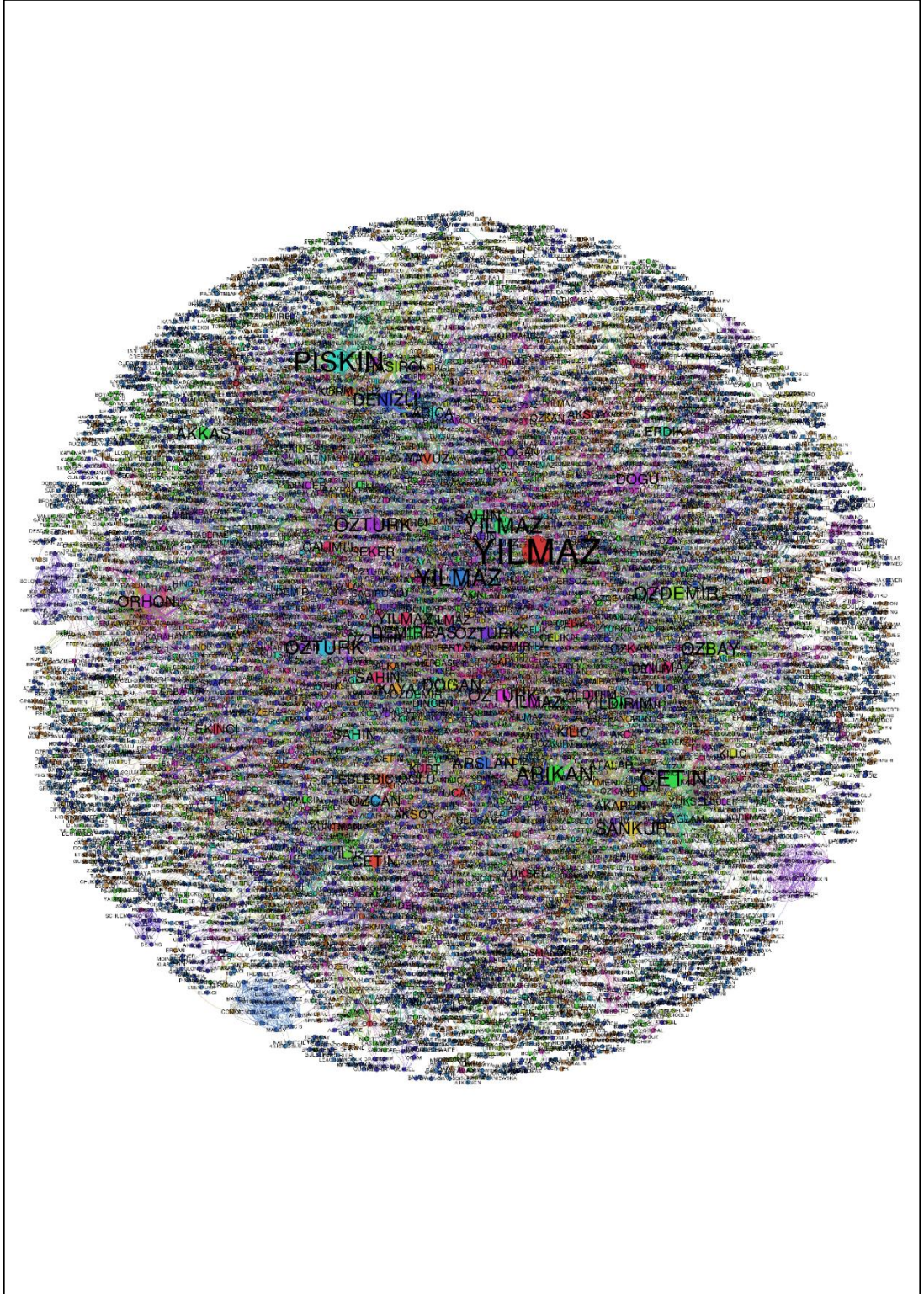
Şekil 5.24. a) Düğüm derecesi 5 ve daha büyük olan yazarların görünümü b) düğüm derecesi 10 ve daha büyük olan yazarların görünümü.



Şekil 5.25. a) Düğüm derecesi 30 ve daha büyük olan yazarların görünümü b) düğüm derecesi 40 ve daha büyük olan yazarların görünümü.

1980 ile 2000 yılı arasında geçen toplam 21 yıllık süre içerisinde 40 ve üzerinde yayında ismi geçen yazarların sayısı 20 kişidir. Bu yazarların tamamı Türk uyruğuna mensuptur.





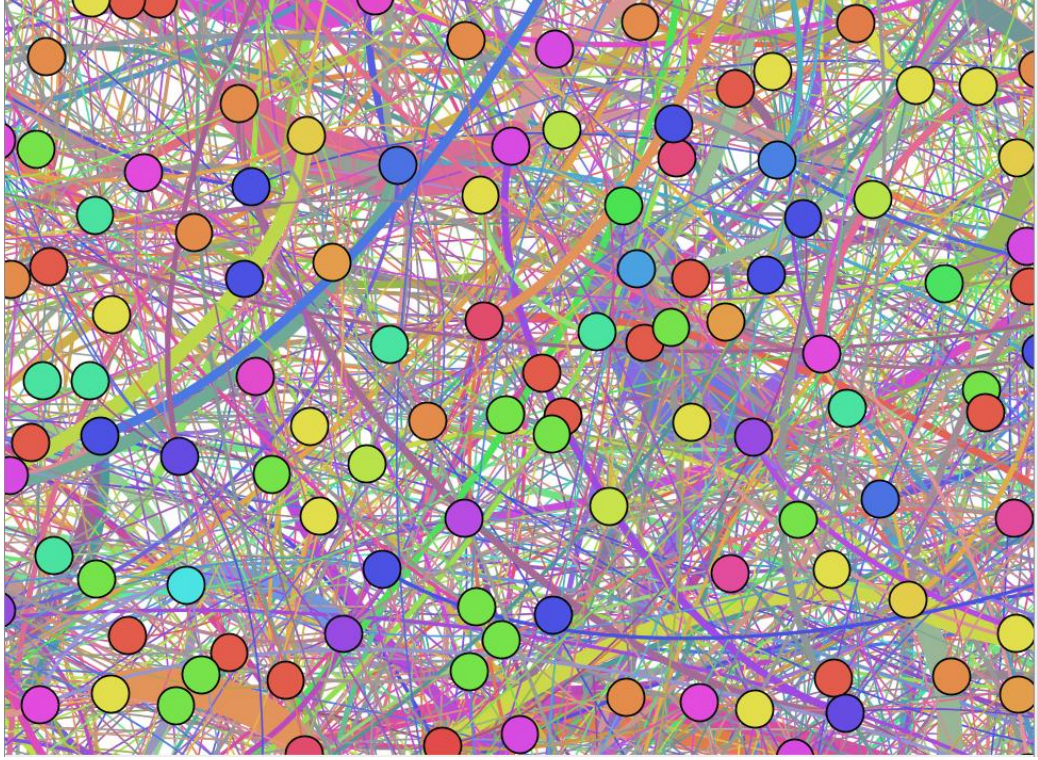
Şekil 5.26. Düğüm derecesi daha büyük olan yazarların düğümlerinin daha büyük ve isimlerinin daha büyük olarak görselleştirilmesi.

Şekil 5.26'daki görselleştirmede popüler ve daha çok yayın yapan düğümler daha belirgin görülmektedir.

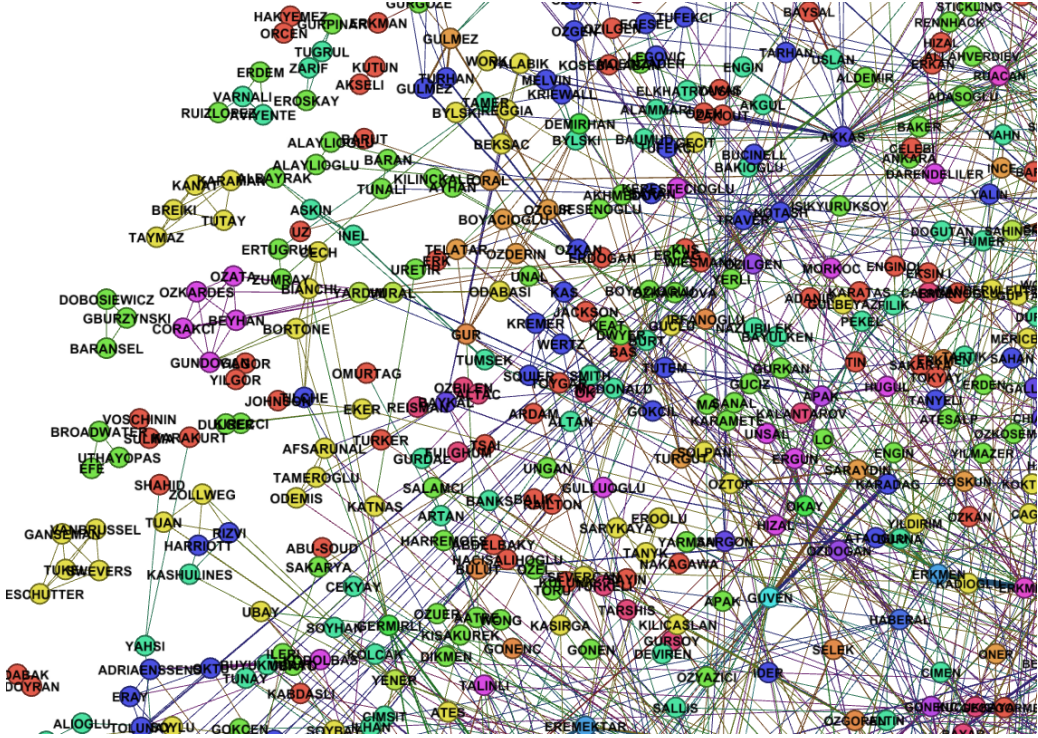






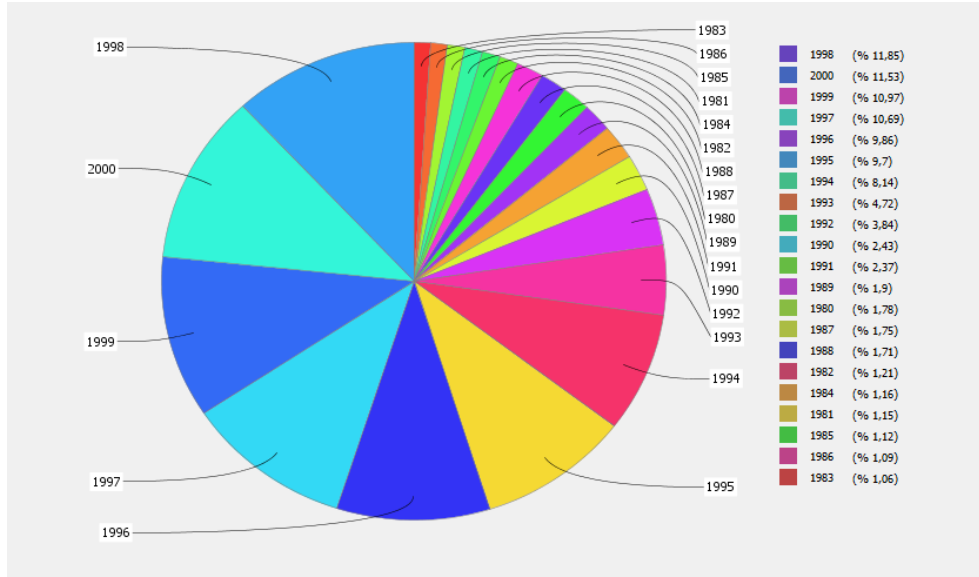


Şekil 5.29. Ağa ait yakınlaştırılmış görüntü.



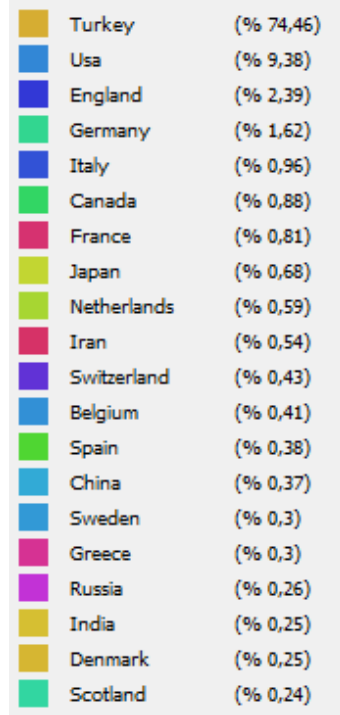
Şekil 5.30. Ağa ait yakınlaştırılmış görüntü.

Yapılan çalışmada 1980-2000 yılları arasındaki mühendislik alanındaki bilimsel işbirliği açısından çeşitli sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen veriler 1980 ile 1990 yılları arası ile karşılaştırılarak ağın gelişimi açıklanabilir. Aşağıdaki grafikte 1980 ile 2000 yılları arasında hangi yılda kaç adet yazarın ağa katıldığı görülmektedir. Toplam olarak 21 yıllık süreç içerisinde Türkiye adresli en çok yazar 1998 yılında ağa katılmıştır. En az yazar ise 1983 yılında ağa katılmıştır. Grafikte görülen bilgiler ilgili yıllardaki ağa yeni katılan yazar sayılarını göstermektedir. 1991 ile 2000 yılları arasında ağa toplam 5691 yeni yazar katılmıştır. 1990 yılından itibaren ağıma katılan yazar sayısı hemen her yıl düzenli olarak artmıştır.

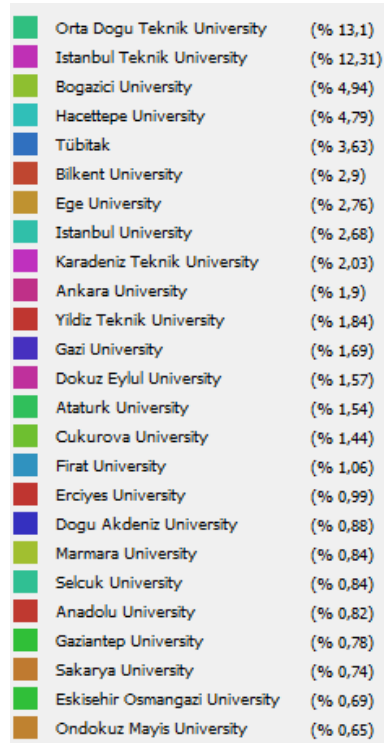


Şekil 5.31. 1980-2000 yılları arasında ağa katılan yazar oranları.

Şekil 5.32’de işbirliği ağında 1980 ile 2000 yılları arasında Türkiye adresli makaleler içerisindeki yazarların ülkelere göre dağılımları verilmiştir.

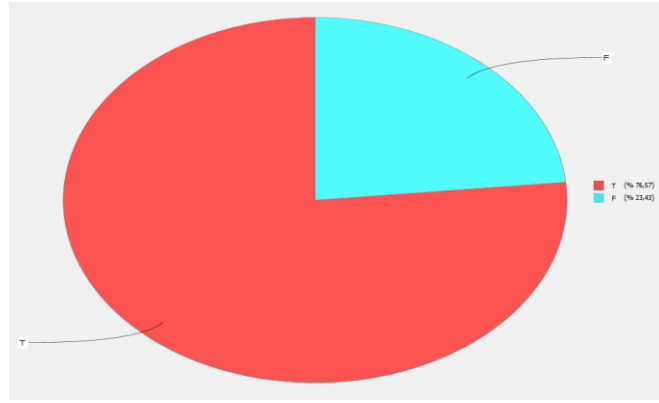


Şekil 5.32. 1980-2000 arasında bilimsel işbirliği ağında bulunan ilk 20 ülke.



Şekil 5.33. 1980-2000 arasında ağ içerisinde en çok üyesi bulunan 25 kurum.

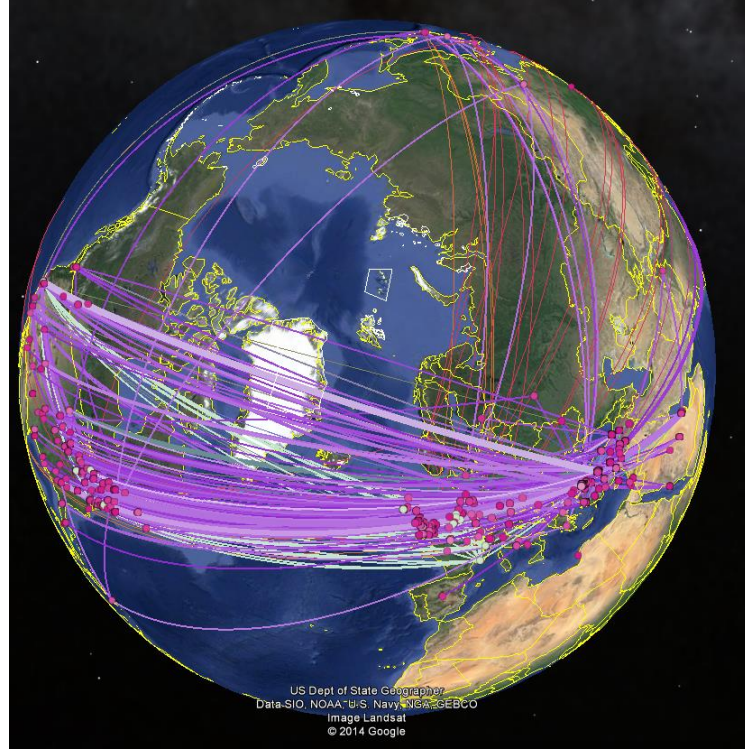
Şekil 5.33’de 21 yıllık süreç de yazarların adreslerinde verilen kurumlar gösterilmiştir. Ağ içerisinde en çok Orta Doğu Teknik Üniversitesi adresli yazar bulunmaktadır. Liste incelendiği zaman teknik ve mühendislik ağırlıklı kurumların listede üst sıralarda olduğu görülmektedir. Listeye ilk 25 kurum eklenmiştir. 1980 - 1990 yılları arasındaki 11 yıllık dönem içerisinde bazı yabancı kurumlar listede yer almıştı ancak 1990 yılından ağı yeni eklenen yazarlar içerisinde yabancı kurumlar listeye girememiştir.



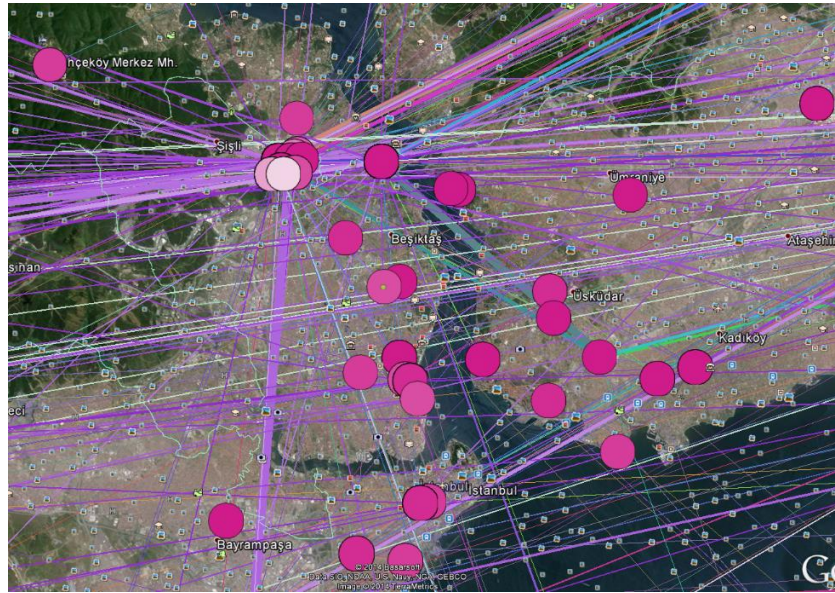
Şekil 5.34. 1980-2000 yılları arasında ağ da bulunan Türk (T) ve Yabancı (F) uyruklu yazarların sayıları.

1980 ile 1990 arasında ağda toplam 1111 adet yazar bulunmaktadır. Bu yazarların 832 kişi Türk’ler den ve 279 kişi yabancı yazarlardan oluşmaktadır. 2000 yılında ile birlikte ağımızdaki yazar sayısı 6802 kişiye yükselmiştir. 1991 yılından itibaren ağımıza yeni 5691 yazar katılmıştır. Ağımıza yeni katılan yazarların 4376 kişisi Türk (T) uyruklu ve 1315 kişi ise yabancı uyrukludur (F). Bir önceki döneme göre ağda bulunan yabancı uyruklu yazar sayısı artmıştır. Ancak yabancı uyruklu yazarların oranı azalmıştır. Ağda %76,57 Türk yazar ve %23,43 yabancı yazar vardır.





Şekil 5.35. Bilimsel işbirliği ağının Google Earth görsel.

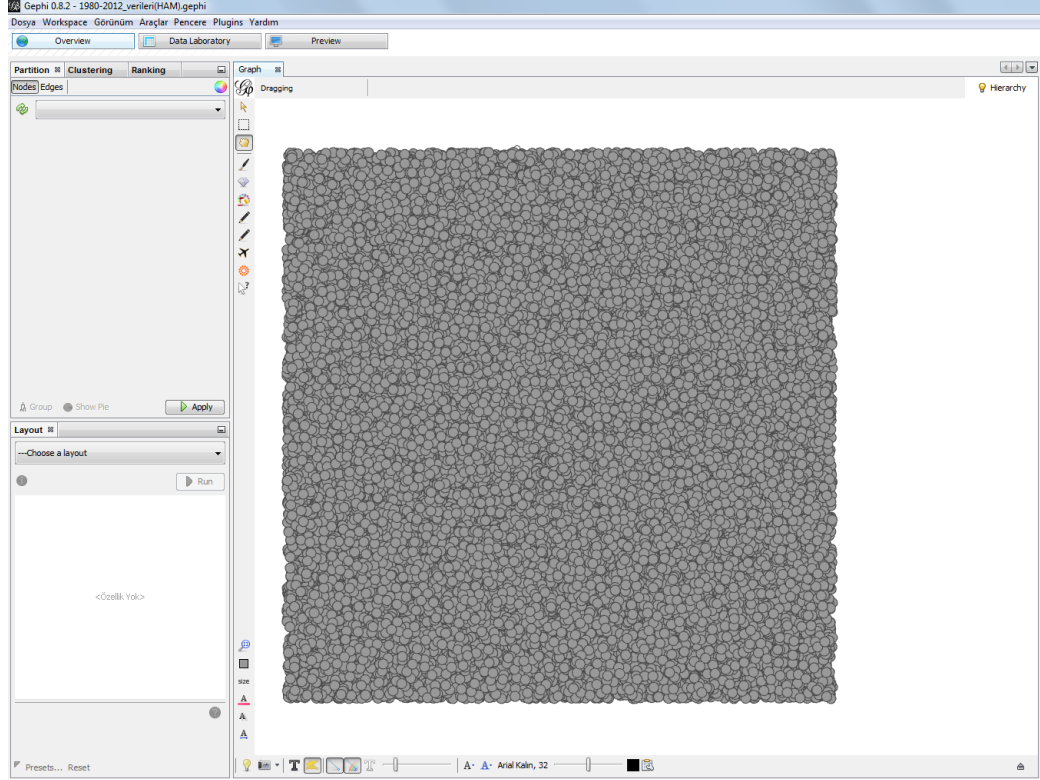


Şekil 5.36. Bilimsel işbirliği ağının Google Earth ile İstanbul adresli yazarların görünümü.

### **5.1.3. 1980-2012 Yıllarına Ait Bilimsel İşbirliği Ağının Görselleştirilmesi**

Bilimsel işbirliği ağımızın başlangıç yılını 1980 olarak kabul ettikten sonra, daha önce ağın 1980-1990 arasındaki 11 yıllık durumu ve 1980-2000 yılları arasındaki ağın 21 yıllık durumu görselleştirilmişti. Bu son bölümde ise Türkiye adresli mühendislik bilimleri bilimsel işbirliği ağının 1980 ile 2012 yılları arasındaki 33 yıllık süre içerisinde oluşan durumu görselleştirilecektir. Başlangıçta oldukça sade ve anlaşılabilir durumda olan işbirliği ağı zamanla gelişmiş ve büyümüştür. 33 yıllık süreç sonunda ağ büyük graf yapıları tanımının içerisine girmiştir. Bu büyüklükteki bir ağ ancak bilgisayarlar yardımı ile görselleştirilebilir ve analiz edilebilir. 1980 yılında sadece 121 yazar ve 120 link ile başlayan ağımız, 2012 yılında 29548 yazara ve 91486 linke ulaşmıştır. 1980-2000 arasındaki 21 yıllık süreçte ağımızda 6802 adet yazar bulunmaktadır. 1980-2012 yılları arasında ağımızda 29548 yazar vardır. 2001 yılından 2012 yılına kadar geçen 12 yıllık süre içerisinde ağımıza 22746 yeni yazar katılmıştır. 2001 yılından sonraki 12 yıllık süreç içerisinde ağımıza yeni katılan yazar sayısı kendinden önceki 21 yıllık sürenin nerede ise 4 katı kadardır. Bu durum bize 2001 yılından sonra ülkemizde mühendislik alanındaki çalışmaların çok hızlandığını göstermektedir.

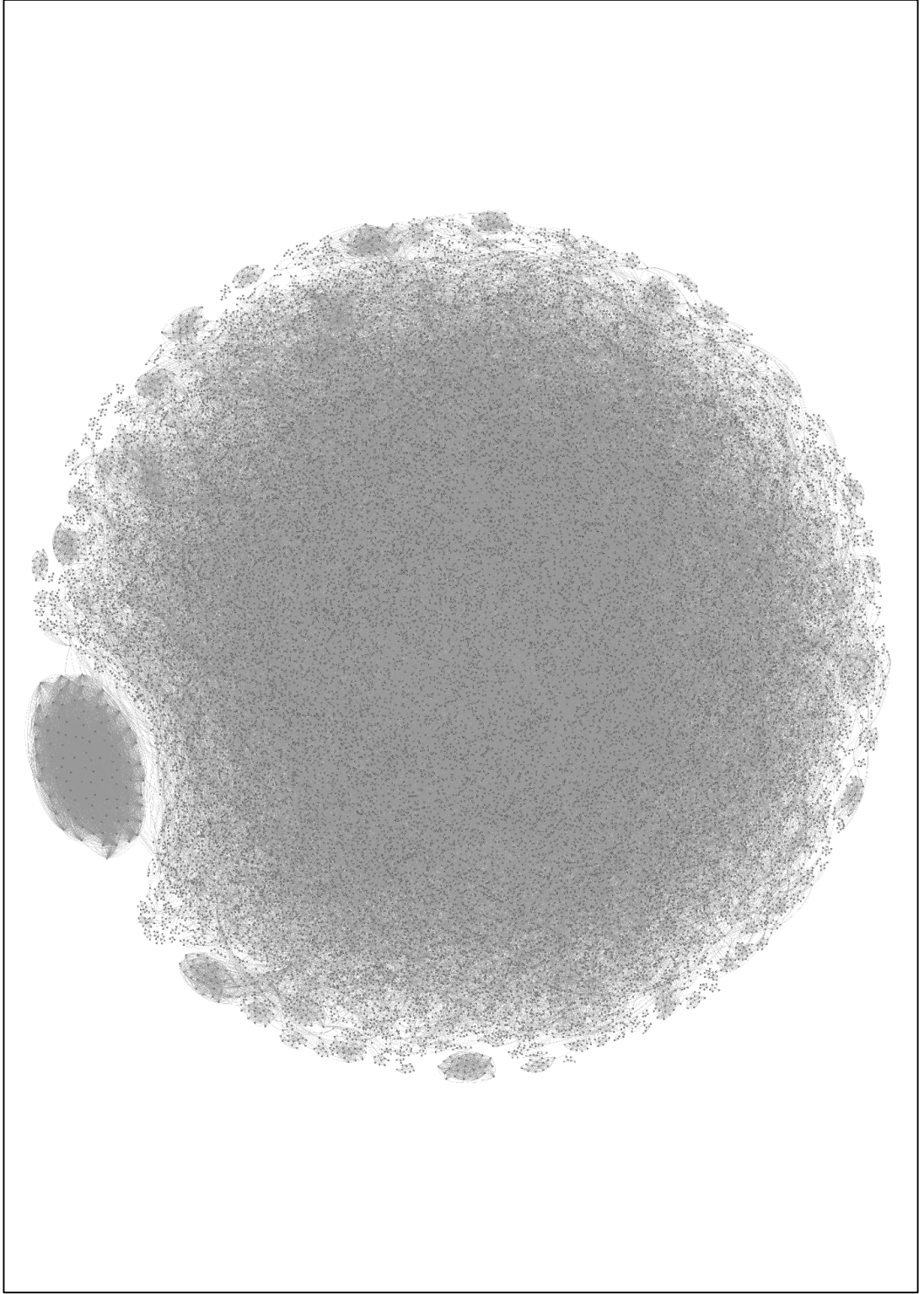
1980-2012 yılına ait bilimsel işbirliği ağı içerisinde 29548 düğüm ve 91486 link vardır. Bu nedenle ağımıza ait görselleştirme daha zor bir hal almıştır. Ağ içerisinde birim alan içerisine düşen düğüm ve link sayısının artması ile görseller daha yoğun olmaktadır.



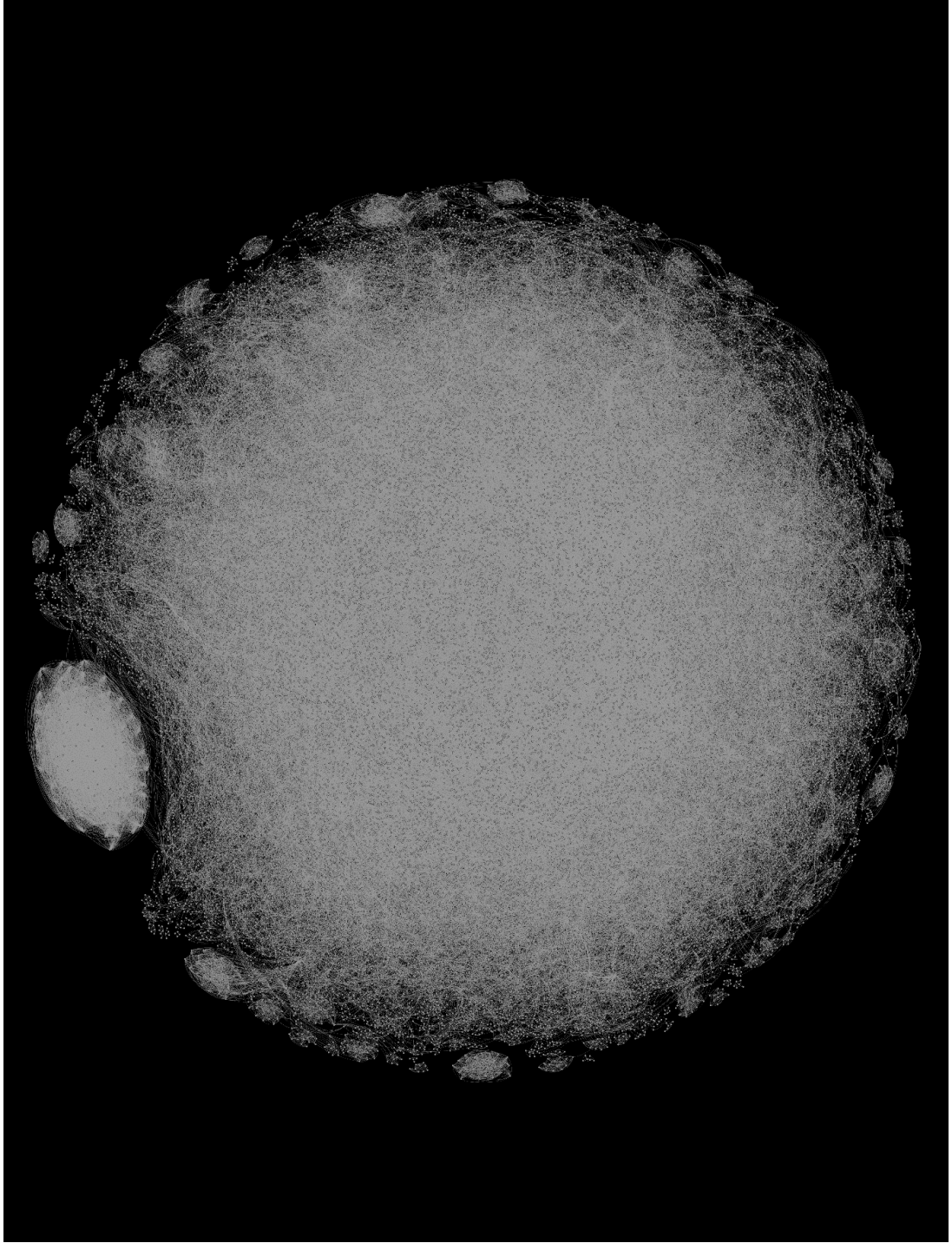
Şekil 5.37. 1980-2012 yıllarına ait bilimsel işbirliği ağının ham görüntüsü.

Şekil 5.37’de görüldüğü üzere 29548 düğüm ve 91486 linkten oluşan ağ, Gephi ortamına yüklendiğinde düğümler ve linkler seçilemeyecek yoğunlukta görüntülenmektedir. Bu boyuttaki verilerin görselleştirilmesinde standart bilgisayarlar oldukça zorlanmaktadır. Bazı işlemlerin gerçekleşmesi için dakikalarca beklemek gerekmektedir.



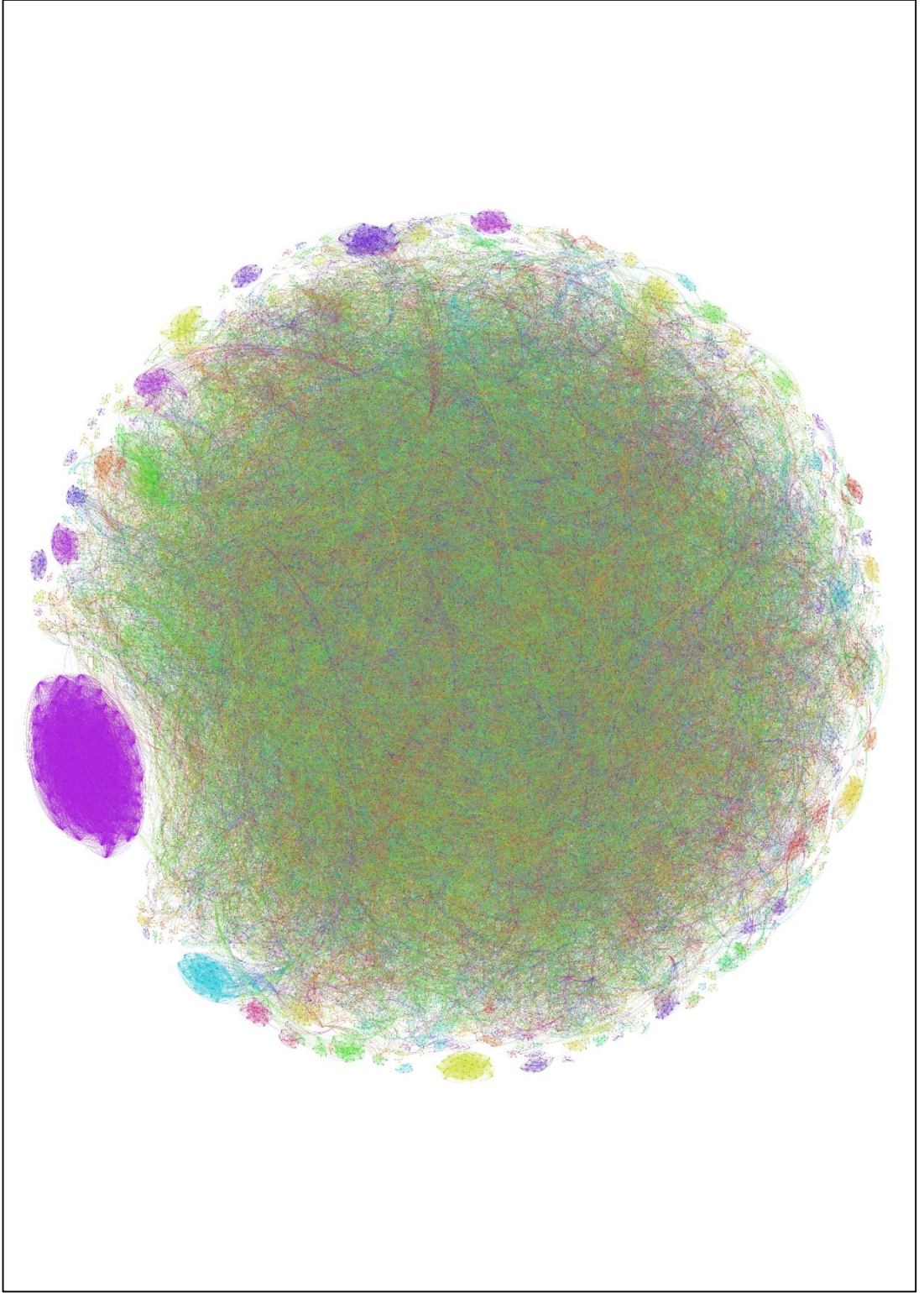


Şekil 5.38. 1980-2012 yıllarına ait ağımızın Force Atlas 2 algoritması çalıştıktan sonra ham görüntüsü.



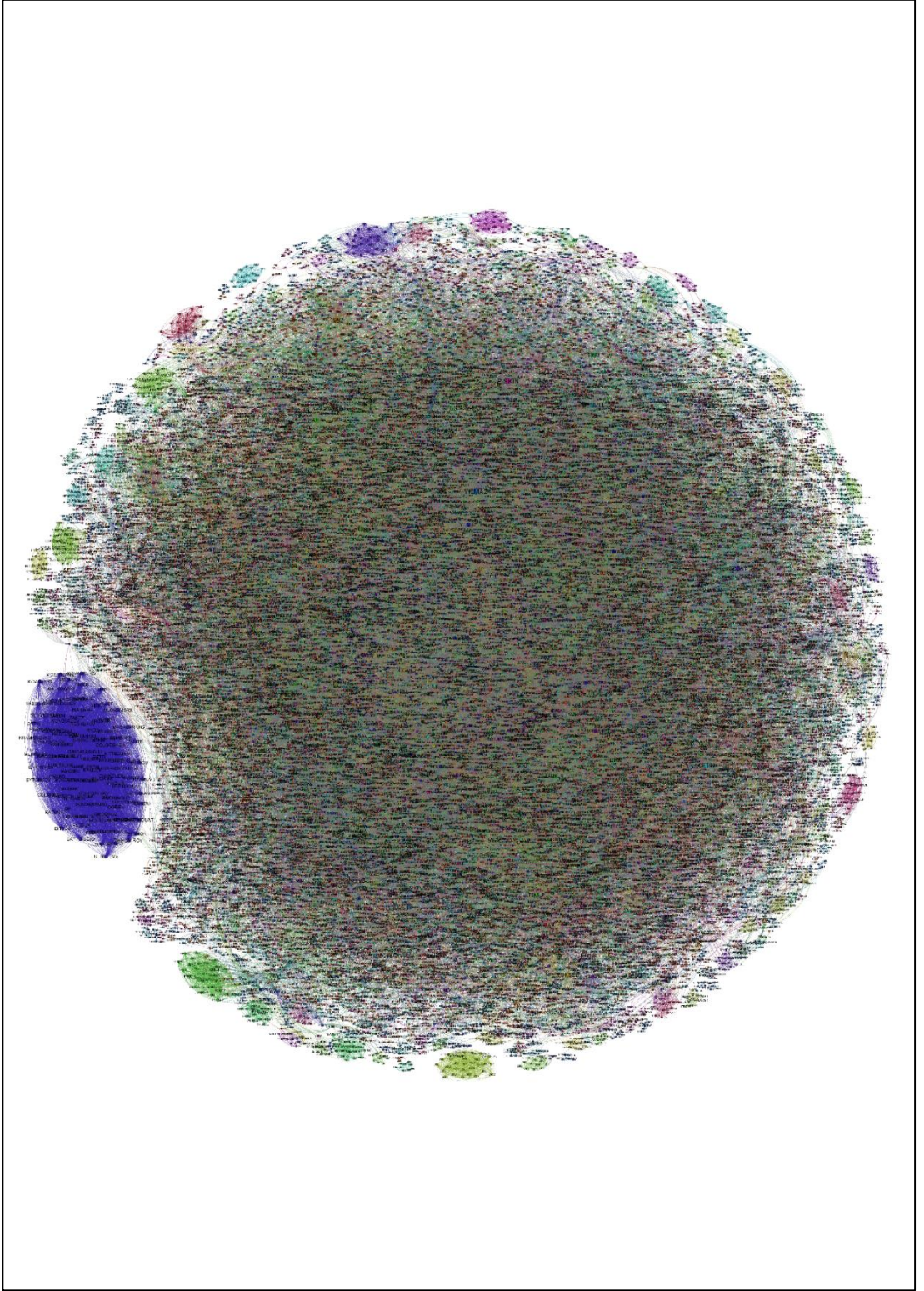
Şekil 5.39. 1980-2012 yıllarına ait ağımızın Force Atlas 2 algoritması çalıştıktan sonra ham görüntüsü (siyah zemin üzerinde).

Şekil 5.39’da görüldüğü üzere siyah zemin üzerinde linklerin ne kadar yoğun olduğu daha iyi görülmektedir. Görselleştirme yapılırken linkleri temsil eden çizgi kalınlıkları en ince boyuta getirilmiştir.

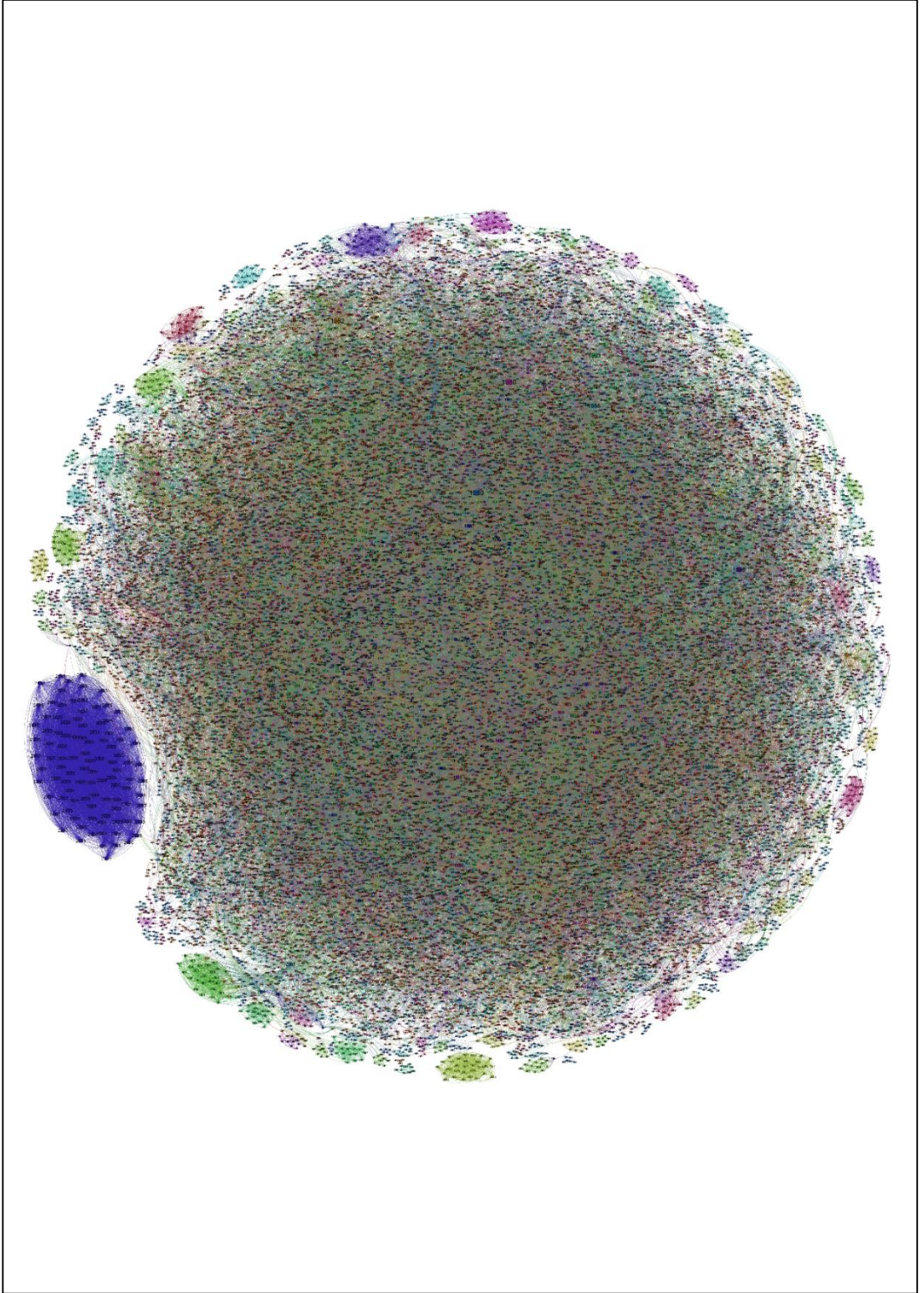


Şekil 5.40. 1980-2012 yıllarına ait bilimsel işbirliği ağının renklendirilmiş görünümü.



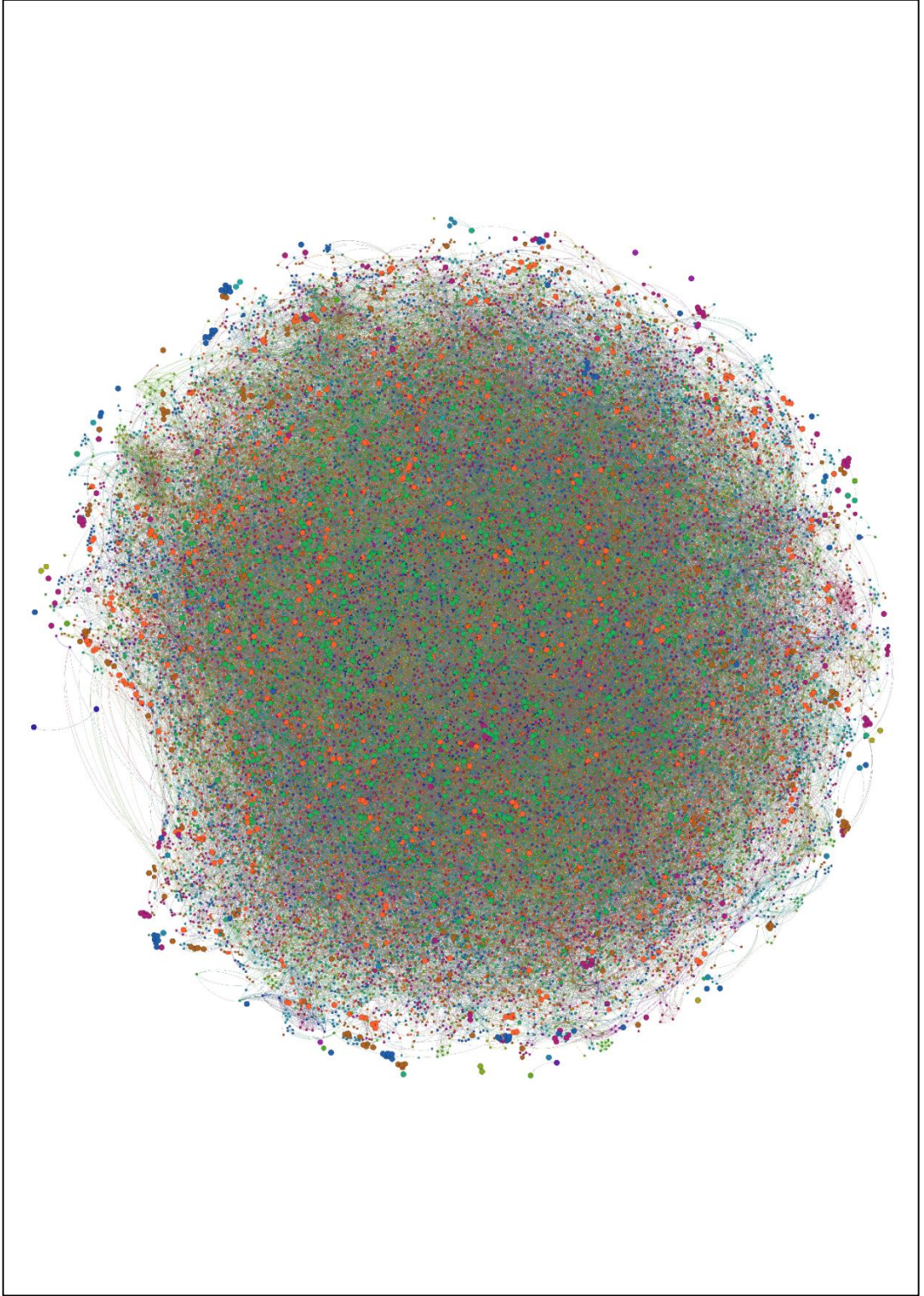


Şekil 5.41. 1980-2012 yıllarına ait bilimsel işbirliği ağının yazar isimlerine göre etiketlenmiş görünümü.

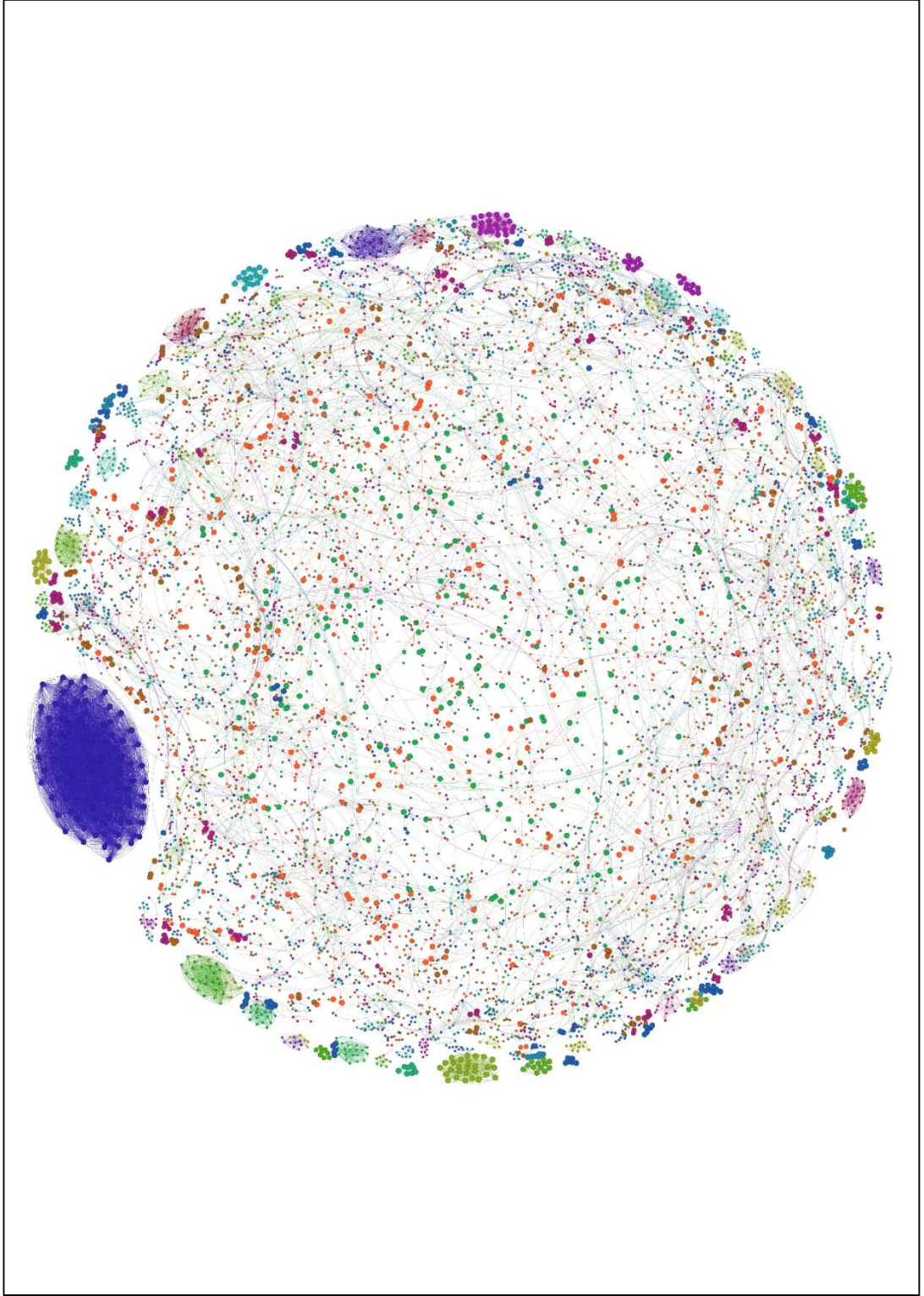


Şekil 5.42. 1980-2012 yıllarına ait bilimsel işbirliği ağının yazarların ağa giriş yılına göre görünümü.





Şekil 5.43. 1980-2012 yıllarına ait bilimsel işbirliği ağının uyruğu Türk olarak etiketlenmiş yazarların oluşturduğu ağın görünümü.



Şekil 5.44. 1980-2012 yıllarında sadece Yabancı uyruklu yazarların oluşturduğu ağın görünümü.

1980-2012 arasındaki bilimsel işbirliği ağında en yüksek düğüm derecesi 184'dür. Hacettepe üniversitesinden PİŞKİN soyadlı yazarın 1980-2012 yılları arasında 184 farklı makalede ismi geçmektedir. Yazarın ağa giriş yılı 1980'dir.

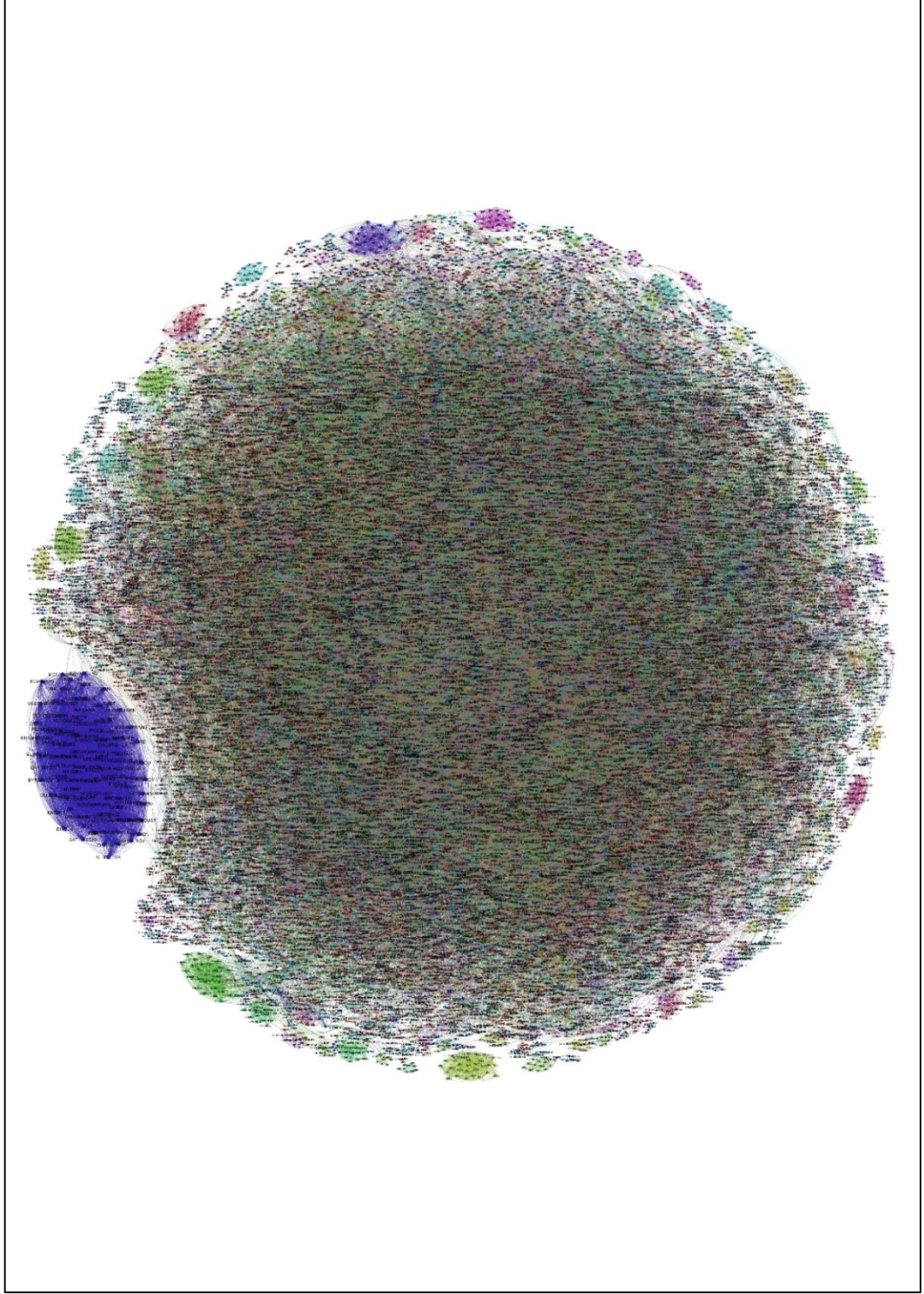
Çizelge 5.1. 1980 ile 2012 yılları arasında 100 veya daha fazla yayında ismi geçen Türk uyruklu yazarların listesi.

	SOYADI	ÜNİVERSİTESİ	ÜLKESİ	ENLEM	BOYLAM	İLK YAYIN YILI	DERECE
	aSurname	aUniversity	aCountry	aLatitude	aLongitude	aYear	Degree
1	PISKIN	Hacettepe University	Turkey	39.896.649	32.733.454	1980	184
2	YILMAZ	Selcuk University	Turkey	38.021.464	32.510.074	1989	182
3	ORHON	Istanbul Teknik University	Turkey	41.105.026	29.018.881	1982	161
4	OZBAY	Bilkent University	Turkey	39.867.136	32.749.911	1996	144
5	HASIRCI	Orta Dogu Teknik University	Turkey	39.891.389	32.784.722	1993	142
6	DENIZLI	Hacettepe University	Turkey	39.896.649	32.733.454	1988	140
7	YUKSEL	Ege University	Turkey	38.453.913	27.232.358	1990	137
8	CETIN	University of Toronto	Canada	43.661.702	-79.397.289	1989	131
9	SAHIN	Istanbul Teknik University	Turkey	41.107.352	29.021.011	1995	125
10	OZTURK	Istanbul Teknik University	Turkey	41.105.026	29.018.881	1989	115
11	KABAY	Ege University	Turkey	38.457.955	27.229.615	1993	107
12	OZDEMIR	Ondokuz Mayıs University	Turkey	41.368.844	36.207.439	1990	105
13	YILMAZ	Bogazici University	Turkey	41.085.087	29.046.888	1997	105
14	YILMAZ	University of Glasgow	Scotland	55.872.127	-4.288.219	1996	103
15	SAHIN	Orta Dogu Teknik University	Turkey	39.886.538	32.779.892	1993	102
16	OZTURK	Ankara University	Turkey	39.934.811	32.833.819	1985	100

Çizelge 5.1 içerisinde 100 den fazla Türkiye adresli yayında ismi geçen yazarlar listelenmiştir. Yazarlar ağa katıldıkları ilk makalede hangi adresi vermiş iseler o adres veri tabanına eklenmiştir. Bir yazar ilk yayının Orta Doğu Teknik Üniversite'sinde yapmış ise adres olarak Orta Doğu Teknik Üniversite görülmektedir. Diğer yayınlarını başka kurumlarda yapsa bile adres olarak ilk kurumunun adresi görülmektedir. Yazarın verdiği adreslere ait enlem ve boylam değerleri tablo içerisinde verilmiştir. Ayrıca tablo içerisinde yazarın ağa giriş yılı da verilmiştir. Yazarların kaç adet yayında ismi geçtiği ise derece değerinde görülmektedir. Ağımızda en yüksek dereceli yazar Hacettepe Üniversitesi Biyomühendislik Anabilim Dalı'ndan Prof. Dr. Erhan PİŞKİN'dir [55]. Kendisinin

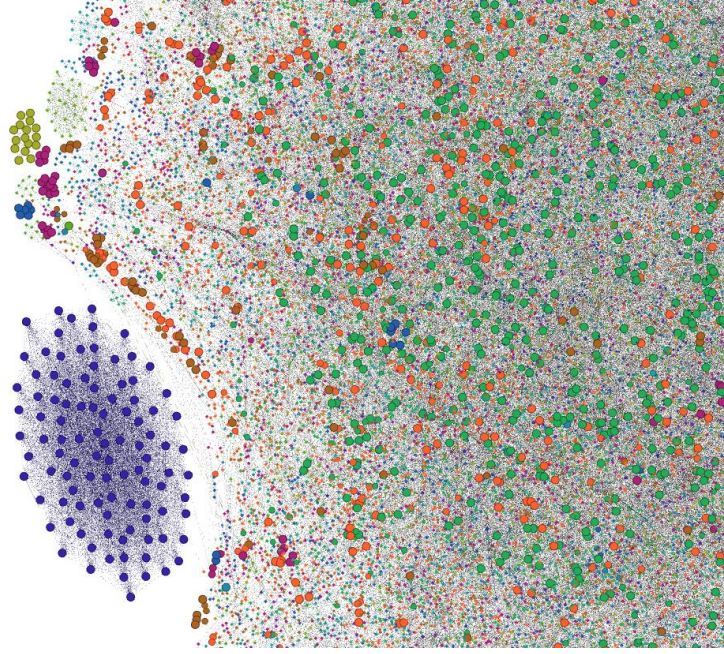


özgeçmişi ile çalışmamızın sonuçlarını karşılaştırdığımız sonuçlar hemen hemen örtüşmektedir [56]. Ağımızda en yüksek dereceli yabancı yazarın derecesi 100'dür.



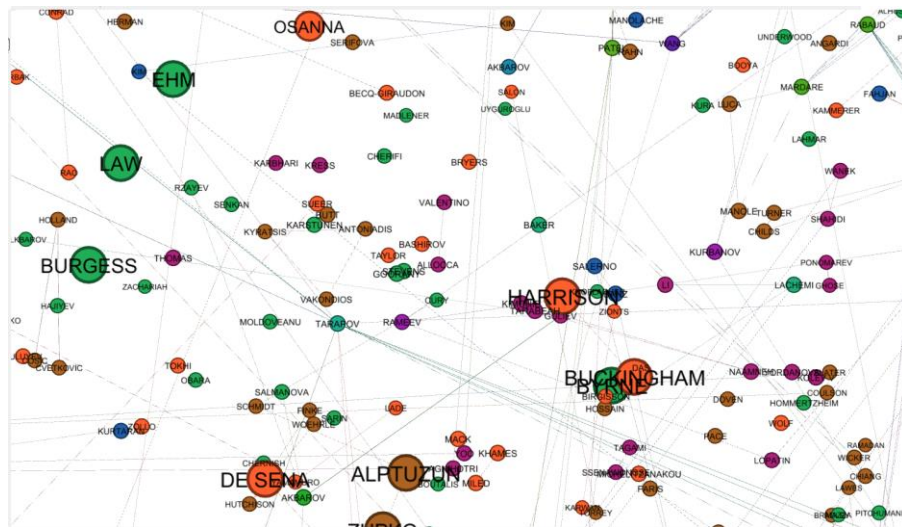
Şekil 5.45. 1980-2012 arası düğüm derecesi daha büyük olan yazarların düğümlerinin daha büyük ve isimlerinin daha büyük olarak görselleştirilmesi.

Ağ içerisinde bulunan ilişkileri daha kolay anlamak için ağıma ait bazı yakınlştırılmış görüntüler verilmiştir.



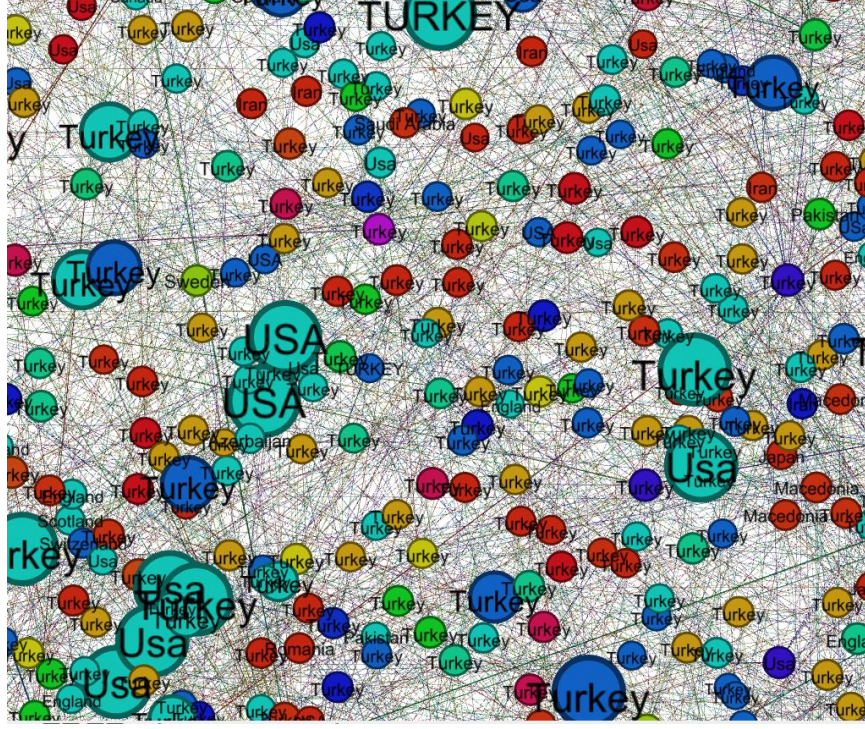
Şekil 5.46. Ağa ait yakınlştırılmış bir görüntü.

Yakınlştırılmış görüntüden anlaşılacağı üzere düğüm büyüklükleri ile düğümlerin dereceleri bir birleri ile orantılıdır (Şekil 5.47).

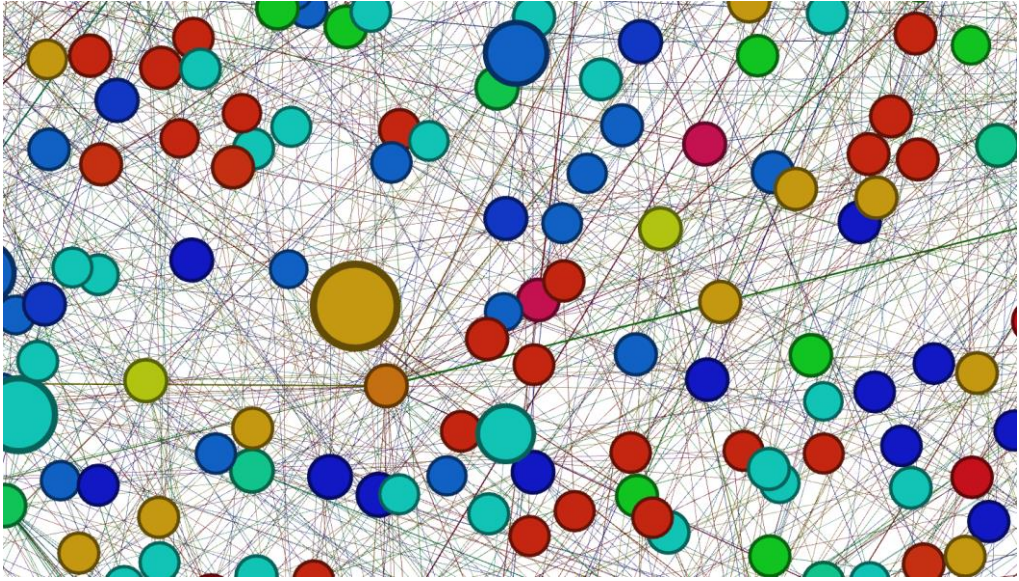


Şekil 5.47. Sadece yabancıların bulunduğu ağa ait yakınlştırılmış görüntü.





Şekil 5.48. Yazarların adreslerine göre yapılan görselleştirme.

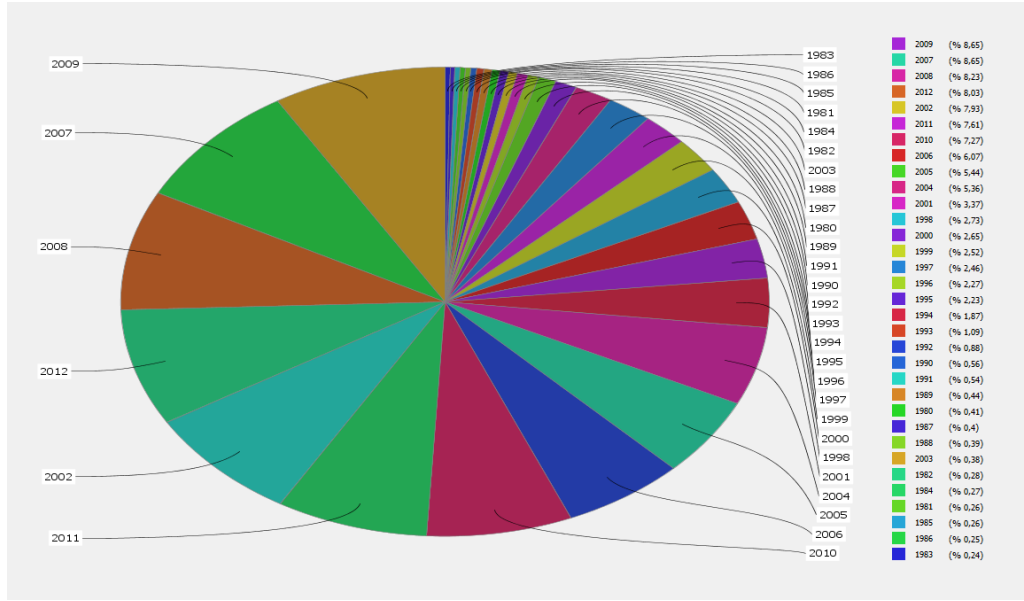


Şekil 5.49. Düğümlerin yakınlaştırılmış görseli.

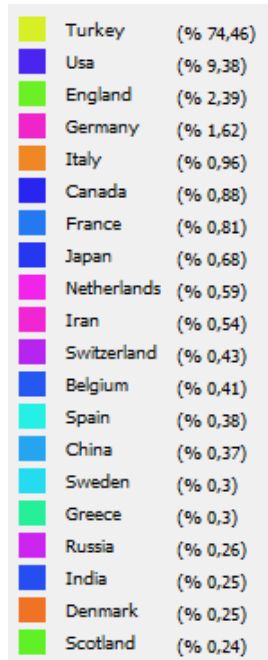
Şekil 5.49'dan görüleceği üzere ağımız oldukça yoğun bir link ağına sahiptir.

Şekil 5.50'de 1980 ile 2012 yılları arasında hangi yıl, ağa kaç yeni yazarın girdiği görülmektedir. Toplam olarak 33 yıllık süreç içerisinde ağa en çok katılım 2009

yılında 2557 yeni yazarın katılımı ile olmuştur. En az yazar ise 1983 yılında ağa katılmıştır. Grafikte görülen bilgiler ilgili yıllarda görülen yayın sayılarını değil ağa yeni katılan yazar sayılarını göstermektedir. 2001 ile 2012 yılları arasında ağımıza toplam 22746 yeni yazar katılmıştır. Ağı oluşturan yazarların çok büyük bir kısmı ağa son 10 yıl içerisinde katılmıştır.



Şekil 5.50. 1980-2012 yılları arasında ağa katılan yazar oranları.

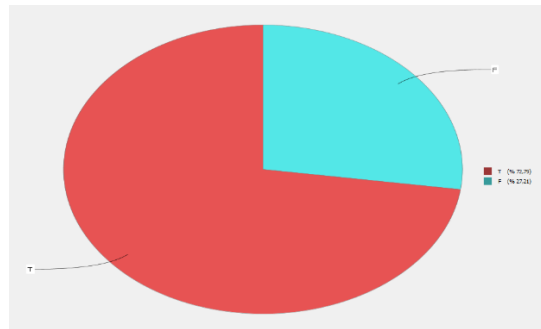


Şekil 5.51. 1980-2012 arasında bilimsel işbirliği ağında bulunan ilk 20 ülke.

Istanbul Teknik University	(% 7,25)
Orta Dogu Teknik University	(% 7,21)
Bogazici University	(% 3,4)
Hacettepe University	(% 3,17)
Gazi University	(% 2,47)
Ege University	(% 2,4)
Bilkent University	(% 2,25)
Istanbul University	(% 2,21)
Yildiz Teknik University	(% 2,2)
Dokuz Eylul University	(% 1,89)
Tübitak	(% 1,83)
Ankara University	(% 1,7)
Selcuk University	(% 1,59)
Karadeniz Teknik University	(% 1,57)
Ataturk University	(% 1,31)
Cukurova University	(% 1,15)
Marmara University	(% 1,08)
Sabanci University	(% 1,05)
Kocaeli University	(% 1,03)
Firat University	(% 1)
Erciyes University	(% 0,99)
Sakarya University	(% 0,93)
Eskisehir Osmangazi University	(% 0,92)
Anadolu University	(% 0,9)
Koc University	(% 0,85)

Şekil 5.52. 1980-2012 arasında ağ içerisinde en çok üyesi bulunan 25 kurum.

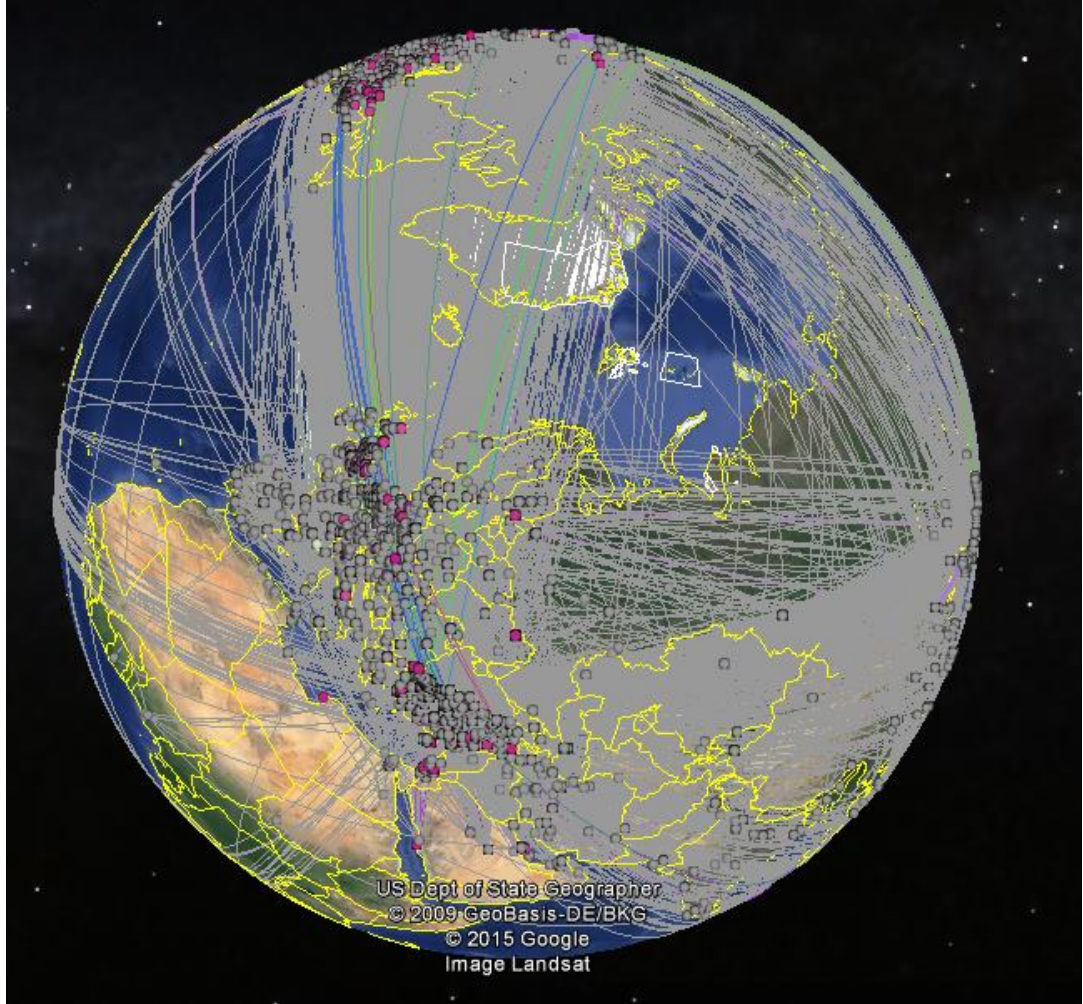
Şekil 5.52’de 33 yıllık süreç içerisinde yazarların adreslerinde verilen kurumlar gösterilmiştir. Ağ içerisinde en çok İstanbul Teknik Üniversitesi adresli yazar bulunmaktadır. Bir önceki 21 yıllık süreçte Orta Doğu Teknik Üniversitesi liderdi. 2001-2012 yılları arası süreçte İstanbul Teknik Üniversitesi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi en çok yazar çıkaran kurumlar listesinde geçmiştir. Liste incelendiği zaman teknik ve mühendislik ağırlıklı kurumların listede üst sıralarda olduğu görülmektedir. Listeye ilk 25 kurum eklenmiştir. 33 yıllık süreç içerisinde ilk 25 kurum içerisinde 21 devlet üniversitesi, 3 adet vakıf üniversitesi 1 adet bilimsel araştırma kuruluşu (Tübitak) girmiştir. İlk 5 kurumun tamamı devlet üniversiteleridir.



Şekil 5.53. 1980-2012 yılları arasında ağ da bulunan Türk (T) ve Yabancı (F) uyruklu yazarların sayıları.



1980 ile 2012 arasında ağımızda toplam 29548 adet yazar bulunmaktadır. Bu yazarların 21508 kişi Türk yazarlardan 8040 kişi yabancı yazarlardan oluşmaktadır. Ağda %72,79 Türk yazar ve %27,21 yabancı yazar vardır.



şekil 5.54. Bilimsel işbirliği ağının Google Earth görseli.

## BÖLÜM 6

### İSTATİKSEL, KONUMSAL VE KOMPLEKS AĞ ANALİZİ SONUÇLARI

#### 6.1. GİRİŞ

Çalışmamızda 1980 ile 2012 yılları arasında mühendislik alanında yapılan Türkiye adresli bilimsel yayınlara ait bilimsel işbirliği ağı oluşturulmuştur. İşbirliği ağıımız oluşturulurken ağ içerisinde yer alan yazarların için detaylı adres bilgileri tanımlanmıştır. Her bir yazar için aşağıdaki öznitelik verileri tanımlanmıştır.

- Yazarın Üniversitesi (aUniversity)
- Yazarın Üniversitesi (aDepartment)
- İlçe (aCounty)
- İl (aCity)
- Ülke (aCountry)
- Uyruk (aNationality)

Her bir yazar için 37 bin makalenin tek tek taranması ile oluşturulan veri tabanından çeşitli sonuçlar üretilebilmektedir. Örneğin Türkiye 1980-2012 yılları arasında illerden ağa katılan yazar sayıları bulunabilmektedir. Bu bölümde veri tabından elde edilen istatistiksel sonuçlar, yazarların konum bilgilerinden elde edilen sonuçlar ve bilimsel işbirliği ağının yapısal analiz sonuçları verilecektir.

#### 6.2. YAZARLARIN ÜLKELERE GÖRE DAĞILIMI

1980 ile 2012 yılları arasında Mühendislik alanında Türkiye adresli yayınlar içerisinde ülkelere göre yazar sayıları bulunmuştur. Yabancı ülkelere bulunan yazarlar genellikle yabancı uyruklu (F) olmakla birlikte içlerinde az sayıda yurt dışında bulunan Türk (T) uyruklu yazarlarda bulunmaktadır. Bilimsel işbirliği

ağımızda toplam 86 farklı ülkeden yazar bulunmaktadır. Veri tabanımızda bulunan yazar sayısına göre ilk 50 ülke Çizelge 6.1’de verilmiştir.

Çizelge 6.1. Türkiye adresli yayınlarda yazar sayılarına göre ilk 50 ülke.

Sıra No	Ülke	Yazar Sayısı	Sıra No	Ülke	Yazar Sayısı
1	Turkey	22001	26	Austria	56
2	Usa	2773	27	Finland	53
3	England	706	28	Poland	53
4	Germany	478	29	Romania	53
5	Italy	285	30	Czech republic	50
6	Canada	261	31	Israel	46
7	France	238	32	Ireland	36
8	Japan	202	33	Hungary	35
9	Netherlands	173	34	Portugal	35
10	Iran	160	35	Bulgaria	34
11	Switzerland	127	36	Singapore	33
12	Belgium	126	37	Norway	28
13	Spain	112	38	U. Arab Emirates	27
14	China	110	39	Egypt	24
15	Sweden	105	40	Tunisia	24
16	Australia	93	41	Malaysia	23
17	Greece	89	42	Brazil	21
18	Russia	87	43	Pakistan	21
19	India	75	44	Jordan	20
20	Denmark	73	45	Mexico	18
21	South korea	73	46	South africa	18
22	Saudi arabia	70	47	Slovakia	17
23	Scotland	70	48	Taiwan	15
24	Azerbaijan	66	49	Serbia	13
25	Ukraine	63	50	Thailand	13

Çizelge 6.1 incelendiğinde Türk araştırmacıların daha çok bilimsel ve teknolojik açıdan gelişmiş ülkelerden araştırmacılar ile işbirliği yaptığı görülmektedir. Doğal olarak ağımızda en çok Türkiye’den yazar bulunmaktadır. Türkiye’yi sırası ile Amerika Birleşik Devletleri, İngiltere ve Almanya izlemektedir.



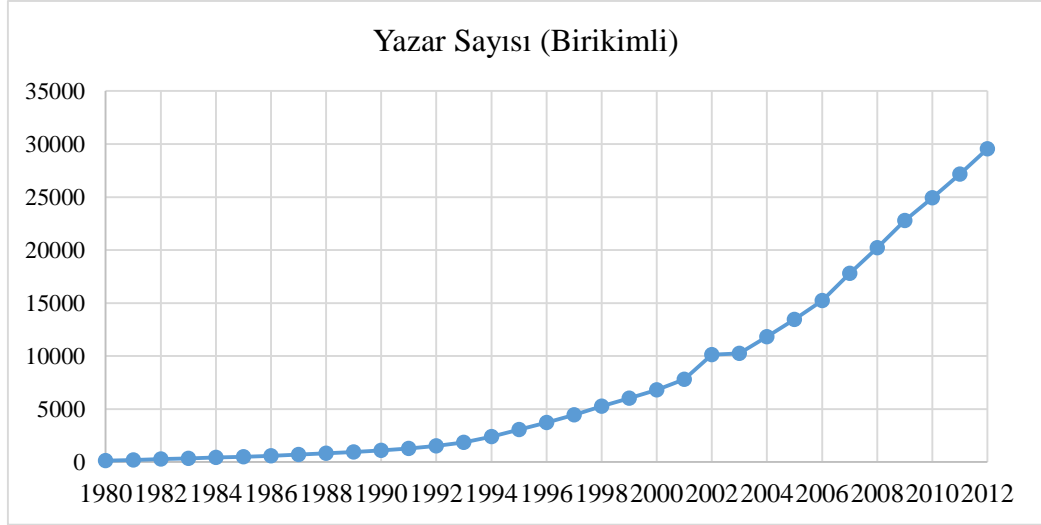
### 6.3. YAZAR SAYISININ YILLARA GÖRE DEĞİŞİMİ

Ülkemizde araştırmacı ve bilim insanı sayısının artması ile birlikte yayın sayısı ve yazar sayısı hızla artmıştır. Mühendislik alanında yetişen insan sayısının artması yazar sayısının artışı ile orantılıdır. 1980 ile 2012 yılları arasında ağa yeni katılan yazar sayısının artmasında, ülkemizde yeni üniversitelerin kurulması ve bununla beraber istihdam edilen bilim insanı sayısının artması etkili olmuştur. 1980 ile 2012 arasında tarafımızdan tespit edilebilen yazar sayısı 29548 kişidir.

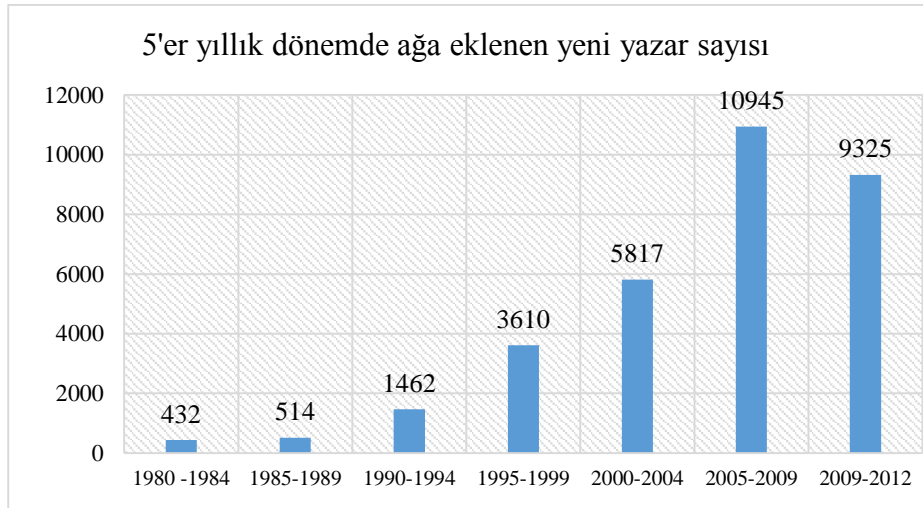
Çizelge 6.2. 1980-2012 arası ağa yıllara göre yeni katılan yazar sayısı.

Yıl	Yazar Sayısı	Yıl	Yazar Sayısı	Yıl	Yazar Sayısı
1980	121	1991	161	2002	2342
1981	78	1992	261	2003	111
1982	82	1993	321	2004	1583
1983	72	1994	554	2005	1606
1984	79	1995	660	2006	1795
1985	76	1996	671	2007	2555
1986	74	1997	727	2008	2432
1987	119	1998	806	2009	2557
1988	116	1999	746	2010	2147
1989	129	2000	784	2011	2248
1990	165	2001	997	2012	2373

33 yıllık süreç içerisinde hemen her yıl ağa katılan yazar sayısı düzenli olarak artmıştır. Ağa en çok 2009 yılında yeni yazar katılmıştır. Ağımıza en az yazar katılımı ise 1983 yılında 72 yazar ile gerçekleşmiştir. Çizelge 6.2 incelendiği zaman ağa katılan yeni yazar sayısının çok hızlı bir şekilde arttığı görülmektedir.



Şekil 6.1. Yıllara göre yazar sayılarının değişimi (birikimli).



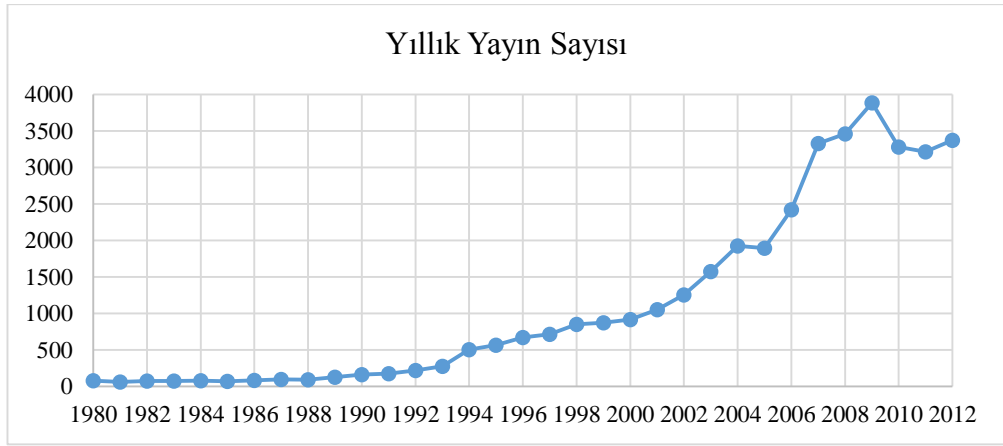
Şekil 6.2. 5'er yıllık dönemde ağı eklenen yeni yazar sayısı.

#### 6.4. YAYIN SAYISININ YILLARA GÖRE DEĞİŞİMİ

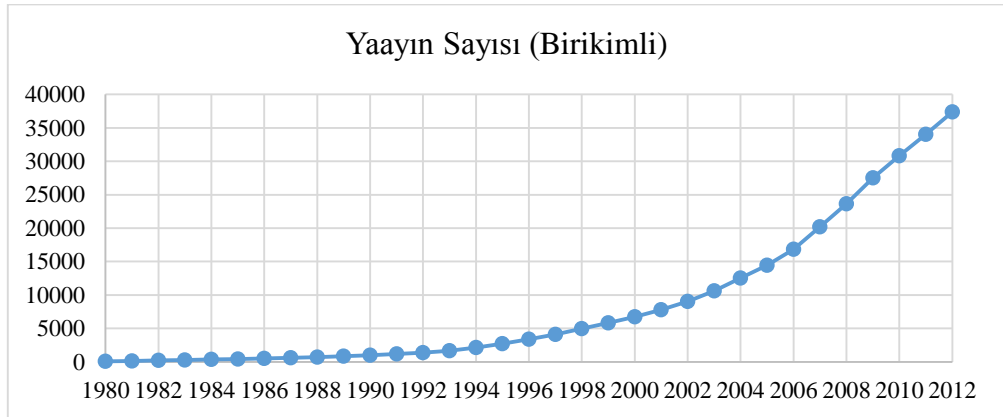
1980 yılında uluslararası indekslerce taranan 76 adet Türkiye adresli makale ile başlayan bilimsel işbirliği ağımızın gelişimi, 2012 yılında yıllık yaklaşık 3000 adet yayın seviyesine çıkmıştır. 33 yıllık süreç sonunda Türkiye adresli Web of Science tarafından taranan indeksli bilimsel yayın sayısı yaklaşık 37 bin civarındadır (Çizelge 6.3).

Çizelge 6.3. 1980-2012 yılları arasında mühendislik alanında Türkiye adresli bilimsel yayın sayıları.

Yıl	Yayın Sayısı	Yıl	Yayın Sayısı	Yıl	Yayın Sayısı
1980	76	1991	175	2002	1255
1981	62	1992	220	2003	1572
1982	72	1993	274	2004	1925
1983	72	1994	501	2005	1893
1984	78	1995	563	2006	2422
1985	69	1996	669	2007	3330
1986	81	1997	712	2008	3462
1987	96	1998	850	2009	3888
1988	92	1999	873	2010	3279
1989	127	2000	916	2011	3215
1990	160	2001	1053	2012	3371



Şekil 6.3. 1980-2012 yılları arasında Türkiye adresli yayın grafiği.



Şekil 6.4. 1980-2012 yılları arasında Türkiye adresli bilimsel yayın sayıları (birikimli).

## 6.5. YENİ YAYIN SAYISINA GÖRE YENİ YAZAR SAYISIN DEĞİŞİMİ

Ağımıza yeni bir yazarın ismi ilk yaptığı yayın ile eklenmektedir. Bir yazarın ismi ağa bir kez eklendikten sonra yazarın yaptığı yeni çalışmalar da ismi ağa eklenmez sadece işbirliği linkleri tanımlanır. Yıllar bazında yeni yayınlara göre, ağımıza eklenen yeni yazar sayıları Çizelge 6.4’de verilmiştir. Yayın sayılarının artışı ile orantılı olarak ağa eklenen yeni yazar sayısı da artmıştır.

Çizelge 6.4. Yıllara göre yeni yayın sayılarına göre yeni yazar sayıları.

Yıl	Yayın Sayısı	Yazar Sayısı	Yıl	Yayın Sayısı	Yazar Sayısı	Yıl	Yayın Sayısı	Yazar Sayısı
1980	76	121	1991	175	161	2002	1255	2342
1981	62	78	1992	220	261	2003	1572	111
1982	72	82	1993	274	321	2004	1925	1583
1983	72	72	1994	501	554	2005	1893	1606
1984	78	79	1995	563	660	2006	2422	1795
1985	69	76	1996	669	671	2007	3330	2555
1986	81	74	1997	712	727	2008	3462	2432
1987	96	119	1998	850	806	2009	3888	2557
1988	92	116	1999	873	746	2010	3279	2147
1989	127	129	2000	916	784	2011	3215	2248
1990	160	165	2001	1053	997	2012	3371	2373



Şekil 6.5. Yıllara yeni yayınlara göre yeni yazar sayısının değişimi.

## 6.6. AĞININ KONUM BAZLI ANALİZİ VE GÖRSELLEŞTİRİLMESİ

Türkiye ve yurtdışı katılımlı yazarların adresleri İlçe (aCounty), İl (aCity) ve Ülke (aCountry) şeklinde ayrıştırılarak veri tabanımıza aktarılmıştır. Özellikle Türkiye adresli yazarların hangi illerden oldukları bilgisi veri tabanımızda bulunmaktadır. Bu veriler kullanılarak analizler yapılacaktır. İllere göre yeni yazar sayısı, yazarın ağa giriş yılı baz alınarak tablolara aktarılmıştır. Verilerimiz yayın sayısını değil yazar sayısını göstermektedir. Bu bölümde Türkiye içerisinde bulunan şehirlerden hangi yıllarda kaç adet yazar çıktığı bilgisi görselleştirilecektir. Verilerimizin görsel olarak sunulması için StatPlanet isimli interaktif haritalandırma programı kullanılmıştır [57].

### 6.6.1. İllere Göre Yazar Sayılarının İncelenmesi

Bilimsel işbirliği ağımızda birer düğüm olarak temsil edilen her bir yazar için adres bilgilerini Ms SQL veri tabanımız içerisinde tanımlanmıştır. Tanımlanan bilgiler üzerinden aşağıdaki veriler elde edilmiştir. Türkiye’de bilimsel yazar sayısının artışının aşamalı olarak anlaşılabilmesi için veri setimiz üç bölüm altında incelenecektir.

1996	YAZAR SAYISI	8	0	0	0	0	0	172	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6						
1995	YAZAR SAYISI	18	0	0	0	0	0	146	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3						
1994	YAZAR SAYISI	4	0	0	0	0	0	172	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5						
1993	YAZAR SAYISI	8	0	0	0	0	0	123	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2						
1992	YAZAR SAYISI	4	0	0	0	0	0	91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
1991	YAZAR SAYISI	2	0	0	0	0	0	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
1990	YAZAR SAYISI	3	0	0	0	0	0	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
1989	YAZAR SAYISI	8	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
1988	YAZAR SAYISI	0	0	0	0	0	0	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
1987	YAZAR SAYISI	0	0	0	0	0	0	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
1986	YAZAR SAYISI	2	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
1985	YAZAR SAYISI	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
1984	YAZAR SAYISI	3	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
1983	YAZAR SAYISI	0	0	0	0	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
1982	YAZAR SAYISI	0	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
1981	YAZAR SAYISI	2	0	0	0	0	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2						
1980	YAZAR SAYISI	1	0	0	0	0	0	36	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
<b>TOPLAM</b>		<b>354</b>	<b>8</b>	<b>97</b>	<b>2</b>	<b>28</b>	<b>1</b>	<b>6154</b>	<b>149</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>22</b>	<b>82</b>	<b>25</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>39</b>	<b>8</b>	<b>229</b>														
		Adana	Adıyaman	Afyon	Agri	Aksaray	Amasya	Ankara	Antalya	Ardahan	Artvin	Aydın	Balıkesir	Bartın	Batman	Bayburt	Bilecik	Bingöl	Bitlis	Bolu	Burdur	Bursa														

Şekil 6.6. Yıl bazında illere göre yazar sayıları için hazırlanan veri setinin görünümü.

1980-2012 arasında bulunan 33 yıllık süreç için illere göre yazar sayıları için Şekil 6.6'da bir bölümü görülen veri seti hazırlanmıştır. Veri setimizde hangi yılda hangi ilden kaç yeni kişinin uluslararası yayın yaptığı verilmiştir. 1980 yılında pek çok ilde hiçbir yazar çıkmamışken, 2012 itibari ile hemen hemen tüm illerden mühendislik alanında yayın yapan yazarlar çıkmıştır. 1980-1990,1980-2000 ve 1980-2012 yılları arasında en çok yazar bulunan ilk 20 il Çizelge 6.5'de verilmiştir.

1980-1990 arasındaki dönemde Türkiye'de Mühendislik alanında 21 farklı ilden yazar tespit edilmiştir. 1980-2000 arasındaki dönemde Türkiye'de Mühendislik alanında 47 farklı ilden yazar bulunmaktadır. 1980-2012 arasında Türkiye'de bulunan 78 ilden mühendislik alanında yazar tespit edilmiştir. Veri setimizden mühendislik alanında yazar bulunmayan iller Ardahan, Iğdır ve Mardin olarak bulunmuştur.

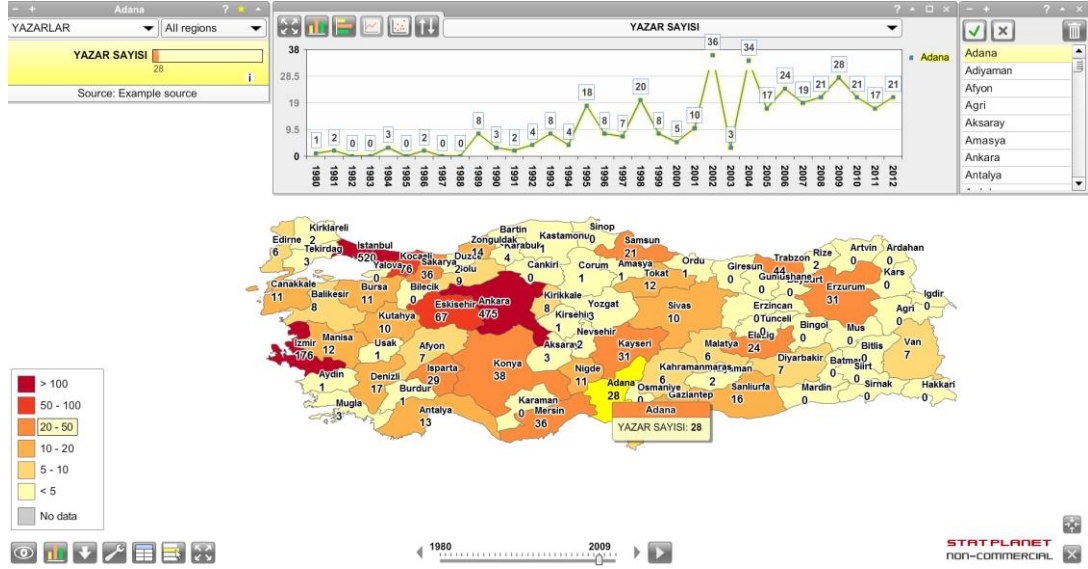
Çizelge 6.5. Türkiye adresli yayınlar içerisinde en çok yazar çıkaran iller.

1980-1990		1980-2000		1980-2012	
Ankara	368	Ankara	2109	İstanbul	6240
İstanbul	214	İstanbul	1798	Ankara	6154
İzmir	51	İzmir	357	İzmir	1622
Kocaeli	51	Kocaeli	317	Kocaeli	1018
Trabzon	29	Trabzon	154	Eskisehir	547
Isparta	21	Isparta	123	Konya	483
Adana	19	Eskisehir	119	Trabzon	480
Erzurum	11	Adana	113	Mersin	406
Kayseri	11	Erzurum	111	Erzurum	393
Gaziantep	7	Mersin	98	Adana	354
Elazığ	5	Elazığ	89	Isparta	344
Diyarbakir	3	Kayseri	73	Kayseri	307
Eskisehir	3	Konya	68	Elazığ	301
Bursa	2	Gaziantep	58	Sakarya	279
Konya	2	Sakarya	58	Bursa	229
Antalya	1	Samsun	48	Gaziantep	217
Bilecik	1	Diyarbakir	41	Samsun	184
Hatay	1	Bursa	40	Malatya	164
Malatya	1	Sivas	30	Denizli	151
Samsun	1	Malatya	27	Antalya	149

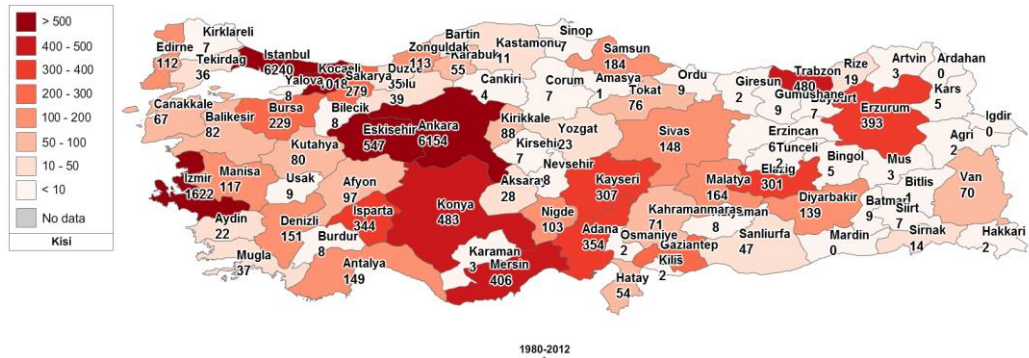
StatPlanet interaktif haritalama ve grafik programı kullanılarak veri tabanından elde ettiğimiz veriler görselleştirilmiştir. Yapılan veri işleme ve görselleştirme sonucunda Şekil 6.7'de verilen çıktı elde edilmiştir. Oluşturduğumuz interaktif haritada kayar



menü yardımı ile incelemek istediğimiz yıl aralıkları seçilebilmektedir. Harita üzerinde renklendirmeler bir lejant ile yapılmaktadır. Ayrıca seçilen il merkezine ait 1980-2012 yılları arasındaki veriler istatistik çubuğu ile görüntülenmektedir.

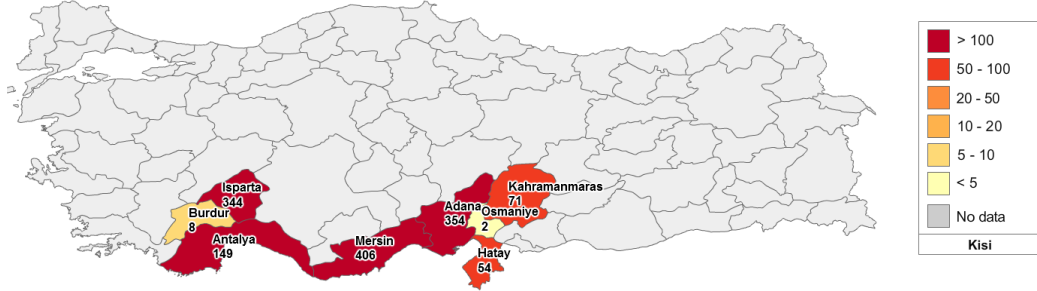


Şekil 6.7. Türkiye haritası ile illerin yazar sayılarının görselleştirilmesi.

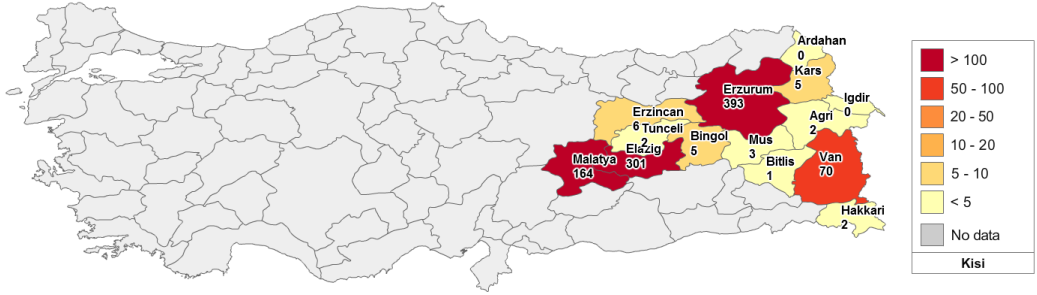


Şekil 6.8. Türkiye haritası ile illerde bulunan yazarlar sayılarının 1980-2012 dönemi için görselleştirilmesi.

Türkiye 7 farklı coğrafi bölgeye ayrılarak incelenmektedir. Ağımızın görselleştirilmesinde Türkiye'nin hangi bölgesinin bilime ne kadar katkı yaptığının anlaşılması için bölgeler bazında yazar sayıları görselleştirilmiştir. Bu sayede ülkemizin bölgelerinin mühendislik alanına katkısı görülmektedir.



Şekil 6.9. Akdeniz bölgesi illere göre yazar sayısı.



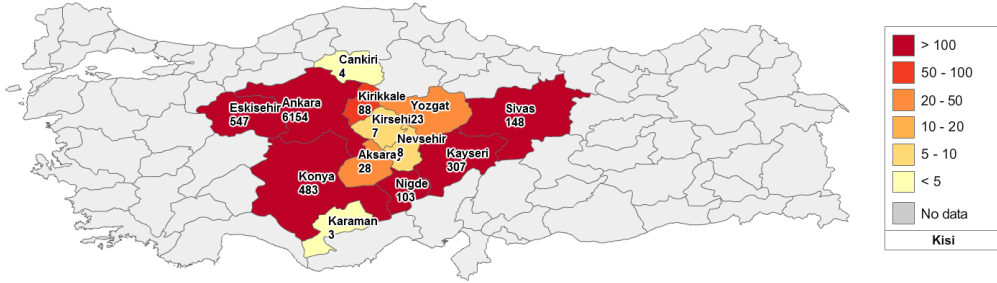
Şekil 6.10. Doğu Anadolu bölgesi illere göre yazar sayısı.



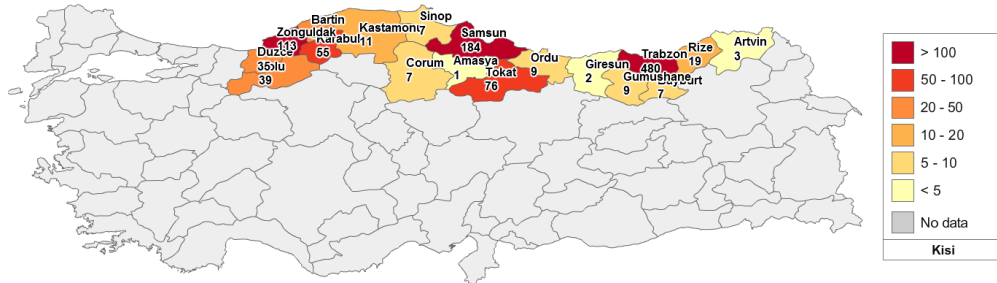
Şekil 6.11. Ege bölgesi illere göre yazar sayısı.



Şekil 6.12. Güneydoğu Anadolu bölgesi illere göre yazar sayısı.



Şekil 6.13. İç Anadolu bölgesi illere göre yazar sayısı.



Şekil 6.14. Karadeniz bölgesi illere göre yazar sayısı.

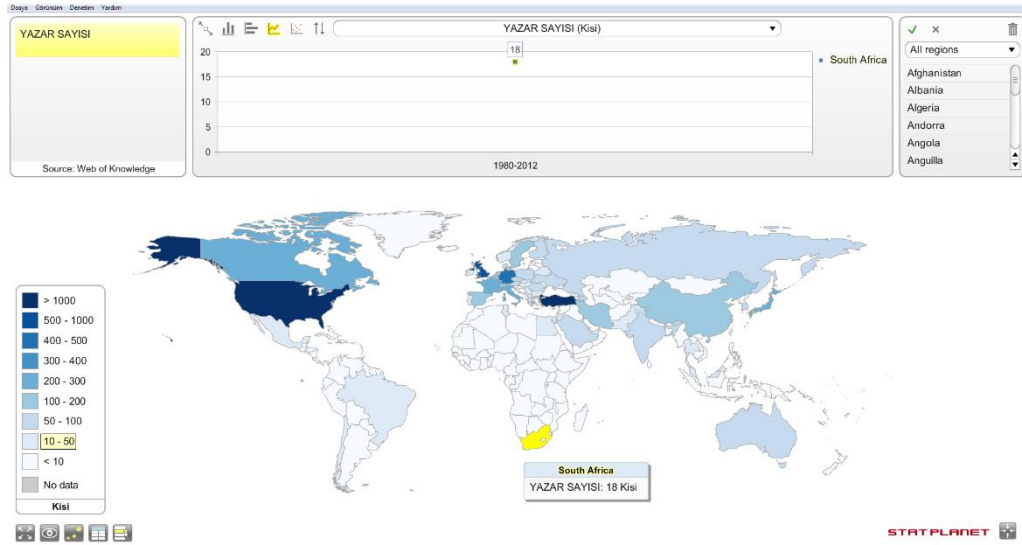


Şekil 6.15. Marmara bölgesi illere göre yazar sayısı.

Türkiye'nin mühendislik alanında en çok yazar çıkartan iller Marmara bölgesinde yer almaktadır (Şekil 6.15). Türkiye'nin batı illerinden doğu illerine doğru gidildikçe yazar sayıları azalmaktadır.

## 6.6.2. Ülkelere Göre Yazar Sayılarının İncelenmesi

Bilimsel işbirliği ağımız da yer alan yabancı ülke adresli yazarların hangi ülkelerden geldiklerine ve sayılarına göre, dünya haritası renklendirilmiştir (Şekil 6.16).



Şekil 6.16. Yabancı ülkelere gelen yazarların oluşturduğu dünya haritası görseli.

## 6.7. KOMPLEKS AĞ ANALİZ SONUÇLARI

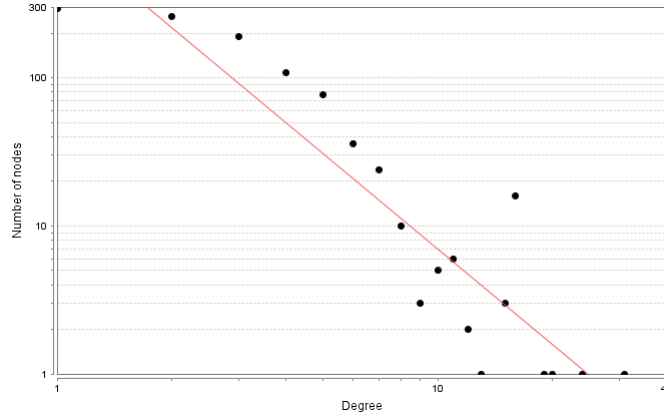
Bu bölümde kompleks ağlara iyi bir örnek olan bilimsel işbirliği ağımıza ilişkin yapısal bazı özellikler analiz edilecektir. 1980 ile 2012 yılları arasındaki 33 yıllık sürede 29548 düğüm ve 91486 adet link vardır. Bu büyüklükteki graflar geniş ölçekli kompleks ağlar olarak adlandırılırlar. Bilimsel işbirliği ağımız gerçek dünyada bulunan ölçek bağımsız kompleks ağlar sınıfında yer almaktadır. Bu bölüm içerisinde ağımızın ölçek bağımsız ağların gösterdiği düğüm derece dağılımına, ağ yoğunluğu ve yakınlık merkeziliği gibi özellikleri Gephi ve CytoScape programları kullanılarak incelenecektir.

### 6.7.1. Dügüm Derece Dağılımı

Gerçek dünyada yer alan ölçek bağımsız ağların gösterdiği en temel karakteristik özellik düğüm derece dağılımıdır. Ölçek bağımsız ağların düğüm derece dağılımı power-law modeline uygun olarak gerçekleşmektedir. Ölçek bağımsız ağlarda rassal ağlardan farklı olarak düğümlerin derece değerleri heterojen dağılım göstermektedir. Bu tür ağlarda düğümlerin derece değerleri birbirlerinden oldukça farklıdır. Derece dağılımının power law modeline uygun olarak çizilmesi ağımızın ölçek bağımsız olduğunu ve ağın içerisinde tercihli bağlantı, büyüme ve popüler hublar gibi ölçek bağımsız ağlara ait özelliklerin var olduğu sonucunu ortaya çıkarır.

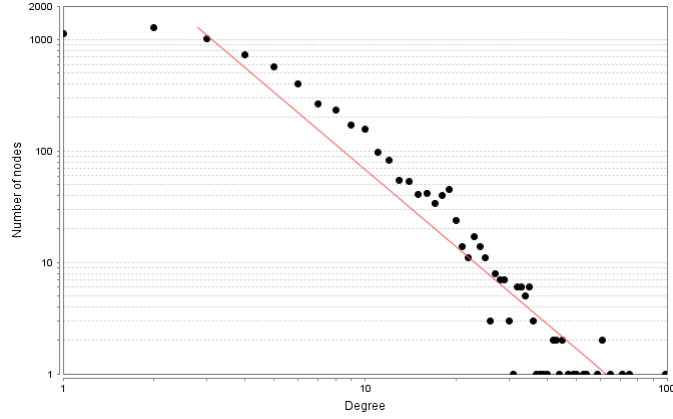
Ağımızın gelişimini daha iyi inceleyebilmek için ağımıza ait düğüm derece dağılımı üç bölüm (1980-1990, 1980-2000 ve 1980-2012) halinde çizdirilmiştir. Ağımız için dağılım grafiğimiz logaritmik ölçekte çizdirilmiştir.

*i)- 1980-1990 dönemi düğüm derece dağılımı:* Ağımızın en az düğüm içeren grafiği olduğu için dağılım grafiği oldukça sadedir (Şekil 6.17).



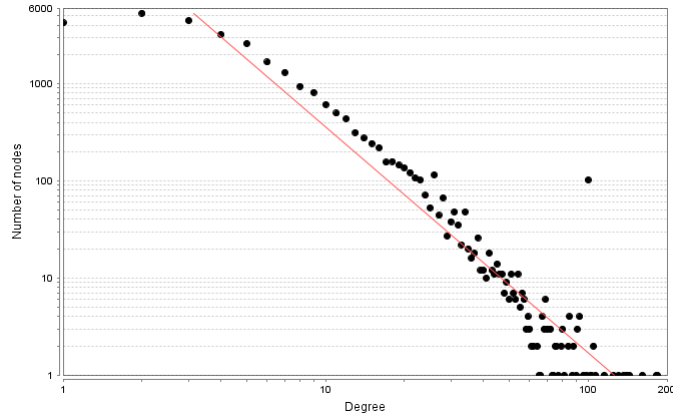
Şekil 6.17. 1980-1990 yılları düğüm derece dağılımı.

*ii)- 1980-2000 dönemi düğüm derece dağılımı:*



Şekil 6.18. 1980-2000 yılları düğüm derece dağılımı.

iii)- 1980-2012 dönemi düğüm derece dağılımı:



Şekil 6.19. 1980-2012 yılları düğüm derece dağılımı.

Her üç dönem için çizdirilen düğüm derece dağılım grafikleri power-law dağılım grafiğine uygundur. Özellikle 33 yıllık süreç içerisindeki düğüm derece dağılım grafiği, kompleks bir ağın düğüm derece grafiği için iyi bir örnektir. Tüm grafiklerimizde görüleceği üzere grafik zamanla yavaş yavaş sıfır noktasına ulaşmıştır.

Elde ettiğimiz bilimsel işbirliği ağımız, Barabasi-Albert modeli ağların sahip olması gereken özellikleri taşımaktadır. Ağımız tercihli bağlantı ve büyüme ilkesine uygun davranış sergilemektedir. Ağımız düğüm derece dağılımı olarak power-law özellik

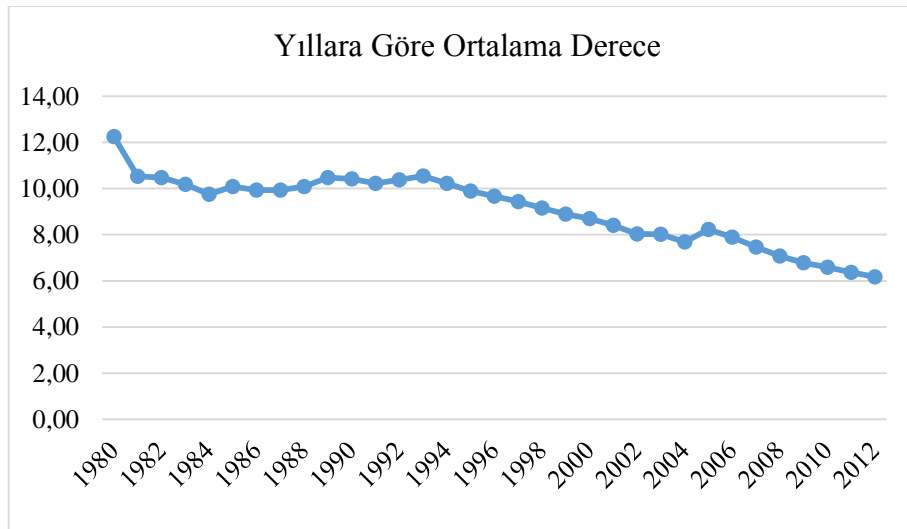


göstermektedir. Bu özelliklerden yola çıkarak ağımızın ölçek bağımsız bir ağ olduğu söylenebilir.

### 6.7.2. Ortalama Derece

Rassal ağlardan farklı olarak gerçel ağlarda düğümlerin derece değerleri belirli bir fonksiyon veya algoritma ile elde edilmez. Ölçek bağımsız ağlarda düğümlerin sahip oldukları derece değerleri geniş ölçekte dağılım göstermektedirler. Bilimsel işbirliği ağımızda en yüksek derece değeri 184'dür. En düşük derece değeri ise 0'dır. Ortalama derece değeri, ağda bulunan tüm düğümlerin dereceleri toplamının ağda bulunan düğüm sayısına bölünmesi ile elde edilir. 1980 ile 2012 yılları arası bilimsel işbirliği ağı için ortalama derece değeri 6,192 olarak bulunmuştur.

Ağımızda yüksek dereceli düğümlerin sayısının fazla olması ortalama dereceyi yükseltmektedir. Gerçekte ağımızda bulunan yazarların derece değerleri genel olarak 1 ile 5 arasında değişmektedir. Yıllara göre ortalama derecenin değişimi Şekil 6.20'de verilmiştir. Ağa yeni eklenen yazarların 0 veya 1 derece değerine sahip olmaları nedeniyle ortalama derece değeri zamanla azalmaktadır.



Şekil 6.20. Yıllara göre ortalama derecenin değişimi.

### 6.7.3. Ortalama Yol Uzunluğu

Ortalama yol uzunluğu iki düğüm arasındaki bağlantının sağlanabilmesi için kat edilen mesafenin ölçüsüdür. Milgram meşhur mektup deneyinde sosyal ağlarda iki düğüm arasındaki ortalama yol uzunluğunun yaklaşık olarak 6 düğümden oluştuğunu bulmuştur. Yapılan başka çalışmalarda da benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Ağımızda Çizelge 6.6'de görüldüğü üzere üç dönem için, ortalama yol uzunluğu değeri olarak 6 rakamına yakın sonuçlar bulunmuştur. Küçük dünya ağlarında iki düğüm arası uzaklık ortalama olarak 6 değerine yakın sonuçlar elde edilmektedir. Bu nedenle bilimsel işbirliği ağımız küçük dünya ağları içerisinde yer almaktadır.

Çizelge 6.6. Ortalama yol uzunluğu.

Dönem	Ortalama Yol Uzunluğu
1980-1990	6,64
1980-2000	5,64
1980-2012	5,77

### 6.7.4. İzole Düğümler

Ağ içerisinde izole düğümler (*isolated nodes*) bulunmaktadır. İzole düğümlerin kendisinden başka hiçbir düğüm ile arasında link yoktur. Ağ görselleştirmelerinde izole düğümler tek bir nokta olarak görselleştirilirler. Bilimsel işbirliği ağında izole düğümler yazarların tek başlarına yayın yapmaları ile oluşur. Bu yazarlar başka hiçbir yazar ile işbirliği yapmamışlar. Ayrıca daha önce belirtildiği gibi, Web of Science'da bazı yazarların isimlerinin yazılış biçimlerindeki sorunlar nedeniyle izole düğümler oluşmaktadır. Çizelge 6.7 incelendiği zaman görüleceği üzere izole düğümlerin sayısı toplam ağ büyüklüğüne göre oldukça küçüktür. İzole düğümlerin derece değeri 0'dan farklı olabilir. Bilimsel işbirliği ağında eğer bir yazar sürekli tek başına yayın yapar ise, düğüm derecesi artar ancak izole edilmiş düğüm olmaya devam eder. 2012 yılı sonunda bilimsel işbirliği ağında toplam izole düğüm sayısı 495 adettir (Çizelge 6.7).

Çizelge 6.7. İzole düğümlerin sayısı.

Dönem	İzole Düğüm Sayısı
1980-1990	74
1980-2000	198
1980-2012	495

#### 6.7.5. Ağ Yoğunluğu

Ağ yoğunluğu kompleks ağlarda link sayısının bir ölçüsüdür. Ağ yoğunluğu ile ağdaki düğümlerin bağlılık durumu ölçülür. Ağ da bulunan düğüm sayısı ile tanımlanabilecek maksimum link sayısı ile ilişkilidir. Ağ yoğunluğu 0 ile 1 arasında bir sayı ile ifade edilir. Ağ yoğunluğu 0'a yaklaştıkça azalır ve 1'e yaklaştıkça artar [29]. Hesaplamalar ağ içerisinde tanımlanabilecek maksimum link sayısı ile ilişkili olarak yapılır. Düğüm sayısı n olmak üzere tanımlanabilecek maksimum link sayısı  $n(n+1)/2$  formülü ile bulunur.

Çizelge 6.8. Ağ yoğunluğu.

Dönem	Ağ Yoğunluğu
1980-1990	0,003
1980-2000	0,001
1980-2012	0,000

Çizelge 6.8'de verildiği üzere ağımızın link yoğunluğu zamanla azalmaktadır. Ağ yoğunluğunun azalmasının nedeni ağdaki düğüm sayısının zamanla artması ancak ağ da bulunan link sayısının aynı hızda artmamasıdır. Bilimsel işbirliği ağında ağ yoğunluğunun azalması, ağa yeni katılan yazar sayısının arttığını ancak işbirliği sayının aynı oranda artmadığını gösterir. İşbirliği ağı büyüklük olarak oldukça yoğun veri içermektedir. Ancak tanımlanabilecek maksimum link sayısına ulaşamamıştır.

### 6.7.6. Ağ Yarıçapı

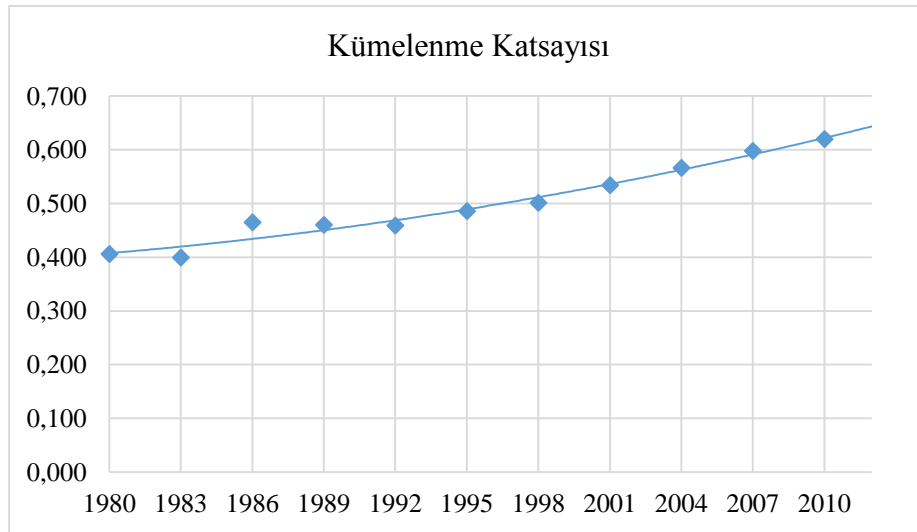
Ağ yarıçapı (*network diameter*), düğümler arasındaki maksimum link uzunluğunun ölçümü için kullanılan bir analizdir. Düğümler arasındaki en uzun link uzunluğunu ifade eder. Bilimsel işbirliği ağımızda en uzun link yolu de 16 düğümden oluşmaktadır (Çizelge 6.9).

Çizelge 6.9. Ağ yarıçapı.

Dönem	Ağ Yarıçapı
1980-1990	16
1980-2000	15
1980-2012	15

### 6.7.7. Kümelenme Katsayısı

Kümelenme kavramı düğümlerin birbirlerine komşu olması durumu ile ilgilidir. Sosyal ağlarda arkadaşlarınızın birbirlerini tanıyor olma durumudur. Kümelenme değeri yüksek olan ağlarda düğümler arasında oluşan komşuluk üçgenlerinin sayısı fazla olmaktadır [3]. Bilimsel işbirliği ağlarında kümelenme katsayı bir yazarın birlikte yayın yaptığı komşularının kendi aralarında başka bir yayında ortak çalışma yapması durumudur [10].



Şekil 6.21. Kümelenme kat sayısının yıllara göre değişimi.

Şekil 6.21’de 1980 ile 2012 yılları arasında ağın 3’er yıllık dönemleri için birikimli olarak oluşan kümelenme değerleri verilmiştir. Zaman ilerledikçe ağ içerisinde kümelenme değeri yükselmiştir. 2012 yılı sonunda ağdaki kümelenme katsayısı 0,62 gibi yüksek bir değere ulaşmıştır.

### 6.7.8. Derece Merkeziliği

Derece merkeziliği ile ağı oluşturan düğümler içerisinde en önemli düğümün hangisi olduğu araştırılır. Düğüm derecesi en yüksek olan düğüm en merkezi düğüm olarak belirlenir. Bilimsel ağlarda merkezilik sık kullanılır. Örneğin bilimsel atıf ağında en popüler yayınlar bu yöntem ile bulunur [18]. Bilimsel işbirliği ağında ise en popüler ve en aktif bilim adamları bu yöntem ile bulunabilir. Çizelge 6.10’da bilimsel işbirliği ağında derece merkeziliği en yüksek 10 yazar verilmiştir.

Çizelge 6.10. Derece merkeziliği en yüksek 10 yazar.

Yazar	Üniversite	Ülke	Ulus	Yıl	Derece Merkeziliği
PISKIN	Hacettepe University	Turkey	T	1980	184
YILMAZ	Selcuk University	Turkey	T	1989	182
ORHON	Istanbul Teknik University	Turkey	T	1982	161
OZBAY	Bilkent University	Turkey	T	1996	144
HASIRCI	Orta Dogu Teknik University	Turkey	T	1993	142
DENIZLI	Hacettepe University	Turkey	T	1988	140
YUKSEL	Ege University	Turkey	T	1990	137
CETIN	University of Toronto	Canada	T	1989	131
SAHIN	Istanbul Teknik University	Turkey	T	1995	125
OZTURK	Istanbul Teknik University	Turkey	T	1989	115

### 6.7.9. Özvektör Merkeziliği (Eigenvector Centrality)

Düğümlerin değerini komşu oldukları düğümlerin önem değerine göre belirleyen bir ölçümdür. Temel olarak tüm komşular eş değerdedir. Ancak bir düğümün önemi komşu olduğu düğümlerin önem değerleri ile ilişkilidir. Çok önemli komşuları olan düğümlerin Özvektör Merkeziliği yüksektir [18]. Çizelge 6.11’de özvektör merkeziliği en yüksek 10 yazar verilmiştir.

Çizelge 6.11. Özvektör merkeziliği en yüksek 10 yazar.

Yazar	Üniversite	Ülke	Ulus	Yıl	Özvektör Merkeziliği
CWETANSKI	Indiana University	Usa	F	2005	1.0
AKESSON	Lund University	Sweden	F	2005	1.0
ANGHINOLI	European Organization for Nuclear Research	Switzerland	F	2005	1.0
ARIK	Bogazici University	Turkey	T	2005	1.0
BAKER	Yale University	Usa	F	2005	1.0
BANAS	Polish Academy of Science	Poland	F	2005	1.0
BARON	European Organization for Nuclear Research	Switzerland	F	2005	1.0
BENJAMIN	Duke University	Usa	F	2005	1.0
BERTELSEN	University of Copenhagen	Denmark	F	2005	1.0
BONDAREV	Moscow Engineering Physics Institute	Russia	F	2005	1.0

#### 6.7.10. Yakınlık Merkeziliği (Closeness Centrality)

Yakınlık merkeziliği, bir düğümün başka bir düğüme ulaşmak için alması gereken yolu ifade eder. Ağ içerisinde farklı yollar olabilir ancak yakınlık durumu her zaman en kısa yolu ifade eder [29]. Çizelge 6.12’de bilimsel işbirliği ağında yakınlık merkeziliği en yüksek 10 yazar verilmiştir.

Çizelge 6.12. Yakınlık merkeziliği en yüksek 10 yazar.

Yazar	Üniversite	Ülke	Ulus	Yıl	Yakınlık Merkeziliği
CEVIZICI	Dicle University	Turkey	T	2008	6.0
ISIMER	Hacettepe University	Turkey	T	1994	5.0
SAVAS	Bogazici University	Turkey	T	1995	5.0
AKAN	Orta Dogu Teknik University	Turkey	T	1981	2.0
BEN	University of Illinois Urbana-Champaign	Usa	F	1983	2.0
YILDIZ	Istanbul Teknik University	Turkey	T	1999	2.0
LING	National University of Singapore	Singapore	F	2004	2.0
BOZKAYA	Orta Dogu Teknik University	Turkey	T	2005	2.0
MERAL	Orta Dogu Teknik University	Turkey	T	2005	2.0
KREMPL	Rensselaer Polytechnic Institute	Usa	F	2005	2.0

#### 6.7.11. Aradalık Merkeziliği (Betweenness Centrality)

Ağ içerisinde bulunan bir düğümün başka iki düğüm arasında bulunma durumu için kullanılır [29]. Aradalık ölçülebilir bir analiz türüdür. Bir  $i$  düğümünden  $j$  düğüme en kısa yoldan gitmek için iki düğüm arasında bulunan  $k$  düğümünden kaç kez geçildiğinin ölçüsüdür. Bu ölçüye aradalık merkeziliği denir [16]. Çizelge 6.13’de bilimsel işbirliği ağında aradalık merkeziliği en yüksek 10 yazar verilmiştir.



Çizelge 6.13. Yakınlık merkeziliği en yüksek 10 yazar.

Yazar	Üniversite	Ülke	Ulus	Yıl	Aradalık Merkeziliği
BUZLUCA	Istanbul Teknik University	Turkey	T	2007	91644.5
BASAKCILAR	Istanbul Teknik University	Turkey	T	2007	91643.0
KARTAL	Kyoto University	Japan	T	2002	91642.5
NAS	Istanbul Teknik University	Turkey	T	2004	91626.5
TRYGGVASO	University of Notre Dame	USA	F	2004	91626.5
AKCIN	Bulent Ecevit University	Turkey	T	2002	91619.5
TEZER-SEZGI	Orta Dogu Teknik University	Turkey	T	2005	9.0
CANER	Canakkale Onsekiz Mart University	Turkey	T	2004	9.0
EVRENDILEK	Mustafa Kemal University	Turkey	T	2004	9.0
NESIMOGLU	Orta Dogu Teknik University	Turkey	T	2008	9.0

## BÖLÜM 7

### SONUÇ VE ÖNERİLER

#### 7.1. SONUÇLAR

1980 ile 2012 yılları için oluşturulan bilimsel işbirliği ağı, barındırdığı düğüm (29548 düğüm) ve link (91486 link) sayısı ile kompleks ağlar için iyi bir örnektir. Elde edilen işbirliği ağı kullanılarak sosyal ağlar için yapılan temel analizlerin önemli bir bölümü gerçekleştirilmiştir. Çalışmamızda literatürde pek rastlanmayan kompleks ağın oluşturulması, analiz edilmesi ve görselleştirme işlemleri bir arada gerçekleştirilmiştir. Özellikle kompleks ağların görselleştirilmesi yeni araştırma alanlarıdır. Çalışmamız ağ görselleştirilmesi konusunda ülkemizde yapılan ilk çalışmalardandır. Bu nedenle bilim literatürüne katkı yapacağı ümit edilmektedir.

Çalışmamızda ölçek bağımsız ağların topolojik özelliklerinin analiz (derece dağılımı, en kısa yol ve yoğunluk vb.) işlemleri yapılmıştır. Bilimsel işbirliği ağımız, ölçek bağımsız kompleks ağların sahip olduğu power law düğüm derece dağılımına sahip olduğu görülmüştür. Ağımızın 2012 yılı sonunda küçük dünya ağlarında ortalama yol uzunluğu olarak verilen 6 değerine oldukça yakın olan, 5,57 ortalama yol uzunluğuna sahip olduğu anlaşılmıştır. Bu yönüyle ağımız küçük dünya ağları kapsamına girmektedir. Ayrıca bilimsel işbirliği ağlarında görülen yüksek kümelenme katsayısı özelliklerini ağımız göstermektedir. 1980 ile 2012 arası dönemi için kümelenme katsayısı 0,62 olarak elde edilmiştir. Çalışmamızda ağa eklenen yeni yayın sayısına göre, yeni yazarların ağa katılımı incelenmiştir. Yeni yayın sayısı artışı ile doğru orantılı olarak yeni yazarların ağa katıldığı görülmüştür.

1980 yılında Türkiye adresli Mühendislik alanındaki yayın sayısı 121 ve yazar sayısı 76'dır, 2012 sonu itibari ağımız 29548 yazara ve yaklaşık olarak 37 bin yayına

ulaşmıştır. Bu durum ülkemizde nicel olarak mühendislik alanında yapılan çalışmaların sayısının arttığını göstermektedir.

Çalışmamızda 1980 ile 2012 yıllarını kapsayan işbirliği ağı, sosyal ağ görselleştirme yazılımları ve yöntemleri kullanılarak görselleştirilmiştir. Elde edilen ağ görselleri mühendislik alanındaki ağın anlaşılmasında etkili olmuştur. Oluşturan ağ görselleri bilimsel işbirliği ağının yapısını adeta bir fotoğraf gibi net olarak görülebilmesini sağlamıştır.

Yazarlar için tanımlanan adres verileri kullanılarak yazarların bilgileri konum bazlı (Ülke, Şehir ve Kurum) olarak elde edilmiştir. Bu veriler kullanılarak mühendislik alanında en çok yazar çıkaran kurumun “İstanbul Teknik Üniversitesi” olduğu görülmüştür. Ayrıca bilimsel işbirliği ağında en çok “İstanbul” ilinden yazar olduğu tespit edilmiştir. Bilimsel işbirliği ağında Türkiye adresli yazarlar dışında en çok A.B.D adresli yazar bulunmaktadır. 1980-1990 arasındaki dönemde Türkiye’de Mühendislik alanında 21 farklı ilden yazar tespit edilmiştir. 1980-2000 arasındaki dönemde Türkiye’de Mühendislik alanında 47 farklı ilden yazar bulunmaktadır. 1980-2012 arasında Türkiye bulanan 78 ilden mühendislik alanında yazar tespit edilmiştir. Mühendislik alanında çalışan araştırmacılar ülkemizin sadece gelişmiş illerinde değil tüm bölgelerinde buldukları çalışmamızdan anlaşılmıştır.

## **7.2. ÖNERİLER**

Uluslararası indekslerce taranan Türkiye adresli yayınlardan, sadece mühendislik temel alanı özelinde değil, Türkiye adresli tüm yayınları kapsayacak şekilde bir bilimsel işbirliği ağı oluşturulabilir. Oluşturulacak işbirliği ağında yazarların öznitelik verileri tanımlanabilir. Öznitelik verileri kullanılarak gerçekleştirilecek araştırmada yazarların ülke, şehir ve kurum bilgileri bazında bibliyometrik analizler yapılabilir. Ayrıca elde edilen bilimsel işbirliği ağı, kompleks ağ analizi yöntemleri ile incelenebilir ve görselleştirilebilir. Geniş kapsamlı bilimsel işbirliği ağı fen, sosyal ve tıp bilimlerini içine alacak şekilde görselleştirilebilir. Yapılacak görselleştirmeler ile bilim insanlarının araştırma eğilimleri ve popüler araştırma konuları hakkında bilgi edinilebilir.

Sosyal ağların görselleştirilmesi popüler araştırma konularından birisidir. Çalışmamız içerisinde kullanılan görselleştirme algoritmalarının bir benzeri sadece bilimsel işbirliği ağlarının görselleştirilmesi için geliştirilebilir.

## KAYNAKLAR

1. Boccaletti, S., Latora, V., Moreno, Y., Chavez, M. and Hwang, D. U., “Complex networks: structure and dynamics”, *Physics Reports*, 424: 175-308 (2006).
2. Van Steen, M., “An Introduction to Graph Theory and Complex Networks, 1st ed.”, *Maarten van Steen*, 11, 12, 133-150, 166, 167, 172, 173, 187-195, 212-214, 225-227 (2010).
3. Van der Hofstad, R., “Random Graphs and Complex Networks, Vol. I”, *Department of Mathematics and Computer Science, Eindhoven University of Technology*, Eindhoven, Netherlands, 1, 2, 16, 17, 21, 22, 27, 28, 33, 34 (2014).
4. Barrat, A., Barthélemy, M. and Vespignani, A., “Dynamical Processes on Complex Networks, 1st ed.”, *Cambridge University Press*, New York, 1-3, 11-13, 26, 27 (2008).
5. Estrada, E., “Graph and Network Theory”, *Mathematical Tools for Physicist*, 2nd ed., Grinfeld, M., *Wiley-Vch*, Weinheim, 134, 135, 137-139 (2015).
6. Caldarelli, G. and Vespignani, A., “Preliminaries and basic definitions in network theory”, *Large scale structure and dynamics of complex networks from information technology to finance and natural science*, Caldarelli, G. and Vespignani, A., *World Scientific Publishing Co.*, Singapore, 2, 3, 5, 6 , 12-15, 205-207 (2007).
7. Akal, Ş., “Gerçek ve model ağların karakteristik özelliklerinin karşılaştırılması”, *Marmara Üni. Öneri Dergisi.*, 11 (41): 251-272 (2014).
8. Huang, C. Y., Sun, C. T., and Lin, H. C., “Influence of local information on social simulations in small-world network models”, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 8 (4): 1-26 (2005).
9. Albert, R. and Barabási, A. L., “Statistical mechanics of complex networks”, *Reviews of Modern Physics.*, 74: 47-97 (2002).
10. Türker, İ., “Türkiye’deki bilimsel işbirliği ağı ve dinamikleri”, Doktora Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 11-15, 27, 28, 30-38, 48-50, 60-63 (2013).
11. Leskovec, J. and Horvitz, E., “Planetary-scale views on an instant-messaging network”, *WWW '08 Proceeding of the 17th International Conference on World Wide Web*, Beijing, 915-924 (2008).

12. Watts, D. J. and Strogatz, S. H., “Collective dynamics of ‘small-world’ networks”, *Nature*, 393 (4): 440-442 (1998).
13. Albert, R., Jeong, H. and Barabási, A. L., “Error and attack tolerance of complex networks”, *Nature*, 406 (27): 378-382 (2000).
14. İnternet: Network Science, “Node Degree Distribution Random Networks Versus Scale-Free Power-Law Networks”, [http://www.network-science.org/powerlaw\\_scalefree\\_node\\_degree\\_distribution.html](http://www.network-science.org/powerlaw_scalefree_node_degree_distribution.html) (2014).
15. Clauset, A., Shalizi, C. R. and Newman, M. E. J., “Power-law distributions in empirical data”, *SIAM Review*, 51 (4): 661-703 (2009).
16. Caldarelli, G., “Scale-Free Networks Complex Webs in Nature and Technology, 1st ed.”, *Oxford University Press*, New York, 39-41, 130-250, 185-205, 208-210, 214, 215, 227, 228, 231-234 (2007).
17. İnternet: Odd’s Blog, “Eight Properties of Social Network”, <http://oddelee.blogspot.com.tr/2007/09/eight-properties-of-social-network-14.html> (2014).
18. Newman, M. E. J., “Networks: An Introduction”, *Oxford University Press*, New York, 15-100, 28-32, 36-40, 63-67, 79-82, 168-222 (2010).
19. İnternet: World Wide Web Size, “The Size of the World Wide Web (The Internet)”, <http://www.worldwidewebsite.com> (2014).
20. Donato, D., Laura, L., Leonardi, S., and Millozzi, S., “The web as a graph: How far we are”, *ACM Transactions on Internet Technology*, 7 (1): 4 (2007).
21. İnternet: Large Networks Visulization Tool, “World Wide Web”, <http://lanet-vi.soic.indiana.edu/gallery.php> (2014).
22. İnternet: Large Networks Visulization Tool, “Internet Routers”, <http://lanet-vi.soic.indiana.edu/gallery.php> (2014).
23. İnternet: Home of the Sciences and Engineering at Smith College, ”How Power Grids Work”, [http://www.science.smith.edu/~jcardell/Courses/EGR220/ElecPwr\\_HSW.html](http://www.science.smith.edu/~jcardell/Courses/EGR220/ElecPwr_HSW.html) (2014).
24. İnternet: Strategic Informatics, “Social Network Data Visualization”, <http://www.strategicinformatics.com/?p=804> (2014).
25. İnternet: Large Networks Visulization Tool, “Scientific Collaborations”, <http://lanet-vi.soic.indiana.edu/gallery.php> (2014).
26. Giuffre, K., “Communities and Networks, 1st ed”, *Polity Press*, Cambridge, 2-11 (2013).



27. Birke, D., “Social Networks and Their Economics Influencing Consumer Choice, 1st ed”, *John Wiley & Sons Ltd*, West Sussex, 1, 2, 24, 25, 32, 33, 107, 108 (2013).
28. İnternet: Smith, J. O., “Network Theory: The Basics”, University of Michigan, <http://www.oecd.org/sti/inno/41858618.pdf> (2014).
29. Ghali, N., Panda, M., Hassanien, A. E., Abraham, A., and Snasel, V., “Social Networks Analysis: Tools, Measures and Visualization”, Computational Social Networks Mining and Visualization. , Abraham, A, *Springer*, London, 7- 9, 14, 15 (2012).
30. Çavuşoğlu, A., and Türker, İ., “Scientific collaboration network of Turkey”, *Chaos, Solitons & Fractals*, 57: 9-17 (2013).
31. İnternet: Eton Preneurs, “Global Digital Statistics 2014”, <http://etonpreneurs.com/uploads/Global%20Social,%20Digital%20&%20Mobile%20Statistics,%20Jan%202014.pdf> (2014).
32. Sonnenwald., D. H., “Scientific collaboration: A synthesis of challenges and strategies”, *Annual Review of Information Science and Technology*, 41 643-681 (2007).
33. İnternet: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, “Bilim ve Teknolojide Avrupa İşbirliği”, [http://www.tubitak.gov.tr/tr/kurumsal/uluslar\\_arasi/cok-tarafli-programlar/cost/icerik-cost](http://www.tubitak.gov.tr/tr/kurumsal/uluslar_arasi/cok-tarafli-programlar/cost/icerik-cost) (2014).
34. De Castro, R. and Grossman, J. W., “Famous trails to Paul Erdos”, *The Mathematical Intelligencer*, 21 (3): 51–63 (1999).
35. Newman, M. E. J., “Scientific collaboration networks: I. Network construction and fundamental results”, *Physical Review E*, 64 (1): 016131/1-016131/8 (2001).
36. Barrat, A., Barth´elemy, M., and Vespignani, A., “The architecture of complex weighted networks: measurements and models”, Large Scale Structure and Dynamics of Complex Networks From Information Technology to Finance and Natural Science., Caldarelli, G. and Vespignani, A., *World Scientific Publishing Co.*, Singapore, 79-82 (2007).
37. Al, U., Sezen, U., ve Soydal, İ., “Türkiye’nin bilimsel yayınlarının sosyal ağ analizi yöntemiyle değerlendirilmesi”, *Hacettepe Üniversitesi Bilgi ve Belge Yönetimi Bölümü*, Ankara, Proje No: 110K044, 40 (2012).
38. İnternet: Zhao, K., “Data Visualization”, School of Computing, National University of Singapore, [http://www.cs.uic.edu/~kzhao/Papers /00\\_course\\_Data\\_visualization.pdf](http://www.cs.uic.edu/~kzhao/Papers /00_course_Data_visualization.pdf) (2014).

39. Gaertler, M., and Wagner, D., “Visualizing large and complex networks”, Large Scale Structure and Dynamics of Complex Networks From Information Technology to Finance and Natural Science, Caldarelli, G. and Vespignani, A., *World Scientific Publishing Co.*, Singapore, 115, 116 (2007).
40. Ahmed, A., Dwyer, T., Hong, S. H., Murray, C., Song, L. and Wu, Y. X., “Visualisation and analysis of large and complex scale-free networks”, *Eurographics IEEE VGTC Symposium on Visualization*, Leeds, 239-246 (2005).
41. Hong, S., “Multiplane framework for visualisation and analysis of large and complex networks”, *Proceedings of 2008 RIMS Workshop on Acceleration and Visualisation of Computation for Enumeration Problems*, Kyoto University, Japonya, 1-11 (2009).
42. Newman, M. E. J. and Girvan, M., “Finding and evaluating community structure in networks”, *Physical Review E*, 69 (2): 026113 (2004).
43. Freeman, L. C., “Visualizing social networks”, *Journal of Social Structure*, 1 (1) (2000).
44. İnternet: Gephi, “Features”, <http://gephi.github.io/features/> (2014).
45. İnternet: Pajek, “Program for Analysis and Visualization of Large Networks”, Reference Manual, Batagelj V. and Mrvar A., <http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/pajek/doc/pajekman.pdf> (2014).
46. İnternet: Graphviz, “Graph Visualization Software”, <http://www.graphviz.org/> (2014).
47. İnternet: The R Project for Statistical Computing, “Getting Started”, <http://www.r-project.org/> (2014).
48. İnternet: Cytoscape, “What is Cytoscape?”, [http://www.cytoscape.org/what\\_is\\_cytoscape.html](http://www.cytoscape.org/what_is_cytoscape.html) (2014).
49. McGuffin, M. J., “Simple algorithms for network visualization: A tutorial”, *Tsinghua Science And Technology*, 17 (4): 1-16 (2012).
50. Jacomy, M., Venturini, T., Heymann, S. and Bastian, M., “ForceAtlas2, A continuous graph layout algorithm for handy network visualization designed for the Gephi software”, *Plos One*, 9 (6): e98679 (2014).
51. İnternet: Clement, L., “Gephi Foundations”, Emlyon Business School, [http://www.clementvallois.net/gephi/tuto/en/gephi\\_tutorial%20foundation\\_s\\_en.pdf](http://www.clementvallois.net/gephi/tuto/en/gephi_tutorial%20foundation_s_en.pdf) (2014).
52. İnternet: Web of Science, “Thomson Reuters Web of Knowledge”, <http://wokinfo.com/about/whatitis/> (2014).

53. İnternet: Web of Science, “Web of Science Nedir?”, [http://wokinfo.com/media/mtrp/wok5\\_wos\\_qrc\\_tk.pdf](http://wokinfo.com/media/mtrp/wok5_wos_qrc_tk.pdf) (2014).
54. İnternet: Polymer Korea, “Journal Basic Information, Aims and Scope”, <http://www.koreascience.or.kr/journal/AboutJournal.jsp?kojic=GBJHCY> (2014).
55. İnternet: Hacettepe Üniversitesi, “Biyomühendislik Anabilimdalı”, <http://www.biyomuh.hacettepe.edu.tr/index.html> (2014).
56. İnternet: Türkiye Bilimsel ve Tekno. Araş. Kur., “Prof. Dr. Erhan Bişkin CV”, [http://www.tubitak.gov.tr/tubitak\\_content\\_files/ErhanBiskin.pdf](http://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/ErhanBiskin.pdf) (2014).
57. İnternet: Statsilk, “StatPlanet - Create Interactive Maps & Graphs”, <http://www.statsilk.com/software/statplanet> (2014).

## ÖZGEÇMİŞ

Sait DEMİR, 1984 yılında Mucur-Kırşehir’de doğdu; ilk ve ortaokul öğrenimini Mucur’da tamamladı. Lise eğitimini Kırşehir Endüstri Meslek Lisesi Bilgisayar Yazılımı Bölümünden 2001 yılında mezun olarak tamamladı. Marmara Üniversitesi Bilgisayar ve Kontrol Öğretmenliği (İng.) bölümünden 2008 yılında mezun oldu. 2010 yılında Şırnak Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümüne araştırma görevlisi olarak atandı. Halen Şırnak Üniversitesi’nde görev yapmaktadır.

### **ADRES BİLGİLERİ**

Adres : Şırnak Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi  
Merkez /ŞIRNAK

Tel : (505) 4624093  
E-posta : saitdemir40@gmail.com