



**T.C.**

**ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ**

**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**EKONOMETRİ ANABİLİM DALI**

**İSTATİSTİK BİLİM DALI**

**SOSYAL AĞLARDA DAYANIKLILIK ANALİZİ: TWITTER  
#PERMAKULTUR SOSYAL AĞI DAYANIKLILIK ANALİZLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Nihan GENCER**

**BURSA 2018**



T.C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

EKONOMETRİ ANABİLİM DALI

İSTATİSTİK BİLİM DALI

SOSYAL AĞLARDA DAYANIKLILIK ANALİZİ: TWITTER  
#PERMAKULTUR SOSYAL AĞI DAYANIKLILIK ANALİZLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nihan GENCER

Danışman

Doç. Dr. Sevda GÜRSAKAL

BURSA 2018

T. C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Ekonometri Anabilim/Ana sanat Dalı,  
İstatistik Bilim Dalı'nda 700917001 numaralı  
'nın hazırladığı  
"Sosyal Ağlarda Dayanıklılık Twitter #Permakültür Sosyal Ağ. Dayanıklılık Analizi"  
konulu Yüksek Lisans (Yüksek Lisans/Doktora/Sanatta Yeterlik  
Tezi/Çalışması) ile ilgili tez savunma sınavı, 14/05/2018 günü 11:00 - 13:00 saatleri arasında  
yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin/çalışmasının  
başarılı (başarılı/başarısız) olduğuna oy birliği (oy birliği/oy çokluğu)  
ile karar verilmiştir.

Doç. Dr. Servet Gürsoy

Üye (Tez Danışmanı ve Sınav Komisyonu  
Başkanı)  
Akademik Unvanı, Adı Soyadı  
Üniversitesi

Dr. Öğr. Üy. Dilek Murat

Üye  
Akademik Unvanı, Adı Soyadı  
Üniversitesi

Üye  
Akademik Unvanı, Adı Soyadı  
Üniversitesi

Doç. Dr. Metehan Yılmaz

Üye  
Akademik Unvanı, Adı Soyadı  
Üniversitesi

Üye  
Akademik Unvanı, Adı Soyadı  
Üniversitesi

14/05/2018

ULUDAG UNIVERSITY  
SOCIAL SCIENCE INSTITUTE  
THESIS/DISSERTATION ORIGINALITY REPORT

ULUDAG UNIVERSITY  
SOCIAL SCIENCE INSTITUTE  
TO THE DEPARTMENT OF ...ECONOMETRICS.....

Date: 25/04/2018

Thesis Title / Topic: Robustness in Social Networks: #Permaculture  
Twitter Network Robustness Analysis

According to the originality report obtained by myself by using the Turnitin plagiarism detection software and by applying the filtering options stated below on 15/04/18 for the total of 143 pages including the a) Title Page, b) Introduction, c) Main Chapters, and d) Conclusion sections of my thesis entitled as above, the similarity index of my thesis is 10 %.

Filtering options applied:

1. Bibliography excluded
2. Quotes excluded
3. Match size up to 5 words excluded

I declare that I have carefully read Uludag University Social Science Institute Guidelines for Obtaining and Using Thesis Originality Reports; that according to the maximum similarity index values specified in the Guidelines, my thesis does not include any form of plagiarism; that in any future detection of possible infringement of the regulations I accept all legal responsibility; and that all the information I have provided is correct to the best of my knowledge.


I respectfully submit this for approval.

Date and Signature

25.04.2018



Name Surname: Nihan Gencer  
Student No: 700917001  
Department: Social Science Institute  
Program: Econometrics  
Status:  Masters  Ph.D.

Doc. Dr. Senda Gursolo  




**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**  
**YÜKSEK LİSANS/DOKTORA İNTİHAL YAZILIM RAPORU**

**ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**  
**EKONOMETRİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA**

Tarih: 25/04/2018

Tez Başlığı / Konusu: Sosyal Ağlarda Dayanıklılık Analizi (Twitter #Permakultur Sosyal Ağ v  
Dayanıklılık Analizleri)

Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonu  
kısmılarından oluşan toplam 141 sayfalık kısmına ilişkin, 18/04/2018 tarihinde şahsın  
tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından (Turnitin)\* aşağıda belirtilen  
filtrelemeler uygulanarak alınmış olan özgünlük raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 10 'tür.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç/dahil
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Çalışması Özgünlük Raporu Alınması v  
Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azam  
benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceğ  
muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermi  
olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Nihan Gencer

25.04.2018

Öğrenci No: 700917001

Anabilim Dalı: Sosyal Bilimler Enstitüsü

Programı: Ekonometri

Statüsü:  Y.Lisans  Doktora

Danışman  
(Adı, Soyad, Tarih)

25.04.2018

Doç. Dr. Sevil Görsel



## Yemin Metni

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “*Sosyal Ağlarda Dayanıklılık Analizi (Twitter #Permakultur Sosyal Ağı Dayanıklılık Analizleri)*” Başlıklı çalışmanın bilimsel araştırma, yazma ve etik kurallarına uygun olarak tarafımdan yazıldığına ve tezde yapılan bütün alıntıların kaynaklarının usulüne uygun olarak gösterildiğine, tezimde intihal ürünü cümle veya paragraflar bulunmadığına şerefim üzerine yemin ederim.

Tarih ve İmza

25.04.2018



Adı Soyadı: Nihan GENCER  
Öğrenci No: 700917001  
Anabilim Dalı: Sosyal Bilimler Enstitüsü  
Programı: Ekonometri  
Statüsü:  Yüksek Lisans  Doktora

## ÖZET

**Yazar Adı ve Soyadı** : Nihan Gencer  
**Üniversite** : Uludağ Üniversitesi  
**Enstitü** : Sosyal Bilimler Enstitüsü  
**Anabilim Dalı** : Ekonometri  
**Bilim Dalı** : Sosyal Ağ Analizi  
**Tezin Niteliği**  
**Sayfa Sayısı** : XIV + 136  
**Mezuniyet Tarihi** : .... / .... / 2018  
**Tez Danışman(lar)ı** : Doç. Dr. Sevdâ Gürsakal

### SOSYAL AĞLARDA DAYANIKLILIK

Sosyal ağ kavramı her ne kadar günümüzde internette insanların paylaşım alanları olarak algılansa da birbiriyle ilişki halindeki her şey bir sosyal ağdır. Bu tez sosyal ağ analizine dair tanımlar, ölçümler; ağ dinamikleriyle ilgili güncel örnekler ve yöntemleri incelemektedir. Bu tez hazırlanırken, bundan sonra yapılabilecek sosyal ağ çalışmalarına içerik ve yöntem bakımından katkı sağlaması hedeflenmiştir. Bir ağın oluşum karakterini incelemek; zayıf veya güçlü yönlerini anlamayı ve ağın dayanıklılığı konusunda bilgi edinmeyi sağlayabilir. Ağ oluşumundaki içerik, dayanıklılığı etkileyen faktörlerden biri olarak duygu analiziyle ölçümlenebilir. Uygulamada Permakültür konusuna dair twitter üzerinde paylaşımında bulunan kullanıcıların verisi çeşitli ağ gösterimleri, ölçümleri, benchmark, duygu analizlerine tabi tutulmuştur. Oluşturulan nispeten sıkı bir rassal ağ ile uygulama ağının ağ ölçümleri ve dayanıklılığı NetSwan R Paketi kullanılarak kıyaslanmıştır.

Çalışmada twitter #permakültür uygulama ağında, dayanıklılığa işaret eden büyük bileşenin bulunmadığı tespit edilmiştir. Uygulama ağı ölçek bağımsız yapısı gereği rassal saldırılara daha dayanıklı olmakla birlikte diğer stratejik saldırılara karşı zayıf kalmıştır. Oluşturulan rassal ağın, uygulama ağına oranla daha dayanıklı olduğu ve büyük bileşen içerdiği gözlemlenmiştir. Duygu analizinde permakültür paylaşımlarının genellikle olumlu duygular içerdiği tespit edilmiştir. Duygu analiziyle sosyal ağlarda dayanıklılığın incelendiği akademik çalışmaların ilki olan bu tez, bu konudaki gelecek çalışmalara öncülük edebilir.

### ANAHTAR SÖZCÜKLER

Sosyal Ağ Analizi, Sosyal Ağlar, SNA, Süzülme Teorisi, Sosyal Ağ Dayanıklılığı, Sosyal Yapılar, Çizge kuramı, Ağ Dinamiği, Bilgi Görselleme, Sistem Analizi, Duygu Analizi, Permakültür, NetSwan, Yapay Zekâ, Derin Öğrenme, Makine Öğrenme

## ABSTRACT

**Name and Surname** : Nihan Gencer  
**University** : Uludag University  
**Institution** : Social Science Institution  
**Field** : Econometrics  
**Branch** : Social Network Analysis  
**Degree Awarded** : Master  
**Page Number** : XIV + 136  
**Degree Date** : .... / .... / 2018  
**Supervisor (s)** : Doç. Dr. Sevda Gürsakal

## SOCIAL NETWORK ROBUSTNESS

Eventhough the social networks are understood as the online human social networks; anythings that are relating one another builds up a social network and that can be applied to any concept from microbiology to astronomy. This thesis covers the social networks terminology, topology, articulation process, sentimental analysis, benchmark analysis to collect hints about networks robustness; then applies robustness analysis via NetSwan R package to a twitter network via users that has tweets about #permaculture. A relatively dense random network is created to compare metrics and robustness.

As a result this small twitter network of #permaculture is far away from having a great component. The scale-free topology of this twitter network makes it more robust to random attacks then any other strategic attack. The random network has a great component and more robust than the twitter network. The twitter networks sentimental analysis result contains mostly positive emotions.

This thesis intent to contribute to future works about social network analysis, sentimental analysis, robustness analysis in Turkey with its terminology and methodology; also be a pioneer for further investigations on the relational aspect of social network robustness with sentimental analysis.

## KEYWORDS

**Social Network Analysis, Scale-Free Network, Percolation Theory, Social Network Robustness, Social Structures, Infographics, Sentimental Analysis, System Analysis, Data Mining, NetSwan, Bioinformatics, SNA, Permaculture, AI, Artificial Intelligence, Deep Learning, Machine Learning**



## ÖNSÖZ

Sosyal Ağlarda Dayanıklılık; yeni bir bilim dalı olan sosyal ağ analizinin en yeni araştırma alanlarından biri olduğu için bu konuda tez yazılırken önce Türkçe kaynaklar araştırılmış fakat yeterli kaynakça bulunamamıştır. Bu nedenle çoğunlukla İngilizce kaynaklardan yararlanılmıştır.

Sosyal Ağ Analizi(SNA) aynı zamanda disiplinler arası bir dal olduğundan, tezin kaynak araştırmasında sadece makale ya da kitap okumak değil bunun yanında bazı çevirimiçi eğitimlere başvurulmuştur. Alınan çevirimiçi eğitimlerden bazıları:

- Think Academy | Network Theory: Introduction
- University of Michigan | Social Network Analysis
- Johns Hopkins University | Managing Data Analysis
- Johns Hopkins University | R Programming
- Johns Hopkins University | The R Programming Environment

Tezin araştırma ve uygulama aşamalarında iGraph ve NetSwan paketleri ile birlikte R Studio, Gephi, NodeXL, Netlytics, NetLogo gibi programlar ve platformlar kullanılmıştır.

Tezin her aşamasında SNA konusunda öncülük eden Prof. Dr. Necmi Gürsakal'a, büyük katkılarından dolayı Doç. Dr. Sevda Gürsakal ve manevi desteğinden ötürü eşim S. Emre Gencer'e teşekkürlerimle.

Nihan GENCER

## İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI .....	ii
YÜKSEK LİSANS / DOKTORA İNTİHAL YAZILIM RAPORU .....	iii
YEMİN METNİ.....	iv
ÖZET .....	v
ABSTRACT .....	vi
ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
TABLolar.....	x
DENKLEMLER.....	x
ŞEKİLLER .....	xi
KISALTMALAR ve ANA KAVRAMLAR.....	xiv
GİRİŞ.....	1

## BİRİNCİ BÖLÜM

### (SOSYAL AĞ ANALİZİ)

1. ÇİZGE KURAMI VE ÖTESİ (SNA TARİHÇESİ).....	5
2. GERÇEK AĞLARA İLİŞKİN TESPİTLER.....	9
3. SOSYAL MEDYA & WEB 2.0 .....	11
4. SNA KAVRAMLAR.....	15
4.1. AĞ TERMİNOLOJİSİ .....	16
4.2. AĞLARA İLİŞKİN ÖLÇÜLER .....	18
4.3. AĞ TOPOLOJİLERİ.....	31
4.4. AĞ DİNAMİĞİ.....	41

**İKİNCİ BÖLÜM**  
**(AĞ DAYANIKLILIĞI)**

1. SÜZÜLME TEORİSİ (PERCOLATION THEORY) .....	48
2. YAYILIM (DIFFUSION).....	54
3. MOLLOY-REED ÖLÇÜTÜ .....	56
4. ÖLÇEK BAĞIMSIZ AĞLARDA DAYANIKLILIK.....	56
5. PEŞPEŞE HATA (CASCADING FAILURE) .....	60
6. DÜĞÜM STABİLİTESİ .....	62
7. PERMAKÜLTÜR İLKELERİ VE KENAR ETKİSİ .....	63

**ÜÇÜNCÜ BÖLÜM**  
**(SNA UYGULAMA)**

1. UYGULAMAYA DAİR ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	72
2. UYGULAMA AĞI ANALİZİ .....	73
2.1. Uygulama Ağı Gösterimi ve Analizi .....	75
2.2. Uygulama Ağının Duygu Analizi.....	81
2.3. Uygulama Ağının Diğer NetlytIc Ağları ile Karşılaştırmaları .....	86
2.4. Uygulama Ağı ve Rassal Ağ SNA Ölçüleri.....	92
2.5. Uygulama Ağı Güç ve Zayıflık Analizleri (NetSwan) .....	104
<b>SONUÇ VE GELECEK ÇALIŞMALAR .....</b>	<b>111</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>114</b>
EK 1.....	114
EK 2 - VERİLER .....	120
EK 3 – KODLAR .....	121
<b>KAYNAKÇA.....</b>	<b>127</b>

## TABLULAR

Tablo 1 SNA Literatürü	7
Tablo 2 Veri kirliliği: <i>'food network'</i> TV programına ait çıkarılan örnek veriler	74
Tablo 3 Permakültür Twitter İsim Ağı Düğüm Tablosu	120
Tablo 4 Permakültür Twitter İsim Ağı Bağ Tablosu	120
Tablo 5 Rassal Ağ Düğüm Tablosu	120
Tablo 6 Rassal Ağ Bağ Tablosu	120

## DENKLEMLER

Denklem 1 Metcalfe denklemi	20
Denklem 2 Yoğunluk hesabı	20
Denklem 3 Derece dağılımı	22
Denklem 4 Dinamik ağ olası derece dağılımı	22
Denklem 5 Ölçek bağımsız ağlarda derece dağılımı	23
Denklem 6 Arasındalık (Betweenness)	25
Denklem 7 Rassal Ağ Ortalama Derece Hesabı	34
Denklem 8 Rassal ağlarda tabakalanma	34
Denklem 9 Küçük dünya ağları uzaklık ve düğüm sayısı korelasyonu	36
Denklem 10 tabakalanmaların büyüklüğünün ortalaması [BARABÁSI, 2016:8.2]	51
Denklem 11 Bir düğümün en büyük tabakalanmaya ait olma olasılığı [BARABÁSI, 2016:8.2]	51
Denklem 12 Aynı tabakalanmaya ait iki düğümün ortalama uzaklığı [BARABÁSI, 2016:8.2]	52
Denklem 13 Bir kısım düğüm çıkarılmasının, ağ bütünlüğüne etki olasılığı [BARABÁSI, 2016:8.2]	53
Denklem 14 Molloy-Reed Kriteri $K > 2$ [BARABÁSI, 2016:8.4]	56
Denklem 15 Rassal Ağlarda Molloy-Reed Kriteri $(k) > 1$ [BARABÁSI, 2016:8.4]	56
Denklem 16 Peşpeşe Hata kuramı, yük kapasitesi denklemi	61
Denklem 17 Peşpeşe hatada saldırı sonrası hasar oranı	61
Denklem 18 Düğüm dayanıklılığı $\rightarrow$ Zayıf düğüm	62
Denklem 19 Düğüm dayanıklılığı $\rightarrow$ ilk sıra istikrarlı	62
Denklem 20 ikinci sıra istikrarlı	63

## ŞEKİLLER

Şekil 1 Euler   Königsberg'in 7 Köprüsü	6
Şekil 2 Wisconsin Little Rock Gölü Besin Zinciri Ağı- 2003 yılında bilinen en karmaşık gıda ağı	10
Şekil 3 Küresel havayolu kullanım ağı (16.02.2011)	12
Şekil 4 Sosyal Medya Tarihçesi	14
Şekil 5 Ağ Terminolojisi Düğüm ve Bağ[Newman, 2003:3]	16
Şekil 6 En kısa patikalar (yeşil)	21
Şekil 7 Yarıçap (Diameter) = 4	21
Şekil 8 7 düğümden oluşan ağın derece dağılımı ağda gösterimi	22
Şekil 9 Uzaklık ve Küçük Dünya Fenomeni	24
Şekil 10 Renk ile merkezilik görüntüleme <kırmızı = min, mavi= max>	24
Şekil 11 Ağlarda yakınlık ölçüleri. Daha yüksek değer daha yakındır	25
Şekil 12 Özvektör Merkeziliği (Eigenvector Centrality)	26
Şekil 13 Aynı ağın 1.Arasındalık 2.Yakınlık 3.ÖzvektörMerkezilik 4. Merkeziliği (sıcak tonlara doğru değeri artmaktadır) [Rocchini]	27
Şekil 14 Üstüste tabakalanma örneği	28
Şekil 15 ABD Politik blog alıntılama (citation) ağı   Liberal(mavi), Conservative(kırmızı) tabakalanma (Adamic 2004)	29
Şekil 16 Bilgisayar ağı (Tabakalanma)	30
Şekil 17 Geçişlilik (transitivity)	30
Şekil 18 Basit ağ topolojileri (yüzük, çizgi, ağaç tam ağ vs.)	31
Şekil 19 Farklı ağ türleri: Merkezi(centralized), Merkezi olmayan (Decentralized), Dağıtılmış(Distributed)	32
Şekil 20 Merkezi ağ ve dağıtılmış ağ örneği	33
Şekil 21 Rassal ağ oluşum süreci	34
Şekil 22 Rassal ağlarda tabakalanma $p(N) \sim N_z$ ilişkisi	35
Şekil 23 $x$ = Facebook'ta kullanıcı arkadaş sayısını, $y$ =kümülatif derece dağılımını %	37
Şekil 24 Facebook ağının gelişim süreci Uzaklık diagramı	38
Şekil 25 Rassal Ağ ile Ölçek Bağımsız Ağ Topolojileri	39
Şekil 26 Rassal Ağ ve Ölçek Bağımsız Ağ Karşılaştırmalı Derece Dağılımları	40
Şekil 27 Dünya Ekonomi Forumu (WEF) Global Riskler Bağ Haritası 2014	47
Şekil 28 Düğüm Süzülme Örneği $s=2, 2, 2, 5, 6$ [BARABÁSI, 2016]	49
Şekil 29 Matriste $p$ olasılığı ile tabakalanmalar ve ölçünler [BARABÁSI, 2016:8.2]	51
Şekil 30 Dayanıklılık analizi ters-süzülme örneği gen ve miRNA ağı	53
Şekil 31 Ters Süzülme ile ağın parçalanması	54
Şekil 32 Çevirimiçi Sosyal Ağlar Girdi Derece Dağılımları	58
Şekil 33 Çevirimiçi Sosyal Ağlar Çıktı Derece Dağılımları	58
Şekil 34 Saldırı Toleransı (mor) ve Rassal Süzülme (yeşil) kıyaslaması	59

Şekil 35 Veri Toplama Süreci	71
Şekil 36 Twitter isim ağları ağ bağlanma prensibi	73
Şekil 37 Permakültür tweetlerinde kullanılan kelimelerin ağırlıklı gösterimi	75
Şekil 38 Uygulama Ağı   Fruchterman Reingold algoritması ile gösterim	76
Şekil 39 Uygulama Ağı   Uzun bağların gizlendiği DrL gösterimi	77
Şekil 40 Uygulama Ağı   Large Graph Layout algoritması ile ağ gösterimi	78
Şekil 41 Uygulama Ağı   Düğümlerin derecelerine göre boyutlandırılmış gösterimi	79
Şekil 42 Uygulama ağı   10 Merkez Twitter Kullanıcısı	80
Şekil 43 Permakültür içeriği duygu analizi	84
Şekil 44 Permakültür paylaşımları duygu analizi, olumlu hislerin grafik gösterimi	85
Şekil 45 Uygulama Ağı   En sık kullanılan ilk 10 kelime	86
Şekil 46 Diğer ağlara oranla yoğunluk (x: Düğüm sayısı, y: Yoğunluk)	87
Şekil 47 Diğer ağlara oranla ada sayısı (x: Düğüm sayısı, y: Ada sayısı)	88
Şekil 48 Diğer ağlara oranla yarıçap (x: Düğüm sayısı, y: Çap)	89
Şekil 49 Diğer ağlara oranla Merkezilik (x: Düğüm sayısı, y: Merkezilik)	90
Şekil 50 Diğer ağlara oranla Modülerite (x: Düğüm sayısı, y: Tabakalanma)	91
Şekil 51 Diğer ağlara oranla Karşılıklılık (x: Düğüm sayısı, y: Karşılıklılık)	92
Şekil 52 Üretilen Rassal Ağ Fruchterman Reingold Gösterimi   Düğüm =700; p=0,05	94
Şekil 53 Karşılaştırmalı ağ ölçüleri   Yoğunluk	95
Şekil 54 Rassal ağ derece dağılımı [ortalama derece = 17,349]	95
Şekil 55 Uygulama ağı derece dağılımı [ortalama derece = 1,005]	96
Şekil 56 Rassal ağ   Arasındalık Merkeziliği (x: değer, y: frekans)	97
Şekil 57 Uygulama ağı   Arasındalık Merkeziliği (x: değer, y: frekans)	98
Şekil 58 Rassal Ağ   Yakınlık Merkeziliği (x: değer, y: frekans)	99
Şekil 59 Uygulama Ağı   Yakınlık Merkeziliği (x: değer, y: frekans)	100
Şekil 60 Rassal Ağ   Tabakalanma Katsayısı Dağılımı (x: değer, y: frekans)	100
Şekil 61 Uygulama Ağı   Tabakalanma Katsayısı Dağılımı (x: değer, y: frekans)	101
Şekil 62 Karşılaştırmalı ağ ölçüleri   Tabakalanma Ortalaması	102
Şekil 63 Rassal Ağ   Özvektör Merkeziliği Dağılımı (x: değer, y: frekans)	103
Şekil 64 Uygulama Ağı   Özvektör Merkeziliği Dağılımı (x: değer, y: frekans)	103
Şekil 65 Karşılaştırmalı ağ ölçüleri   Özvektör Merkeziliği	104
Şekil 66 Rassal ağ   Bağlı bileşen sayısı raporu	105
Şekil 67 Uygulama ağı   Bağlı bileşen sayısı raporu	106
Şekil 68 Karşılaştırmalı dayanıklılık testleri   Yakınlık (swan_closeness)	107
Şekil 69 Karşılaştırmalı dayanıklılık   Bağlantısallık (swan_connectivity)	108
Şekil 70 Uygulama ağı   Hata/Saldırı Toleransı (rassal/stratejik)	109
Şekil 71 Rassal ağ   Hata/Saldırı Toleransı (rassal/stratejik)	110
Şekil 72 Gerçek ağlar saldırı incelemesi   Elektrik Şebekeleri Ağı	114
Şekil 73 Gerçek ağlar saldırı incelemesi   Internet Ağı	115



Şekil 74 Gerçek ağlar saldırı incelemesi   Mobil Telefon Aramaları Ağı	115
Şekil 75 Gerçek ağlar saldırı incelemesi   Bilimsel Ortaklıklar Ağı	116
Şekil 76 Gerçek ağlar saldırı incelemesi   Aktör Ağı	116
Şekil 77 Gerçek ağlar saldırı incelemesi   E-posta Ağı	117
Şekil 78 Gerçek ağlar saldırı incelemesi   Protein Ağı	117
Şekil 79 Gerçek ağlar saldırı incelemesi   Metabolik Ağ	118
Şekil 80 Gerçek ağlar saldırı incelemesi   WWW Sayfaları Ağı	118
Şekil 81 Gerçek ağlar saldırı incelemesi   Alıntılama Ağı	119



## KISALTMALAR ve ANA KAVRAMLAR

**WWW** Wold Wide Web

**ARPANET** Advanced Research Projects Agency

**SNA (Social Network Analysis)** Sosyal Ağ Analizi bilimsel dünya literatüründe İngilizce kısaltması ile SNA olarak sık sık anılmaktadır.

**Bağ ya da Bağlantı (Edge, Arc)** İki düğümün birbiriyle olan bağlantısı tez boyunca bağ ya da bağlantı olarak anılır.

**Düğüm (Node, Vertex, Unit)** Ağ ile bağ içinde bulunan nesnelere tez boyunca düğüm olarak anılacaktır. Düğümler bir ağın içeriğini oluşturan aktörlerdir.

**Ağ: (Network)** Düğümler ve bunlar arasındaki bağlantılardan oluşan yapıdır.

**Folksonomi(Folksonomy)** Kullanıcıların bilgiyi kendi anahtar kelimeleri ile istekleri doğrultusunda etiketleyerek kategorilendirebildiği, çevrimiçi sınıflandırma şemasıdır.

**RNA** Ribo Nükleik Asit

**PPINs** Protein protein interactome networks: Protein etkileşim ağları

**LOD** Level of Detail: Verinin ne detayda inceleneceği ya da aktarılacağı

**VR** Virtual Reality: Sanal gerçeklik

**AR** Augmented Reality: Arttırılmış gerçeklik

**NetSwan** Network Strength and Weakness Analysis: Ağ güç ve zayıflık analizleri

## GİRİŞ

Sosyal ağ analizi karmaşık ilişkisel yapıların görselleştirilmesi ve istatistiksel analizi ile ilgilenir. Sosyal ağlar mikrodan makroya pek çok alanda görülebilmektedir. Sosyal ağ analizi, bir konu hakkında nesnelere bağlantısallığını ölçeklendirmeye yarayan araçları ve çeşitli görselleme algoritmaları ile bütünü görmeye yardım eder. Bir topluluğun ağ olarak görsellenmesi; topluluk hakkında hızlı bir şekilde bilgi verebilmektedir. Topluluktaki her birey düğüm olarak anılır. Düğümler arasındaki ilişki de bağ kavramını oluşturur.

Tezin birinci bölümünde *sosyal ağ analizinin* ana kavramları, tarihçesi, gerçek ağlara ilişkin tespitler, sosyal medya ağları ve WEB 2.0 konularından bahsedilmiştir. SNA kavramları, ağ terminolojisi ağlara ilişkin ölçümler, farklı ağ topolojileri ve ağ dinamiğine dair bilgilere birinci bölümde yer verilmiştir. Ağlara ilişkin ölçüler alt başlığı ile büyüklük, yoğunluk, dışsallık, en kısa patika, yarıçap, derece dağılımı, uzaklık, merkezilik, yakınlık, arasındalık, özvektör merkeziliği ve tabakalanma gibi ağ ölçümleri açıklanmıştır. Ağ topolojileri alt başlığı ile Erdős-Renyi rassal ağları, küçük dünya fenomeni, ölçek bağımsız ağlar gibi farklı ağ topolojilerine değinilmiştir. Son olarak ağ dinamiği alt başlığı ile ağların statik bir fotoğraf olmaktan çıkarılarak dinamik olarak algılanması konusuna değinilmiştir.

Sosyal ağlarda dayanıklılığın incelenmesi, sürdürülebilir sosyal yapıların kurulmasında ya da dağıtılmasında etkili olabilecek bir araştırma alanıdır. Bir sosyal ağın dayanıklılığı, o sosyal ağın beklenen işlevselliğini sürdürmesine bağlı olarak ölçeklendirilebilir. SNA dayanıklılık analizleri ile teorik olarak bir ağın bütünlüğünü tehdit eden yöntemler belirlenebilir ve sosyal ağa ait risk analizi yapılabilir. Sosyal ağ dayanıklılık analizleri çok yeni bir araştırma konusu olmakla birlikte pek çok farklı alanda etkili yaklaşımlara ve çözümlere kaynaklık etmeye başlamıştır. Günümüzde hücrel ağlardan insan topluluklarına ya da ekosistem ağlara kadar pek çok farklı alanda sosyal ağ dayanıklılık analizlerinden faydalanılmaktadır.

Tezin ikinci bölümünde sosyal ağlarda dayanıklılık konularına yer verilmiştir. Ağ dayanıklılığı süzülme teorisi, yayılım, Molloy-Reed ölçütü, ölçek bağımsız ağlarda

dayanıklılık incelemesi, peşpeşe hata modeli ve düğüm stabilitesi açısından incelenmiş ve sunulmuştur.

Permakültür Bill Mollison tarafından ortaya atılan sürdürülebilir ve dayanıklı yaşam alanları yaratmada çoklu tasarıma öncelik veren bir bakış açısıdır. Monokültür ile tek tip bitki üretiminin aksine bütün farklı türlerin birbirlerini beslediği, desteklediği alanlar yaratmak Permakültür’de esastır. İkinci bölümde *Ağ Dayanıklılığı* başlığı altında son olarak Permakültür ilkeleri sosyal ağ kavramı ile ele alınmıştır. Permakültür ilkelerine sosyal ağ analizi merceği altında bakılarak dayanıklılık konusuna disiplinlerarası farklı bir pencere açılması hedeflenmiştir.

Tezin üçüncü bölümünde yapılan tüm araştırmalar ışığında gerçekleştirilmiş uygulama çalışmasına yer verilmiştir. Twitter üzerinde “permakültür” konularında yapılan paylaşımlardan oluşan *Permakültür İsim Ağı* veri olarak çekilmiştir. Veri temizliği ve gerçek veriye ulaşım konusunda hatalı veri örneklerine değinilmiştir. Permakültür İsim Ağı’nın tamamen gerçekçi verilerden oluşmasına semantik açıdan özen gösterilmiştir. 1000 düğümlü Permakültür İsim Ağı sadeleştirilerek 645 gerçek düğümden ve 648 tekil bağdan oluşan Twitter #Permakültür İsim ağı görsellenmiş, ölçülendirilmiş ve diğer twitter ağları ile ağ ölçüleri kıyaslanmıştır. Twitter #Permakültür İsim Ağı’nın ağ gösterimi, ağ ölçüleri, duygu analizi ve dayanıklılık analizleri yapılarak rassal oluşturulmuş bir ağ ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Duygu Analizi alt başlığı ile günümüzde sosyal ağlara duygu analizi kavramı ve yapay zekâ araştırılmıştır. Permakültür İsim Ağı’na ait atılan tweet’ler duygu analizi açısından incelenmiş ve Permakültür İsim Ağı’nda paylaşılan içeriğin ağırlıklı olarak olumlu duygular içerdiği tespit edilmiştir.

Kıyaslamaların anlaşılır olabilmesi için kontrast oluşturmak adına 1000 düğümlü ve nispeten sıkı (0,05 yoğunluklu) bir ağ üretilmiştir. Üretilen Rassal ağ ile kıyaslamalarda Rassal ağa oranla Uygulama Ağı’nın henüz büyük bileşen oluşturan bir yapılanma içerisinde olmadığı görülmüştür. Twitter #Permakültür İsim Ağı (Uygulama Ağı) incelendiğinde ölçek bağımsız bir potansiyel barındırdığı tespit edilmiştir. Ölçek bağımsız topolojideki karakteristik özellik rassal saldırılarda görülmüştür. Twitter #Permakültür İsim Ağı’nın topolojisi nedeniyle rassal saldırılara karşı daha dayanıklı olduğu fakat stratejik saldırılara karşı savunmasız olduğu kanaatine varılmıştır.

Yapılan araştırma çalışmalarında sosyal ağlarda dayanıklılık kavramı üzerine yeterince disiplinlerarası çalışma olmadığı tespit edilmiştir. Bu tez, sosyal ağ kavramları, ölçümleri ve dayanıklılık analizlerine uygulamalı bir giriş niteliğindedir. Bu tez ile derlenen araştırma ve uygulama çalışmalarının, bu konuda daha sonra yapılacak araştırma çalışmalarına uygulamalı bir başvuru olması amaçlanmıştır.



## BİRİNCİ BÖLÜM

### (SOSYAL AĞ ANALİZİ)

Günümüzde birçok alanda büyük verileri analiz etmek için kullanılan SNA, aslında basit yol ve haritalama ya da elektrik akım sorularını yanıtlarken ortaya çıkmış ve gelişmeye başlamış bir bilimdir.

Verilerin ilişkisel yapısı bir ağ görselleme algoritması ile gösterilir. Ağın görsellenmesi ile topoloji ve alt tabakalanmalar keşfedilir.

David McCandless'in dediği gibi *“Bilgiyi görsellediğimizde, onu gözlerimizle keşfedilebilir bir araziye dönüştürürüz, bir tür bilgi haritasına. Kaybolduğunuzda, bir bilgi haritası kullanışlı olur.”*<sup>1</sup>

Dijital veri Bit'lerden (1 veya 0) oluşur. 2 bit 4 olası veri içerirken, 3 bit 8 olası veri sonucu verir. 2 üzeri üstel olarak artar. 1 byte 8 bit'tir = 256 ayrı olası birleşim; 1024 byte bir kilobyte, megabyte (MB), gigabyte (GB), terabyte (TB), petabyte (PB), exabyte (EB) and zettabyte (ZB) şeklinde veriler üstel artış ile büyür. Bir byte bir pirinç tanesi kabul edilirse bir TB bir yük gemisi dolusu pirinç demektir. Bir petabyte bir şehri komple kaplar, bir zetabyte Pasifik Okyanusunu komple pirinç doldurur. Bu basit örnekleme ile bile verinin görsellenmesi sonucu kolay anlaşılması sağlanmıştır. Veri analizi aslında her sektörün kendi teknolojisinde kullanılmaktadır. Bir hastane MRI taramalarını analiz edebilirken, oşinograf uydu verilerinden denizler konusunda bilgi alır. Veriler;

---

<sup>1</sup> “By visualizing information, we turn it into a landscape that you can explore with your eyes, a sort of information map. And when you're lost in information, an information map is kind of useful.” David McCandless: The beauty of data visualization, 06.2010 @TEDGlobal konuşmalarından alıntılanmıştır. (Son erişim Tarihi: 20.04.2018)  
[https://www.ted.com/talks/david\\_mccandless\\_the\\_beauty\\_of\\_data\\_visualization?language=tr](https://www.ted.com/talks/david_mccandless_the_beauty_of_data_visualization?language=tr)



disiplinlerarası platformlara taşındığında, sezgisel görselleme araçları ve SNA teknikleri ile gittikçe ulaşılabilir, anlaşılır ve bütünsel hale gelmektedir.

Sosyal ağlar bir konu ile ilgili bütünsel tabloyu göstermeyi hedefler. Belirlenen konu dair etkileşimi daha geniş bir perspektif görebilmek SNA ile mümkündür. SNA kavramı, Euler'in köprü probleminden günümüzün karmaşık ve çok unsurlu problemlerine evrimleşmiş olup, birçok alanda farklı bakış açısı getirilmesi amacı ile kullanılmıştır. Sosyal medya (twitter, facebook, instagram gibi) sosyal ağların varlığını görünür kılmıştır. İnsanların birbirleri ile etkileşiminden oluşan bu paylaşım ağları günümüzde derin öğrenme yöntemleri ile -saniyede binlerce sosyal 20 farklı dildeki gönderiyi neredeyse insan gibi algılanmak suretiyle- hem incelenebilmektedir hem de yönlendirilebilmektedir.<sup>2</sup> Günümüz insan ağlarının yapay-zekâ algoritmaları ve makine öğrenme teknikleri ile yönlendirilebilmesi, etkileşimin boyutlarını giderek karmaşıklaştırmıştır.

Bir sosyal ağın dayanıklılığının ölçümlenebilmesi yeni bir kavram olmakla beraber, ağın statik bir yapı olmadığını ve sürecin izlenmesinin önemini vurgulamaktadır. Bir ağın gelişim süreci, ağ dinamikleri ve güçlü zayıf yönleri konusunda ışık tutabilmektedir.

Bu bölümde SNA tarihi, ağ paradigması, gerçek ağlara ve sosyal medyaya dair tespitler yer almaktadır.

## 1. ÇİZGE KURAMI VE ÖTESİ (SNA TARİHÇESİ)

Newman (2003) ve Barabasi (2003)'ye göre düğümler ve arasındaki bağların bir derlemesi olan ağlar, çizge olarak da anılabilirler. Varlıklar ve bunların arasında ilişki ya da hareket varsa *Çizge Kuramı (Graph Theory)* geçerliliği kabul edilebilir.

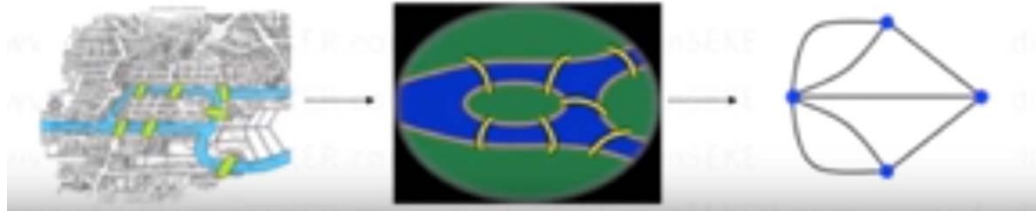
1736'da Leonard Euler'in Königsberg'in 7 Köprüsü Problemi olarak da bilinen "Euler Rotası"<sup>3</sup> (*Eulerian Path, Eulerian Trail, Eulerian Walk*) çalışmasında "Köprülerden sadece 1 kere geçerek bütün köprüleri dolaşabilir miyiz?" sorusuna yanıt

---

<sup>2</sup> ABDULKADER Ahmad, LAKSHMIRATAN Apama, ZHANG Joy, 'Introducing DeepText: Facebook's text understanding engine', Erişim Tarihi: 12.02.2018  
<https://code.facebook.com/posts/181565595577955/introducing-deeptext-facebook-s-text-understanding-engine/>

<sup>3</sup> Early Writings on Graph Theory: Euler Circuits and The Konigsberg Bridge Problem An Historical Project, Janet Heine Barnett, Colorado State University, (2005)

aramıştır. Bu soruya cevap ararken köprülerin ulaştığı yerler düğüm ve köprüler de bağ olmak üzere kâğıt üzerine aktarılmış ve sosyal ağ analizinin de temelleri atılmıştır.



**Şekil 1 Euler | Köningsberg'in 7 Köprüsü**

Euler bu çalışmayı yaparken düğüme giden tüm bağların toplam sayısını temsil eden *düğüm derecesi* (node degree, degree of vertex) terimini üretmiştir. Sadece Köningsberg'in köprüleri için değil bütün bağlar ve düğümler için geçerli olabilecek olan Euler Rotası teoremi böylece gelişmiştir. Euler Rotası hesaplamalarına göre şayet bir düğüme bir bağ ile geliniyorsa, bu düğümü terk etmek için farklı bir bağa daha ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durumda her düğümün derecesini hesaplayan Euler, bir düğüme gelen ve düğümden çıkan yolların sayısına düğüm derecesi diyerek ilk sosyal ağ ölçütlerinden birini oluşturmuştur. Buna göre şayet bir düğümün derecesi tekse, bu düğüm ya başlangıç ya da bitiş düğümü olmalıdır. Bunun dışındaki durumlarda tek sayıdaki yolların sonuncusu ziyaret edilmiş olamaz. Dolayısıyla bir ağda *düğüm derecesi tek sayı olan 2'den fazla düğüm var ise Euler Rotası yoktur* denilmiştir. Bir ağda düğüm derecesi tek sayı olan 2 ya da daha az düğüm var ise en az bir Euler Rotası varlığı kabul edilmektedir.

Gustav Kirchhoff 1800'lü yıllarda çizdiği akım grafiklerinde “*akımın her zaman en kısa ve en dirençsiz yolu tercih ettiğini*” tanımlamaktadır. Bu da düğümler arası *en kısa yolun* çizge kuramına eklenmesini sağlamıştır.

Graf G iki kümeden oluşur<sup>4</sup>:

$G := [V, E, f]$

V düğüm

E bağ ise

<sup>4</sup> BONDY J.A, MURTY U.S.R, ‘*Graph Theory with Applications*’, 1976, s.3 | <https://www.iro.umontreal.ca/~hahn/IFT3545/GTWA.pdf>

f E'leri V'ler ile belli bir düzende haritalayan fonksiyondur.

Tablo 1 'de kısaca sosyal ağ analizi konusundaki diğer gelişmelere değinilmiştir.

**Tablo 1 SNA Literatürü<sup>5</sup>**

<b>Yıl</b>	<b>Katkı Sağlayan Kişi Soyadı</b>	<b>Katkı</b>
1736	Euler	Köninsberg Köprüsü ile çizge kuramı
1925	G. Yule	Tercihli bağ kurma – Yule Simon Dağılımı
1927	Kermack, McKendrick	İlk epidemik model
1951	Solomonoff, Rappaport	Enfeksiyonun rassal ağlara yayılımı
1955	Simon	Kelime analizlerinde kuvvet yasası
1959	Gilbert	Rassal ağ grafiğine ilişkin ilk jeneratif prosedür
1960	Erdős, Renyi	Rassal ağ grafikleri
1967	Milgram	Küçük dünya deneyi/fenomeni
1969	Bass	Nüfuslarda inovasyon yayılımı – ağsız model
1972	Bollobas	Kompleks grafikler
1972	Bonacich	Etki diagramları, sosyal ağlarda etkilenme fikri
1973	Granovetter	İş arama ağları, zayıf bağ ile tabakalanma
1978	Pool, Kochen	Küçük dünya teori ilk çalışmaları
1985	Bollobas	' <i>Rassal ağlar</i> ' ( <i>Random Graphs of Small Order</i> ) kitabı yayımlandı <sup>6</sup>
1988	Waxman	İnternetin ilk grafik modeli
1989	Bristor, Ryan	' <i>Satın alma ağları</i> '; ağ bilimi ekonomi sistemi modelleme
1990	Guare	Broadway'de oynadığı oyunda ' <i>ayrılığın 6 derecesi</i> ' ( <i>6 degree of seperation</i> ) terimine yer verdi.
1995	Molloy, Reed	Rassal sıralı derece dağılımı ile ağların üretilmesi
1996	Kretschmar, Morris	Enfeksiyon hastalıklarının yayılımı için ağ biliminin erken uygulamaları; en büyük bağlantılı bileşen tarafından yayılma
1998	Holland	Kompleks uyarlanmış sistemlerin ortaya çıkışına giriş
1998	Watts, Strogatz, Faloutsos	Milgram'ın orijinal küçük dünya çalışmasıyla yeniden ilgilenildi, kümelenmenin örnekleri verildi, küçük dünyalar için ilk prosedür üretildi.
1999	Faloutsos	İnternette kuvvet yasası gözlemlendi
1999	Albert, Jeong, Barabasi	WWW'de kuvvet yasası gözlemlendi
1999	Dorogovtsev, Mendes	Küçük-Dünya özellikleri
1999	Barabasi, Albert	Ölçekten bağımsız ağ modeli

<sup>5</sup> Lewis, Ted G. '*Network Science: Theory and Applications*', John Wiley&Sons, 2009  
<http://hdl.handle.net/10945/40363>, Tablo 1.1

<sup>6</sup> BOLLOBÁS Béla, THOMASON Andrew, '*Random Graphs of Small Order*', Cambridge Üniversitesi, 1985, doi: 10.1016/S0304-0208(08)73612-0

1999	Dorogovtsev, Mendes, Samukhim, Krapivsky, Render	Ölçekten bağımsız ağ modelinde ardışık derecenin kesin çözümü
1999	Watts	Küçük dünya fenomeni açıklandı: (yüksek kümelenme, düşük patika uzunluğu)
1999	Adamic	.edu siteleri arasındaki uzaklığın küçük dünya özelliği gösterdiğinin bulunması
1999	Kleinberg, Kumar, Raghavan, Rajagopalan, Tomkins	WWW modeli "Webgraph" olarak formüle edildi
1999	Walsh	Yerel özellikleri kullanarak küçük dünyalarda araştırmanın zorlukları
2000	Marchiori, Latora	Harmonik uzaklık patika uzunluğunun yerini aldı: bağlantısız ağlarda geçerli
2000	Broder, Kumar, Maghoul, Raghavan, Rajagopalan, Stata, Tomkins, Wiener	WWW' tam Webgraph haritası
2000	Kleinberg	Manhattan uzaklığı kullanılarak küçük dünyada $O(n)$ araştırılmasının gösterimi
2000	Albert, Jeong, Barabasi	Hublar korunursa ölçekten bağımsız ağlar dirençlidir
2001	Yung	Küçük dünya teorisini uygulamalarının sınıflandırılması: SNA, iş birliği, internet, iş, yaşam bilimleri
2001	Pastor-Satorras, Vespignani	Ölçekten bağımsız ağlarda salgın eşiği olmadığı iddia edildi: internet SIS virüsüne duyarlı
2001	Tadic, Adamic	Ölçekten bağımsız ağlarda yerel bilginin kullanılması aramayı hızlandırabilir
2002	Levene, Fenner, Loizou, Wheeldon	Gelişmiş Webgrafik modeli WWW 'in sonuçlanmış yapısını yalnız tercihli ekleme ile açıklayamadı
2002	Kleinfeld	Milgram deneyinin yeterli olmadığı iddia edildi: küçük dünya sosyal ağı bir "şehir efsanesi"
2002	Wang, Chen ve arkadaşları	Dinamik küçük dünya ağlarının senkronizasyonu <sup>7</sup>

<sup>7</sup> Wang, X. and G. Chen, 'Synchronization in small-world dynamical networks', J. Bifurcation Chaos 12(1):187–192 (2002)

2003	Wang, Chakrabarti, Wang, Faloutsos	Bağlantı matrisinin en büyük öz değeri, belirlenen salgının yayılması hayali ağ yarıçapı tarafından gösterildi
2003	Virtanen	2003'e kadar ağ biliminin tam incelemesi
2003	Strogatz	Çekirgelerin ve kalp atışlarının senkronizasyonu <sup>8</sup>
2005	NRC	Ağ biliminin tanımı
2006	Atay	Ardışık derece dağılımı ile ağlarda senkronizasyon
2007	Gabbay	Ağ etkilerinde ortak görüş: Doğrusal ve doğrusal olmayan modeller

## 2. GERÇEK AĞLARA İLİŞKİN TESPİTLER

Bir kişiyi ya da bir olayı tek başına değerlendirmeye çalışmak yerine, herşeyin birbiri ile bağlı olduğu gerçeğini göz ardı etmeksizin bir anlam çerçevesinde analiz edebilmek için sosyal ağlar kullanılır. SNA varoluşu gereği disiplinlerarası bir bakış açısı gerektirir. Ağın içeriğinin kapsamı fizik, biyoloji, nörobiyoloji, sosyoloji, psikoloji, nanoteknoloji, astronomi, bilgisayar bilimleri, matematik, istatistik gibi daha pek çok sayamayacağımız bilimi içerebilir.<sup>9</sup>

Sosyal ağları incelerken birtakım güçlükleri göz ardı etmemek gerekmektedir.<sup>10</sup>

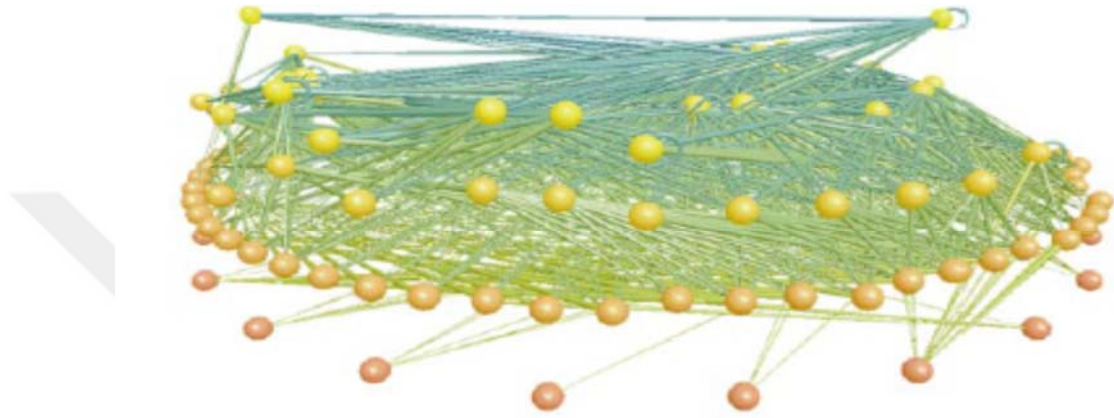
1. Yapısal karmaşıklık: Şekil 2'de görüldüğü gibi ağdaki bağlantılar içiçe geçmiş ve çapraşık bir şekilde düğümlenmiş olabilir.
2. Ağ evrimi: Zaman içinde ağ şekil değiştirebilir. Örneğin WWW sayfalarında bağlar her an yaratılıp, silinmektedir.
3. Bağ çeşitliliği: Düğümler arası bağların farklı ağırlıkları, yönleri ve işaretleri olabilir.
4. Dinamik karmaşıklık: Düğümler doğrusal olmayan karmaşıklığa dinamik yapıya sahip olabilirler. Genetik ağlarda genler düğümler olarak karışık bir biçimde zamanla değişime uğrayabilirler ve değişimin nedenselliği gözlenemeyebilir.

<sup>8</sup> STROGATZ Steven, TED Talk Şubat 2004'de çekilen videosu  
[https://www.ted.com/talks/steven\\_strogatz\\_on\\_sync](https://www.ted.com/talks/steven_strogatz_on_sync)

<sup>9</sup> Social Network Analysis, Lada Adamic, University of Michigan Online (Son Erişim Tarihi: 20.04.2018)  
<http://ai.umich.edu/blog/portfolio/social-network-analysis/>

<sup>10</sup> STROGATZ Steven H, 'Exploring complex networks', Nature Dergisi |Vol 410| 03- 2001, s. 268-269

5. Dügüm çeşitliliği: Bir ağ farklı türlerde düğümlerden oluşuyor olabilir. Örneğin *hücre sel bölünmeleri* inceleyen biyokimyasal ağlarda farklı türde enzimler ve moleküller görülür.
6. Meta karmaşıklık: Ağın bütününe dair öngörülemeyen karmaşık etkileşim olabilir. Örneğin bir öğrenme ağında, aynı anda harekete geçen iki nöron birbirleri ile ilişkiyi güçlendirir.



Şekil 2 Wisconsin Little Rock Gölü Besin Zinciri Ağı- 2003 yılında bilinen en karmaşık gıda ağı<sup>11</sup>

Bu maddeler aynı zamanda ağ paradigmasına dair ışık tutmaktadır. Ağlar bilimsel incelemeye tabir tutulurken göz ardı edilen unsurların varlığı kabul edilmelidir.

Gerçek dünya ağlarının sürekli etkileşim ve değişim halindedir. Küçük bir karınca yuvası, çeşitli ağaçlardan oluşan bir orman, bakteriler, bir işyeri çalışanları ya da bir ofisteki bilgisayarlar; sürekli etkileşim ve değişim içinde olup, statik algılandığında gerçek değil varsayımsal bir ağdan söz edilmektedir. Görece izole bir sisteme odaklanıldığında ve ağ daha fazla bağlantısallık ve düğüm ile gelişmeye başladığında, analistin de odağını genişletmesi gerekmektedir. Odak gereğinden fazla genişletildiğinde ise analiz bulanıklaşabileceğinden, birbirini tutmayan ya da beklenmedik sonuçlar çıkabilmektedir.

<sup>11</sup> NEWMAN Mark E. J, 'The structure and function of complex networks', SIAM Review 45, (2003) <https://www.cs.rice.edu/~nakhleh/COMP572/Material/StructureAndFunctionOfComplexNetworks.pdf>



Complexity Labs’de yayınlanan makaleye<sup>12</sup> göre tüm bilimsel modeller ve teoriler gerçek dünyaya bir pencere sunmaktadır. Hiçbiri mükemmel değildir. Bir gerçeği kısmen görmeyi sağlarken diğer bir gerçeği engellemekte ve bir varsayımda bulunmaktadırlar. Gerçekliğe yaklaşmaya çalışan fakat asla gerçekliği tam anlamıyla yansıtamayacak olan bu metodlar ve varsayımlar bütününe değerler dizisi (paradigma) denir.

Sosyal ağ analizi biliminde ağlar düğümler ve düğümler arasındaki bağlantısallıkla tanımlanmaktadır. Hangi düğümün bir başka düğüme ne şekilde bağlandığı ağlarda gözlemlenmektedir. Bağlantıların ne yönde ne şekilde ve ne amaçla olduğunu görmek analizlerde stratejik önem taşımaktadır.

Complexity Labs’e göre gerçek ağlar algılanandan daha organik yapıdadırlar. Ağların geometrisine ağ topolojisi denilir ve lineer geometriden farklı olarak nedensellikler ve bağlantılar daha karmaşıktır. İlgilenilen konuya dair boyutları yaklaştırıp uzaklaştırarak dinamik ve sezgisel incelemeler ancak teknolojik destek ile mümkün olmaktadır.

Doğada doğrusal olmayan ağlar bir veya daha çok yerden başlayarak yayılırlar. Dolayısıyla lineer değil üstel karmaşıklığa sahip oldukları kabul görmektedir. Lineer olmayan ağlar için bilgisayar uygulamaları desteği ve yeni teknolojilerin kullanımı bir gerekliliktir.<sup>13</sup>

Bu bilgiler ışığında yapılan sosyal ağ analizleri hep gizli unsurların ve öngörülemeyen parametrelerin de varlığı dikkate alınarak geliştirilmelidir.

### 3. SOSYAL MEDYA & WEB 2.0

Gün geçtikçe artan nüfus ve teknoloji ile insanların veri üretimi, iletişim ve etkileşimi ciddi oranda artmıştır. Bu artış veri madenciliğini biliminin gelişmesine neden olup; SNA ile verilere hızlı erişim ve doğru analiz bir zorunluluk halini almıştır.

---

<sup>12</sup> Complexity Labs, ‘*Network Paradigm*’, Yayın tarihi: 06.08.2016  
<http://complexitylabs.io/network-paradigm/>

<sup>13</sup> GÜRSAKAL Necmi, Sosyal Ağ Analizi, Bursa, 2009, Dora Yayıncılık, ISBN: 978-605-4118-31-1, s. 41



Şekil 3 Küresel havayolu kullanım ağı (16.02.2011)<sup>14</sup>

Web 2.0 O'Reilly Media tarafından 2004'de ortaya atılan bir terimdir ve kısa zamanda benimsenmiştir. İkinci nesil internet hizmetleri, karşılıklı iletişim ve paylaşımı mümkün kılmış ve sanal dünyayı gerçek dünyanın bir uzantısı haline getirmiştir. Web 2.0, internet kullanıcılarının ortaklaşa ve paylaşarak yarattığı sistemi -sosyal ağlar (facebook, twitter vs), vikileri, iletişim araçlarını, folksonomileri<sup>15</sup>- tanımlamaktadır.<sup>16</sup> Web 2.0 altyapısı ile sosyal medyanın kullanımının artması; sosyal ağları gözlemlenebilir ve yaygın hale getirmiştir. İletişim kaynakları arttıkça, paylaşım artmış ve artan paylaşımlar ölçek bağımsız ağları ve uzun kuyruk<sup>17</sup> dağılımları desteklenmiştir.<sup>18</sup> Web 2.0 ile sanal dünyanın gerçek dünya ile yakınlaştığı bir platform halini alan internet; sosyal medyayı büyük oranda tetiklemiştir ve böylelikle wikipedia, soundcloud, tumblr, instagram, orkut, pinterest, Facebook, Flickr gibi sosyal medya ortamları ile arkadaşlık ağlarını hızla geliştirmiştir ve görsel, işitsel ve kültürel açık kaynaklı içerik paylaşımlarındaki artışı hızlandırmıştır.

<sup>14</sup> 'MIT Open Courseware: ESD.342 Network Representations of Complex Engineering Systems', 2010, s. 7. [https://ocw.mit.edu/courses/engineering-systems-division/esd-342-network-representations-of-complex-engineering-systems-spring-2010/lecture-notes/MITESD\\_342S10\\_lec13.pdf](https://ocw.mit.edu/courses/engineering-systems-division/esd-342-network-representations-of-complex-engineering-systems-spring-2010/lecture-notes/MITESD_342S10_lec13.pdf)

<sup>15</sup> Folksonomi: Kullanıcıların bilgiyi kendi anahtar kelimeleri ile istekleri doğrultusunda kategorilendirebildiği online sınıflandırma şemasıdır. (#hashtag gibi)

<sup>16</sup> O'REILLY Tim, 'What Is Web 2.0: Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software', 2005 <http://www.oreilly.com/pub/a/web2/archive/what-is-web-20.html>

<sup>17</sup> ANDERSON, Chris, 'The Long Tail: Why the Future of Business is Selling Less of More', Hyperion Books, 2006, ISBN: 1401302378

<sup>18</sup> GÜRSAKAL Necmi, Sosyal Ağ Analizi, Bursa, 2009, Dora Yayıncılık, ISBN: 978-605-4118-31-1, s. 25

Şekil 4 ile sosyal medyanın kronolojik gelişimsel tarihçesi gösterilmektedir. Sosyal medyadaki gelişim ve yayılımındaki hız sayılar ile görüntülenmektedir. Sosyal ağların dinamizminin büyüklüğünü kavrayabilmek açısından ölçümlenmiş bu veriler büyük önem taşımaktadır.





Şekil 4 Sosyal Medya Tarihçesi

Sosyal Medyanın gelişim tarihi gözlemlendiğinde, kronolojik olarak:

2004- Flickr ve Facebook yayına başladı

2005- YouTube yayına başladı, Sosyal ticaret Yahoo tarafından tanıtıldı

2006- Twitter yayına başladı, Facebook halka açık yayına başladı, Google YouTube'a reklam desteği verdi

2007- Tumblr yayına başladı

2008- Facebook kullanıcı sayısı MySpace'i geçti

2009- Facebook "Beğen" butonunu kullanıma sundu. Unfriend(Arkadaşıktan çıkar) yeni terim olarak Yeni Oxford sözlüğüne girdi.

2010- Instagram mobil uygulama olarak piyasada yerini aldı.

2011- Pinterest, Snapchat ve GooglePlus yayına başladı

2012- Facebook bir milyar kullanıcıya ulaştı. Instagram yüz milyon aktif kullanıcıya ulaştı.

2013- Twitter beşyüz milyon kayıtlı kullanıcıya ulaştı

2014- tumblr 209milyon blog, instagram 200milyon aktif kullanıcı ve günde 60milyon fotoğraf; twitter günde 500milyon tweet; linkedIn 332milyon kullanıcı; pinterest 70milyon kullanıcı; YouTube bir milyar kullanıcı, dakikada ortalama yüz saat video yükleme ve ayda 6 milyar saat video izleme ve GooglePlus 1 milyar hesap ve 359 milyon aktif kullanıcı ile yayın hayatını sürdürüyor.

We Are Social<sup>19</sup> tarafından yayınlanan 2017 yılı “*İnternet ve Sosyal Medya Kullanıcı İstatistikleri*” raporuna göre 7,476 milyarlık dünya nüfusunun 3,77 milyarı internete bağlanmaktadır. 2,80 milyarı aktif olarak sosyal medyada yer almaktadır.

Raporda Türkiye istatistiklerine göre; ülkemizdeki 80,02 milyonluk nüfusun, 48 milyonu internete bağlanmaktadır. Türkiye’deki internet kullanıcılarının ise 48 milyonu aktif olarak sosyal medyada yer almaktadır. İnternet kullanıcılarının tamamı sosyal medyada varlık göstermektedir.<sup>20</sup>

Sosyal medya kullanımının yaygınlaşması ve sıklaşması ile birlikte sosyal ağlara dair veri yığını da genişlemektedir. ‘Digital Turkey 2016’<sup>21</sup> verilerine göre Türkiye’deki ‘çevirimiçi’ nüfusun tamamı ayda en az bir kez sosyal ağlardan birini ziyaret etmektedir. Yüzde 97’sinin bir sosyal ağ uygulamasında hesabı bulunmaktadır. Yüzde 92’sinin Facebook hesabı ile günlük ortalama 6 saat 46 dakika bilgisayar ya da tablet üzerinden, ortalama 3 saat mobil telefonlar üzerinden, ortalama 3 saat ise herhangi bir aygıt ile bağlantı sağlamaktadır. Türkiye’de sosyal iletişim ağları yoğun olarak kullanılmaktadır. Sosyal medyada %32 ile Facebook, %24 ile WhatsApp, %17 ile Twitter, %16 ile Instagram öncülük ediyor. Türkiye’deki 48 milyon internet kullanıcılarının %77’si her gün çevirimiçi olmaktadır. İnternet üzerinden paylaşım yaşamın doğal bir parçası haline geldikçe; facebook, twitter gibi sosyal alanlar insan etkileşimini inceleme laboratuvarları sunmaktadır.

Bu tez ile sosyal ağ dayanıklılık analizi uygulaması içeriği gerçek dünya verilerine dayandırılarak yine twitter kullanıcılarından oluşturulmuş ve incelenmiştir.

#### **4. SNA KAVRAMLAR**

SNA gelişmekte olan bir bilim olduğundan içeriğinin anlaşılabilmesi için ortak bir dil kullanılmalıdır. Yeni yöntemler ve yeni yaklaşımlar, beraberinde yeni terminoloji de getirmektedir. Ağ terminolojisi gelişen yaklaşımlar ve metodlarla genişlemeye devam

---

<sup>19</sup> <https://wearesocial.com/special-reports/digital-in-2017-global-overview>

<sup>20</sup> Batı Asya Dijital Raporu (Digital in 2017: Western Asia Report)

<sup>21</sup> Digital Turkey 2016- Turkey's Digital Marketing Statistics | 27.12.2016 |

<https://www.slideshare.net/kogital/digital-turkey-2016-turkeys-digital-marketing-statistics>

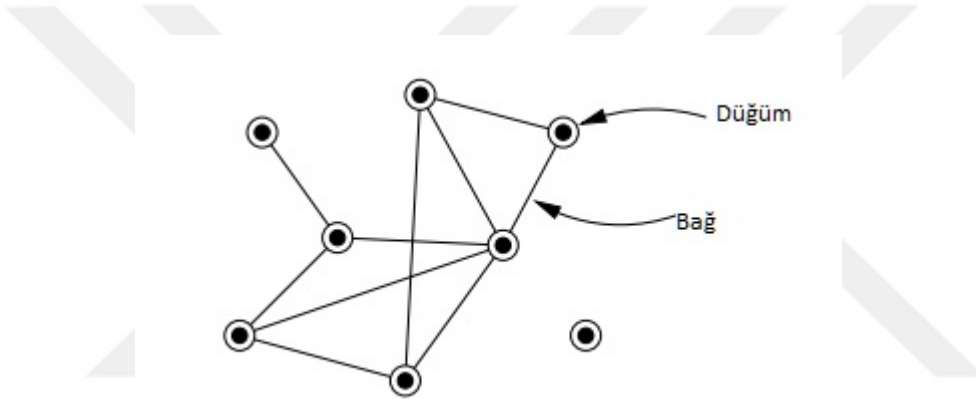
etmektedir. Bugüne kadar SNA ile ilgili kullanılan terimler Ağ Terminolojisi bölümünde açıklanmıştır.<sup>22</sup>

## AĞ TERMİNOLOJİSİ

Sosyal ağ analizi ortak terimlerine bu bölümde yer verilmiştir.

**Düğüm (Node, Vertex, Unit):** Ağ ile bağ içinde bulunan nesnelere tez boyunca düğüm olarak anılacaktır. Düğümler bir ağın içeriğini oluşturan aktörlerdir.

**Bağ/Bağlantı (Edge, Arc):** İki düğümün birbiriyle olan bağı gösterir. Bu bağlar yönlü yani asimetrik bağlantılı (ör: A kişisi B kişisine para veriyor) ya da yönsüz yani simetrik bağlantılı (ör: Bir arkadaşlık ağı) olabilir.



Şekil 5 Ağ Terminolojisi Düğüm ve Bağ [Newman, 2003:3]

**Atlama (Hop):** Bir veri, bir davranış ya da iletilen her ne ise bir düğümden diğerine gitmek için yaptığı hareket *atlama* olarak anılır.

**Girdi (input):** Düğüme gelen bağlar.

**Çıktı (output):** Düğümden çıkan bağlar.

**Ağ: (Network):** Düğümler ve bunlar arasındaki bağlantılardan oluşan yapıdır. Bir ağ kendini kapsayan başka büyük bir ağın düğümü olabilir. Ağlarda bu iççeliğe

<sup>22</sup> Bir sosyal ağın çiziminde görülen her bir öğenin adı aşağıda belirtilmiştir. Bu kavramların İngilizce karşılıkları parantez içinde belirtilmiştir. Konu içinde kullanımının kritik olması nedeniyle terminolojiye tezde ayrı bir bölüm ile yer verilmesi uygun görülmüştür.



rastlandığında fraktal yapıdan söz edilebilir. Ağlar, herhangi bir konuda nesnelere birbirleri ile kurdukları ilişki yapılarıdır.

**Merkez (Hub):** Çok sayıda bağlantıya sahip bir düğüm aynı zamanda *merkez*dir. Asimetrik ağlarda ise çok sayıda giden bağlantısı olan düğümdür. Yeni bir bilginin bu kaynak düğüm aracılığı ile hızla yayılabildiği anlamına gelir.

**Otorite:** Asimetrik ağlarda çok sayıda gelen bağlantı sahibi olan düğüme *otorite* denir. Sosyal ağın sözcüsü gibi düşünülebilir. Ağdaki düğümlere ve bağlara dair bilgiler bu kaynak düğümden elde edilebilir.

**Ada (Island):** Çeşitli sayıda düğüm ve bunlar arasındaki bağlantılardan oluşan ağ, bütünü oluşturan büyük bir ağdan kopuk ise *ada* olarak anılır. Dayanıklılık konusunda kırılım noktasıdır. Bir küçük iç-yapının bütünden kopması anlamına gelir.

**Derece (Degree):** Bir düğümün kaç adet bağlantısı olduğu onun derecesini gösterir. Örneğin bir kişinin kaç kişiye direkt ulaşabildiği o kişinin ağdaki derecesini gösterir.

**Yarıçap (Diameter):** Bir ağın yarıçapı o ağdaki bütün düğümler için düğümler arası en kısa patikaların en uzunudur.

**Ölçek (Scale):** Ağın kaç adet düğüm içerdiği ölçeğini belirler. Küçük bir mahalle ile dünya nüfusunun ağı ya da mikrobiyolojik hücresel ağlar farklı ölçeklere sahiptir.

**Yönlü ağlar (Directed network):** Ağdaki düğümlerin bağlantılarında yön söz konusu olduğunda bu ağlara *yönlü ağlar* denir.

**Yönsüz (karşılıklı) ağlar (Mutual/Undirected networks):** Ağdaki düğümlerin bağlantılarında yön söz konusu olmadığında *yönsüz ağlardan* söz edilir.

**Tam ağ / tam graf (complete graph):** Eğer bir ağın bütün düğümleri diğer bütün düğümlerle bağ içerisinde ise buna *tam ağ* denir.

**Ağırlıklı ağlar (Weighted Networks):** Ağdaki düğümlerin arasındaki ilişkinin ölçülebilir değerlerinin görüldüğü ağlardır. Ağırlıklı ağların bağ çizgilerinde renk ve koyuluk kullanılarak gösterimi yaygın olarak kullanılır. Ölçümlenebilir her bağ ağırlıklı ağ oluşturabilir fakat bağın ölçümlerinin araştırma konusu ile ilişkili olmadığı konularda ağırlık göz ardı edilebilir.

**Klik (Clique):** Ağlarda birbirleri ile ilişkili farklı tabakalanmış gruplar klik olarak adlandırılır.

**Kırık ağ (Fractured network):** Ağ bütününe bakıldığında, adacıklar ve gruplar görülmekle birlikte, bütünsellikten ve tam bir iletişimden bahsedilemez ağlardır.

**Büyük bileşen (Giant Component):** Ağın, ağı oluşturan bütün düğümlerinin bağlı olduğu büyük tabakalanmaya işaret eder. Sosyal ağlarda dayanıklılık için beklenen bir ön koşul olduğu söylenebilir.

**Komşuluk Matrisi (Adjacency Matrix):** Çizge kuramında bir ağın düğümlerinin arasındaki bağı, matris formunda gösterilmesidir.<sup>23</sup>

## AĞLARA İLİŞKİN ÖLÇÜLER

Sosyal ağa dair bilgilerinin stratejik analizi için o ağa ilişkin ölçüler ve ağın grafiksel gösterimi esas alınır. SNA'da bu ölçülerden çıkan sonuçların yorumlanması ve analizi büyük önem teşkil eder.

### **Büyüklük (Size)**

Ağın kaç düğümden oluştuğu o ağın büyüklüğünü verir. 24 kişiden oluşan bir sınıf ile 5 milyon üyesi olan bir bakteri ağı aynı büyüklükte değildir ve SNA yöntemi de farklılık gösterebilir.

### **Komşuluk Matrisi (Adjacency matrix)**

Düğümler arasındaki ilişkilerin verisi, komşuluk matrisi oluşturmak için kullanılır. Bağlantı durumuna göre matrisdeki hücre 1 ya da 0 olarak değer alır. Oluşturulan matris ile sosyal ağlar çizge bilgisi olmadan çizilir hale gelir.

Çizge kuramında da bir ağ düğümlerinin arasındaki bağı matris formunda temsil edilmesine *komşuluk matrisi* denilmektedir.

Ağ içerisindeki düğümlerin isimleri 1 2 3 4 olsun.

1'den 1'e 2'ye 3'e 4'e

2'den 1'e

---

<sup>23</sup> Ağlara ilişkin ölçüler bölümünde detaylı açıklanmıştır.

3'ten 2'ye 4'e

4'ten 2'ye 3'e gidiliyor olsun.

Komşuluk Matrisi aşağıdaki gibi tanımlanır:

	1	2	3	4
1	1	1	1	1
2	1	0	0	0
3	0	1	0	1
4	0	1	1	0

Diğer tablosal veri incelemeleri şu şekildedir: <sup>24</sup>

• **Bağlantılar tablosu (Edges Table):** Bu tabloya bağlantıların listesi ve özellikleri girilir. Tabloda ilk iki sütun olan Düğüm 1 (Vertex 1) ve Düğüm 2 (Vertex 2) sütunlarına sırasıyla, “bağlantının çıktığı düğüm” ve “bağlantının varacağı düğüm”lerin adları girilir.

• **Düğüm Tablosu (Vertices Table):** Bu tabloda düğümler ve özellikleri bulunur. Düğümler bağlantılar tablosundan alınabilir.

• **Gruplar Tablosu (Groups Table):** Özellikler, kümeler ve bileşenler tarafından tanımlanan düğüm grupları tablosudur.

• **Düğüm Grupları Tablosu (Group Vertices):** Her bir alt gruba dâhil olan düğümler bu tabloda verilir.

• **Genel Ölçüler Tablosu (Overall Metrics):** Ağın ve düğümlerin ölçüleri bu tabloda verilir.

### **Ağ Dışsallıkları/Etkileri (Network Externalities/Effects)**

Ağ etkileri, bir ağın çevresi ile yarattığı etkileşimdir. Belli bir ürünün daha çok kişi tarafından kullanılması ile ürün veriminin arttığı durumlarda, *ağ dışsallığı/etkileri* yüksek olduğu söylenebilir.<sup>25</sup> Özellikle günümüz sosyal ağlarında bu etki görülür. Buna

<sup>24</sup> *NodeXL: Network Overview, Discovery and Exploration for Excel* | NodeXL Basic Excel Template 2014 | <https://nodexl.codeplex.com/documentation>

<sup>25</sup> Gale Encyclopedia of E-Commerce | Encyclopedia.com, ‘*Network Externalities*’, (October 8, 2017). <http://www.encyclopedia.com/economics/encyclopedias-almanacs-transcripts-and-maps/network-externalities>

örnek olarak; bir para birimini iki kişinin kullanması ile bir milyon kişinin kullanması para biriminin değeri açısından büyük bir etkiye sahiptir. Bu para biriminin dayanıklılığını arttıran bir ölçek olarak görülebilir. Günümüzde sanal para birimleri piyasada kullanılmaktadır. BitCoin<sup>26</sup> gibi bir para biriminin kullanımı ne kadar yaygınlaşırsa etkisi o kadar yükselir. Likidite, ağ etkisinin ekonomik varoluşunu yansıtmaktadır. Yeni bir teknolojinin ya da teknolojik uygulamanın gelişiminde de ağ dışsallıkları/etkileri önemlidir. Bir sosyal paylaşım uygulamasının (örneğin whatsapp) kurulum sayısı arttıkça ağ dışsallık etkisi ve dolayısıyla değeri artış gösterecektir.

Metcalf'e kuramına<sup>27</sup> göre bir ağın değeri (*value*), kullanıcıların karesi ile orantılıdır. Ağdaki düğüm sayısı  $n$  olsun. Her düğüm toplam  $(n-1)$  adet bağ kurabilir. Toplam ağda olası bağ sayısı  $n.(n-1)/2$  'dir.

**Denklem 1 Metcalfe denklemi**  $n.(n-1)/2 \sim n^2$

### **Yoğunluk (Density)**

Düğümler arası bağların çokluğu bir ağın yoğunluğunu belirler. Bir ağda bütün düğümlerin ilişki halinde olduğu bir tam ağ (complete graph) en yoğun (dense) durumu gösterir. Böyle bir ağda,  $n$  bir düğüm ise toplam  $[n(n-1)/2]$  potansiyel bağlantıya sahiptir.<sup>28</sup>

### **Denklem 2 Yoğunluk hesabı**

Yoğunluk = Bağlantı sayısı / Olası Bağlantı Sayısı

➔ Yoğunluk = Bağlantı sayısı /  $[n(n-1)/2]$

Tam ağda her nesnenin birbiriyle bağı olduğundan

Yoğunluk = 1 iken ağ bağları seyredikçe yoğunluk 0'a yaklaşır.

### **En Kısa Patika (Shortest Path)**

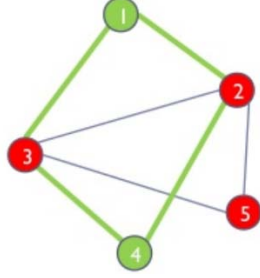
Bir ağda bir düğümden diğerine gidilebilecek en kısa yolu gösterir. Direk bağı olan düğümlerde tek bir hareket ile ifade edilirken iki düğüm arasında direk bağ bulunmuyorsa birden fazla hareket içerir. TSP(Travelling-Salesman-Problem) gibi

<sup>26</sup> NAKAMOTO Satoshi, 'Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System', Erişim Tarihi: 08.2017

<sup>27</sup> PERDOR Franco, 'Understanding Bitcoin: Cryptography, Engineering and Economics', WILEY, (2015), s. 178, ISBN-13: 978-1119019169

<sup>28</sup> GÜRSAKAL, op.cit., s. 76

algoritmalar<sup>29</sup> karmaşık ağlarda en kısa yol hesaplarını içerir. Yol ve zaman maliyetini düşürmek ya da hızlı iletişim yayılımı amacı ile bu hesaplardan yararlanır. En kısa patikalar, ağda iletişimi hızlandırmak için tercih edilir.



Şekil 6 En kısa patikalar (yeşil)

Şekil 6'da en kısa patikalar, yeşil ile belirtilmektedir. 1. ve 4. düğümler arası iki adet en kısa patika vardır: {1,2,4} {1,3,4}

Diğer patikalar {1,2,3,4}, {1,3,2,4}, {1,2,5,3,4}, {1,3,5,2,4}

### Yarıçap (Diameter)

Bir ağın *yarıçapı*, o ağdaki bütün düğümler için düğümler arası en kısa patikaların en uzunudur.<sup>30</sup> Yarıçap değerinin düşük olması o ağda bilgi akışının hızlı olduğunu göstermektedir. Ortalama patika uzunluğu ise ağın ilişki dinamiğinin yoğunluğuna göre azalma gösterir. Yoğunluk arttıkça yarıçap düşecek, veri iletim hızı yükselecektir. Fakat kırık ağlarda yarıçapın düşük değerinde olması ağın kopuk düğümleri olduğundandır ve dikkate alınması gereken bir durumdur.

Şekil 7 ile küçük bir ağın yarıçapı çizilerek örneklenmiştir.



Şekil 7 Yarıçap (Diameter) = 4

<sup>29</sup> SAIYED Amanur Rahman, 'The Traveling Salesman problem', 2012, s. 6 | <http://cs.indstate.edu/~zeeshan/aman.pdf>

<sup>30</sup> GÜRSAKAL op.cit., s. 82

### Derece Dağılımı (Degree Distribution)

Bir ağın düğümlerinin bağ sayısı *derece dağılımı* diagramı ile gösterilir. x eksenini bağlantı sayısını, y eksenini ise; o bağlantı sayısına sahip kaç adet düğüm olduğunu gösterir.<sup>31</sup> Şekil 8 'da 7 düğümden oluşan bir ağda her bir düğümün derecesi düğümün yanında gösterilmektedir.

Bir ağın derece dağılımı  $P(k)$ , ağda  $k$  derecesine sahip olan düğümlerin toplam düğüm sayısına oranlarından oluşur. Asimetrik ağlarda ise girdi ve çıktı derece dağılımları ayrı ayrı hesaplanır.

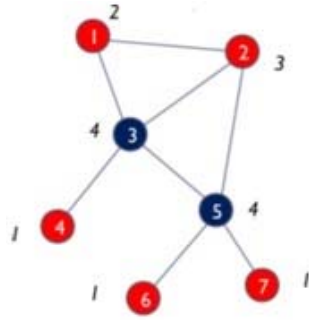
#### Denklem 3 Derece dağılımı

$$P(k) = n_k/n$$

Dinamik ağlarda bu değer olasılıksal olarak hesaplanmaktadır.

#### Denklem 4 Dinamik ağ olası derece dağılımı

$$P(k) = \binom{n-1}{k} p^k (1-p)^{n-1-k},$$



Şekil 8 7 düğümden oluşan ağın derece dağılımı ağda gösterimi

Normalize edilmiş derece dağılımları her bir düğümün derece yüzdesini gösterir. Bu yöntemle bir ağdaki düğüm sayısından bağımsız bir şekilde, derece dağılımları gözlemlenebilir. Ağ karşılaştırmaları yapılırken sağlıklı bir analiz için normalize edilmiş derece dağılımları dikkate alınır.

<sup>31</sup> GÜRSAKAL op.cit., s. 84

Büyümede, tercih edilen düğüm olması nedeniyle; derecesi diğer düğümlerden fazla olan bir düğümün, ağa katılan yeni bir düğüm ile ilk bağı oluşturma şansı diğer düğümlere oranla daha yüksektir. Benzer biçimde ağa katılan yeni bir düğümün, ağa bir merkez düğüm tarafından tanıtılma ihtimali de daha yüksektir. Doğadaki oluşumlar bu minvalde ölçek bağımsız bir karakter sergilemektedir.

#### Denklem 5 Ölçek bağımsız ağlarda derece dağılımı

$$P(k) \sim k^{-\gamma}$$

Bugüne kadar kuvvet yasasına uygun olarak ilerleyen ağlara ( $\gamma$  sabit olmak üzere) *ölçek bağımsız ağlar* denilmiştir. Aslında ağ oluşum sürecinin de çoğunlukla seyreltilmiş ağların bile kuvvet yasası ile temsil edilebileceği tespit edilmiştir.<sup>32</sup>

#### Uzaklık (Distance)

İki düğümün iletişimi için ihtiyaç duyulan minimum *atlama(hop)* sayısı *uzaklık* olarak ifade edilir. En kısa yollar bakımından zengin bir ağda iletişim güçlüdür. Sosyal Psikolog ve Araştırmacı Stanley Milgram'ın geliştirdiği *Küçük Dünya Fenomeni*'ne (Small World Phenomenon | 6 degree of separation) göre ortalama 6 atlama ile herhangi bir hedef düğüme erişilebildiği gözlemlenmiştir. Bu sayı Facebook gibi iletişimi kolaylaştıran uygulamalar sayesinde 4'e kadar düşmüştür ve halen bağlar güçlendikçe düşmeye devam etmektedir.<sup>33</sup> İnsanlık ağı birbiri ile bağımlı iletişim kanalları ile sanal olarak güçlendirmektedir.<sup>34</sup>

Şekil 9 uzaklık hesabı ve düğümler arasındaki ilişki görülmektedir. En uzak düğüm yaklaştıkça küçük dünya fenomeni oluşmaktadır.

<sup>32</sup> SCHOLZ Matthias, 'Node Similarity as a Basic Principle Behind Connectivity in Complex Networks', 2015, s.4, <http://jdmdh.episciences.org/77/pdf>

<sup>33</sup> BACKSTROM Lars, BOLDI Paolo, ROSA Marco, UGANDER Johan, VIGNA Sebastiano, 'Four Degrees of Separation', 19.11.2011, <https://arxiv.org/pdf/1111.4570.pdf>

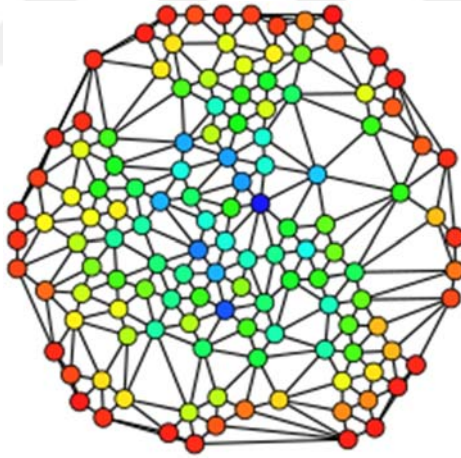
<sup>34</sup> Ağ Topolojisi bölümünde bu konu detaylı açıklanmıştır.



Şekil 9 Uzaklık ve Küçük Dünya Fenomeni

### Merkezlilik (Centrality) ve Merkezilik (Centralization)

Düğüm merkeziliği (Unit Centrality) bir düğüm için o ağdaki önemini belirten ölçüdür. Bir düğümün derecesi ve diğer düğümler tarafından ulaşılabilirliği yükseldikçe *düğüm merkeziliği* artar. Düğümün ağdaki önemini gösteren ölçüdür. Şekil 10' de en merkezi düğümler kırmızıdan maviye merkezilikleri artmaktadır. Koyu mavi ile belirtilmiş düğümler ağın en merkezi düğümleridir.



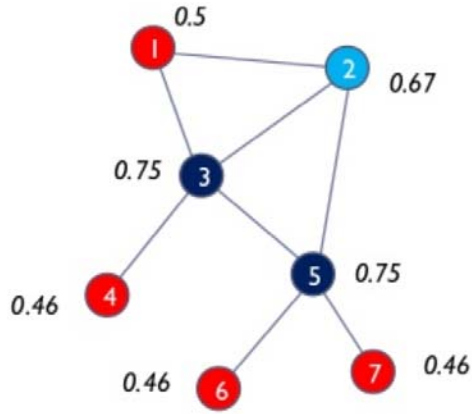
Şekil 10 Renk ile merkezilik görüntüleme <kırmızı = min, mavi= max>

Bir ağın merkeziliği, ağın topolojisi hakkında bilgi verir. Bir ağ merkezileştikçe domine eden düğümlerin varlığından bahsedilir. Otoriter yapılarda *merkezilik* yüksektir. Düğümlerin merkezilik oranları birbirine yaklaştıkça, ağın yapısı *dağıtılmış ağ topolojisine* yaklaşır.

### Yakınlık (Closeness)



Yakınlık bir düğümün erişim ve bağlar kabiliyetini göstermektedir. Bir düğümün, ağdaki diğer düğümlere en kısa uzaklıklarının tersinin toplamı şeklinde hesaplanır. Bir düğümün yakınlığı arttıkça diğer düğümlere erişimi de hız kazanmaktadır. Aynı zamanda düğümün ulaşılabilirlik ölçütüdür.<sup>35</sup> Şekil 11’de her bir düğümün yakınlık bilgisi yanında verilmiştir. Ulaşılabilir düğümlerin yakınlık derecesi yüksektir. Yakınlığı yüksek düğümler, ağın içinde yayılımı müspet veya menfi olarak etkiler. Örneğin bir bilginin ya da bir virüsün yakınlığı yüksek düğüm vasıtası ile yayılması olasıdır.



Şekil 11 Ağlarda yakınlık ölçüleri. Daha yüksek değer daha yakındır

#### Arasındalık (Betweenness)

İletişim ağlarında bir düğümün, diğer düğümlerin en kısa patikalarının üzerinde olmaları *arasındalık derecesini* artırır. Bir düğümün ne derece *köprü ve aracı* görevi üstlendiğini gösteren değerdir.<sup>36</sup> Yüksek arasındalığa sahip düğümler ağda bilgi akışında anahtar rol oynarlar.

V düğümlü bir ağda düğüm v ‘in arasındalığı

$$G: = (V, E)$$

Her düğüm için en kısa patika (s, t) ise ve Düğüm s ‘den düğüm t’ye erişimde kullanılacak toplam  $\sigma_{st}$  en kısa patikalar sayısı iken  $\sigma_{st}(v)$  o düğümün de içinde bulunduğu en kısa patikaların toplam sayısı.

#### Denklem 6 Arasındalık (Betweenness)

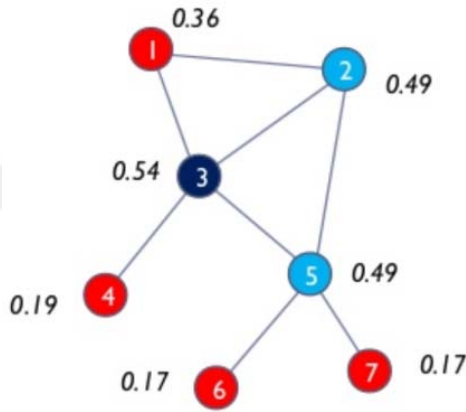
<sup>35</sup> GÜRSAKAL op.cit., s. 93

<sup>36</sup> GÜRSAKAL op.cit., s. 95

$$C_B(v) = \sum_{s \neq v \neq t \in V} \frac{\sigma_{st}(v)}{\sigma_{st}}$$

### Özvektör Merkeziliği (Eigenvector Centrality)

Daha merkezi düğümlere yakın olan düğümlerin ağlara etkisi daha yüksektir. Bir düğümün özvektör merkeziliği ona direk bağlı olan diğer düğümlerin özvektör merkeziliğinin toplamındaki payı ile hesaplanır. Bir düğümün ağa etkisini ifade eder. Google PageRank prensibini takip eder.<sup>37</sup>PageRank, 2014 yılına kadar Google'ın site sıralamasında kullandığı algoritmanın sonucu sitenize verdiği değeri gösteren basitleştirilmiş 0'dan 10'a kadar olan bir değerdir. Bu değer genel olarak içeriğin özgünlüğüne, sayfaya verilmiş bağlantılara ve bağlantı veren sayfaların kalitesine bağlı olarak değişir. En çok tıklanan sayfadaki linklere de tıklanma olasılığının yüksek olması gibi en çok bağlı olan düğüme yakın olan düğümlerin de özvektör merkeziliği yüksektir.

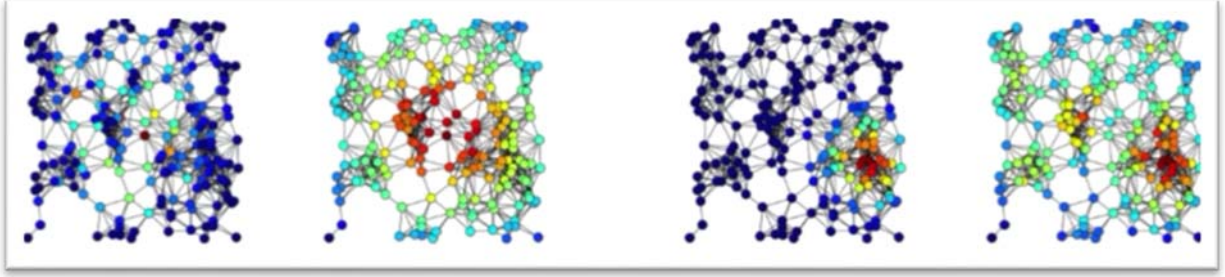


Şekil 12 Özvektör Merkeziliği (Eigenvector Centrality)

Şekil 12 Özvektör Merkeziliği (Eigenvector Centrality) örneğinde düğüm 4 (0.19), düğüm 6 ve 7'den (0.17) daha yüksek özvektör merkeziliğe sahiptir çünkü 4 dereceli olan düğüm 3'e direk bağlıdır. Bununla beraber 1. Düğüm (0.36) de 4. Düğümünden (0.19) daha yüksek rakama sahiptir çünkü hem 4 dereceli hem de 3 dereceli iki düğüme direk bağlıdır. Merkeziliği en yüksek olan 4 dereceli 3. Düğüm ise 4, 3, 2 ve 1 dereceli düğümlerin hepsine direk bağlı olduğundan özvektör merkeziliği değeri 0.54'tür.

<sup>37</sup> GÜRSAKAL op.cit., s. 98

Birbirine benzer ölçütler gibi algılanmasına rağmen Şekil 13’de görüldüğü üzere farklı



Şekil 13 Aynı ağın 1.Arasındalık 2.Yakınlık 3.Özvektör Merkezilik 4. Merkeziliği (sıcak tonlara doğru değeri artmaktadır) [Rocchini]

ağ ölçüleri(1. Arasındalık, 2. Yakınlık, 3. Özvektör Merkezilik, 4. Merkezilik) farklı görsel içerik ile sonuçlanmaktadır. Bir ağ için bu ölçülerin her birine ayrı ayrı ihtiyaç duyulabileceği anlaşılmalıdır.

### **Tabakalanma/Kümelenme (Clustering)**

Ağlarda her bir düğüm birbiri ile homojen bir bağlantıda olmadığına tabakalanmadan söz edebiliriz. Ölçek bağımsız ağlarda rassal ya da dağıtılmış ağlardan çok daha fazla tabakalanmaya rastlanabilir.<sup>38</sup>

Bazı düğümler kendi aralarında sıkı bağlantı halinde olmakla birlikte diğer ağ düğümleri ile ilişkileri aynı yoğunlukta değildir. Gruplaşmaların doğduğu yerde tabakalanmadan söz edilir.

Gerçek dünya ağlarının çoğunda tabakalanma gözlemlenir. Beklenen tabakalanmalar ve ötesinde klik’ler de bu tabakalanmalardan tespit edilir. Bir şirketin çalışanlarının öğlen yemeğini birlikte yiyip yemediklerine ilişkin bir ağ incelendiğinde aynı bölümde çalışanlar bir tabakalanma yarattığı gibi farklı bölümlerde çalışıp, dışarıda buluşanlar -bölüm bağımsız arkadaşlık (klik) olarak- farklı bir tabakalanma oluşturabilir.

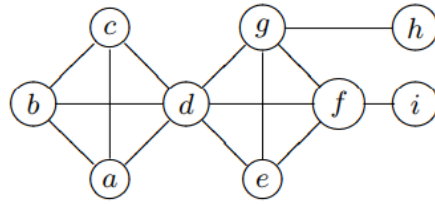
Ağlarda birbiri ile beklenenin ötesinde ilişkili gruplar klik (cliques) olarak tanımlanır. Yüksek tabakalanma katsayısı ağda klik fazlalığını göstermektedir.<sup>39</sup> Şirket

<sup>38</sup> Gürsakal, op.cit., s. 105

<sup>39</sup> Complexity Labs, "Network Clustering," in Complexity Labs, January 3, 2016, <http://complexitylabs.io/network-clustering/>.

örneğinden devam edilirse klik fazlalığı bir tür sendika ya da alternatif ağın varlığının öngörülmesini sağlayabilir.

Bir komşuluk matrisinde özvektörler tabakalanan alt gruplara dair bilgi içerebilir. Bir tabaka içerisindeki düğümler diğer bir tabakalanmaya da ait olabilirler. Bu nedenle izole adacıklar şeklinde keskin tabakalanma gösterimi (uzak ve zayıf bağları kaldıran DrL gösterimi gibi) tabakalanmaları netleştirmekle birlikte eksik gösterebilmektedir.



Şekil 14 Üstüste tabakalanma örneği

Şekil 14’de d düğümü hem  $\{a,b,c,d\}$  hem de  $\{d,e,f,g\}$  tabakalarında bulunmakta h ve i hiçbir tabakalanmada yer almamaktadır. Bu nedenle keskin tabakalandırma sonucu ya  $\{a,b,c,d,e,f,g\}$  tamamen bir alt gruba alınır ki bu karar  $\{a,b,c\}$  ve  $\{g,e,f\}$  arasında bağ bulunmadığından gerçekçi olmaz ve d düğümünü alt gruplardan sadece birine dâhil etmek ise gerçekçi bir analiz olmamaktadır. Bu konuya dair Mishra ve arkadaşları çeşitli algoritmalar önermişlerdir.<sup>40</sup>

Tabakalanmalar, düğümlerin özelliklerine göre çeşitlilik gösterebilirler. Birbiri ile benzer düğümlerin tabakalanması ve tamamen birbirinden farklı türde düğümlerin tabakalanması farklı ağ dinamikleri ile sonuçlanabilir.<sup>41</sup>

**Homofili (Homophily):** Birbirine benzer düğümlerin birbiri ile bağlanma eğilimi göstermesi durumudur. Bağlantılı olan düğümlerin birbirine benzediği ağlarda homofiliden söz edilebilir.<sup>42</sup> Benzerlik yaş, cinsiyet, menşei, meslek veya ortak ilgi alanı

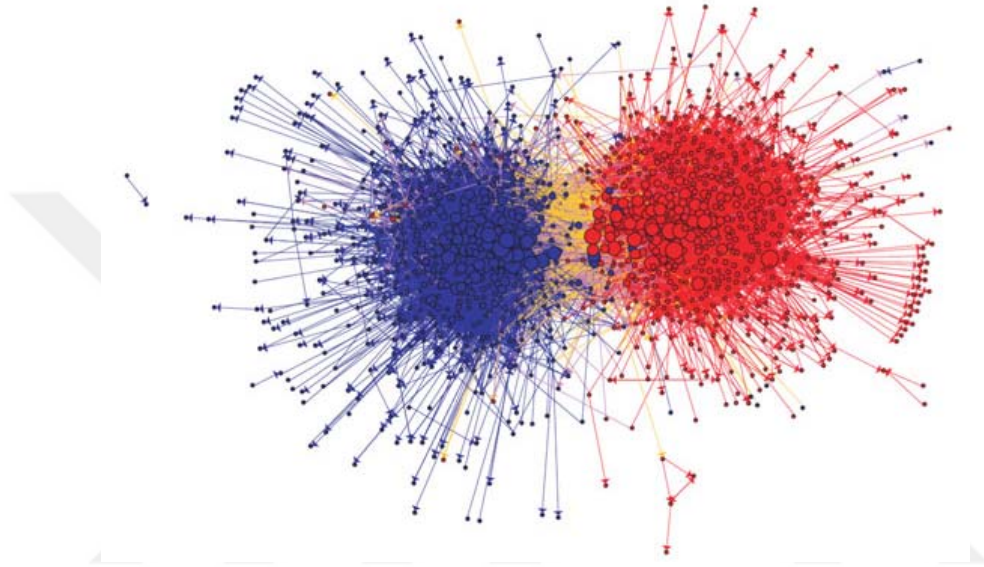
<sup>40</sup> ‘Clustering Social Networks’ | Nina Mishra, Robert Schreiber, Isabelle Stanton, Robert E. Tarjan | (Erişim Tarihi 03.10.2017) , s. 2.

<sup>41</sup> ADAMIC Lada, 04.03.2005, ‘The Political Blogosphere and the 2004 U.S. Election: Divided They Blog’ <http://www.ramb.ethz.ch/CDstore/www2005-ws/workshop/wf10/AdamicGlanceBlogWWW.pdf>

<sup>42</sup> MCPHERSON M, SMITH-Lovin L, COOK JM, ‘Birds of a feather: homophily in social networks’, ss. 416-440, Annu. Rev. Soc. 2001;27

olabilir. Benzer kişilerin oluşturduğu ağlarda yeni fikir ya da inovasyon beklenemez. Eğer homofili zayıf ise tabakalanmalarda heterofili (heterophily) vardır. <sup>43</sup>

Sosyal ağların kendiliğinden yapılandığı durumlarda benzerlikler düğümleri birbirine çekebilmektedir. Currarini'nin evlilik ve arkadaşlık ağları araştırması, homofilin sosyal ağlarda gözden kaçırılmaması gereken bir ölçüt olması gerektiğini göstermiştir. <sup>44</sup>



Şekil 15 ABD Politik blog alıntılama (citation) ağı | Liberal(mavi), Conservative(kırmızı) tabakalanma (Adamic 2004)<sup>45</sup>

ABD’de Adamic tarafından yapılan ağ çalışması, politik bloglarda yapılan alıntılarını görselleştirerek, homofili tabakalanmalarına net bir örnek oluşturmuştur. Şekil 15’de herhangi bir konuda yaratılan kutuplaşmaların, heterofili yapılarında bulunan köprüleri yok edip, güçlü tabakalanmalar doğurabileceği anlaşılmaktadır.

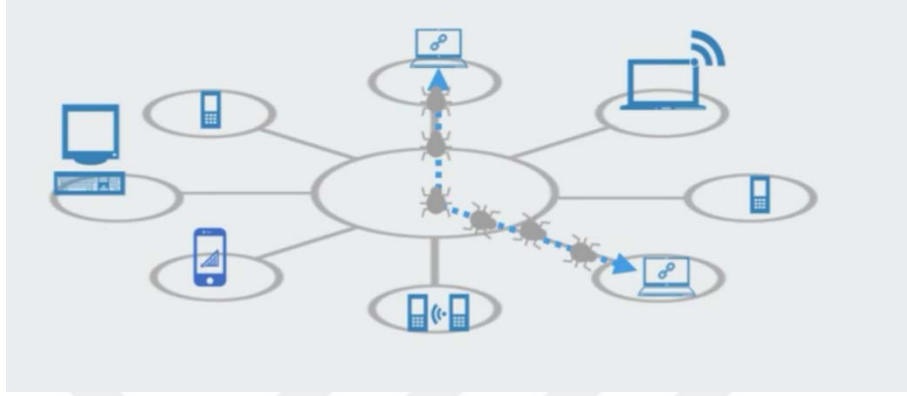
**Heterofili (Heterophily):** Bağlantılı olan düğümlerin birbirine benzemediği ağlarda heterofiliden söz edilmektedir. Heterofil ağlarda saldırı direncinin artabileceği düşünülebilir. Permakültür’de heterofili ile yaratılan ağ dinamiği kenar etkisi olarak tanımlanmaktadır. Bu tür ağ yapıları yaratıcı ve üretken yaklaşımları

<sup>43</sup> Complexity Labs, "Network Clustering," in Complexity Labs, January 3, 2016, <http://complexitylabs.io/network-clustering/>.

<sup>44</sup> CURRARINI Sergio, REDONDO Fernando Vega, ‘A Simple Model of Homophily in Social Networks’ [http://virgo.unive.it/seminari\\_economia/Currarini.pdf](http://virgo.unive.it/seminari_economia/Currarini.pdf)

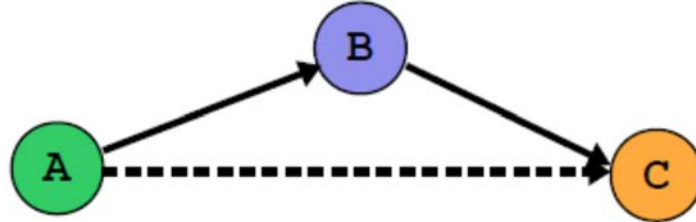
<sup>45</sup> ADAMIC Lada, GLANCE N. , ‘The political blogosphere and the 2004 US election: divided they blog’, s.36-43, (2005) <http://www-personal.umich.edu/~ladamic/projects/>

tetikleyebilmektedir. Şekil 16 Bilgisayar ağı (Tabakalanma) şeklinde görüldüğü üzere, kurulu işletim sistemi bakımından heterofili yapıdaki bir bilgisayar ağına sadece Windows 2000 kurulu bilgisayarlara yayılabilen bir virüs girdiğinde ağın bütününe etkisi az olacaktır.



Şekil 16 Bilgisayar ağı (Tabakalanma)<sup>46</sup>

**Geçişlilik (Transitivity):** A ve B düğümü arası bir bağlantı varsa ve B ve C düğümü arası bir bağ varsa; A ve C düğümleri arası geçişlilik söz konusudur. Eğer geçişlilik yaygınsa homofili'den söz edilir.<sup>47</sup>



Şekil 17 Geçişlilik (transitivity)

**Köprü (Bridge):** Alt gruplar arası düğümler ve bağlar aynı zamanda köprüdür. Doğayı taklit ile kalıcı tarım alanları tasarlayan permakültürün mucidi Bill Mollison bu köprüleri, 'kenar' (edge) olarak tanımlar ve yarattığı etkiye 'kenar etkisi' (edge effect) der. Bu alanlar daha çok türün yakınlığı, en üretken ve verimli alanlardır. Mollison'a göre kenarlar farklı türlerle etkileşime rağmen yaşamını sürdürmenin yarattığı dirayet

<sup>46</sup> Think Academy: Complexity Labs Course View | <http://complexitylabs.io/>

<sup>47</sup> COLEMAN JS, 'Relational Analysis: The Study of Social Organization with Survey Methods. Human Organization', 1958;17:28-36

neticesinde en güçlü ağaçları, en verimli toprakları ve bitkileri oluşturur. Heterofil yapılara gelişim için ihtiyaç duyulduğunu ve ağların köprüler aracılığı ile verimlilik kazanabildiğini vurgular.<sup>48</sup> Bu tür ağlarda gelişim ve invoasyonlar köprüler aracılığı ile sağlanır. Köprüler ağ gelişimine ve ağ bütünlüğüne katkı sağladığı için ağ dayanıklılığı açısından da önemli bir role sahip oldukları söylenebilmektedir.

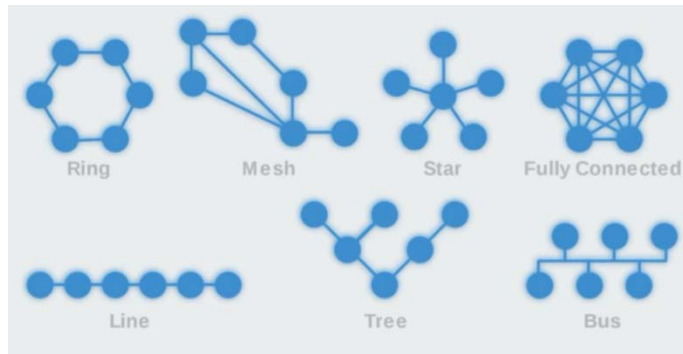
Tabakalanmanın türü ve niteliği ağın topolojisi hakkında da bilgi verebilmektedir.

## AĞ TOPOLOJİLERİ

Ağ topolojisi; her bir düğümün diğer düğümlerle nasıl bir bağ yapısı oluşturduğunun incelenmesi ile bütünsel bir bakış ile belirlenir ve ağın yapısı hakkında genel bilgi verir. Mikrodan makroya tüm ağ topolojileri, örüntüsel olarak ait oldukları daha büyük ağlarla olası bağları konusunda fikir verebilmektedir.

Ağın topolojik olarak incelenmesi, ağın işlevselliğine dair bilgi vermesi açısından önemlidir. Bir sosyal ağın yapısını bilmek, bir bilginin ya da hastalığın yayılım süreci senaryoları konusunda da fikir verebilmektedir.<sup>49</sup>

Şekil 18 Basit ağ topolojileri (yüzük, çizgi, ağaç tam ağ vs.) basit ağ topolojileri olarak sayılabilir. Bu yapıların her birinin işlevsel ve karakteristik özellikleri farklılık göstermektedir.



Şekil 18 Basit ağ topolojileri (yüzük, çizgi, ağaç tam ağ vs.)

<sup>48</sup> MOLLISON Bill, HOLMGREN David, 'Permaculture One: A Perennial Agricultural System for Human Settlement', s. 29, Tagari Publications; 5th edition (1978), ISBN-10: 0908228031

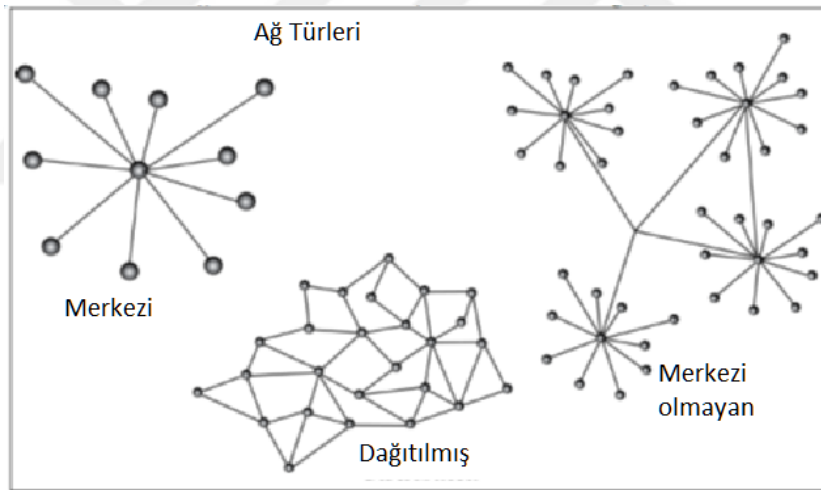
<sup>49</sup> STROGATZ Steven H., 'Exploring complex networks' NATURE | Vol 410 | 02.2001, s. 268



Ağların topolojilerini bilmek veya öngörmek atılacak stratejik adımları netleştirebilir ya da topluluk oluşturma aşamasında topoloji dikkate alınarak ağdaki düğümlerin ilişkilendirilmesi bu yönde belirlenebilir. Bir ulaştırma ağında bir otobüsün duracağı durakları ele alırsak, duraklara yıldız (star) yapılı bir ağda, yüzük (ring) yapılı ağdan daha farklı atlama tipi ile ulaşılır.

1959 yılında Kaliforniya’da mühendis Paul Baran<sup>50</sup> Sovyetler Birliğinin olası nükleer saldırısına karşı savunma stratejisi geliştirirken ağ biliminden faydalanmıştır. Zamanının ağ yapılanmalarını *hiyerarşik, merkezi ve birbirine bağlı* olduğunu vurgulayan Baran’a göre daha dayanıklı model *dağıtılmış(distributed)* ağ ile oluşturulabilmektedir. Şekil 19’de adı geçen ağ topolojileri küçük ölçekli olarak gösterilmiştir.

İlk dağıtılmış ağ 1969’da ARPANET (Advanced Research Projects Agency) tarafından bilim insanlarının ve araştırmacıların bilgisayarda bilgi paylaşabilmesi için hayata geçirilmiştir ve internetin ilk tohumları bu şekilde atılmıştır.



Şekil 19 Farklı ağ türleri: Merkezi(centralized), Merkezi olmayan (Decentralized), Dağıtılmış(Distributed)<sup>51</sup>

Ağ topolojisi belirlemede derece dağılımı ağ hakkında bilgi vermek için kullanılabilir. Homojen bir ağ, düğümlerin hemen hemen aynı derecede bağa

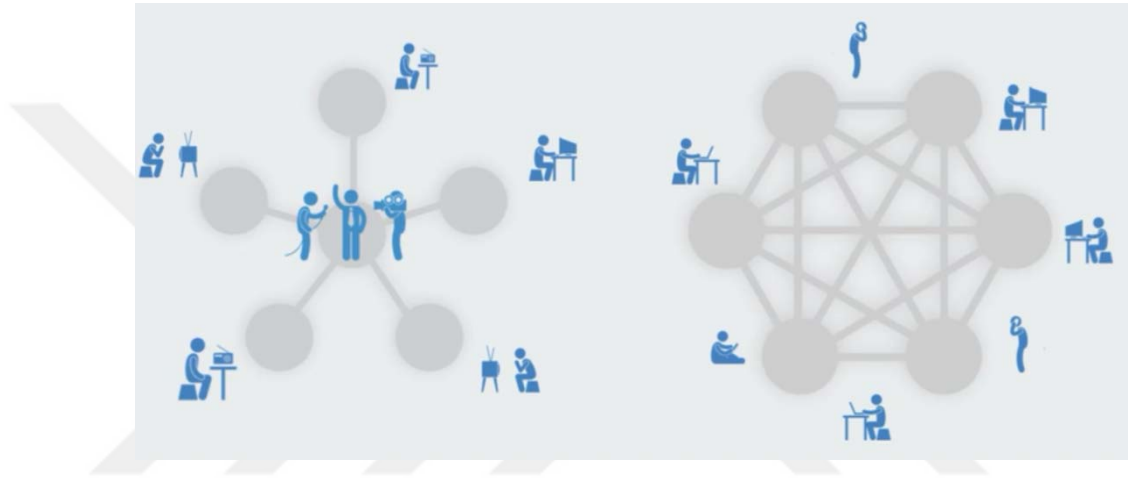
<sup>50</sup> RAND Corporation Publications, ‘Paul Baran and the Origins of the Internet’, <http://www.rand.org/about/history/baran.html>

<sup>51</sup> MATTHEW Denny, ‘Social Network Analysis’, 2014, s. 10. [http://www.mjdenny.com/workshops/SN\\_Theory\\_I.pdf](http://www.mjdenny.com/workshops/SN_Theory_I.pdf)



sahip olması ile oluşmakta ve bu açıdan *rassal ağlara* benzerlik göstermektedir. Derece dağılımı arttıkça ağın yapısı *küçük dünya ağına* yaklaşmaktadır.

Bir kampanya tanıtımı, dağıtılmış ağlarda daha hızlı yayılırken, merkezi ağlarda daha fazla zaman ve merkezi düğümlerin işlevsel yükü taşımasını gerektirmektedir. Şekil 20’de de görüldüğü gibi dağıtılmış ağlarda işlevsel yük de dağıtılmış iken merkezi ağlarda az düğümden fazla gayret, sorumluluk ya da inisiyatif beklenmektedir. Bu minvalde merkezi ağların kontrol altına alınması daha kolay fakat dağıtılmış ağlarda kontrol neredeyse imkânsızdır.



Şekil 20 Merkezi ağ ve dağıtılmış ağ örneği<sup>52</sup>

Derece dağılımı arttıkça düğümler arası iletişim artacağından, ağdaki bilgi akışı da artar. Etkili, homojen bir bilgisayar ağında bilgi akışı çok hızlı olmasına karşın bir virüs tehdidine karşı daha savunmasızdır.<sup>53</sup>

Bu bölümde rassal ağlar, küçük dünya ağları ve ölçek bağımsız ağlar detaylı olarak açıklanmıştır.

#### 4.1.1. *Rassal Ağ (Erdős-Rényi Ağı)*

Paul Erdős ve Alfred Renyi’nin 1960’larda geliştirdiği rassal ağ teoremine göre bir ağdaki her bir düğüm’ün birbiriyle ilişki olasılığı aynı oranda -p ile- gerçekleşen ağlardır.

<sup>52</sup> Think Academy | Network Theory: Introduction

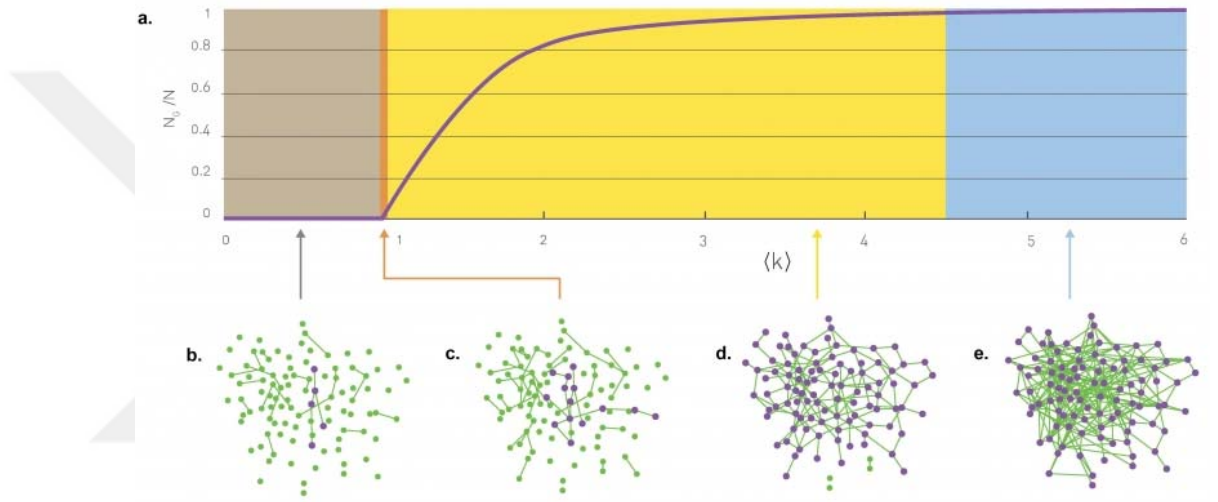
<sup>53</sup> ‘A Framework for Computing Topological Network Robustness’, P. Van Mieghem, C. Doerr, H. Wang, J. Martin Hernandez, D. Hutchison, M. Karaliopoulos and R. E. Kooij

### Denklem 7 Rassal Ağ Ortalama Derece Hesabı

$$\text{Ortalama dereceleri } \langle k \rangle = np$$

Erdős-Renyi (ER) modeline göre  $n$  düğüm için, her düğüm çiftini  $p$  olasılığı ile bağlantılandırarak; rassal bir dağılıma sahip,  $n$  düğümden ve  $[p \cdot n(n-1) / 2]$  tane doğrudan oluşan bir çizge oluşturulabilir.<sup>54</sup>

Dağıtılmış ağlar ise düğümleri eşit derece dağılımına sahip ağlardır. Bu tür ağların dayanıklılığı ve otonomisi yüksektir fakat yönetimi zordur.



Şekil 21 Rassal ağ oluşum süreci<sup>55</sup>

Şekil 21'de görüldüğü gibi bir rassal ağ oluşumu ortalama derece ( $k$ ) 1 olduğunda, düğümler arası ilişki başlar ve arttıkça oluşan rassal ağda değişim gözlemlenir.

$N$  adet düğümlü bir rassal ağda tabakalanma ( $z$ ) tahmini olarak bağlantı olasılığını Denklem 8'de gösterilmiştir.

### Denklem 8 Rassal ağlarda tabakalanma

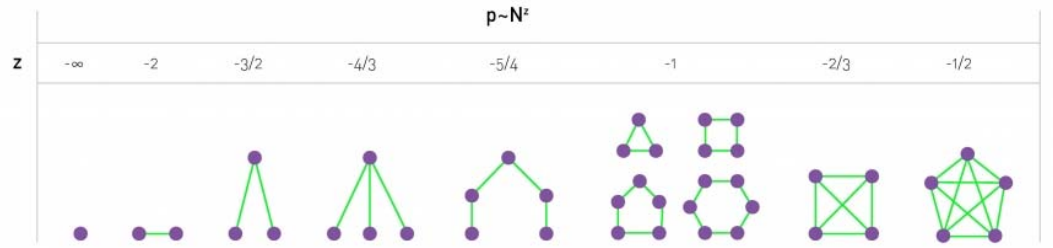
$$p(N) \rightarrow N^z \text{ iken}$$

$$z \rightarrow -\infty < z < 0$$

<sup>54</sup> GÜRSAKAL Necmi, 'Sosyal Ağ Analizi', Bursa, 2009, s. 61, Dora Yayıncılık, ISBN: 978-605-4118-31-1

<sup>55</sup> BARABÁSI Albert-László, 'Network Science' Cambridge University Press; 1 (2016), Bölüm 3 <http://barabasi.com/networksciencebook/chapter/3#evolution-network>

Erdős Renyi'ye göre  $z$  ile orantılı olarak alt gruplarda (tabakalanmalarda) bazı ilişki biçimleri oluşmaktadır. Şekil 22'de görüldüğü üzere  $p(N) \sim N^z$  iken  $z$  üstel değerinde, pay düğüm sayısı ve payda bağlantı sayısını temsil eder.  $-2$  iken birbirinden izole ikili bağlar,  $-3/2$  izole 3'lü bağlar, Dolayısıyla 4 düğümlü tam bir ağ tabakalanması  $z = -2/3$  olduğunda gerçekleşir ve sayı  $0$ 'a yaklaştıkça ağın tam bir ağ olarak tabakalanan düğüm sayısı artmaktadır.



Şekil 22 Rassal ağlarda tabakalanma  $p(N) \sim N^z$  ilişkisi

Düğüm sayısı ile bağ sayısının oranı, tabakalanma oranına dair ve topolojinin genel yapısına dair fikir vermektedir.

#### 4.1.2. Küçük Dünya Fenomeni (Small World Phenomena)

Küçük dünya ağlarının özelliği her düğüme birkaç hareket ile ulaşılabilmesidir. Arkadaşlık ağları buna en uygun örnektir. Küçük dünya ağlarının tabakalanması yüksektir. Dolayısıyla ortalama patika uzunluğu düşüktür ve hâkim merkezi düğümler bulunmamaktadır.

1991 yılında John Guare tarafından tiyatro oyununda ortaya atılan “6 degree of seperation” kavramı ile *küçük dünya fenomeni* literatüre girmiştir. Teoriye göre bu gezegendeki herkes birbirine 6 kişi aracılığıyla ulaşabilmektedir.<sup>56</sup>

1999 yılında Duncan J. Watts ve Steven Strogatz, 6 dereceden bağ kavramının aslında doğadaki ağlarda ve bilgisayar ağlarında bulunduğunu ve *rassal ağ*

<sup>56</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Six\\_Degrees\\_of\\_Separation\\_\(play\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Six_Degrees_of_Separation_(play))

algoritmasının, küçük dünya özelliğini de desteklemek amacıyla tabakalanma katsayısı eklenerek yenilenmesi gerektiğini ortaya koymuşlardır.<sup>57</sup>

Bu fenomeni en kapsamlı biçimde vurgulayan çalışmalardan biri 2011'de Ugander ve arkadaşları tarafından 721 milyon kullanıcı inceleyerek gerçekleştirdiği '*Facebook Anatomisi*' araştırma çalışmasıdır.<sup>58</sup> Bu ölçek dünya popülasyonunun hemen hemen %10'undan fazladır. Facebook ağı incelendiğinde ortalama patika 4.74 gibi küçük bir rakam bulunmuştur. Bu çalışma Facebook arkadaşlık ağının yerel ve küresel ölçekte yoğun bir ağ olduğunu göstermektedir.

Denklem 9'da görüldüğü gibi düğüm sayısı ve uzaklıklar(d) arasında bir ilişki bulunmaktadır. Ortalama  $\langle k \rangle$  dereceli N düğümlü bir küçük dünya ağında rastgele seçilen iki düğüm arasındaki mesafe (d) ilişkisel olarak gösterilmiştir.

**Denklem 9 Küçük dünya ağları uzaklık ve düğüm sayısı korelasyonu**

d = 1 olan  $\langle k \rangle$  düğüm

d = 2 olan  $\langle k \rangle^2$  düğüm

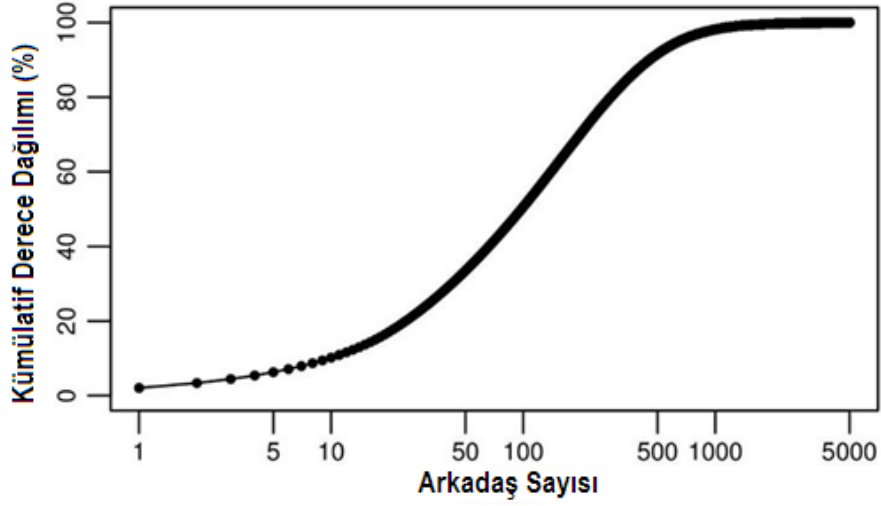
d = 3 olan  $\langle k \rangle^3$  düğüm

d  $\rightarrow \langle k \rangle^d$  adet düğüm [N] bulunur.

Facebook'un, tıpkı internetin doğuşu gibi kırık (fractured) ağ olarak başlayıp zaman içinde bütünlenip ölçek bağımsız bir yapıdan sonra küçük dünya fenomeni yapısına evrildiği söylenebilir.

<sup>57</sup> STROGATZ, Steven H., WATTS Duncan J., 'Collective dynamics of 'small-world' networks', Nature 393, 440-442 (04.06.1998) | doi:10.1038/30918

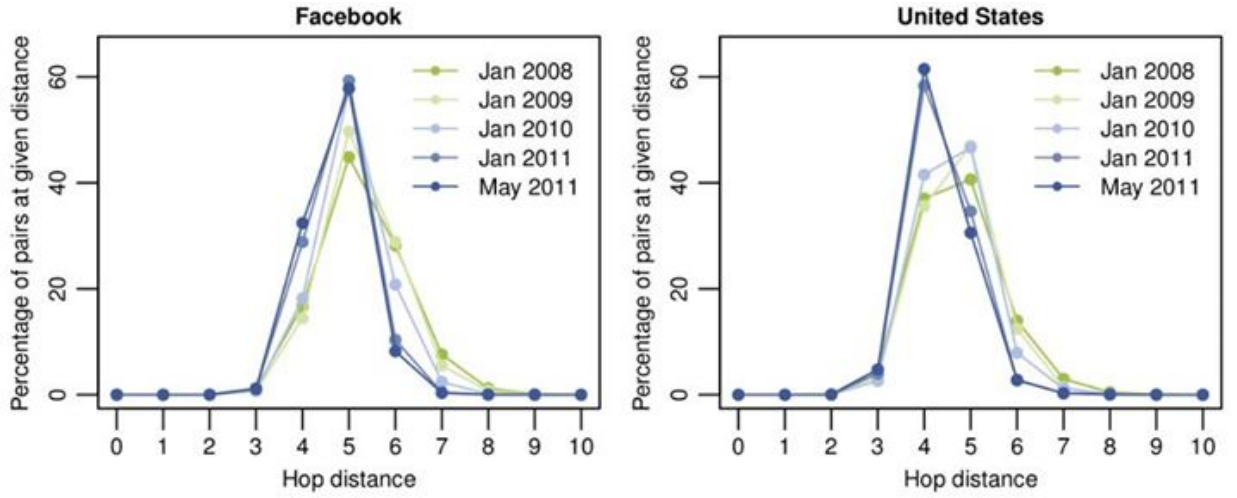
<sup>58</sup> UGANDER Johan, KARRER Brian, BACKSTROM Lars, MARLOW Cameron, '*The Anatomy of the Facebook Social Graph*', (2011), arXiv:1111.4503v1 [cs.SI]



Şekil 23 x= Facebook'ta kullanıcı arkadaş sayısını, y=kümülatif derece dağılımını %<sup>59</sup>

Şekil 23'de görüldüğü üzere Facebook kullanıcılarının %10'undan azı sadece 10 arkadaşına sahip, %20 sadece 25 arkadaşına sahip iken medyan üzerinde 100 kişilik arkadaş listesine ulaşmaktadır. Bir Facebook kullanıcısının ortalama 190 olmakta birlikte bu oranlar giderek artmaktadır. Küçük dünya fenomeninin gerçekleştiği atlama sayısı giderek azalmaktadır. Şekil 24 ile görüldüğü üzere ABD'de bu oran düğümlerin hemen hemen %60'ında ortalama 4 atlama oranına kadar azalmıştır. Mesafelerin kısalması, Facebook kullanıcılarının birbirine daha çok yakınlaştığını ve özellikle ABD'de ağların sıklaştığını vurgulamaktadır.

<sup>59</sup> UGANDER Johan, KARRER Brian, BACKSTROM Lars, MARLOW Cameron, 'The Anatomy of the Facebook Social Graph', (2011), arXiv:1111.4503v1 [cs.SI]



Şekil 24 Facebook ağının gelişim süreci Uzaklık diagramı

Web 2.0'ın paylaşım odaklı yayın özelliği ve sosyal medya araçları ile küçük dünya ağları görünür kılınmıştır. Bu kolektif değişim birçok merkezi ağı ile işleyen endüstride yeniden yapılanma ihtiyacını da beraberinde doğurmaktadır. Özellikle içerik erişimi yaygınlaştıkça merkezi ana akım yayın kanalları, reklam, basılı yayınlar, müzik ve sinema endüstrisi küçük dünya ağının giderek genişlemesinden etkilenmektedir. Merkezi yapılar, ölçek bağımsız ve küçük dünya ağları haline evrilirken yeni servis stratejileri geliştirmek durumunda kalmaktadırlar. YouTube, Twitter, LinkedIn, Google+, Pinterest, Tumblr, Flickr, foursquare, BandCamp, Facebook, WordPress, Instagram, SnapChat, Wikipedia, Quora, CommonSenseMedia, CreativeCommons, gibi açık içerik paylaşımını standardize eden sosyal medya ve interaktif yayın kanalları ana akım medyanın yerine hızla geçerek küçük dünya ağlarının yaygınlaşarak büyümesine ve çevirimiçi kullanıcıların <sup>60</sup> bağlarının zenginleşmesine ve güçlenmesine katkı sağlamaktadır.

#### 4.1.3. Ölçek Bağımsız Ağ (Scale Free Network)

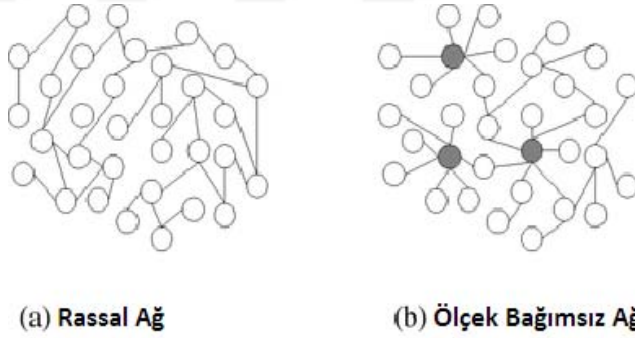
<sup>60</sup> 2018 küresel çevirimiçi kullanıcı sayısı 2.6Milyardır, bu rakamın 2021'de 3.2Milyara yükselmesi beklenmektedir.

Kaynak: <https://www.statista.com/statistics/278414/number-of-worldwide-social-network-users/>

Bir ağ gelişirken yeni düğüm eklendiğinde, yeni düğümün kıdemli düğüm ile bağ kurmayı tercih etmesi, hub'lar üzerinden genişleyen ölçek bağımsız ağ modelini kendiliğinden oluşturmaktadır.

Ölçek bağımsız ağlar konusunda ilk kayda değer adım 1965'de Derek J. de Solla Price tarafından 'bilimsel makalelerde yapılan alıntılar' incelerken uzun kuyruk dağılımı gözlemlemesi ile atılmıştır. Günümüzde Barabási'nin tercihli bağlanma olarak tanımladığı kıdemli düğümün tercih edilmesi nedeni ile güç kazanması ve ağın bu ölçek bağımsız topolojide büyümesi durumunu Price o dönemde '*birikmiş avantaj*' kavramı ile açıklamaktadır.<sup>61</sup>

Kuvvet yasasının ağ analizinde SNA dünyasına gerçek anlamda 1999 yılındaki Barabási, Albert, Jeong'un Nature yayını ile girmiştir. Bu makale ile WWW ağlarının düğüm derece dağılımlarını inceleyerek bu dağılımın kuvvet yasasına uygun olduğunu tespit edilmiştir. Barabási ve arkadaşları tarafından WWW sayfaları hazırlanırken bazı düğümlerin diğerlerinden daha çok tercih edilmesi -tercihli bağlanma (*preferential attachment*)- nedeniyle bu yapının meydana geldiği açıklanmıştır.<sup>62</sup>



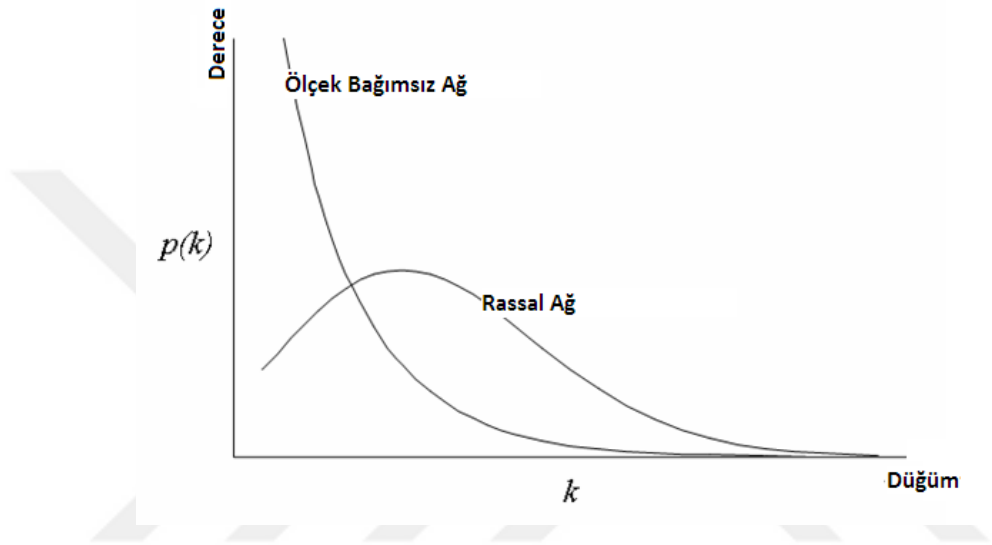
Şekil 25 Rassal Ağ ile Ölçek Bağımsız Ağ Topolojileri

Şekil 25'de ve Şekil 26'da görüldüğü gibi rassal ağlardan farklı olarak ölçek bağımsız ağ, çok sayıda az bağlantılı ve az sayıda çok bağlantılı düğümlerden

<sup>61</sup> DE SOLLA PRICE D. J. (1965). "Networks of Scientific Papers". Science. 149 (3683): 510–515. doi:10.1126/science.149.3683.510. PMID 14325149

<sup>62</sup> BARABÁSI A.-L., ALBERT R., JEONG H., "Diameter of the World-Wide Web," Nature, vol. 401, no. September, pp. 398–399, 1999

oluşmaktadır. Ölçek bağımsız ağlarda bir düğümün derecesinin, o ağdaki toplam düğüm sayısına oranı arasında kuvvet yasası oranı vardır. Bu nedenle ölçek bağımsız ağlar, ağın sürekli tercihli olarak genişlemesi dikkate alındığında düğüm sayılarından bağımsız olarak aynı özelliği gösteren ağlar olarak nitelendirilebilir. Doğadaki örüntüleri mikrodan makroya taklit ile genişleyen ağ türleridir. Daha çok düğüm eklenen bir yapı manyetik çekimi güçlenerek eklenmektedir ve bu şekilde ağ, kaç adet düğüm ya da bağı bulunduğundan bağımsız olarak değişmez bir yapı ile gelişmektedir.



Şekil 26 Rassal Ağ ve Ölçek Bağımsız Ağ Karşılaştırmalı Derece Dağılımları

Ölçek bağımsız ağların; makale alıntılama ağı<sup>63</sup>, havayolları ağı<sup>64</sup>, bilimsel ortak makale yayın ağı<sup>65</sup>, WWW(World Wide Web)<sup>66</sup> ve kanserli hücrelerin insan bedeninde protein-protein etkileşim ağı<sup>67</sup> (PPIN), etimolojik ve semantik ağlar<sup>68</sup> gibi pek çok farklı alanda örnekleri görülebilmektedir. Hangi tür protein inceleniyor olursa olsun bugüne kadar bilinen tüm protein-protein etkileşim ağlarının ölçek bağımsız olduğu tespit

<sup>63</sup> DE SOLLA PRICE D. J. (1965). "Networks of Scientific Papers". Science. 149 (3683): 510–515. doi:10.1126/science.149.3683.510. PMID 14325149

<sup>64</sup> SONG Min Geun, Gi Tae YEO, 'Analysis of the Air Transport Network Characteristics of Major Airports', The Asian Journal of Shipping and Logistics Volume 33, Issue 3, September 2017, s. 117-125

<sup>65</sup> NEWMAN M E J, 'The structure of scientific collaboration networks. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America', 2001; 98(2):404-409.

<sup>66</sup> BARABÁSI A.-L., ALBERT R., JEONG H., "Diameter of the World-Wide Web," Nature, vol. 401, no. September, pp. 398–399, 1999

<sup>67</sup> SUN, J., ZHAO, Z., 'A comparative study of cancer proteins in the human protein-protein interaction network', 2010, BMC Genomics, s.8 <http://doi.org/10.1186/1471-2164-11-S3-S5>

<sup>68</sup> <http://www1.icsi.berkeley.edu/~demelo/etymwn/>



edilmiştir.<sup>69</sup>

## AĞ DİNAMİĞİ

Ağlar nesnelere ve aralarındaki bağlantıları gösterdiğine göre bir hareketten de söz edilmektedir. Ağların doğası dinamiktir ve topolojiler düğümden, bağdan ve ağ dinamiklerinden ötürü zamanla değişim gösterebilmektedir. Günümüzde çizge kuramı zaman katmanı olmadan düşünülmemeli ve analizler bu yönde yeni bir boyut kazanmalıdır.

Ağların kapsamı ve bulunduğu çerçeve de ağ dinamiklerini değiştirebilir. Ağların etki alanları, onları daha geniş bir çerçevede inceleyerek anlaşılabilir. Ordu içerisinde bilgi paylaşımı amacıyla başlayan teknolojinin (ARPANET), günümüzde internetin; -WWW sayfalarının ötesinde- konuşabilen, anlayabilen yapay zekâ asistanları sayesinde (Alexa, Siri ve Cortana) her işi çözebilen ve kullanıcı yerine paylaşımında bulunabilen sanal bir dünyaya dönüşmesi gibi<sup>70</sup>; ağlar kendilerini kapsayan başka ağların alt grupları olarak doğup evrimleşebilirler.

Ağlar dinamik yapılar olduğundan topolojileri de zamanla şekil değiştirebilir. Siyematik<sup>71</sup> bilimindeki metal tabak üzerindeki kumların ses dalgaları doğrultusunda hareketinin oluşturduğu her bir şekil, bir ağ topolojisine benzetilebilir.<sup>72</sup> Bu bağlamda ağlar; dışsal bir etki nedeniyle, düğümlerin bir etki ile birbirine doğru hareket etmesi sonucunda kendiliğinden yapılanabilir. Ses dalgası, dış uyaran olarak ortamda yaşanan konjonktürel değişim ve kumlar insanlar olarak ele alındığında ise bu hareketlilik günümüz sosyal medya ağlarında da her an gözlemlenebilir.

Genetik ağlar, internet ağları gibi çok unsurlu ağlar *karmaşık ağlar (complex networks)* olarak tanımlanır. Yeni eklenecek olan bir düğümün güçlenmiş bir tabakadaki (cluster) güçlü bir düğümü tercih etmesi, bu ağların kuvvet yasasına uygun (ölçek

---

<sup>69</sup> SAFARI-Alighiarloo N, TAGHIZADEH M, REZAEI-Tavirani M, GOLIAEI B, Peyvandi AA. 'Protein-protein interaction networks (PPI) and complex diseases', Gastroenterology and Hepatology From Bed to Bench. 2014;7(1):17-31.

<sup>70</sup> ZIMMERMANN Kim Ann, EMSPAK Jesse, 'Internet History Timeline: ARPANET to the World Wide Web', Live Science Contributors | Haziran.2017

<sup>71</sup> JENNY Hans, 'CYMATICS A Study of Wave Phenomena and Vibration', (1967, 1974), s. 72-120,

<sup>72</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=ouAUo9jVtAU>

bağımsız) eğilimde ve kendi kendine organize olan dayanıklı bir fenomen ile hareket ettiğini gösterir.<sup>73</sup>

Barabási-Albert ölçek bağımsız yapılanma algoritmaları ile tanımladığı BA modelinde, ağ topolojisi ve ağ evriminin birbirinden ayrı düşünülmemeyeceğini öngörür. Rassal ağ ve Watts-Strogatz topolojilerinden farklı olarak N tanımlı düğüm üzerinden hareket etmez. Barabási, ağın fotoğrafını çekmek yerine süreci incelemenin öneminden bahseder. Modelleme ve topluluk oluşturma sürecinde prensip olarak karmaşık sistemleri anlamamanın, nasıl oluştuklarını incelemek ile mümkün olduğu göz ardı edilmemelidir.

Erdős-Rényi'nin (ER) modelindeki, '*bir düğümün ağdan hangi düğüm ile bağlanacağı tamamen rassal seçilir*' bakış açısından farklı olarak; Barabási'ye göre '*ağ büyümeye devam ediyorsa ve yeni düğümler güçlü düğümlere bağlanmayı tercih ediyorsa, bu bir ölçek bağımsız yapılanması ile sonuçlanır*'.<sup>74</sup>

Erdős ve Rényi *rassal ağları* ve Watts ve Strogatz *küçük dünya ağları* belli sayıda düğüm içeren *statik modellerdir*. Bu modellerin ikisi de sonucu çıkarmanın yeterli olduğunu düşünmekte ve bağımlı bir derece dağılımını esas almaktadırlar.<sup>75</sup>

Yapılandırma (*configuration*) ve gizli parametre (*hidden parameter*) modelleri gibi *Yaratıcı modeller (Generative models)* ise ön tanımlı derece dağılımı ile oluşturulmaktadır. Bu modeller ağlarda tabakalanma, patika uzunlukları ve derece dağılımına bağlı olarak yapılandırılmaktadır.<sup>76</sup>

*Ağ gelişim modelleri (Evolving Network Models)* ise ağ gelişim sürecini izler. Barabási-Albert (BA) ölçek bağımsız ağ modeli ve her düğümün yeni düğümle bağlanma ihtimalini düğümün *zindeliği (fitness)* ile bağdaştıran Bianconi-Barabási modeli<sup>77</sup>; içsel bağlar, düğümde yaşlanma, düğüm yetenekleri, düğüm ve bağ silinmesi ya da hızlanmış büyüme gibi senaryoları incelemektedir. Bu ağlar *eğer ağın gelişimine katkısı olan tüm mikro süreçler izlenirse, ağ topolojilerinin gelişim karakteristiği de algılanabilir düşüncesini dikkate alarak oluşturulmaktadır*.<sup>78</sup>

<sup>73</sup> BARABÁSI Albert-László, '*Emergence of Scaling in Random Networks*' SCIENCE Vol 286, 15.10.1999, s. 509

<sup>74</sup> BARABÁSI Albert-László, Network Science Book, Cambridge UK, 2016, Bölüm 5.11

<sup>75</sup> BARABÁSI Albert-László, op.cit., Bölüm 6.6

<sup>76</sup> BARABÁSI Albert-László, op.cit., Bölüm 6.6

<sup>77</sup> BARABÁSI Albert-László, op.cit., Bölüm 6.2

<sup>78</sup> BARABÁSI Albert-László, op.cit., Bölüm 6.2

Ağ dayanıklılığı ölçümlerinde, statik modellerden ziyade ağın yayılım/gelişim süreçlerinin izlenmesi, ağın sönümlenmesi ihtimalinde biyomimikri<sup>79</sup> ve ters mühendislik tahminlemelerin verimini arttırabilir.



---

<sup>79</sup> Biyomimikri: Doğadan ilham alarak ya da doğayı taklit ederek insan problemleri ve ihtiyaçları için çözüm üretmeye odaklanan disiplinlerarası bir anlayıştır. Kullanılan sistemler, topluluk yapılanmaları ve süreç analizlerinde de biyomimikriden yararlanılabilir.

## İKİNCİ BÖLÜM

### (AĞ DAYANIKLILIĞI)

Wikipedia'ya göre dayanıklılık (resilience) bütün sorunlara, hatalara, saldırılara ve kazalara rağmen kabul edilebilir bir servisi ya da işlevi sürdürebilme kapasitesidir. Dayanıklılık; ağ bileşenlerinin, atak, kaza veya sorun anında ağ işlevlerini sürdürebilecek şekilde *hayatta kalma* üst kümesidir.

Ağların dayanıklılığına (network robustness/network resilience) ilişkin şu anda bilimsel ortak mutabık olunan bir tanım olmamakla birlikte<sup>80</sup> özetle ağ dayanıklılığı; bir ağda bir düğüm ya da bağlantının ağdan çıkarılmasının, ağda yaratabileceği yıkıcı etkiyi gözlemleyerek anlaşılır. Bu çıkarılma işlemi sonrası şu soruların cevabı dayanıklılık hakkında bilgi verebilir:

- Birbiri ile bağlı kalan bileşenlerin büyüklüğünün ağın ilk haline oranı.
- Tabakalanmalar arası köprülerin -ağı bütün olarak tutan düğümlerin ve bağların-varlığı
- Ada sayısı ve bileşen içindeki düğümler arası ortalama uzaklık

Ekolojik ağlar ve internet ağları küresel çapta küçük hataları tolere edebilir. Fakat bulaşıcılık arttıkça, hata yayılım riski de artmaktadır. Ağların yok oluş dinamiklerini anlamak için, ağların oluşum dinamiklerini incelemek ya da biyomimikri ile doğada varolan benzer ağların dinamiklerinin detaylı incelemesi uygun bir öngörü yöntemi sunabilir.

---

<sup>80</sup> P. Van Mieghem, C. Doerr, H. Wang, J. Martin Hernandez, D. Hutchison, M. Karaliopoulos and R. E. Kooij, 'A Framework for Computing Topological Network Robustness', 2010, s. 1 (21.03.2018)  
[https://www.nas.ewi.tudelft.nl/images/stories/javier/report20101218\\_A\\_Framework\\_for\\_Computing\\_Topological\\_Robustness.pdf](https://www.nas.ewi.tudelft.nl/images/stories/javier/report20101218_A_Framework_for_Computing_Topological_Robustness.pdf)

Sosyal ağlarda dayanıklılık konusunda son yapılan genetik çalışmalar doğanın hareketine dair ışık tutmaktadır. Bu genetik araştırmalardan; kanser hücrelerine, tümör yayılımına dair SNA çalışmaları ağ dayanıklılığı konusuna en belirgin örnektir.<sup>81</sup> Yapılan araştırmada herhangi bir hücrenin kanserli hücreye dönmesine neden olan *genetik şalter (gene switches)* yapılanması bir sosyal ağ olarak incelenmiştir. RNA<sup>82</sup>, DNA'dan aldığı genetik kodları ribozomlara aktarmaktadır ve sosyal ağda *köprü* rolünde bulunmaktadır. Bazı miRNA'lar birçok geni düzenleyen *merkez* durumundadır. Her gen *otorite* olarak, birçok miRNA tarafından etkilenir. Bu karakteri ile sosyal ağ ölçek bağımsız hale gelmektedir. Kısaca bir hücrenin gen şalterini açmasının yolu microRNA(miRNA) molekülleridir ve kanser durumunda, hücrenin alışılacağı miRNA üretim pateni bozulmaya uğramıştır. Carlo Croce ve arkadaşları 2016'da Ohio Devlet Üniversitesinde 4419 insan hücre örneğinde 50 normal doku ve 51 kanser tipi içindeki miRNA profilleri ve aktivitelerinin genetik ağını incelemişlerdir. Kalıcı tümör ve lösemi durumundaki hücrelerin miRNA ağları gözlemlenmiştir. Bir miRNA'nın hangi geni hedef aldığı ve o genin fonksiyonu dikkate alınarak çizilen bu miRNA ağı, bazı miRNA'ların etki alanlarının çok geniş olduğunu göstermiştir. Sağlıklı hücrelerdeki miRNAlar ve 51 tip kanser hücresindeki miRNA'lar kıyaslandığında, sağlıklı hücre miRNA'larının tek bir ağ içinde *büyük bileşen* ile bağlı olduğu; buna karşın *kanser hücrelerindeki miRNA alt gruplarının adacıklar halini aldığı ve büyük bileşenden kopuk hareket ettiği* tespit edilmiştir.<sup>83</sup>

Fraktal evrende insan hücrelerindeki genlerden, toplumsal yapılara; herşeyin birbirini taklit ettiği (biyomimikri) dikkate alındığında, bir topluluk sosyal ağının dayanıklılığı ile miRNA ve gen moleküllerinin yarattığı sosyal ağın dayanıklılığı arasındaki benzerlik açıkça görülmektedir.

---

<sup>81</sup> LOU Emil, 'Intercellular Conduits in Tumors: The New Social Network' DOI:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.trecan.2015.12.004> Trends in Cancer, 01. 2016, Vol. 2, No. 1, ss. 3

<sup>82</sup> RNAlar; DNA ile birlikte hücrelerin işleyişini düzenleyen yönetici moleküllerdir. Bu yöneticiler hücre işleyişini, birlikte oluşturdukları proteinler sayesinde düzenlemektedirler. Özellikle hücrelerdeki protein sentezine gen kodlarını aktarma işini RNA üstlenir.

<sup>83</sup> CROCE Carlo M., 'Reprogramming of miRNA networks in cancer and leukemia', 2017, Cold Spring Harbor Laboratory Press, doi: 10.1101/gr.098046.109

İnsan topluluklarının dayanıklılığını inceleme amacıyla Dünya Ekonomi Forumu (WEF) tarafından ‘*Global Riskler Veri Keşif Raporları*’ yayınlanmıştır. Bu raporlar, dayanıklılığı sosyo-ekonomik risk haritaları ile incelemektedir. Bu verilerde, riskler 5 ana grupta toplanmış olup, 50 küresel risk ilişkisel ağı çevrimiçi ve gerçek zamanlı olarak görsellenmektedir. Bu görsellemelerde 5 risk grubu; ekonomik (finans sisteminin çöküşü), çevresel (küresel iklim değişikliğine adapte olamama), jeopolitik (küresel hükümetlerin çöküşü), sosyal (su krizi), teknolojik (kritik internet ve sistemlerin çöküşü) olarak sınıflandırılmıştır. Dijital ağın çökmesi, epidemik bir virüsün insanlığı ele geçirmesi, gıda stoklarının ya da su stoklarının tükenmesi gibi olasılıklar birbirleri ile ilişkilendirilerek ülke bazında ve küresel nitelikte interaktif olarak incelenebilmektedir.<sup>84</sup>

Şekil 27’de Dünya Ekonomi Forumunun 2014 yılında yaptığı risk haritası çalışmasında anket katılımcılarına birbirlerini en fazla tetikleyecek riskler sorulmuş ve sonuçlar ağırlıklı düğümler ile raporlanmıştır. Raporda ekonomik, jeopolitik, çevresel, sosyal ya da teknolojik olarak düğümler renk kategorisine ayrılmış ve bağların sayısı ve gücüyle orantılı ağırlıklı ağ diagramında görsellenmiştir.

---

<sup>84</sup> Interaktif WEF riskler haritası (Son Erişim Tarihi: 14.03.2018) →<http://reports.weforum.org/global-risks-2013/section-seven-online-only-content/data-explorer/>



çalışma, eş zamanlı görselleme ile laboratuvar ortamında dinamik izleme sağlayan teknolojik alt yapı ile bu alanda daha verimli sonuçlar elde edilmesini ve hızlı sonuçlar alınmasını sağlamaktadır.<sup>87</sup>

Sosyal ağlarda dayanıklılığın incelendiği bu önemli araştırmalar, disiplinlerarası kullanımlara bir mercek sunmaktadır. Türkiye’de henüz sosyal bilimler çerçevesinde bir örneği bulunmamakla beraber; bu tez, sosyal ağlarda dayanıklılık kavramını, sosyal bilimler perspektifi ile mümkün olduğunca uygulamalı ve panoromik bir derleme niteliğinde inceleyerek farklı bir bakış açısı sunmayı ve disiplinlerarası uygulamalara ve yeni kazanımlara vesile olmayı hedeflemektedir.

## 1. SÜZÜLME TEORİSİ (PERCOLATION THEORY)

Süzülme teorisi ağların oluşum sürecini inceler. Bir sıvının eğim üzerinde gözeneklere dolması gibi yayılımı süreçsel olarak görmeye yarar. Az dirençli düğümleri kendine bağlayarak genişler.

İstatistiksel fizikte en yaygın incelenen süreç süzülmedir. Ağlar iki farklı fazda bulunurlar; birincisi süzülme olmayan rejim (*nonpercolating regime*), mikro tabakalanmalar mevcut iken, diğeri ise süzülme süreci, yani tüm ağı kaplamak üzere olan bir tabakalanma oluşumu şeklindedir.<sup>88</sup>

Twitter gibi sosyal ağlarda ilgi alanını takip eden düğümler belli bir homofili ile tabakalanacaktır. Günümüzde duygu (sentiment) analizi ile yapılan viral reklam çalışmalarında, yayılım ilgili gruplar arası tabakalanmalardan *süzülme* ile sağlanır. Demografik olarak, yayılıma istekli/güdülenmiş düğümlere bu reklam ulaştırılır ve kısa sürede tüm ağı ulaşılmış olur. Bu şekilde yayılan viral reklam nöro-pazarlama ile

---

*from a humanised anti-Lewis Y cancer targeting antibody using a heat-inducible bacterial secretion vector*, Cancer Immunol Immunother (2001) 50: ss. 241-250, Springer-Verlag 2001

<sup>87</sup> O’DONOGHUE Seán I., PROCTER James B., ‘*Data visualisation isn’t just for communication, it’s also a research tool*’, Yayın Tarihi : 26.06.2017 <http://theconversation.com/data-visualisation-isnt-just-for-communication-its-also-a-research-tool-78397>

<sup>88</sup> RADICCHI Filippo, ‘*Predicting percolation thresholds in networks*’, Center for Complex Networks and Systems Research, School of Informatics and Computing, Indiana University, (15.01.2015)



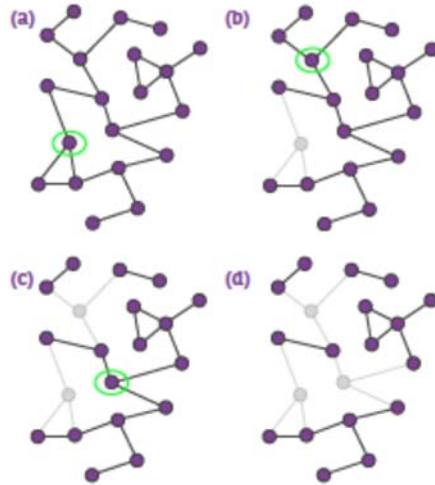
yerleştirilmiş ürün ile ağ üzerindeki ilgili tüm hedef düğümlere nüfuz ederek bilinçaltı satın alma bilgisi verilen örneklere sıkça rastlanmaktadır.<sup>89</sup>

Ağ düğümlerinin oluşturulması kadar düğümlerin ağdan çıkartılması sürecinde de *ters süzülme (inverse percolation)* teorisinden faydalanılabilir.

Bir bağlantının ağdan çıkarılması şeklinde yapılan saldırıda *bağ süzülmesinden (edge percolation)* söz edilir. İki tabakalanmış ağ arasında köprü görevi gören iki düğümün iletişimi kesildiğinde bu ağın büyük bileşen özelliği zedelenir.

Bir düğümün ağdan çıkarılması ile yapılan saldırıda yani *düğüm süzülmesinde (node percolation)* anahtar faktör derece dağılımıdır. Derece dağılımı yüksek ağlarda merkezlerden (hub) söz edilebilir.<sup>90</sup>

Rassal olarak düğüm çıkarmak ile stratejik düğüm çıkarmak arasında fark gözlenmiştir. Stratejik bir saldırı ile derece dağılımı yüksek bir ağın hızla zayıf düşürülmesi olasıdır. Ölçek bağımsız ve merkezi ağlarda stratejik saldırı altında bu tehlike söz konusudur. Buna karşın dağıtılmış ya da merkezi olmayan ağlar, stratejik saldırılara karşı daha dayanıklı olabilir.<sup>91</sup>



Şekil 28 Düğüm Süzülme Örneği  $s=2, 2, 2, 5, 6$  [BARABÁSI, 2016]

<sup>89</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=Oe3St1GgoHQ> 2010'da viral olarak yayılan reklam örneği: Liquid mountaineering

<sup>90</sup> BARABÁSI Albert-László, Network Science Book, Cambridge UK, 2016, Bölüm 8.2

<sup>91</sup> BARABÁSI Albert-László, op.cit. Bölüm 8.2

Şekil 28’de düğüm süzülme örneği küçük bir ağda aşamalı parçalanma olarak görülmektedir. Her bir panelde (a,b,c,d) ağın işaretli düğüm çıkarıldıktan sonraki hali görüntülenmiştir. Birinci düğümün çıkarılması ağın bütünlüğüne etki etmezken, ikinci düğümden sonra parçalanma başlamaktadır. Panel (d)’de ağ birbiri ile iletişimi olmayan izole adacıklar ile kırık ağ halini alır.<sup>92</sup>

Düğümlerin  $p$  olasılığı ile boş bir matrise dağıtıldığını ve komşu düğümlerin birbiri ile bağı olup iki ya da daha fazla düğümden oluşan tabakalanma yarattığını varsayarsak  $p$  arttıkça tabakalanma da artacaktır.  $p$  değerinin artması tabakaların büyüklüğünün artması yerine çok fazla küçük ölçekli tabakalanma oluşması olarak da yorumlanabilir.

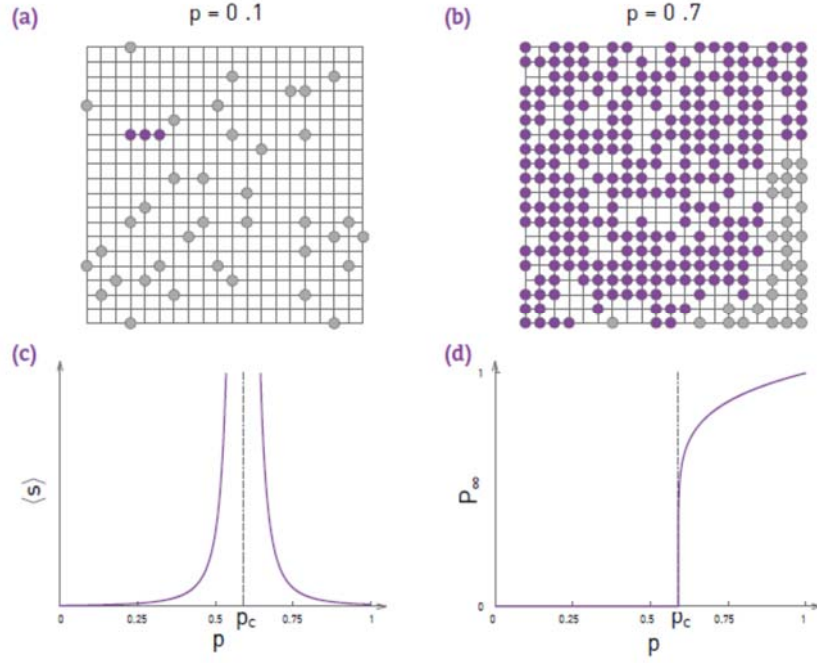
$p$ ,  $p_c$  kritik değerine ulaştığında *süzülen tabaka* olarak kafesin sonuna ulaşır. Bu durumda büyük bileşen bütün ağı kaplar. Birçok küçük ölçekli tabakadan, tüm matrisi kapsayan büyük bir ağa dönüşür.

Şekil 29’da panel (b) ‘de görülen süzülen tabaka neredeyse tüm kafesi kaplayacak büyük bir ağa dönüşmüştür.<sup>93</sup>

---

<sup>92</sup> BARABÁSI Albert-László, Network Science Book, Cambridge UK, 2016, Bölüm 8.2

<sup>93</sup> BARABÁSI Albert-László, op.cit. Bölüm 8.2



Şekil 29 Matrisite  $p$  olasılığı ile tabakalanmalar ve ölçünler [BARABÁSI, 2016:8.2]

Şekil 29’da görüldüğü üzere, süzülme kuramında  $p_c$  kritik eşiği, ağın bütünlendiği nokta olduğundan büyük bileşen ve bütün olduğu son anı temsil eder.

Bu değişimi ölçümlendirebilmek için 3 ana değer hesaplanır.<sup>94</sup>

- Süzülme teorisine göre ortalama tabakalanma büyüklüğü  $s$  ise sonlu tabakalanmaların ortalaması  $p_c$  kritik değerine ulaşırken ortalama tabaka büyüklüğü:

Denklemler 10 tabakalanmaların büyüklüğünün ortalaması [BARABÁSI, 2016:8.2]

$$\langle s \rangle \sim |p - p_c|^{-\gamma_p}$$

- Olasılık  $P_\infty$  ‘a giderken rasgele seçilen bir düğümün en büyük tabakalanmaya ait olması.

Denklemler 11 Bir düğümün en büyük tabakalanmaya ait olma olasılığı [BARABÁSI, 2016:8.2]

$$P_\infty \sim (p - p_c)^{\beta_p}$$

<sup>94</sup> BARABÁSI Albert-László, op.cit. Bölüm 8.2



### Şekil 30 Dayanıklılık analizi ters-süzülme örneği gen ve miRNA ağı<sup>95</sup>

Her düğümün bir ağaç olduğu bir orman ağında, bir ağacın alev alması, yanındaki ağaçları da alevlendirebilir. Yanmış ağaçların hiçbir yanmamış komşu ağacı kalmayana kadar bu ters süzülme devam eder. Bir orman yangınının hangi ağaçtan başlarsa, müdahale olmaksızın nereleri etkilediği ve nerelere yayılacağı ters süzülme ile simule edilebilir. Burada  $p$  değerinin küçülmesi tabakalanma boyutunu küçülteceğinden yangının yayılımının ağın bütününe daha az etkileceğini gösterir.  $p$  değeri büyüdükçe tabakalanma artacağından, yangının yayılım ve ağı kaplama olasılığı artar.<sup>96</sup> Bu örnek virüsün ya da bilginin internet ağında ilerlemesi, epidemik bir hastalığın dünya nüfusuna yayılması gibi senaryolar ile genişletilebilir.

Bir yığının birbiri ile kurduğu bağlantılarda ortak amaç söz konusudur. Bir amaç ile ya da ortak bir ilgi alanı ile bağlantısallık meydana gelir. Bu bağlantısallık ortak amacın yitimi noktasında, bağ nedeni ortadan kaybolduğunda ağ bütünlüğü de kırılabilir.

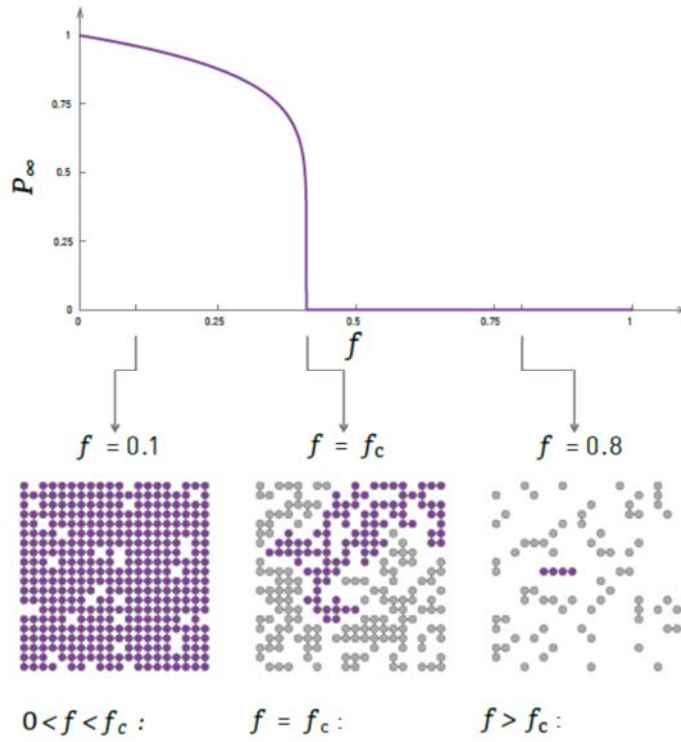
$f$  ağdaki belli bir üstel yapıda( $\beta$ ) bir kısım düğüm ayrılmasının bütünlük ve amaçta yarattığı etki ise bu değer yükselip  $f_c$  kritik eşiğine ulaştığında kırılım başlar ve büyük bileşen özelliği yitirilir.  $P_\infty$ , 0'dan farklı ve  $f_c$  'den küçük bir değer olup, bir düğümün büyük tabakalanmaya ait olma olasılığını gösterirken,  $f_c$  kritik değerine ulaştığında 0'a düşer:

**Denklemler** Bir kısım düğüm çıkarılmasının, ağ bütünlüğüne etki olasılığı [BARABÁSI, 2016:8.2]

$$P_\infty \sim |f - f_c|^\beta$$

<sup>95</sup> CROCE Carlo M., 'Reprogramming of miRNA networks in cancer and leukemia', 2017, Cold Spring Harbor Laboratory Press, doi: 10.1101/gr.098046.109

<sup>96</sup> BARABÁSI Albert-László, Network Science Book, Cambridge UK, 2016, Cambridge University Press, Bölüm 8.2



**Şekil 31 Ters Süzülme ile ağın parçalanması**

Şekil 31 Ters Süzülme ile ağın parçalanması şekli incelendiğinde; 1. matriste *büyük bileşen* iken (giant component) 2. matriste *büyük bileşen* dağılmaya başlar ve 3. matriste birçok minik izole adacık ile *kırık ağ* (fractured network) halini alır.

Ters süzülmede bir ağın bağlantılı bir ağdan parçalanmış bir ağ durumuna geçişi  $f_c$  kritik eşğinde olur. Bu geçişin karakteristiği sıradan bir ağda ya da rassal ağlarda süzülme teorisi araçları kullanarak incelenebilir. Ölçek bağımsız ağlarda bu gözlem farklılık gösterip, stratejik saldırılar haricindeki saldırıların kırılım etkisi rassal ağ kadar yüksek olmayabilir.

## 2. YAYILIM (DIFFUSION)

Bir ağda bir virüsün yayılma oranı; bir türün yok olmasının diğer canlılar üzerindeki etkisi; bir bilginin kulaktan kulağa ya da sosyal medya ağlarında yayılımı gibi; ağı etkileyen ivme herhangi bir konuda olabilir. Yayılan verinin ağı etkisi altına almasının bir başlangıcı ve süreci vardır.

Yayılım, belli hipotezler ışığında süzülme sürecinin mercek altına alınması olarak tanımlanabilir.<sup>97</sup>

Geleneksel olarak yayılım ya da peşpeşe davranış modelleri bilginin, fikrin yayılması olarak ele alınır. Her bir düğüm aktif (etki altında) ve dolayısıyla yayılımı sağlayan ya da inaktif (etkilenmemiş) yayılım sürecine henüz katılmamış potansiyel olarak incelenir. Aktif düğümler ağda bilginin dağıtımında rol oynarlar.<sup>98</sup>

Yayılanın hızını etkileyecek unsurlar şu ana başlık altında düşünülebilir:

*1- Yayılan bilginin bulaşıcılığı*

Önemli/etkileyici bir haber hızlı bir şekilde paylaşılma olasılığını da beraberinde getirmektedir. Bu, haberin yüksek bulaşıcılığı olduğunu gösterir.

*2- Düğümlerin yayılan bilgiye karşı dayanıklılığı ya da zaafı*

Bulaşıcı hastalıklar, ilgi alanları, eğilimler (trendler) en önemli ölçütler olarak nitelendirilebilir. Düğümün yayılıma katılım hızı bu bağa dair zafiyetine, istekliliğine, meğiline bağlıdır.

*3- Ağ topolojisi*

Bir ağın derece dağılımı, en kısa yolları ve bağlantısallığı yayılımı etkiler.

*4- Yayılanın karakteri*

Kurulan bağların önceden hesaplanmış stratejik olmaları ya da rastgele ilerlemeleri de yayılımı etkileyen faktörlerdendir.

Bir virüs kendi doğasında henüz tanımlanamamış belli bir stratejiye sahip olabilir. Doğal afet gibi kriz durumlarında kitlelere bilgi aktarımının belli hızda olması için önceden planlanmış yöntem/hareket (arama zincirleri oluşturmak gibi) izlenebilir. Gerçek dünya yayılımları çok katmanlı (müльтиpleks) dinamik ağlar ile incelenebilir.

Leskovec ve Yang tarafından 2010'da bilginin çevirimiçi yayılımını incelemek amacıyla LIM (Linear Influence Model) adı altında belli bir bilginin ya da kelimenin

<sup>97</sup> ZEPPINIA Paolo, FRENKENA Koen, 'Innovation diffusion in networks: the microeconomics of percolation', 11.2013

<sup>98</sup> LESKOVEC Jure, YANG Jaewon, 'Modeling Information Diffusion in Implicit Networks', Stanford University, doi: 10.1109/ICDM.2010.22

kullanılmasının yayılım modeli zaman ve yayılım büyüklüğü parametreleri ile çizelgede gösterimi önerilmiştir.<sup>99</sup> Bu ve bunun gibi modeller, aynı zamanda dayanıklılık analizi modelleri olarak da öngörülebilir.

### 3. MOLLOY-REED ÖLÇÜTÜ

Bir zincir oluşturabilmek için her birey iki diğer bireyin elini tutmak zorundadır. Molloy-Reed kuramında bir ağın dayanıklılığını ölçerken o ağın büyük bileşene sahip olduğu var sayılmaktadır. Büyük bileşene ait bir düğüm ise en az 2 büyük bileşene bağlı düğüm ile bağlı olmalıdır.<sup>100</sup>

Rassal olarak bağlı bir ağın dev bileşen olduğunu varsaymak için Molloy-Reed ölçütü:

**Denklem 14 Molloy-Reed Kriteri  $K > 2$  [BARABÁSI, 2016:8.4]**

$$\kappa = \frac{\langle k^2 \rangle}{\langle k \rangle} > 2.$$

Eğer  $K < 2$  ise Molloy-Reed ölçütüne göre düğüm bir büyük bileşen içerisinde bulunmamaktadır.

**Denklem 15 Rassal Ağlarda Molloy-Reed Kriteri  $(k) > 1$  [BARABÁSI, 2016:8.4]**

$$\kappa = \frac{\langle k^2 \rangle}{\langle k \rangle} = \frac{\langle k \rangle (1 + \langle k \rangle)}{\langle k \rangle} = 1 + \langle k \rangle > 2$$

Ölçek bağımsız ağ topolojilerinde bu ölçütün dışında istisnai düğümler bulunabilmektedir.

### 4. ÖLÇEK BAĞIMSIZ AĞLARDA DAYANIKLILIK

Düzenli, merkezi ve rassal ağlarda; kritik sayıda ( $f_c$ ) düğüm ya da bağlantı iptal edildiğinde ağ bütünlüğünü kaybederken; ölçek bağımsız ağlarda durum farklıdır.

<sup>99</sup> LESKOVEC Jure, YANG Jaewon, 'Modeling Information Diffusion in Implicit Networks', Stanford University, doi: 10.1109/ICDM.2010.22, ss. 2-5

<sup>100</sup> BARABÁSI Albert-László, Network Science Book, Cambridge UK, 2016, Bölüm 8.4

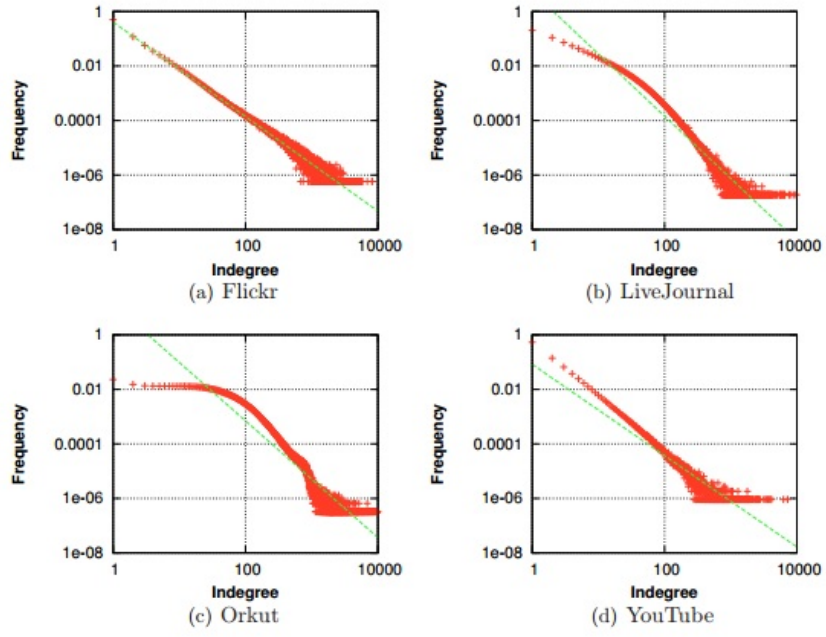


İnternet ağı ele alındığında düğümler (router) ve bağlantılar (connection) işlevini yitirse de ağın bütününde kopma olmaz. Bunun yerine ağ ölçeğinde küçülme meydana gelir. Bu nedenle ölçek bağımsız ağlarda ağın bölünmesi neredeyse tüm düğümlerin yok olması ile mümkündür. İnternet ağına süzülme kuramı uygulandığında, teoride kritik eşiğe vardığında parçalanması beklenen internet ağı, yoğun düğüm hatalarına rağmen beklenen sonucu vermemektedir. Sonlu sayıda rassal düğüm yoketmenin, internet ağının dayanıklılığını etkilemeyeceği Barabási tarafından ortaya konmuştur.<sup>101</sup> Dolayısıyla ters süzülme kuramı ile dayanıklılık testi, internet gibi ölçek bağımsız ve öğrenen ağlar için geçerli olamayabilir. Stratejik ataklarla yapılan dayanıklılık testleri için bu durum farklılık gösterebilir.

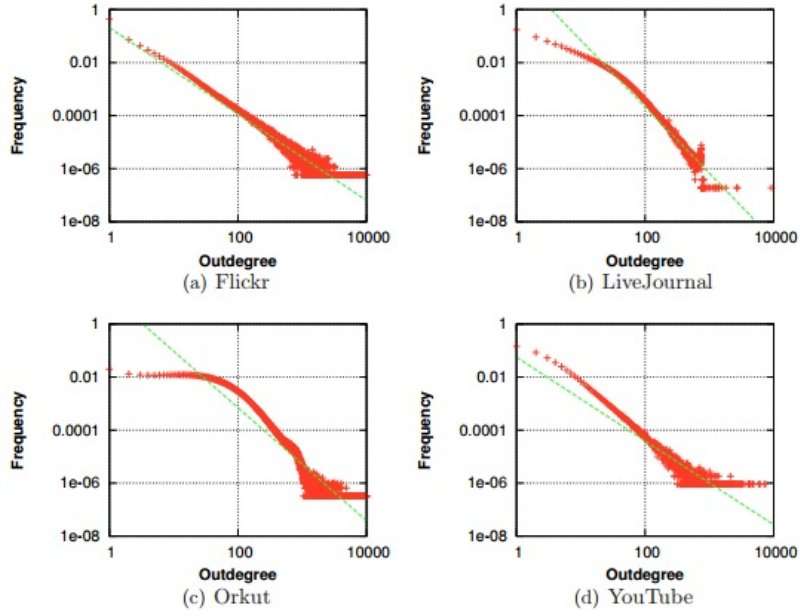
2009 yılında Mislove'un o dönemin popüler çevrimiçi sosyal ağlarında 50 milyon kullanıcı ve 400 milyon bağlantı inceleyerek yaptığı çalışma sonucunda benzer topolojiler gözlemlenmiştir. Bu araştırma sonucunda çıkan girdi derecelerinin (Şekil 32) ve çıktı derecelerinin (Şekil 33) kuvvet yasasına uygun bir karakterde olduğu Mislove tarafından tespit edilmiştir. Mislove tarafından bu topolojiler çekirdeği güçlü ölçek bağımsız yapılanmalar olarak nitelendirilmiştir.

---

<sup>101</sup> Ölçek bağımsız ağların saldırı toleransı benzetim gösterimi | BARABÁSI Albert-László, Network Science Book, Cambridge UK, 2016, Cambridge University Press, Bölüm 8.2, Video 8.1 Son Erişim Tarihi: 16.02.2018 <http://barabasi.com/networksciencebook/images/ch-08/video-8-1.mov>



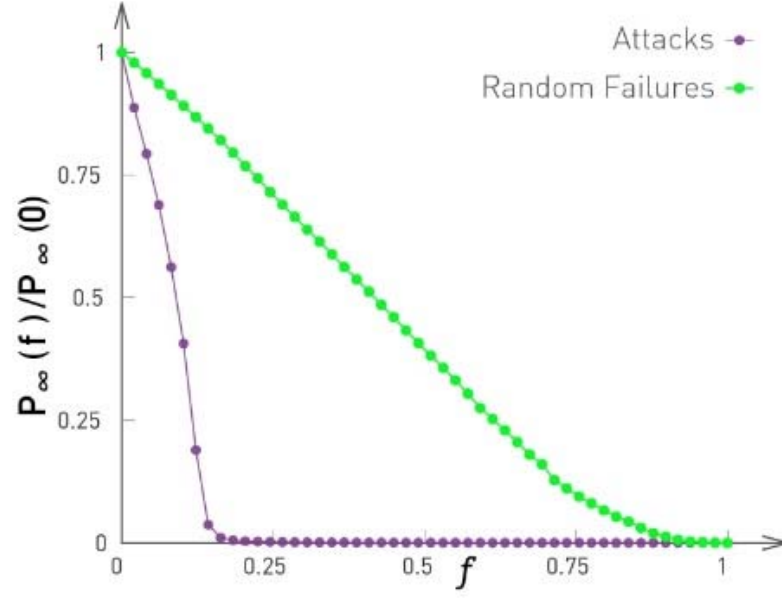
Şekil 32 Çevrimiçi Sosyal Ağlar Girdi Derece Dağılımları<sup>102</sup>



Şekil 33 Çevrimiçi Sosyal Ağlar Çıktı Derece Dağılımları<sup>103</sup>

<sup>102</sup> MISLOVE Alan E., 'Online Social Networks: Measurement, Analysis, and Applications to Distributed Information Systems', Rice Üniversitesi, 2009, s. 82

<sup>103</sup> MISLOVE Alan E., op.cit., s. 81



Şekil 34 Saldırı Toleransı: Stratejik (mor) ve Rassal Süzülme (yeşil) kıyaslaması<sup>104</sup>

Şekil 34'deki çizelgede mor ile yüksek dereceli düğüme saldırı olduğunda ağda kırılım süreci gösterilmekte ve yeşil ile de rastgele saldırı sonucu ağda oluşan kırılım süreci gösterilmektedir. Ölçek bağımsız ağlarda stratejik olarak merkez düğümlere yapılan saldırıda, ağ toleransı düğüm sayısının ilk çeyreğinde zayıflatılırken; süzülme kuramına uygun rassal düğüm çıkarılması halinde neredeyse ağ son düğüm çıkarılana kadar bütünlüğünü korumaktadır. Bu da rassal saldırılara karşı ölçek bağımsız ağların dayanıklı olduğunu göstermektedir.

Gerçek ağlara yapılan stratejik ve rassal saldırılar incelendiğinde ise<sup>105</sup> gerçek ağların rastgele saldırılara karşı güçlü yapıda oldukları fakat stratejik saldırılarda daha savunmasız oldukları gözlenmektedir. Ne kadar savunmasız oldukları ise Barabási'ye göre derece dağılımları ve derece dağılımlarındaki heterojenlik ile orantılı belirlemektedir. Bir Hub'ın ağdan çıkarılmasının etkisini azaltmak o ağda heterojen düğüm derecelenmesi ile mümkün olabilmektedir. Bu bakış açısına göre, birbirine benzer düğümlerin oluşturduğu bir ağın stratejik saldırılara karşı daha savunmasız olduğu ve farklı

<sup>104</sup> BARABÁSI Albert-László, Network Science Book, Cambridge UK, 2016, Cambridge University Press, Bölüm 8.11

<sup>105</sup> Bakınız EKLER| Ek 1 | Gerçek ağlar saldırı incelemeleri

özelliklerde düğümlerin birleşiminden doğan bir ağın stratejik saldırılarda dahi dayanıklılık gösterebileceği öngörülebilir.

## 5. PEŞPEŞE HATA (CASCADING FAILURE)

Bir düğümün hatası, onunla bağlantıda olan diğer düğümleri yük aktarımı anlamında etkileyebilir.<sup>106</sup> Kimi durumlarda iki güçlü merkez (hub) arası iletişim koptuğunda, bir taraf için iletişime neden olan ortak konunun öneminin yitirilme ihtimali doğar, bu da tek bir merkezin aşırı yüklenmeye maruz kalmasına ve bunun sonucunda kırılmasına neden olabilir.

*Peşpeşe Hata (Cascading Failure)* kuramında; bir ağın ya da sistemin, aşırı yüklenme anında fonksiyonel kapasitesini koruması saldırıya uğrayan düğümün *yük kapasitesine* bağlıdır. Bir merkez ona iletilen verinin yükünü kaldıramadığında, diğer merkezler ya da düğümler bu görevi üstlenmeye çalışmaktadır. Diğer merkezlerin de yükü kaldıramaması halinde *peşpeşe hata* oluşur.

Bir düğümün yükü, o düğüme ait *arasındalık merkeziliği (betweenness centrality)* ile anlaşılır. Bir düğümün arasındalık merkeziliği, ne kadar diğer düğümler arası en kısa patikalar üzerinde olduğu hesaplanarak anlaşılır.<sup>107</sup>

Bir elektrik dağıtım şebekesinde bir merkez düğümün yetersiz kaldığı durumda geri kalan trafolar alternatif olarak tüm akımı devralır. Ağustos 1996'da Oregon'da, 1,300 megawattlık bir trafo devrildiğinde akım otomatik olarak daha düşük voltaj hatlarına iletilmiştir. Bu voltaj hatları yüksek gerilim kaldıramadığından, onlar da çökmüştür. Saniyeler içinde aktarılamayan yüksek akım 13 jeneratörün birden kapanması ve 11 ABD eyaleti ve 2 Kanada bölgesini etkisi altına alan geniş çaplı bir elektrik kesintisine neden olmuştur.<sup>108</sup>

BitCoin'in uğradığı saldırılarda ağ dayanıklılığının düşük çıkmasının, merkeziliğinin yüksek olmasından kaynaklandığı tespit edilmiştir.<sup>109</sup> Belli bir yükün

---

<sup>106</sup> BARABÁSI Albert-László, op.cit., Bölüm 8.5

<sup>107</sup> MOTTER Adilson E., LAI Ying-Cheng, 'Cascade-based attacks on complex networks', DOI: [Phys. Rev. E 66, 065102 (2002)], ss.2-4

<sup>108</sup> MINKEL JR, 'The 2003 Northeast Blackout--Five Years Later', Scientific American Online, August 13, 2008, Son Erişim Tarihi:16.03.2017 <https://www.scientificamerican.com/article/2003-blackout-five-years-later/>

<sup>109</sup> APOSTOLAKI Maria, ZOHAR Aviv, VANBEVER Laurent, 'Hijacking Bitcoin: Large-scale Network Attacks on Cryptocurrencies', arXiv:1605.07524v2 [cs.NI], 24.03.2017, ss. 5-12

dağıtıldığı ağlarda yüksek merkezilik ağın dayanıklılığını azaltıcı bir etmen olabilir. Bunu önlemek için alternatif güç merkezlerinin hazırda bekletilmesi ve felaket anında eş zamanlı olarak devreye sokulması gerekmektedir. Her koşulda arasındalık merkezindeki güçlü bir düğümün yerini almak, hem yerine geçen düğüm hem de ağın diğer unsurları bakımından zorlayıcı ve travmatik bir senaryo olarak düşünülebilir.

Bu modelde her bir düğüm(j) için;

$L_j$  yük yani arasındalık merkeziliği

$\alpha \geq 0$  tolerans parametresi iken yük kapasitesi ( $C_j$ ):

**Denklem 16 Peşpeşe Hata kuramı, yük kapasitesi denklemi<sup>110</sup>**

$$C_j = (1 + \alpha)L_j, \quad j = 1, 2, \dots, N,$$

Peşpeşe hata kuramında şu esaslar dikkate alınmaktadır:<sup>111</sup>

- Bir düğüm silindiğinde; bu eylem, yükün diğer düğümlere dağıtılmasına neden olur.  $L_j \rightarrow L'_j$
- Bütün yük kapasitesini aşan düğümlerin silinmesi için düğümde  $L'_j > C_j$  özelliği aranır. Yani kendi yük kapasitesini aşan bir arasındalık merkeziliği düğümü imha eder.
- Bu süreçler aşırı yüklü düğüm kalmayana kadar tekrarlanır.

N ağın en büyük bileşenindeki düğüm sayısı ve N' ağın saldırı sonrası büyük bileşenindeki düğüm sayısı iken; ağın en büyük bileşeninde peşpeşeliğin doğurduğu hasarın görece büyüklüğü

**Denklem 17 Peşpeşe hatada saldırı sonrası hasar oranı<sup>112</sup>**

$G = N/N'$  olacaktır.

<sup>110</sup> MOTTER Adilson E., LAI Ying-Cheng, 'Cascade-based attacks on complex networks', DOI: [Phys. Rev. E 66, 065102 (2002)], ss.2-4

<sup>111</sup> DOROGOVITSEV S. N., GOLTSEV A. V., 'Critical phenomena in complex networks', DOI: arXiv:0705.0010v6 [cond-mat.stat-mech] 16.11.2007, ss.55,56, <https://arxiv.org/pdf/0705.0010.pdf>

<sup>112</sup> MOTTER Adilson E., LAI Ying-Cheng, 'Cascade-based attacks on complex networks', DOI: [Phys. Rev. E 66, 065102 (2002)], ss.2-4

## 6. DÜĞÜM STABİLİTESİ

Bir ağda düğüme ilişkin aidiyet hissini yok olması ihtimalinin kaç hareketle gerçekleştiği *düğüm stabilite analizi* ile incelenebilir. Bir düğümün ağdan çıkarılmasını sağlayan hareket sayısı kadar olan mesafe, ağda o düğümün kopmasına ilişkin *sıra stabilitesi* olarak ifade edilir.

Örneğin bir toplantıya, bir arkadaşı tarafından getirilen kişi, eğer o toplantıda başka bir tanıdığı yoksa arkadaşının yokluğu halinde o toplantıda bulunamayacaktır ve bu durumda bu bireyin, toplantı ağı ile olan ilişkisi bir düğümden oluşur ve ağla olan bağı zayıftır.

Bir düğüm kendi iç dinamikleri nedeniyle ağdan kopma kararı alıp, tüm bağlarını kesebilir. Burada bu senaryo hariç tutulmuştur. Sadece düğümü ağa bağlayan diğer düğümlerin yarattığı dayanıklılık incelenmektedir. Büyük bileşen ağında, bir düğümün o ağla olan bağının mukavemeti sadece bir düğüm ile bağ içerisinde iken zayıf demektir. Daha fazla bağ sahibi olan düğüm ağa bağlılığında istikrar(stabilite) sağlamış olur. <sup>113</sup>

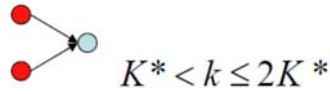
- Sadece bir düğümden oluşuyor ise *zayıf (vulnerable)*

**Denklem 18 Düğüm dayanıklılığı → Zayıf düğüm**

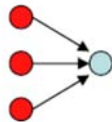


- 2 düğümden oluşuyor ise *ilk sıra istikrarlı (first order stable)*

**Denklem 19 Düğüm dayanıklılığı → ilk sıra istikrarlı**



- 3 düğümden oluşuyor ise *ikinci sıra istikrarlı (second order stable)* yani iki hareket sonrası *zayıf* kabul edilir.



<sup>113</sup> WHITNEY Daniel E., 'Network Representations of Complex Engineering Systems: (Random Networks and Cascades)', MIT ESD. 342 Spring 2010

**Denklem 20 ikinci sıra istikrarlı**

$$2K^* < k \leq 3K^* \text{ vs. şeklidir.}$$

Bu denklemler bir ağdaki düğümün, o ağ ile bağındaki kritik eşiği göstermektedir. Bir düğümün *kopması an meselesi* ise *pamuk ipliğine bağlı* gibi ağa bağlanıyor ise o düğüm artık *zayıf* kabul edilir. Ağla güçlü bağa sahip düğümlerin, peşpeşe hata durumunda zayıf düşmeleri de daha fazla zaman alır. Güç ve dayanıklılık kavramları göreceli ve çok unsurlu olmakla beraber; bir ağ ve bir düğüm davranışsal olarak incelendiğinde saldırı karşısında savunma veya tepki de doğabileceğinden bu süreç, düğümün veya ağın mutasyonu da dikkate alınarak çok boyutlu/parametrelili dinamik simüle edilerek incelenmelidir.

## 7. PERMAKÜLTÜR İLKELERİ VE KENAR ETKİSİ

Permakültür<sup>114</sup>, doğada sürdürülebilirliğin çok parametrelili tasarımı için Bill Mollison tarafından geliştirilen bir kavramdır. Her şey birbiri ile etkileşim halinde ve birbirine bağlı düşünülür ve tasarımda her unsurun birden fazla fayda ile etki alanı ve bağlarının güçlendirilmesi önemsenir. Permakültür prensiplerine göre '*sorun çözümdür*'. Bir düğümün ihtiyacı diğer bir düğümün çıktısı ile karşılanır. Örneğin tavuklar toprakta solucan ararken toprağı hem havalandırır hem de gübreler. Her birey belirli bir iş ile diğer elemanlar ile etkileşim halindedir. Bu bakış açısı ile gerçekleştirilen doğal yaşam mimarisine *permakültür tasarımı* adı verilmektedir. Bu tasarımlar çevre, dünya ve insan sağlığına duyarlıdır ve varoluş dinamiğini doğada inceleyerek sürekli öğrenme temelli bir yaklaşımı prensip edinir. Yenilenebilir ve temiz enerji, tohumdan topraga döngüsellik, yenilenebilirlik ve sürdürülebilirlik esastır. Bu tasarımlar sonucunda organik gıda üretimi, yenilenebilir enerji ve sürdürülebilir yaşam ortamı olan çiftlikler ve ekoköyler oluşturulabilmektedir ve örnekleri gün geçtikçe artmaktadır.

Permakültür ilkelerinin mimarı David Holmgren ve Bill Mollison'ın ortaya attığı bu bakış açısı aslında sürdürülebilir sosyal ağlar için de geçerli olabilir. Ağdaki düğümler arasında ilişki bağları, ilişki kurma nedenleri zenginleştikçe ve bağ konuları genişledikçe ağ dayanıklılığı artabilir.

<sup>114</sup> Mollison Bill, Slay Reny Mia, '*Permaculture: A Designers Manual*,' 1988, Tagari Publications ISBN 0908228015 (ISBN13: 9780908228010)

Doğada ölçek bağımsız örüntü mikrodan makroya, bir tohumun ilk filizinde, ağaç yapraklarının damarlarında, insan damarları ve sinir sistemi ağında, beyindeki nöral ağlarda, bir nehrin doğada oluşturduğu su kanallarında tüm canlıların oluşturduğu topluluklarda görülebilmektedir. Bilimsel olarak aranan ve ihtiyaç duyulan verilerin hepsinin doğa içinde gizli olduğu kabul edilmelidir.

## PERMAKÜLTÜR İLKELERİ <sup>115</sup>

Dünyaya değer, insana değer ve hakkaniyetli paylaşım ahlakını her zaman merkezinde tutarak uygulanan permakültür ilkeleri SNA bakış açısı ile listelenmiştir.



### 1- Gözlem ve etkileşim (1: Observe & interact)

Doğanın kendi dinamikleri ancak tarafsız ve detaycı bir gözlem ile incelendiğinde anlaşılabilir. Önyargılar gözlem gücünü yitirip varolanı doğru analiz etmeyi engelleyebilir. Doğada ve tasarımın gerçekleşeceği yerleşkede tarafsız bir gözlem için vakit ayırmak duruma dair doğru yaklaşımları, çözümleri ve dolayısıyla tasarımları elde etmeyi sağlar. Bu ilkenin SNA çerçevesinde uygulanışı doğru veri toplayarak ve tarafsız, varsayımların ötesinde bir gözlem süreci içinde bulunarak mümkün olabilir. Ağın topolojisi süreç içinde sürekli olarak incelenmelidir.



### 2- Enerjiyi yakala ve sakla (2: Catch & store energy)

Kaynakları bolluk içinde iken toplamak, gözetmek ve saklamak, daha sonra ihtiyaç halinde kullanılabilirliğini sağlar. SNA çerçevesinden bakıldığında ağın doğal hareketini gözlemlerken zaten varolan akış içerisinde ağa nitelik kazandıran faktörleri önceliklendirerek dögümsel enerji tasarrufu ile sadece ihtiyaç duyulan niteliğe uygun dögümü fonksiyonel olarak minimum gayret gerektirecek biçimde değerlendirmek peşpeşe hata oluşumu riskini düşürebilir. Ağın topolojisi ve ağda bulundan tabakalanmalar bu konuda korunması yararlı enerji noktaları olarak değerlendirilebilir.



### 3- Kazanımların varlığı (3: Obtain a yield)

Permakültür tasarımı gerçekleştirirken çalışma ile elle tutulur kazanımların elde edildiği ve aşama kaydedildiğinden emin olunmalıdır. Bu kazanım temiz gıda, verimli toprak, toplanan su ya da kazanılan para olabilir. SNA çerçevesinde oluşturulan ağın,

<sup>115</sup> HOLMGREN David, 'Permaculture Design Principles',  
<https://permacultureprinciples.com/principles/> Son Erişim Tarihi: 16.03.2018



düğümlere faydalı kazanımlarının olduğunun düğümlerce net olarak görülebilmesi ağın devamlılığını ve dayanıklılığını arttırabilir.



#### 4- Kendini güncelleme ve geri bildirim kabulü (4: Apply self-regulation & accept feedback)

Tasarlanan sistemin doğru çalışabilmesi için sisteme ters yapıda bir eylemi engellemek gerekmektedir. Bir organizma gibi tasarlanan sistem içerisinde de hatalar tespit edildiği anda düzeltilmelidir ve tasarım yenilenmelidir. Genellikle olumsuz öngörüler geri planda tutulduğundan permakültür tasarımında olumsuz öngörülere ya da yaşanan olumsuzluklara ilkesel olarak öncelik verilmektedir. Sosyal ağ çerçevesinde yaklaşıldığında, bir düğümün ağın bütününe dair olumsuz algısı ağın tümünü etkileyeceğinden, şeffaflık ve tarafsız bakış açısı ile ağın zayıf olduğu alanların doğru tespit edilmesi gerekmektedir. Bir ağın en zayıf düğümü kadar güçlü olduğu söylenebilir. Bütünsel bakış açısı ile değerlendirildiğinde ağ topolojisi gerektiğinde zayıf bağlarını ya da düğümlerini güçlendirmek üzere yeniden yapılanabilmelidir.



#### 5- Yenilenebilir kaynak ve servis ile doğal olarak faydalı çıktı elde edimi (5: Use & value renewable resources & services)

Tasarımda bileşenler en az gayret gerektirecek şekilde, ekstra kontrol gerektirmeyen bir pratiklikte en kısa patikalar düşünülerek yerleştirilir. Mümkün olan her yerde doğal ve yenilenebilir kaynaklardan yararlanılır. Rüzgârla taşınan yapraklar doğrudan malçlı bahçe yataklarına düşüyor olabilir ya da yağmur suyu toplanıp yakınlardaki göletlere ve su hendeklerine kendiliğinden akıyor olabilir. Güneş ışığı direk fidelerin bulunduğu serayı ısıtabilir. Elektrik üretimi güneşten, rüzgârdan sağlanıp, biyogaz ise çöp ve hayvan dışkılarından elde edilebilir. Varolan kaynakları en verimli biçimde değerlendirmek permakültür tasarımının ana ilkelerinden biridir. Bu ilke ağ tasarımında kullanıldığında her bir düğüm kendi en kısa mesafesindeki düğümleri ile düğümün doğasında bulunan isteyerek gerçekleştirdiği ağ işlevi ve hedefi doğrultusunda harekete yönlendirilebilir. Bir düğüm zaten varolan değerleri dikkate alınarak bütün içinde yer aldığı ağ verimliliği ve dayanıklılığı artabilir.



#### 6- Kendiliğindenliği gözeten tasarım ile israf yok (6: Produce no waste)

Permakültür felsefesi gereği, farklı enerji biçimlerinin doğal olarak aktığı yönleri (rüzgâr, güneş yönü vs.) tasarımda dikkate alır. SNA uygulamalarında da düğümlerin

doğal olarak sahip olduklar ilişki örüntüsü, klikler ve ağın içindeki doğal veri akışı dikkate alınmalıdır. Ördekler ister sümüklüböcek peşinde koşar ister yuvasına tüner ister yüzer, banyo yapar. Belki dayatmacı ve zorlayıcı koşullara göre daha az yumurta elde edilir, ama daha fazla işlev yerine getirilmiş olur. Bileşenlerin yaşam kalitesi arttığından bir aradalık bir baskı yaratmaz. Benzer biçimde sosyal ağlarda da bir düğümün o ağdaki diğer düğümlerle zaten varolan ya da kendiliğinden gelişen bağları ile ağı ölçülebilir olmasa da niteliksel olarak güçlendirmektedir. Ortak ilgi alanları ve amaçlar gibi klik tabakalanmalar kendiliğinden oluşan alt gruplar hakkın bilgi içermektedir. Bir merkez ya da otorite ile bağlantısız ve dağıtılmış şekilde gelişebilen bir ağın küçük dünya özelliği ile sürdürülebilirliği artmış olur.



#### 7- Örüntülerden detaya tasarım (7: Design from patterns to details)

Bütünsel bir bakış açısı ile incelendiğinde doğada ve topluluklarda belli örüntüler farkedilebilir. Bu örüntüler ana tasarımın iskeletini oluşturup süreç içinde detaylandırılabilir. Deneyim ve öğrenme döngüleri ile örüntülerin zaman içerisinde derinleşmesi doğa ve topluluklarda gerçekçi bir yol haritası olarak kabul edilebilir. Herşeyin mükemmel bir detay içinde tasarlandığı yapılanmalar öngörülemeyen darboğazlarda strese girmektedir. SNA perspektifinden ele alındığında bu aynı zamanda doğada da sıkça görülen ölçek bağımsız yapılanmaların ilkesel formu olarak düşünülebilir. Tercihli bağlar ile adım adım gelişen ölçek bağımsız bir yapılanmanın, örüntülerden detaya doğru genişlediğinden ağ dayanıklılığının artabileceği düşünülebilir.



#### 8- Ayırmak yerine birleştirmek (8: Integrate rather than segregate)

Tüm unsurların katılımını sağlayarak yapılan bir tasarım unsurlar arası ilişki doğurur ve unsurlar birbirlerini destekleyerek simbiyoz ilişki ile büyürler. Mantarlar bitki köklerini birbirine bağlar ve bitkilerin hızla gelişmesini sağlarlar. Bu simbiyoz ilişkiye bir örnektir. Mantarları, bitkilerden ayrı düşünmek tasarımda doğanın birlikte gelişim gücünü hafife almak olur. Sosyal ağlarda ise birlikte simbiyoz ilişki içinde olan unsurların işlevleri ve özellikleri zaman içinde göz ardı edilip birbirinden uzaklaşma eğilimi içine girdiğinde bu unsurların yakınlaştırılması ile ağ güçlü ve dayanıklı hale getirilebilir.



#### 9- Küçük ve yavaş çözümler üretmek (9: Use small and slow solutions)

Yavaş ve emin adımlar değişimin sağaltılarak gerçekleşmesini ve stabiliteyi sağlar. Büyük güncellemeler zorlama ve çaba gerektirir. Küçük ve yavaş sistemleri sürdürmek büyük ve hızlı sistemlerden daha az çaba gerektirir. Bu onları daha sürdürülebilir ve dayanıklı hale getirmektedir. Yerel kaynakların kullanımı ve sürdürülebilir çıktı elde edilmesi için küçük adımlar önemlidir. Bazen sadeleşmek imkânsız görünen süreçleri erişilebilir ve mümkün kılar. Sosyal ağlarda da oluşumun küçük adımlar ile yavaşça ilerlemesi, ağın gereksiz yüklenmeler ile strese girmesini önlemektedir. Kendiliğindenliğe önem veren sadeleşen süreçler uzak hedefleri kaygı ve stres yerine rahatlıkla adımlamayı sağlamaktadır.



#### 10- Çeşitliliğin değerini bilip değerlendirmek (10: Use and value diversity)

Biy çeşitlilik doğal çevrenin gerçek dayanıklı gücünün özü olarak düşünülmelidir. İlkenin alt başlığı olarak seçilen ‘tüm yumurtaları bir sepete koyma’ tümcesi de aynı olanın birbirlerine yakın tutulmasından doğan kırılabilirliği ifade etmektedir. Güvenlik zaafiyetler çeşitlilik ile dengelenebilir. Çeşitlilik arttıkça doğa içerisindeki unsurlar adaptasyonu öğrenmektedir. Sosyal ağların heterojen yapıda olmalarının onları dayanıklı hale gelebileceği söylenebilir. Bir ağ içerisinde farklılık ve çeşitlilik ağın öngörü ve inovatif düşünme kapasitesini geliştirebilir. Çeşitlilik aynı zamanda ağın değişim durumlarında adaptasyon yeteneğini arttırabilir.



#### 11- Kenarları kullanarak aykırıya değer vermek (11: Use edges & value the marginal)

Bu ilkenin alt başlığı olarak seçilen ‘dümdüz bir yol her zaman doğru yol olmayabilir’ cümlesi her unsuru tek tipleştirmenin yaratabileceği tıkanıklığı öngörmektedir. Unsurların form ya da işlev değiştirdiği geçiş noktaları en ilginç deneyimi getirebilir. Kenar etkisi olarak bahsedilen permakültür teriminin çıkış noktası olan bu ilke çeşitliliğin birleşim noktalarını yaratan köprülerin aykırı değerde olabileceğini vurgulamaktadır.

Holmgren ve Mollison’a göre birbiri ile benzeşmeyen düğümlerin bir bağ içinde bulunması hali inovatif ve üretken sonuçlar doğurabilir. Bu birbirine benzemeyen unsurların birleştiği yerde kenar etkisi denilen verimli potansiyelin oluştuğu vurgulanır. Bir düğüm iki tabakalanmanın da demografisine uyuyor ise bu onu ilk bakışta aykırı

gösterebilir fakat aslında bir köprü haline getirebilir. Veriler ve etkilerin yayılımında bu düğümler anahtar rol oynarlar.

Ölçek bağımsız ağlarda aykırı görünümlü düğümlerin merkez ve otorite görevinde tercih edilerek kenar etkisini yaratabildiği ve yayılım sürecini farklı bölgelere doğru üstel olarak hızlandırabilecekleri söylenebilir.



### **12- Değişime yaratıcı yaklaşım (12: Creatively use and respond to change)**

Bu ilkenin alt başlığı olarak ‘Uzak görüşlülük (vizyon); olanı olduğu gibi değil olacağı gibi görmektir.’ cümlesi seçilmiştir. Unsurlar arasında ilişkiyi ve doğal akışı görmek, beklenen değişimi sezmek ve doğru zamanda hareket ile bir ağ oluşumu ya da gelişimi sağlıklı ve sürdürülebilir hale getirilebilir.

Bu ilkelere ek olarak alınabilecek diğer ilkeler şunlardır: <sup>116</sup>

### **13- Bileşenlerin birden fazla işlev görmesi**

Tasarımda her bir bileşen bir dizi işlev görecektir şekilde yerleştirilmeli ve kullanılmalıdır. Örneğin: Bir tavuk hem toprağı havalandırır hem de gübreler. Bir ağaç; gıda, malç ve koruma sağlayabilir. Araçlar için açılan bir yol aynı zamanda su hasadı için kullanılabilir; kısa boylu bitkiler yolun orta hattına dikilebilir. Yoldan geçen araçlar bunların yayılmasını kontrol altında tutar. Bu ilke SNA’da ağ oluşturma konusuna yansıtıldığında; her bir düğümün diğer düğümlerle bağlarının farklı nedenler ve amaçlar doğrultusunda sıklaştırılmasının, ağın dayanıklılığını arttırıcı etkisi olabileceği söylenebilir. Diğer ağlara erişebilen ve ağı yaygınlaştırabilen düğümlerin çoklu parametre değerlendirilmesi gerekir. Yaygınlaştırılan tek bir anahtar bilgi değil, birçok konu olursa, o bağ ve dolayısıyla ağ güçlenecektir. Konular farklı açılardan ele alındıkça birleşim kümeleri yani tabakalanmalar da homofili’den heterojen yapılara doğru genişleyebilir. Yeni tabakalanmalar yeni ortak noktalar ve heterojen yapıların zamanla homojenize hale gelmesi potansiyelini tetikleyebilir.

### **14- Her bir işlev için birden fazla bileşenin kullanılması**

Bir görevin birden fazla bileşenle icra edilmesi peşpeşe hata olasılığını azaltabilir. Serinliğin gölgelikler, su akışı, patikalar ile gölet yardımıyla sağlanması çok eski bir

<sup>116</sup> ‘Permaculture Visions International’, Çeviri: Hira Doğrul, Son Erişim Tarihi: 21.03.2018, <http://permakulturplatformu.org/2011/08/11/permakultur-ilkeleri-2/>

iklimlendirme tekniğidir. Birden fazla bileşen serinlik işlevini yerine getirmek için kendiliğinden çalışır. Bir ağ içinde görevlerin ağına farklı düğümlerine dağıtılması ağda düğüme bağlı yükün ve dolayısıyla peşpeşe hata olasılığının azalmasını sağlayabilir.

#### 15- Sorun çözümdür yaklaşımı

Permakültür sorunlara turucu ve direten bir yaklaşımdan ziyade bütünsel bakış açısını tercih eder. Sorun olarak gözüken bir tabloyu yeni bir fayda potansiyeli ile inceler. Sosyal ağlarda düğümler arası ilişkinin simbiyoz büyüme sağlaması düğümlerin bu anlayış ile hareket edebilmesi ile mümkün olabilir. Bu anlayışın tüm düğümler tarafından kabul edilmesi sosyal ağı yeni bir gelişim düzeyine getirebilir.

Gelişen bir bilim olan SNA (Sosyal Ağ Analizi), disiplinler arası bakış açısını gerektirmektedir. Farklı disiplinlerin bir arada çalışması ile bu bölümde bahsedilen *kenar etkisi* oluşabileceği ve ağ biliminin yeni araştırma konuları ile yeni ufuklara genişleyebileceği öngörülebilir.

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

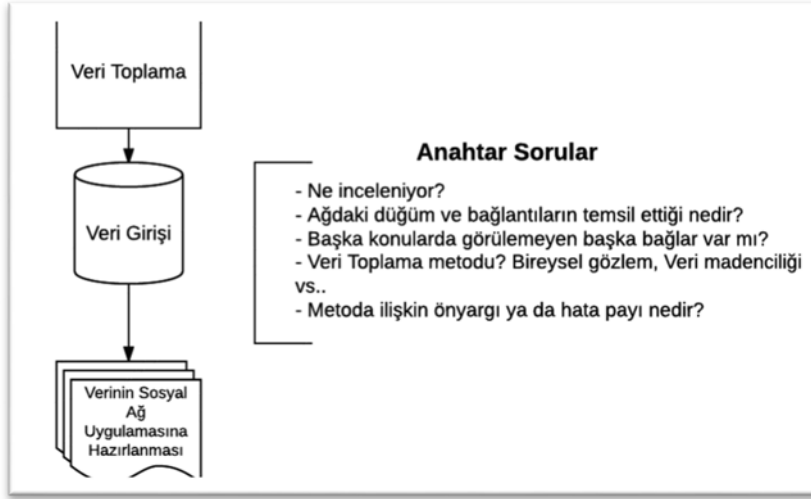
### (SNA UYGULAMA)

Tezin bu bölümünde Twitter üzerinden #Permakültür konusunda çekilen verilerden bir isim ağı oluşturulmuştur. Bu isim ağı uygulama ağı olarak tüm ölçüler ışığında incelenmiştir. Rassal bir ağ üretilip ağ ölçüleri bu rassal ağın ölçüleri ile karşılaştırılmıştır. Ağların dayanıklılık analizi NetSwan paketi ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Sosyal medya ağları kullanımı arttıkça bilgi; gitgide daha büyük veriler halinde ve hızla ulaşılabilir hale gelmektedir. Veri miktarı arttıkça, bunların doğru şekilde incelenebilmesi için araçlar gerekmekte ve büyük verileri anlaşılabilir kılmak ancak veriyi doğru şekilde görsellemek ile mümkün olmaktadır. Anlamlı bir şekilde görselleştirilen büyük veriler, doğru soruların sorulmasına ve analizin sağlıklı sonuç vermesine kaynaklık etmektedir.

SNA uygulama aşamaları ve her aşamasında analiz, araştırmanın güvenilirliği açısından kritik önem taşımaktadır.

1. Veri Toplama, Analizler
2. Ağın oluşturulması, Analizler
3. Hipotez testleri, Analizler



**Şekil 35 Veri Toplama Süreci**

Yapılan uygulamada her aşamanın gözden geçirme ve analiz gerektirdiği örneklerle tespit edilmiştir.<sup>117</sup> Bilgi kirliliği, yanlış yönlendirmeler ve öngörülemeyen sonuçlar veri toplama aşamasında tespit edilmelidir. Gereksiz, artık (redundant) bilgi, veri toplama aşamasında farkedilmezse analiz sonuçlar, araştırmacıyı yanıltabilir.

Toplanan verinin niteliği, yapılan araştırma veya analizin niteliğini etkileyebilir. Bunun için şu sorular dikkatlice değerlendirilmelidir:

- Veri kirliliği var mı? Verilerin kalitesi nedir?
- Eksik veri var mı? Eksik verileri rassal değerler mi dolduracak yoksa eksik verili kümeler araştırmadan çıkarılacak mı?
- Veri düzenli mi karışık mı? Düzenli değilse düzenlenecek mi?
- İhtiyaçtan fazla veri mi var? Eğer azaltmaya gidilecekse yöntem ne olacak? (Zaman kısıtı ya da düğüm sayısı kısıtı vs. gibi)
- Veri çok boyutlu mu? Tabakalanmalar öngörülemeyen bir nedenle (klik gibi) gerçekleşiyor olabilir.
- Bilgi görsellerken ne kadar detaya inilecek?

<sup>117</sup> Uygulama sırasında veri kirliliği tespit edilmiştir. Bkz. Tablo 1 SNA Literatürü Tablo 2 Veri kirliliği: 'food network' TV programına ait çıkarılan örnek veriler

Görsellemenin nasıl bir platformda sunulacağı da kararlaştırılmalıdır. Günümüzde veriler A4 kâğıtların ötesinde video ile zamana yayılan ağ gelişim simülasyonları olarak; 2 boyutlu ekran haricinde, sanal gerçeklik(VR) ya da artırılmış gerçeklik (AR) ortamında da aktarılabilir. Büyük ağların sunumunu gerektiren bazı durumlarda veriler, içinde detaya inilmesini sağlayan ve veri madenciliğine imkân veren interaktif bir görselleme ile sunulabilir.

## 1. UYGULAMAYA DAİR ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Yapılan araştırmada, Türkiye’de “*Sosyal Ağlarda Dayanıklılık*” konulu yayınlı kitap, makale, tez bulunamamakla birlikte; SNA, terim olarak tez açıklamalarında 2007 yılından itibaren Ulusal Tez Merkezi’nde<sup>118</sup> yer almaya başlamıştır. 2007-2017 tarihleri arasında 57 adet tezde çeşitli sosyal ağ analizi konuları ve uygulamaları yer almıştır. Bunların yarısı doktora tezi, üçte biri Bilgisayar Mühendisliği bölümü tezidir. Sadece 2 araştırma Ekonometri konusundadır ve Marmara Üniversitesi Ekonometri doktora öğrencileri tarafından yapılmıştır. Bunlardan ilki 2013 yılında Vildan Gülpınar tarafından yapılan ‘*Yapay Sinir Ağları İşleyişinin Sosyal Ağ Analizi Yardımı ile Çözümlemesi*’ doktora tezidir. Diğer yine 2013 yılında Güneş Mutlu tarafından yapılan ‘*Sosyal Ağ Analizinde Kümeleme Yaklaşımı*’ doktora tezi araştırmasıdır.<sup>119</sup>

Ağ dayanıklılığı konusuna dair dünya literatüründe yapılan araştırmalar son yıllarda disiplinlerarası yaratıcı ve çözüm odaklı uygulamalar ile hız kazanmıştır. Bu uygulamaların dikkat çekici olanlarına tezin 2. Bölümü olan Ağ Dayanıklılığı’nda değinilmiştir. Ağ dayanıklılığına dair devrim niteliğinde birçok araştırma halen bu tez yazılırken sürmektedir.

---

<sup>118</sup> <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>

<sup>119</sup> MUTLU Güneş, ‘Sosyal ağ analizine kümeleme yaklaşımı | Clustering approach to social network analysis’, 2013, YÖK Tez #327880

GÜLPINAR Vildan, ‘Yapay sinir ağları işleyişinin sosyal ağ analizi yardımı ile çözümlemesi | Analyzing the process of the artificial neural networks by the help of the social network analysis’, 2013, YÖK Tez #327882



Sosyal ağlarda dayanıklılık konusunun dikkate alındığı birçok farklı çalışma olmakla birlikte mutabık olunan bir ortak metod henüz bulunmamaktadır.<sup>120</sup> Bu tezde akademik dayanak olarak ağırlıkla Barabasi'nin yaklaşımını dikkate alınmıştır.

## 2. UYGULAMA AĞI ANALİZİ

Çalışmada permakültür konularına ve uygulamalarına ilgi duyan twitter kullanıcılarının sosyal ağını incelemek hedeflenmiştir.

Yapılan uygulamada twitter'dan çekilen 'permakültür' konusunda tweetler, paylaşımı yapan kullanıcı ve tweet içinde adı geçen kullanıcı(lar) bağı üzerinden '*Permakültür isim ağı*' haline getirilmiştir. Permakültür İsim Ağı (*Uygulama Ağı* olarak da anılır), ağ gösterimi, ağ ölçümlemesi, duygu analizi ve NetSwan paketi ile gerçekleştirilen dayanıklılık testleri bu bölümde yer almaktadır. Bu çalışmada sadece belli bir tarih aralığında gönderilen tweetler incelendiğinden oluşturulan ağ da statiktir.

İsim ağları twitter'da atılan tweet'ler içinde geçen kullanıcı isimlerini inceler. İsim ağlarında bir twitter kullanıcısının tweet'inde başka bir twitter kullanıcısından bahsedildiğinde; o tweet'i gönderen ile bahsedilen kullanıcı arasında bağ oluşmaktadır.



**Şekil 36 Twitter isim ağları ağ bağlanma prensibi**

Twitter üzerinde 13.12.2016 - 11:00:05 tarih ve saatinde yapılan aramada "*permacultura*" OR #*permakültür* OR #*permaculture* OR "*food network*" OR "*gıda ağı*" OR<sup>121</sup> "*gıda toplulukları*" OR "*temiz gıda*" OR "*organic farm*" OR "*organik çiftlik*" sözcükleri araştırılmıştır. Bu sözcüklerden herhangi birinin atılan tweet'de kullanılması verinin ağa dâhil edilmesini sağlamıştır.

<sup>120</sup> P. Van Mieghem, C. Doerr, H. Wang, J. Martin Hernandez, D. Hutchison, M. Karaliopoulos and R. E. Kooij, 'A Framework for Computing Topological Network Robustness', 2010, s. 1 (Son Erişim Tarihi: 21.03.2018)

<sup>121</sup> OR twitter aramalarında VEYA anlamındadır.

İnceleme sonucunda “*food network*” yani gıda ağı kavramının bir yemek tarifi sitesine ve TV programına referans olması nedeniyle, veri kirliliği yarattığı tespit edilmiştir. Bu nedenle “*food network*” kelime kümesinin analizden tamamen çıkarılması uygun görülmüştür. Yeni arama bu yönde değiştirilmiştir.

**Tablo 2 Veri kirliliği: ‘*food network*’ TV programına ait çıkarılan örnek veriler**

Link	Tarih	Kullanıcı	Kapsam dışı kalan Tweet
<a href="https://twitter.com/AbsoluteForum/statuses/808664224515952640">https://twitter.com/AbsoluteForum/statuses/808664224515952640</a>	2016-12-13	AbsoluteForum	Food Network Mag December Calendar Sweeps-12/31 <a href="https://t.co/uGsQNeVzGr">https://t.co/uGsQNeVzGr</a>
<a href="https://twitter.com/AdiRobinson/statuses/808485089265012739">https://twitter.com/AdiRobinson/statuses/808485089265012739</a>	2016-12-12	di_Robinson	RT @clt_stories: Winner of Food Network’s ‘Cupcake Wars’ Opening A New Bakery in Charlotte <a href="https://t.co/QCegxnGJwR">https://t.co/QCegxnGJwR</a> #clt #bakerynews <a href="https://t.co/...">https://t.co/...</a>
<a href="https://twitter.com/Ahipsterhedgie/statuses/808370054056333312">https://twitter.com/Ahipsterhedgie/statuses/808370054056333312</a>	2016-12-12	Hipsterhedgie	Reasons why Im always hungry.. I keep watching the Food Network and unique sweets on the cooking channel. I wish I could eat it all! 😊
<a href="https://twitter.com/AidaCheney/statuses/808658527627735040">https://twitter.com/AidaCheney/statuses/808658527627735040</a>	2016-12-13	AidaCheney	NEW! Paulas Home Cooking with Paula Deen Outdoor Eating #dvd Food Network <a href="https://t.co/2ciCGH8Xey">https://t.co/2ciCGH8Xey</a> <a href="https://t.co/TZcGzm0HGT">https://t.co/TZcGzm0HGT</a>

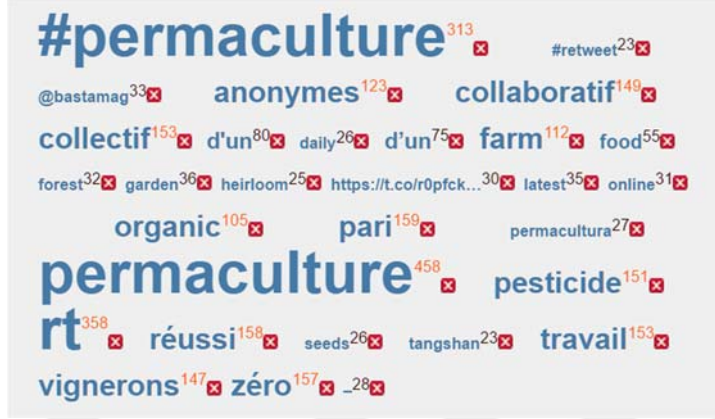
Kirli veri tespit edildikten sonra twitter üzerinde aratılan kelimeler yenilenmiştir. 13.12.2016- 11:20:31 tarih ve saatinde yapılan yeni aramada "*permaculture*" OR "*Bill Mollison*" OR "*permacultura*" OR #*permakültür* OR #*permaculture* OR "*heirloom seeds*" OR "*gıda ağı*" OR "*gıda toplulukları*" OR "*temiz gıda*" OR "*organic farm*" OR "*organik çiftlik*" OR "*atalık tohum*" anahtar kelimeleri kullanılmıştır.

Permakültür ile ilgili atılan 1003 ‘tweet’ üzerinde yapılan çalışmada 869 adet twitter kullanıcı isminin varlık gösterdiği tespit edilmiştir. Bunlardan 645 twitter kullanıcısı<sup>122</sup> Permakültür Twitter İsim ağına dâhil olabilmiştir. Mükerrer kayıtlar dikkate alınmadığında 648 tekil twitter bağı<sup>123</sup> bulunmaktadır.

<sup>122</sup> Bkz. Tablo 3 Permakültür Twitter İsim Ağı Düğüm Tablosu

<sup>123</sup> Bkz. Tablo 4 Permakültür Twitter İsim Ağı Bağ Tablosu

Şekil 37’deki ağırlıklı kelime bulutunda, atılan *tweet*lerde bulunan toplam 9838 adet tekil kelimeden ağırlıklı bulunanlar görüntülenmektedir. Kelime folksonomi bulutu genellikle konuya dair fikir verebilir.



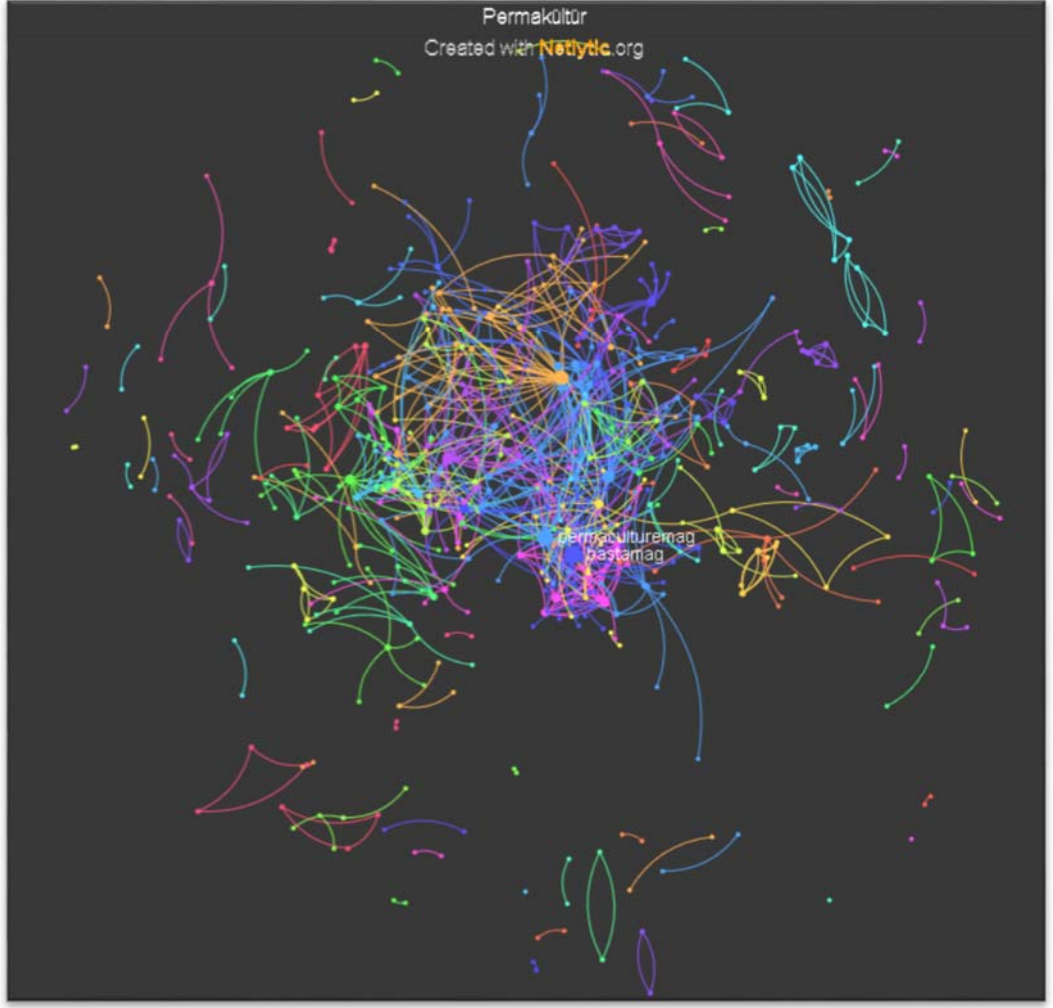
Şekil 37 Permakültür tweetlerinde kullanılan kelimelerin ağırlıklı gösterimi

Bahçe, orman, yemek, organik, kolektif, pertisit, çiftlik gibi konu ile yakından ilgili kelimeler dışında @bastamag kullanıcı ismi ağırlıklı olarak kullanılan kelimelerde dikkati çekmektedir.

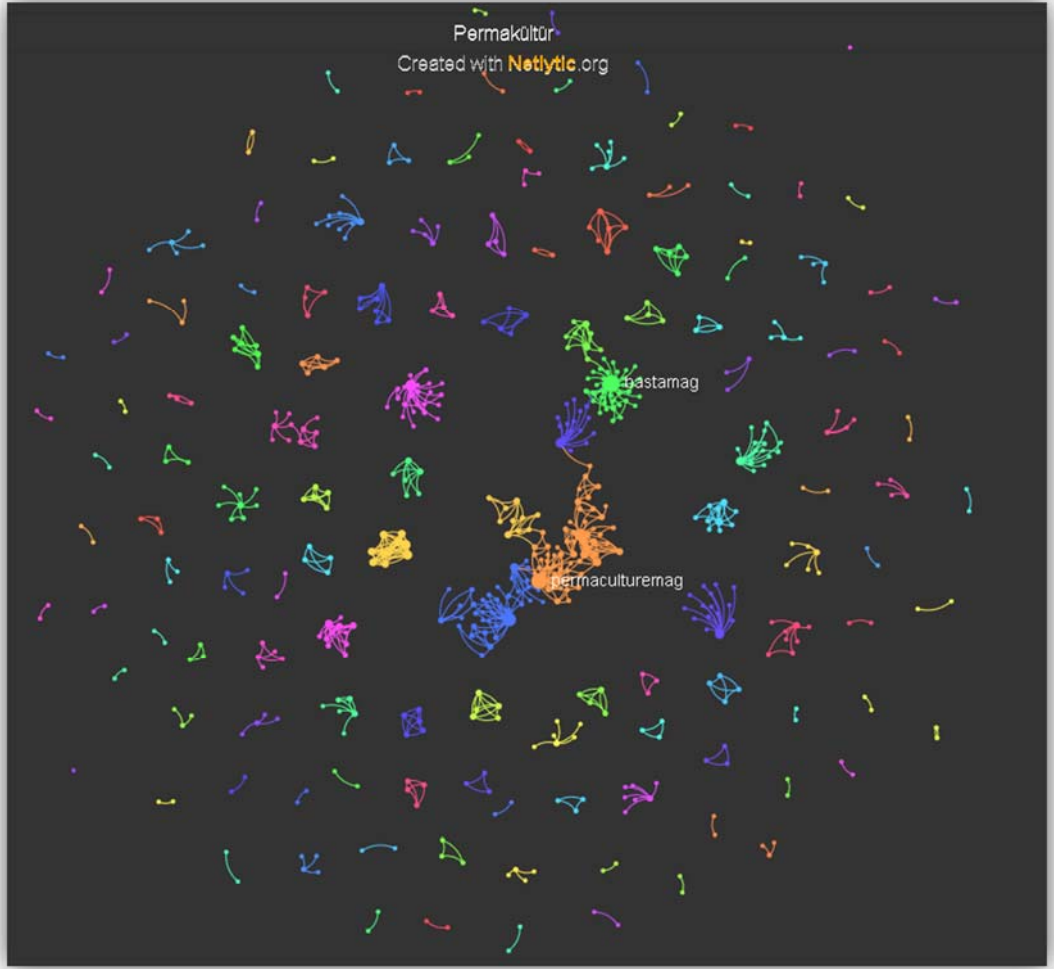
## 2.1. UYGULAMA AĞI GÖSTERİMİ VE ANALİZİ

Permakültür konularında atılan tweetlerin kullanıcılardan bahsetmesi ile bağlanan Permakültür İsim Ağı’nın farklı algoritmalar ile sosyal ağ gösterimleri ve analizleri bu bölümde ele alınmıştır.

Şekil 38’de Fruchterman-Reingold algoritması ile oluşturulmuş sosyal ağ görülmektedir. Fruchterman-Reingold algoritmasının özelliği düğümleri merkezilik özelliklerine göre yerleştirmesidir. Genellikle 1000’den az düğümlü ağları görüntülemek için kullanılmaktadır. Merkezi düğümler ağın ortalarına yerleştirilir. Düğümler arasında merkezilik anlamında yüksek farklılık içermeyen ağlarda görsel içiçe geçmiş bir şekilde olmaktadır. Yeterince olgunlaşmasa da Permakültür İsim Ağında potansiyel tabakalanmadan ve merkezilikten söz edilebilir. Tabakalanmalar farklı renklerle gösterilmiştir.

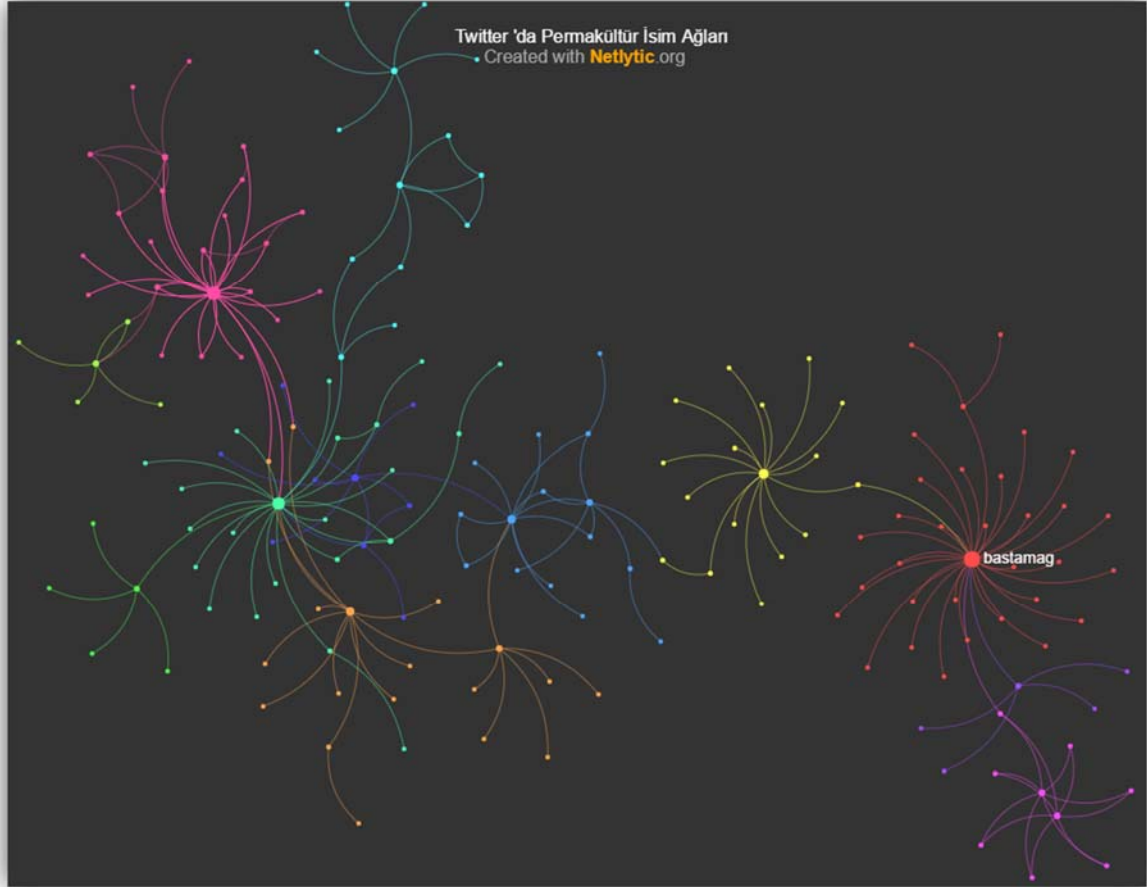


Şekil 38 Uygulama Ağı | Fruchterman Reingold algoritması ile gösterim



Şekil 39 Uygulama Ağı | Uzun bağların gizlendiği DrL gösterimi

Şekil 39’de görülen Permakültür Twitter İsim Ağı’nın DrL (Distributed Recursive Layout) gösteriminde DrL algoritması<sup>124</sup> gereği uzun bağları kaldırarak tabakalanmaları daha net bir şekilde görebilmeyi sağlamaktadır. Ağın bağ bakımından ters süzülme uğradığı var sayıldığında bu uzun bağların yokluğu ağı büyük bileşen olmaktan çıkaran ilk hareketleri de tahminlemeyi sağlayabilir.



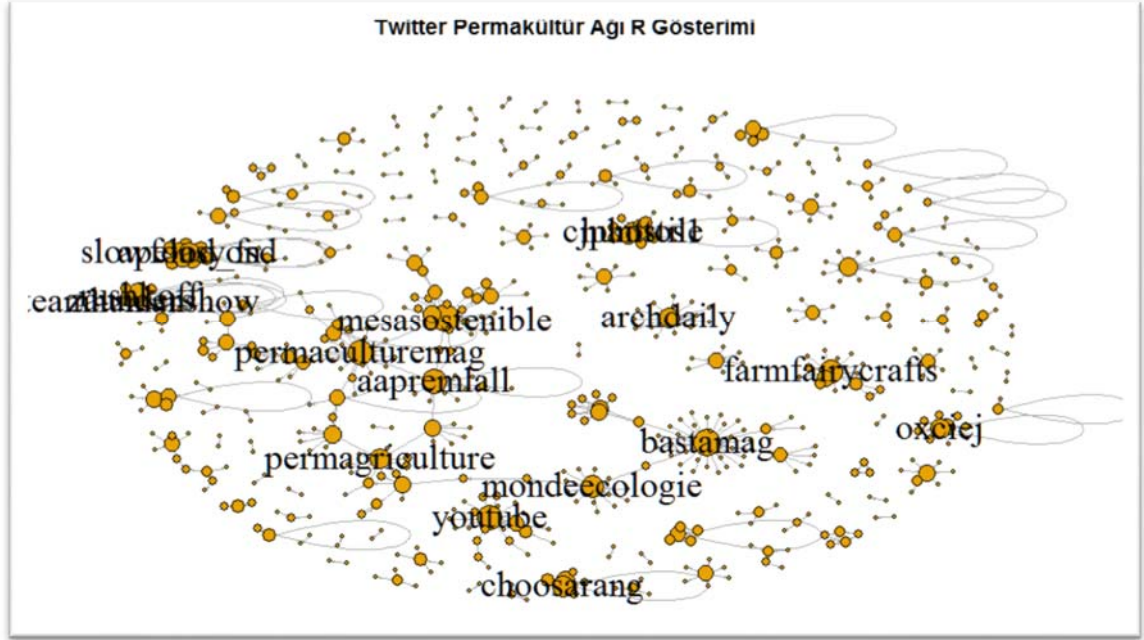
Şekil 40 Uygulama Ağı | Large Graph Layout algoritması ile ağ gösterimi<sup>125</sup>

<sup>124</sup> DrL, Shawn Martin ve arkadaşları tarafından Sandia Ulusal Laboratuvarlarında geniş ölçekli ağları daha kolay incelemek amacıyla geliştirilmiştir.  
<http://cneurocv.s.rmki.kfki.hu/igraph/doc/R/layout.drl.html>  
Martin, S., Brown, W.M., Klavans, R., Boyack, K.W., DrL: Distributed Recursive (Graph) Layout. SAND Reports, 2008. 2936: s. 1-10.

<sup>125</sup> (<http://lgl.sourceforge.net/>).



Şekil 40'de ağın LGL(Large Graph Layout) algoritması ile gösterilmektedir. Büyük ölçekli ağların bağlarının kolaylıkla görülebildiği bu grafiksel gösterim incelendiğinde; ağın ölçek bağımsız ağ topolojisi potansiyeline sahip olduğu söylenebilir.



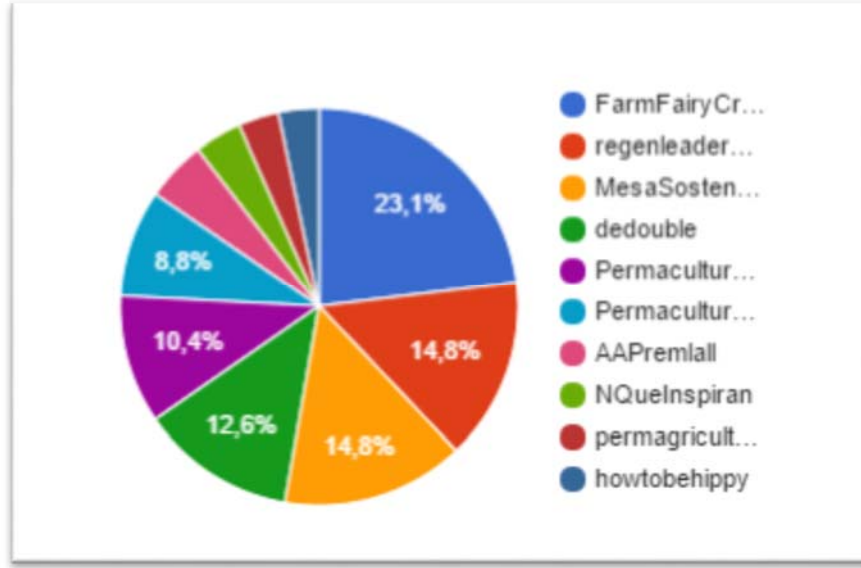
Şekil 41 Uygulama Ağı | Düğümlerin derecelerine göre boyutlandırılmış gösterimi

Şekil 41 Uygulama Ağı | Düğümlerin derecelerine göre boyutlandırılmış gösterimi olarak gösterilmiştir. Düğümlerin R programlama dili ile derece dağılımlarına uygun ağırlıklı olarak oluşturduğu ağ gösterilmektedir.<sup>126</sup>

Permakültür İsim Ağı çeşitli algoritmalar ile görsellenip incelendiğinde; çok sayıda az paylaşım yapan kullanıcı ve az sayıda çok paylaşım yapan kullanıcı söz konusudur. Bu da ölçek bağımsız ağ yapısının oluşumuna işaret etmektedir. Ölçek bağımsız yapılanmalarda rassal saldırılara dayanıklılık yüksek iken stratejik saldırılarda zafiyet görülebilmektedir. Stratejik saldırı her zaman için güçlü, merkezi ve tercih edilen düğümlere gerçekleştirilmelidir. Bu düğümler yüksek dereceli, yüksek arasındalık ve merkezilik içeren düğümlerdir.

<sup>126</sup> R programlama kodu için bkz. EKLER|Ek 3 - Kodlar

Şekil 42’de en yoğun permakültür paylaşımlarında bulunan ve en çok adı geçen ilk 10 twitter kullanıcısı yer almaktadır. Bu kullanıcıların hedef alındığı stratejik saldırı ile ölçek bağımsız topolojisi ile büyük bileşen olma potansiyeli barındıran Permakültür İsim Ağının bütünlüğü büyük oranda etkilenebilir. Bu tespit aynı zamanda Permakültür konusunda planlanabilecek bir yayılımın bu düğümler ile bağlantılı olduğunda daha hızlı gelişeceği anlamına gelmektedir.



Şekil 42 Uygulama ağı | 10 Merkez Twitter Kullanıcısı

Permakültür ilkeleri dikkate alındığında bu ağın gelişiminde görünmeyen düğümleri de kendine bağlayarak bir büyük bileşen oluşturma potansiyeli öngörülebilir. Bu öngörü doğru bir duygu analizi ile görünmez düğümlere ulaşarak ağın genişlemesini sağlamakla mümkün olabilir.



## 2.2. UYGULAMA AĞININ DUYGU ANALİZİ

*'Bir büyük bileşenin hangi duygusal güdülenme ile oluştuğunun ağıın dayanıklılığı üzerinde etkisi olabilir mi?', 'Düğümüleri bir araya getiren duygunun ağıın dayanıklılığı üzerinde etkisi olabilir mi?'* sorularından yola çıkarak hazırlanan bu bölümde bu sorunun dünyadaki güncel cevapları ve Uygulama ağını oluşturan tweetlerde kullanılan kelimelerin taşıdığı duygu incelenmiştir.

Duygu analizi (sentiment analysis) ya da fikir madenciliği (opinion mining) doğal dil işleme, metin analizi ile sübjektif bilgilerden sistematik ölçümler ve sayısal çıkarımlara imkân veren araştırma tekniğidir.<sup>127</sup> Sadece kelime inceleyerek duyguların anlaşılması, uzak bir hedef gibi görünse de; Web 2.0 kültürü ile gelen anlık paylaşım kolaylığının yarattığı devasa metinsel veri havuzlarında yapılan duygu analizlerinden pazarlama, marka yönetimi, müşteri ilişkileri, klinik tıp ve kamuoyu araştırmaları gibi alanlarda yararlanılmaktadır. 2005 yılından itibaren bu konuda hizmet veren firmaların sayısında hızlı bir artış görülmektedir.<sup>128</sup>

Duygu analizinin makine öğrenme ile birleştiği alanlarda Facebook saniyede 20'den fazla dilde binlerce paylaşımı inceleyebilen derin öğrenme algoritmaları geliştirmiş ve hali hazırda bu en sık kullanılan sosyal ağda derin öğrenme yapay zekâ motoru bu hızda öğrenmeyi sürdürmektedir.<sup>129</sup> 2015 yılında Facebook Yapay Zekâ Araştırma (FAIR) bu motorun kütüphanesini Torch<sup>130</sup> adı altında açık kaynak olarak sundu.<sup>131</sup> Google derin öğrenme algoritmalarını son kullanıcılara açarak, yapay zekâ ve insan etkileşiminde *'insandan öğrenen makine'* olgusunu başlatmıştır.<sup>132</sup> Bu makineler her konuda bulanık mantık ile -%100 emin olmasa da varsayımda bulunarak-

---

<sup>127</sup> BİNG Liu, MÍNQİNG Hu, JUNSHENG Cheng (2005). "Opinion Observer: Analyzing and Comparing Opinions on the Web". Proceedings of WWW 2005

<sup>128</sup> VentureRadar duygu analizi konusunda hizmet veren şirketler listesi (Son Erişim Tarihi: 22.03.2018) <https://www.ventureradar.com/keyword/Sentiment%20Analysis?#!>

<sup>129</sup> ABDULKADER Ahmad, LAKSHMIRATAN Aparna, ZHANG Joy, 'Introducing DeepText: Facebook's text understanding engine', Yayın Tarihi: 01.06.2016, Son Erişim Tarihi: 21.3.2018 <https://code.facebook.com/posts/181565595577955/introducing-deeptext-facebook-s-text-understanding-engine/>

<sup>130</sup> Son Erişim Tarihi: 11.04.2018 <http://torch.ch/>

<sup>131</sup> CHİNTALA Soumith, "FAIR open sources deep-learning modules for Torch", 16.01.2015, <https://research.fb.com/fair-open-sources-deep-learning-modules-for-torch/> (Son Erişim Tarihi: 11.04.201)

<sup>132</sup> Google Yapay Zeka Kaynakları : (Son Erişim Tarihi: 22.03.2018) <https://ai.google/> & [https://ai.google/education/#?modal\\_active=none](https://ai.google/education/#?modal_active=none)

ilerlemektedir. Yapılan araştırmada makinelerin derin öğrenme ile yaptığı kişilik saptamaları ve psikolojik tespitlerin profesyonel insanların yaptığı teşhislerden daha doğru olduğu gözlemlenmiştir.<sup>133</sup>

Duygu analizi ve derin öğrenme hızla gelişirken, yapay zekaların etik değerleri ve Web 2.0 kullanıcılarının mahremiyeti ve karar verme özgürlükleri konusundaki tartışmalar da artmaktadır. Makine öğrenme algoritmaları ile sosyal ağlarda yapılan analizler yeni bir boyut kazanmıştır. Derin öğrenme algoritması, insan algısı düzeyinin ötesine hızla geçmektedir. Neyi, ne zaman ve nasıl öğrendiği tam bilinmeyen bu algoritmalar dünyanın en büyük iki sosyal ağ devi Google ve Facebook tarafından kullanılmaktadır. Arama motorlarını ve haber kaynaklarını yöneten derin öğrenen yapay zekâ algoritmalarının sosyal ağları uzun vadede ayırmıcılığa ve büyük bileşenden kopuk hale gelmeye yönlendirebileceği düşünülmektedir. Derin öğrenme algoritmalarının makine öğrenme ile insan faktörünü aradan çıkararak savunma sanayiinde harekete geçmesi en vahim distopya olarak gelecekte insanlığı tehdit edebileceği düşünülmektedir. İnsan ve yapay zekâ dengesinin kontrol edilemeyen ve öngörülemeyen bir noktaya doğru hızla ilerlemesi tekno-sosyolojistler tarafından endişe verici bulunmaktadır.<sup>134</sup> Derin öğrenme ve büyük bileşen kavramları bu tez yazılırken aslında çok boyutlu olarak kayıt dışı araştırmalar ile çalışılıyor olabilir. Bu konuda kaygı duyanlardan biri de SpaceX, Tesla Motors gibi uzay teknolojileri ve sürdürülebilir taşıma üzerine yenilikleri ile ün kazanmış vizyoner Elon Musk, LinkedIn ortak kurucusu Reid Hoffman, Y Combinator'den Sam Altman, Jessica Livingston ve PayPal ortak kurucularından Peter Thiel'dir. Elon Musk ve arkadaşları OpenAI yapay zekâ şirketi ile kar amacı gütmeksizin güvenli ve bağımsız yapay genel zekâ (AGI) idealinin üzerine gitmişlerdir. Y Combinator'ın 15 Eylül 2016'da gerçekleştirdiği "Geleceği Nasıl İnşa Etmeliyiz?" etkinliklerinde OpenAI'ın kuruluş amacını şu şekilde dile getirmiştir: "Tehlike,

---

<sup>133</sup> YOUYOU Wu, KOSİNSKİ Michal, STILLWELL David, 'Computers judge personalities better than humans', Proceedings of the National Academy of Sciences, Jan 2015, doi: 112 (4) 1036-1040; DOI: 10.1073/pnas.1418680112

<sup>134</sup> Konuyla ilgili tekno-sosyolojist Zeynep Tüfekçi'nin TED konuşmaları, (Son Erişim Tarihi: 22.03.2018)  
[https://www.ted.com/talks/zeynep\\_tufekci\\_we\\_re\\_building\\_a\\_dystopia\\_just\\_to\\_make\\_people\\_click\\_on\\_ads?language=tr](https://www.ted.com/talks/zeynep_tufekci_we_re_building_a_dystopia_just_to_make_people_click_on_ads?language=tr)  
[https://www.ted.com/talks/zeynep\\_tufekci\\_machine\\_intelligence\\_makes\\_human\\_morals\\_more\\_important?language=tr](https://www.ted.com/talks/zeynep_tufekci_machine_intelligence_makes_human_morals_more_important?language=tr)

düşündüğüm gibi yapay zekânın kendi kendine çabucak gelişmesinden kaynaklanmıyor. Herhangi birinin onu kötü niyetli amaçlar için kullanacağından endişe ediyorum. Onlar kötü amaçlar için kullanmasalar bile, başka birileri onların elinden alıp kötü emellerine alet edebilir. Esas tehlike budur. Yapay zekâ teknolojisi üzerinde demokratik olmalı ve onun yaygın erişimini sağlamalıyız. OpenAI'yı kurma amacımız budur.”<sup>135</sup> Elon Musk daha sonra Şubat 2018’de Tesla’nın makine öğrenimi çalışmaları ile OpenAI ekibinin yapay zekâ çalışmalarının arasında fikir ayrılığına neden olmamak adına OpenAI kuruluşundaki görevinden ayrıldığını açıklamıştır.<sup>136</sup>

Çevrimiçi sosyal paylaşım ağlarının insan mahremiyetine ne boyutta dâhil olduğu ve verilerin hangi detayda saklandığı, kullanıldığı ve kimlerle paylaşıldığı da önemli bir sorundur. Sosyal ağlarda biriken verilerin insan düğümünün özel hayatına ne derece girdiği günümüzde küresel olarak sorgulanmaktadır. Facebook’un kurucusu Mark Zuckerberg, kullanıcılarının verilerini Cambridge Analytica ile paylaştığı ve siyasi reklamlar ile yönlendirmelerde bulunduğu için ilk defa sorumlu tutulup 10 Nisan 2018’de Amerikan Senato Yargıçları ve Ticaret Komitelerinden oluşan bir kurula ifade vermek durumunda kalmıştır.<sup>137</sup>

Bundan sonraki teknolojik gelişmelerin tamamen insani değerler ile doğru orantılı olabileceği düşünülmektedir. Dolayısı ile insanlık için sosyal ağda dayanıklılık konusu; bilgi çağı ve bilgi toplumundan, etik çağı ve etik topluma evrilen bir kavrayışa ihtiyaç duymaktadır. ‘Bir büyük bileşenin hangi duygusal güdülenme ile oluştuğunun ağın dayanıklılığı üzerinde etkisi olabilir mi?’ sorusu bu büyük tablo üzerinden -yani insanlık ve yapay zekâ boyutunda tekno-sosyolojik olarak- ele alındığında tamamen yerinde bir soru olarak görülmektedir. Sosyal ağ ve büyük bileşen dayanıklılığının tamamen değerler ve duygular ile bağlantılı düşünülülebileceği söylenebilir.

Tezin uygulaması permakültür konulu paylaşımların duygu analizi, paylaşım metin içeriği olumlu duygu ve olumsuz duygu olmak üzere gruplandırılarak yapılmaktadır. Bu 2 ana grubun alt grupları tamamen ayrıştırma (parsing) metodu ile

---

<sup>135</sup> EASTO Jessica, “*Elon Musk | Geleceği İnşa Eden Adam (orijinal adı: Rocket Man: Elon Musk In His Own Words)*”, (çev. Öykü Toros İrvana), Zeplin Kitap, 2017, ISBN:978-605-9691-11-6, s. 67

<sup>136</sup> <http://fortune.com/2018/02/21/elon-musk-leaving-board-openai/> (Son Erişim Tarihi: 11.04.2018)

<sup>137</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=HuGkUdErL74>

yapay zekâ veya derin öğrenme ile bağlantısız çalışılmıştır. Bu yöntemde duygular kategori olarak tanımlanır ve kelimeler duygu içerigine göre ait olduğu kategoriden sayılır. Her duyguya yönelik kelime havuzları yapay zekâ desteği olmadan, Netlytic<sup>138</sup> kelime havuzu kullanılarak oluşturulmuştur.

Şekil 42’de yapılan duygu analizi çalışması sonucunda görüntülenmiştir. Yeşil ile gösterilen olumlu duygular iken olumsuz duygular ise kırmızı ile görüntülenmektedir. Uygulama verilerinde yapılan incelemede çıkan sonuç, konuyla ilgili olumlu hislerin ağırlıkta olduğu yönündedir.



**Şekil 43 Permakültür içeriği duygu analizi**

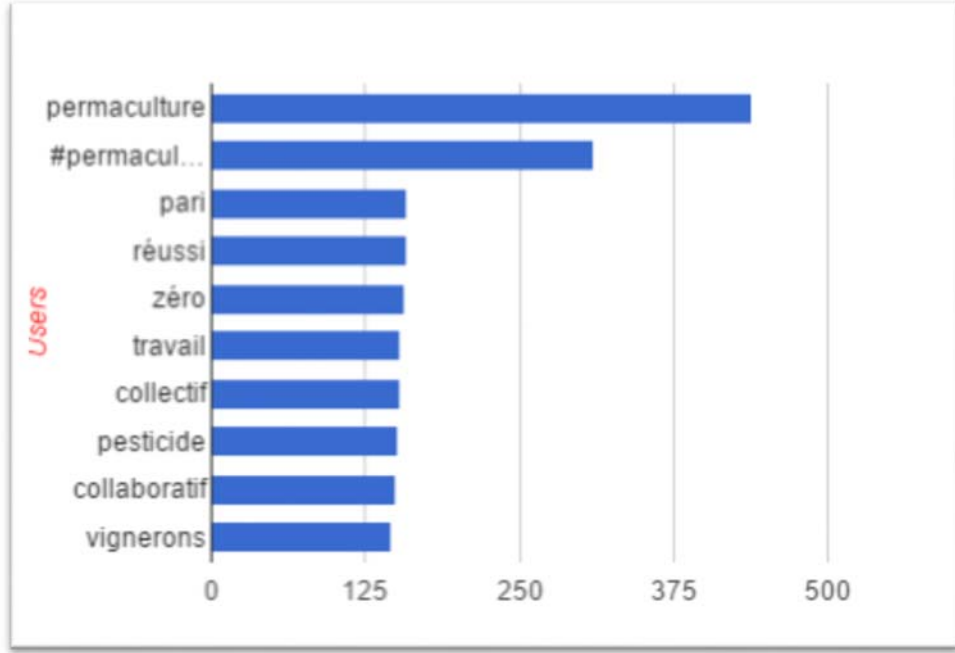
Şekil 44’de duygu kelime havuzunda yer alan hangi olumlu kelimelerin ağırlıklı olarak atılan tweetlerde geçtiği gösterilmektedir. Harika (great) en çok kullanılan kelime olarak görülmektedir. Bunu sağlıklı (healthy) ve sonra iyi (good) kelimesi takip etmektedir. Mutlu, iyi, arkadaş canlısı, adil ve heyecan verici de ilk 8 olumlu kelime arasında yer almaktadır. Sadece bu kadar veri bile permakültür konusuna insanların neden ilgi duyduklarına ve hangi güdü ile bağlandıklarına dair ışık tutmaktadır.

<sup>138</sup> Netlytics Dr. Anatoliy Gruz ve arkadaşları tarafından geliştirilmiş sosyal medya veri toplama ve sosyal ağ analizi platformudur. Duygu analizi istenilen kategorilendirmeler ile geliştirilebilir olarak bu platformda sunulmaktadır. <https://netlytic.org> (22.03.2018)



**Şekil 44 Permakültür paylaşımları duygularının analizini gösteren bir grafik**

Şekil 45’de en sık kullanılan kelimeler listelenmiştir. Bu liste incelendiğinde yapılan duygu analizinin ötesinde; duygu havuzunda bulunmayan kelimelerin de hangi duygu kodlanarak yazıldığı da incelenmelidir. Örneğin 8. Sırada en çok kullanılan olarak görüntülenen ‘pesticide’ kelimesi ele incelenebilir. Pesticide (Türkçe: Pestisit) suyu, toprağı ve gıdayı sırf böceklenme olmasın diye kirleten ve endüstriyel mono tarımda sıkça kullanılan bir kimyasaldır. Dolayısıyla pestisit kullanımının permakültürün temel ilkelerine aykırı olduğu söylenebilir. Permakültür konulu tweetlerde yer alması Pesticide kelimesinin yüksek olasılıkla zararlı olduğu bilinerek paylaşıldığı dikkate alınmalıdır. Permakültür dünyasında temiz toprak, temiz hava, temiz su ve temiz gıda ilkesi ile çelişen bu kimyasalın muhtemelen olumsuz bir konteks içinde yer aldığı söylenebilir. Hangi duygunun hangi konteks içinde yer aldığı da duygu analizinde ölçümlenebilir olmalıdır. Bu kimyasaldan bahsederken olumsuz duygu kelime havuzuna ait bir duygu analizi yanıltıcı olabilir çünkü bahsedilen permakültür değil aksine monokültür sistemlerde ağırlıklı olarak kullanılan pestisit kimyasalıdır. Bu detayda yapılabilen bir ölçümleme ise makine öğrenme motorları yani yapay zekâ algoritmaları ile mümkündür.



Şekil 45 Uygulama Ağı | En sık kullanılan ilk 10 kelime

Günümüzde derin öğrenme ve bulanık mantık algoritmaları, yapay zekâ tarafından yapılan tahminlemeler ve öneriler ile ağ dinamikleri yeni bir boyuta taşınmıştır. Bu alandaki gelişim ağın yapısına hızla yön verebilmekle birlikte, insanı ağın ürünü/unsuru olarak görmeyi beraberinde getirmektedir. Bu aşamada insani değerlerin ve küresel etik değerlerin önceliklendirilmesi, yapay zekâ ile yaratılan gelişimin şeffaflaştırılması insan topluluklarının tekno-sosyolojik gelişimi ve dayanıklılığı açısından büyük önem arz etmektedir.

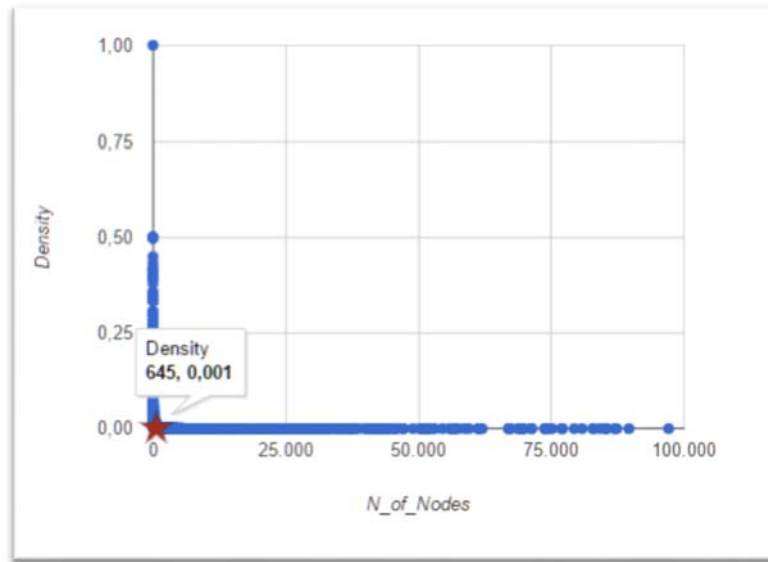
### 2.3. UYGULAMA AĞININ DİĞER NETLYTIC AĞLARI İLE KARŞILAŞTIRMALARI

Netlytic sosyal ağ analizi platformu<sup>139</sup> üzerinde daha önce araştırılmış diğer

<sup>139</sup> Netlytics Dr. Anatoliy Gruzd ve arkadaşları tarafından geliştirilmiş sosyal medya veri toplama ve sosyal ağ analizi platformudur. (Son Erişim Tarihi: 26.03.2018) → <https://netlytic.org>

twitter isim ağları ile yapılan kıyaslamalar bu bölümde incelenmiştir. Bu kıyaslamalar yoğunluk, ada sayısı, çap, ağ merkeziliği, modülarite(tabakalanma), karşılıklılık ölçümlerini iç ermektedir. Netlytic platformunda Permakültür İsim Ağı için bu bilgiler: Yarıçap (Diameter): 8, Yoğunluk (Density): 0.001497, Karşılıklılık (Reciprocity): 0.057880, Merkezilik (Centralization): 0.024200, Tabakalanma (Modularity): 0.958100 şeklinde hesaplanmıştır.

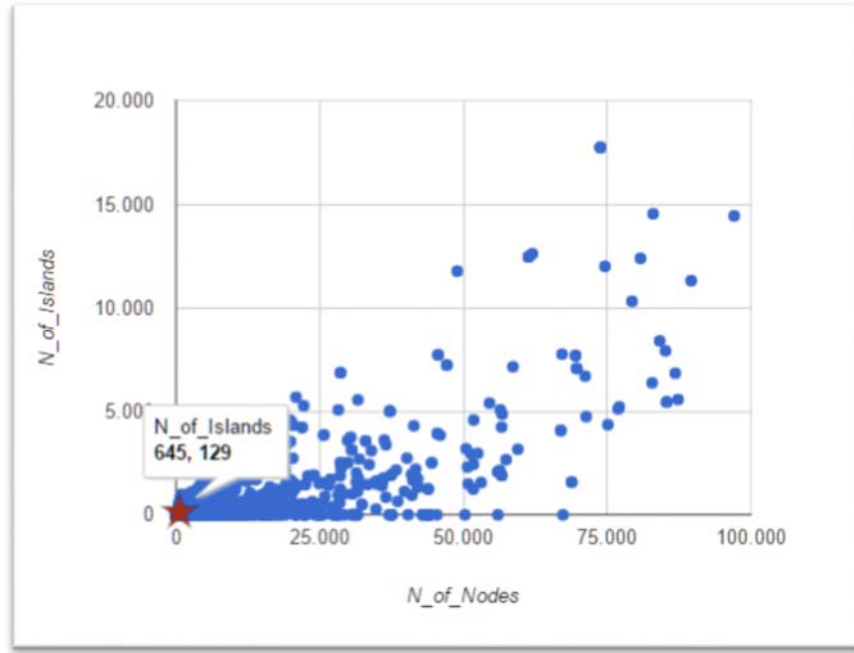
Şekil 46'de diğer ağlara oranla yoğunluk bilgisi görüntülenmektedir. Permakültür İsim Ağının 0,001497 yoğunluğu ile diğer ağlara oranla büyük bileşen oluşturamayacak kadar seyrek bir bağ içinde bulunduğu görülmektedir. Çok yoğun az düğümlü gruplar ve seyrek çok düğümlü gruplar ile sunulan Twitter ağlarında genellikle ölçek bağımsız bir yapılanma gözlenebilmektedir.



Şekil 46 Diğer ağlara oranla yoğunluk (x: Düğüm sayısı, y: Yoğunluk)

### 2.3.1 Ada sayısı

Permakültür İsim Ağı'nda adalar, paylaşımında kimseden bahsetmeyen ve kimsenin bahsetmediği kullanıcıları temsil etmektedir. Şekil 47'de Permakültür İsim Ağı'nın ada sayısı yıldız ile gösterilmiştir. Twitter isim ağlarında oluşan adaların düğüm sayısı ile belli bir orantıda saçılımda olduğu gözlemlenmiştir.



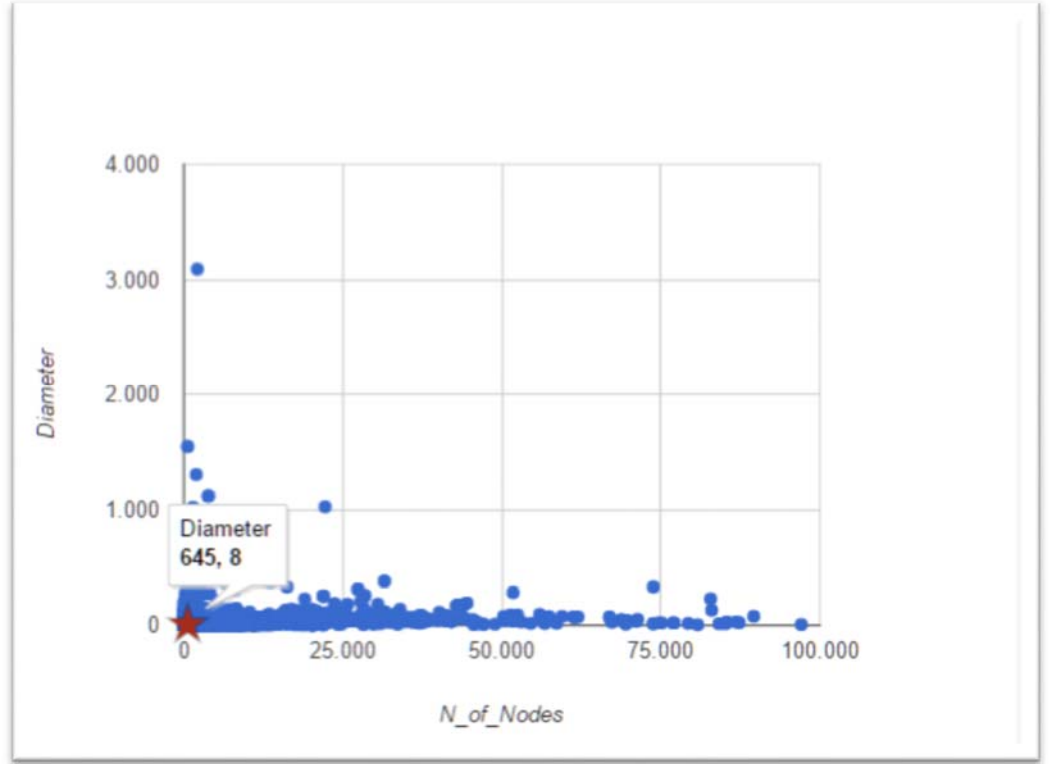
**Şekil 47 Diğer ağlara oranla ada sayısı (x: Düğüm sayısı, y: Ada sayısı)**

645 düğümlü Permakültür İsim Ağı'nda 129 ada tespit edilmiştir.

### 2.3.2. Yarıçap

Ağdaki en uzak mesafedeki iki düğüm arasındaki atlama sayısı yarıçap bilgisini vermektedir. Ağ büyüdükçe yarıçap da artabilir. Büyük bileşenin varlığının varsayıldığı durumlarda yarıçap düşük olduğu durumda sıkı bir ağ yapısından ve dayanıklılıktan söz edilebilir. Her düğümün birbiri ile bağlı olmadığı ağlarda da yarıçap düşük bir değer çıkabilir. Bu sosyal ağın sıkı olup olmadığı ada sayısı ve modülariteye bakılarak anlaşılabilir. Şekil 48'de Permakültür İsim Ağı'nın çapının (8) diğer twitter isim ağlarına oranı görüntülenmektedir. Çok yüksek düğüm sayısı olup, düşük çaplı ağların eğer ada sayısı yüksek ise kopuk bir yapıdan; hem ada sayısı hem de çap düşük ise sıkı ve dayanıklı bir ağdan söz edilebilir. Permakültür İsim Ağı'nın ada sayısı fazla ve çapı düşük Permakültür İsim Ağı (Uygulama Ağı) incelendiğinde ölçek bağımsız bir potansiyel barındırdığı tespit edilmiştir. olduğundan büyük bileşen oluşturmaya henüz elverişli bir yapıda olmadığı öngörülebilir.



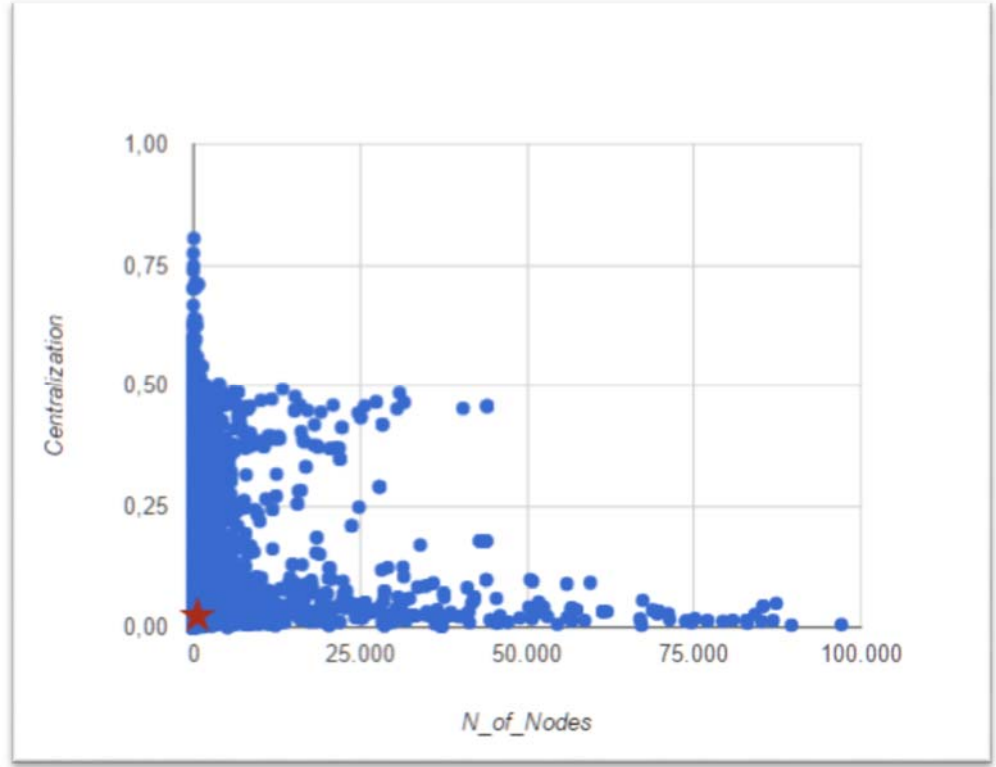


Şekil 48 Diğer ağlara oranla yarıçap (x: Düğüm sayısı, y: Çap)

### 2.3.3. Ağ Merkeziliği

Ağ merkeziliği, ağdaki bütün düğümlerin derece merkeziliğinin ortalamasını verir. Bir ağ yüksek merkeziliğe sahip ise 1'e yaklaşır. Yüksek merkezilik ağı domine eden düğümlerin göstergesidir. Merkezilik değeri 0'a yaklaştıkça dağıtılmış ağ topolojisine ve bilginin özgürce darboğaz olmaksızın akışına işaret eder.

Şekil 49'da Permakültür İsim Ağı'nın merkeziliği (= 0.024198728784908) ve diğer ağlarla karşılaştırması gösterilmiştir. İncelenen twitter ağında merkezilik oranı çok düşük olduğundan, ağın dağınık bir yapıda olduğu kanaati doğmaktadır. Ağın topolojik incelemesi dikkate alınarak bu veri incelendiğinde ağın henüz kırık bir yapılanmada olduğu söylenebilir.

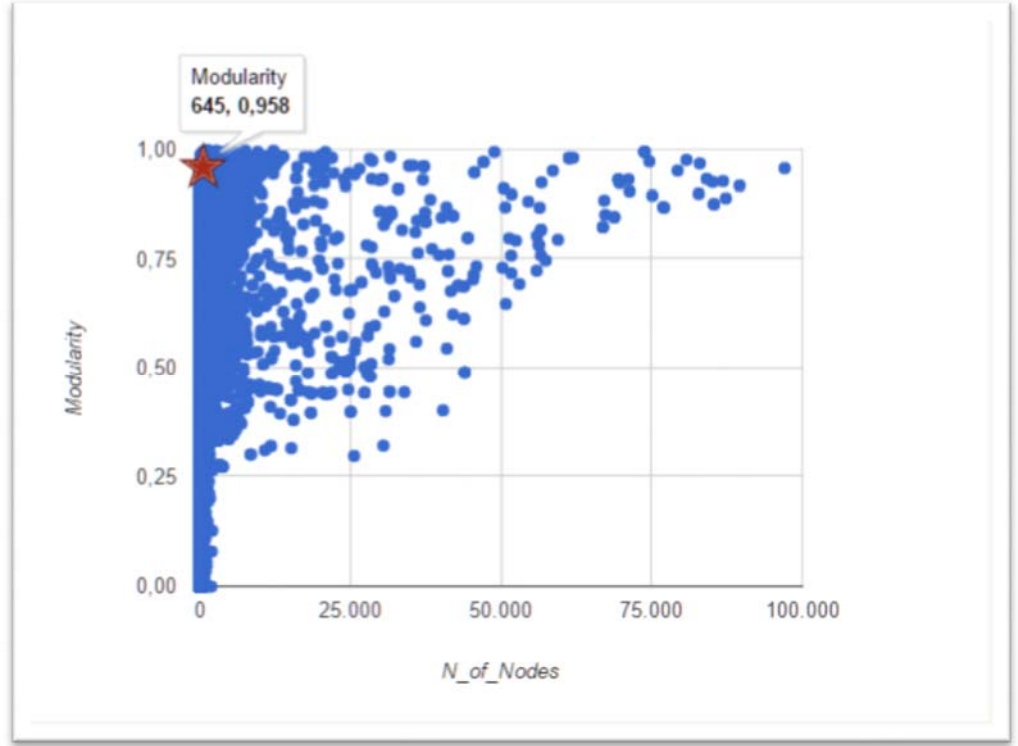


Şekil 49 Diğer ağlara oranla Merkezilik (x: Düğüm sayısı, y: Merkezilik)

#### 2.3.4. Modülerite

Modülerite ağda bağımsız türde tabakalanmalar bulunup bulunmadığını inceler. Birbirinden ayrılmış topluluklar var ise bu Modülerite değerini yükseltir. Yüksek modülerite ağda birbiri ile alakasız tabakalanmalar olduğu anlamına gelmektedir. Modülerite değeri, 0.5 değerinden düşük olduğunda, genellikle tek bir çekirdek ağdan söz edilir.

Şekil 50’de Permakültür İsim Ağı’nın diğer ağlara oranla modülerite/tabakalanma katsayısı ( $=0.958115206642222$ ) karşılaştırmalı olarak görüntülenmektedir. Neredeyse 1’e yakın olan bu değer yüksek tabakalanma ile çekirdek bir ağın yokluğu anlamına gelmektedir. İncelenen ağın birçok alt topluluktan oluşmakla birlikte birbirinden pek de haberi olmayan tabakalanmalar içinde bulunduğu kabul edilebilir.

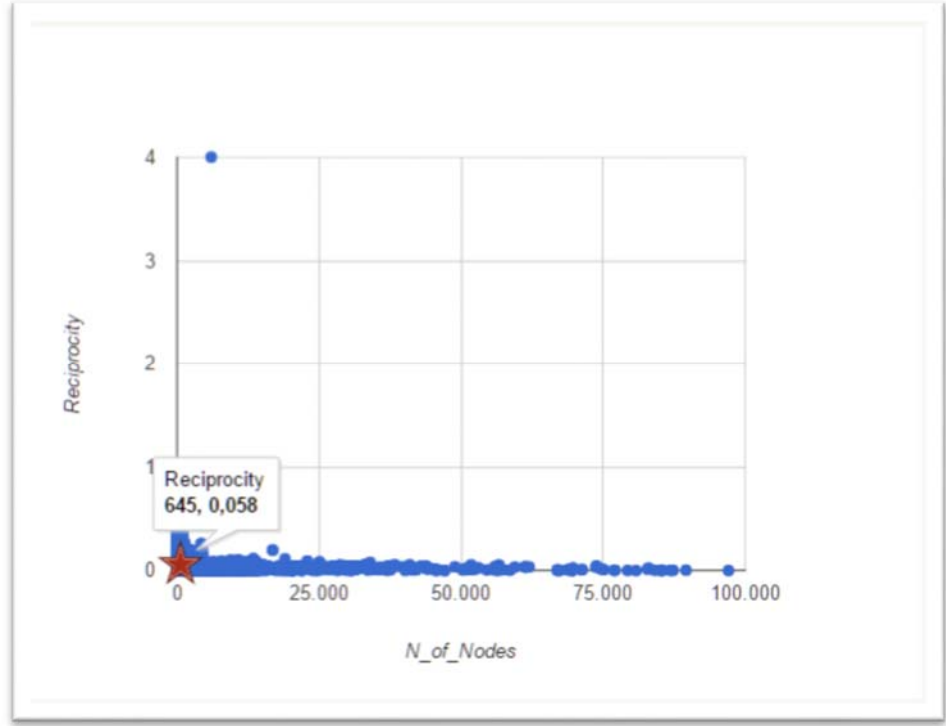


Şekil 50 Diğer ağlara oranla Modülarite (x: Düğüm sayısı, y: Tabakalanma)

### 2.3.5. Karşılıklık (Reciprocity)

Karşılıklık iki yönlü yapıdaki ağ bağlantılarının, ağın bütününe ait varolan bağlara oranı ile hesaplanır. Değer yükseldikçe karşılıklı iletişimin varlığından söz edilir. Düşük karşılıklık değeri ise hemen hemen her bağın tek taraflı olduğunu ifade eder.<sup>140</sup> Bağların sıklığı ve iki taraflı olmasının dayanıklılığı arttırıcı bir etken olabileceği söylenebilir.

<sup>140</sup> Ann Arbor , 'Dyads and Triads, Reciprocity and Transitivity', University of Michigan, 2015  
[http://annmccranie.net/site/ICPSR\\_NetworkAnalysis\\_Lect\\_4.pdf](http://annmccranie.net/site/ICPSR_NetworkAnalysis_Lect_4.pdf)



**Şekil 51 Diğer ağlara oranla Karşılıklılık (x: Düğüm sayısı, y: Karşılıklılık)**

Şekil 51’de Permakültür İsim Ağı’nın diğer ağlara oranla karşılıklılık değeri (= 0.057877813504823) görüntülenmektedir. Twitter Permakültür İsim Ağı’nın karşılıklılık oranı oldukça düşük olduğundan tek taraflı bağların ağırlıkta olduğu ve #Permakültür konusunda paylaşım yapan twitter kullanıcıların birbirlerini tanıma oranının oldukça düşük olduğu söylenebilir. Bir ağda bulunan karşılıklılığın o ağın bağlarını güçlendirdiği dikkate alınarak; incelenen ağ karşılıklılık değerinin düşük olması, diğer twitter ağlarına oranla bağ dayanıklılığının zayıf olduğunu vurgulamaktadır.

## 2.4. UYGULAMA AĞI VE RASSAL AĞ SNA ÖLÇÜLERİ

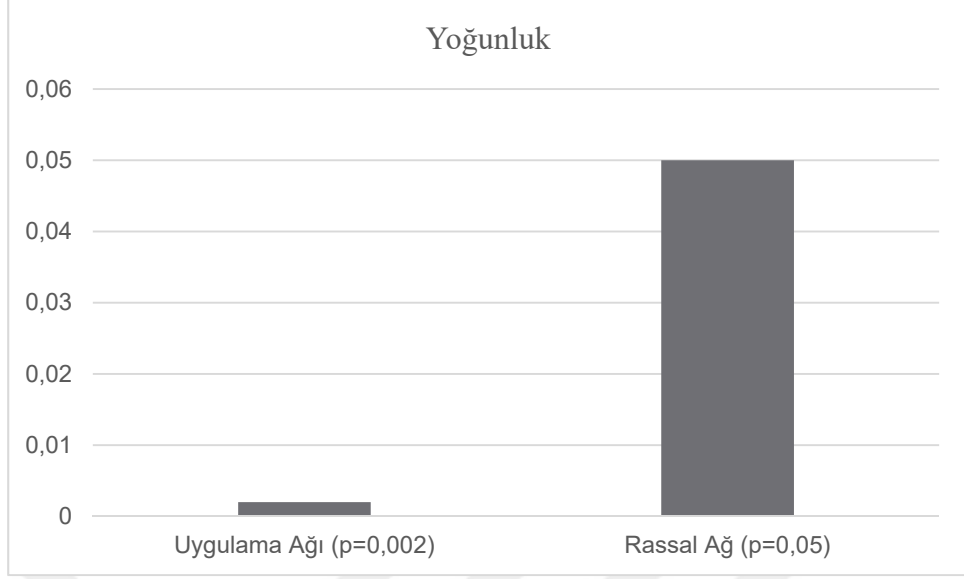
Bu bölümde *Permakültür İsim* ağının, ağ ölçülerinin bir rassal ağ ile kıyaslanması hedeflenmiştir.

Yoğunluk varolan bağların, toplam olası bağ sayısına oranıdır. Ağdaki düğümlerin ağa katılım oranını ve ağda bilgi akış hızını göstermektedir. Yoğunluk 1'e yaklaştıkça ağ örüntüsü sıkılaşır. 0'a yaklaştıkça bu ağdaki düğümlerin birbirleri ile hiç ilişkide olmadığını ifade etmektedir. *Uygulama Ağı* yoğunluk 0,0014 olarak hesaplanmıştır. Bu çok seyrek bağ içinde kırık bir ağ yapılanmasını göstermektedir. Bu değer düşünüldüğünde, ağın henüz büyük bileşen oluşturabilecek ilişki yapısı içinde bulunmadığı söylenebilir.

Karşılaştırılmak üzere üretilen rassal ağın nispeten yoğun bir ağ olması düşünülmüştür. Bu tercihteki neden farklılıkları belirginleştirerek *Permakültür İsim Ağı*'nın kırık yapısını, büyük bileşene sahip bir ağ ile kıyaslamaktır.

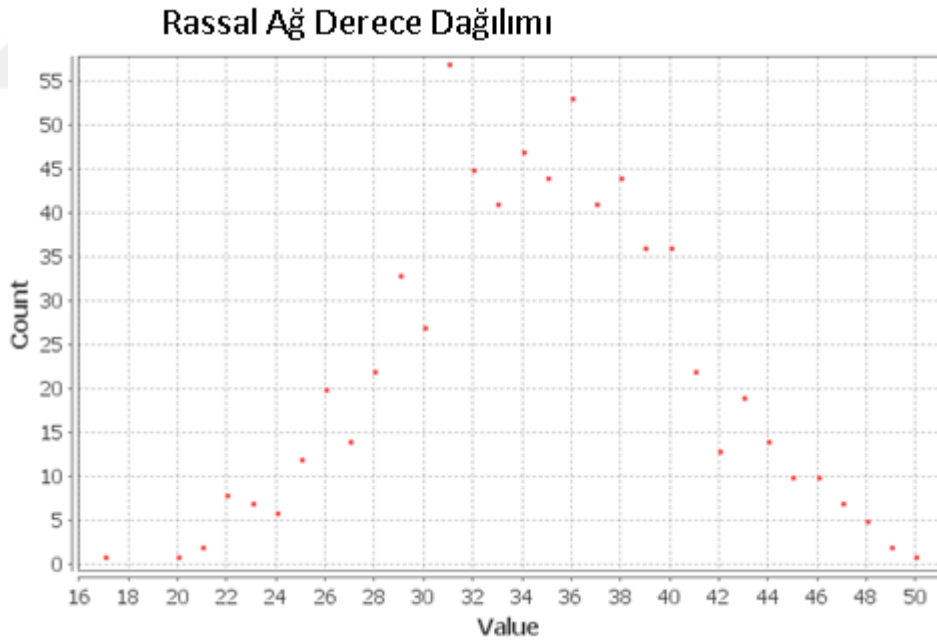
Şekil 52'de Twitter'dan toplanan gerçek verilerden oluşan *Permakültür İsim Ağı* ile karşılaştırmak amacıyla; 700 düğüm ve (p) 0,05 yoğunlukta oluşturulan *Rassal Ağ* görülmektedir. Oluşturulan ağda 700 düğüm arasında toplam 12.144 bağ meydana gelmiştir. Bu bağ oranı uygulama ağına oranla oldukça sıkı bir yapıdadır. Böyle bir twitter isim ağı bulunması belki de gerçekçi olmayabilir fakat üretilen rassal ağın görsel analizleri ile ağ ölçülerinin tutarlılığını değerlendirmek ve uygulama ağının yapısı ile farklı değerler elde etmek için bu kontrast tercih edilmiştir.





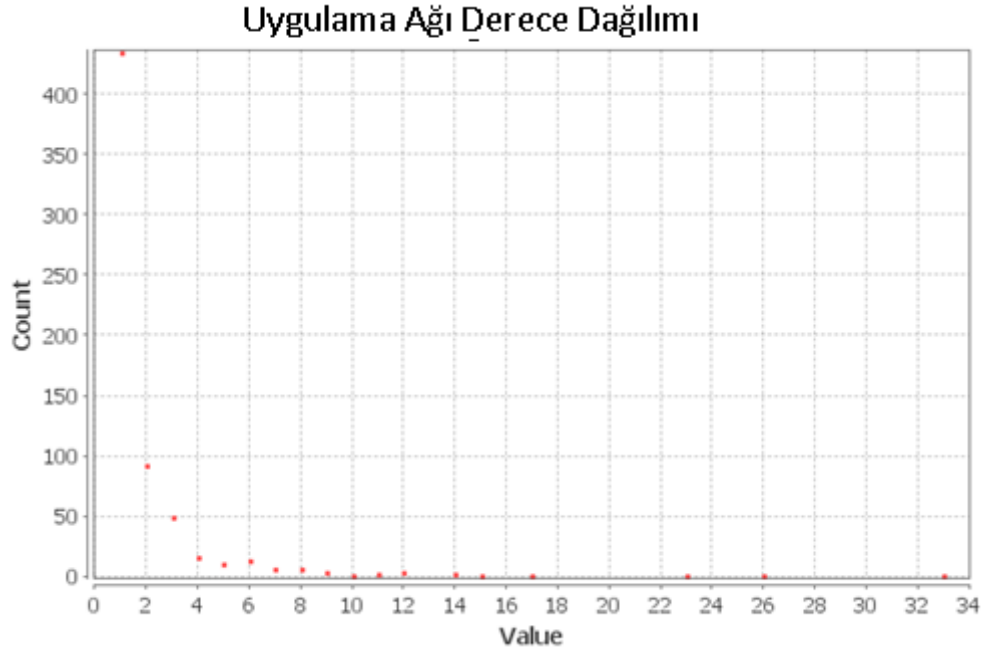
**Şekil 53 Karşılaştırmalı ağı ölçüleri | Yoğunluk**

Şekil 53’de iki ağı yoğunluk bilgileri karşılaştırılmıştır. Uygulama Ağı’nın büyük bileşen oluşturamayacak kadar seyrek yapıda olduğu ve Rassal Ağı’nın bu açıdan daha dayanıklı olduğu bu ölçümlemede görülmektedir.



**Şekil 54 Rassal ağı derece dağılımı [ortalama derece = 17,349]**

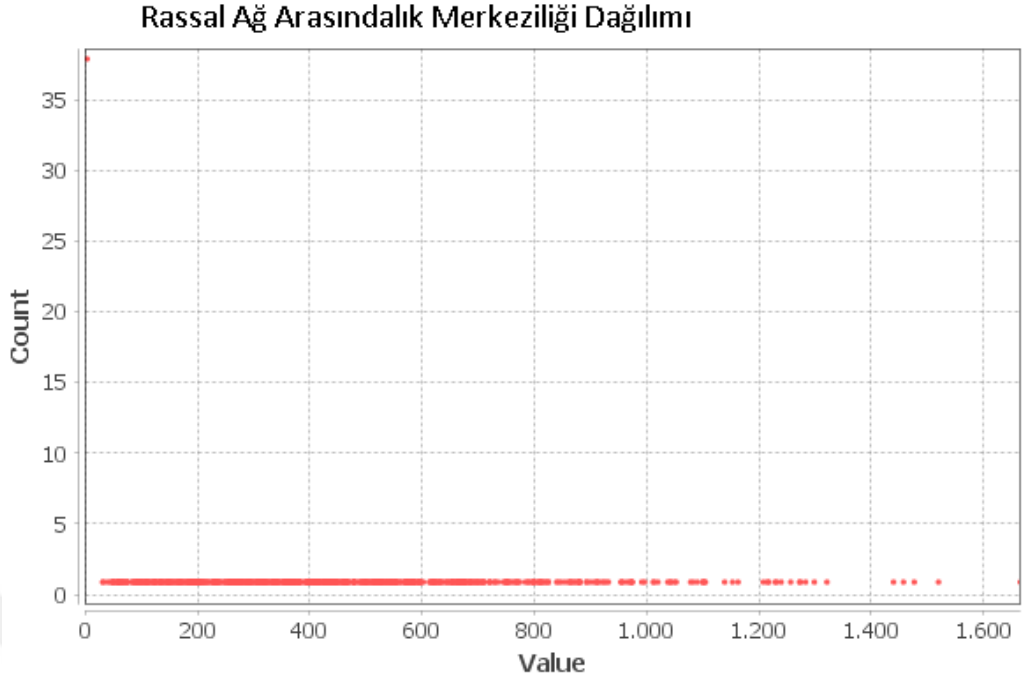
Şekil 54 ve Şekil 55 birlikte incelendiğinde rassal ağı uygulama ağına oranla yüksek bir derece dağılımına ve dengeli bir yayılıma sahip olduğu görülmektedir.



**Şekil 55 Uygulama ağı derece dağılımı [ortalama derece = 1,005]**

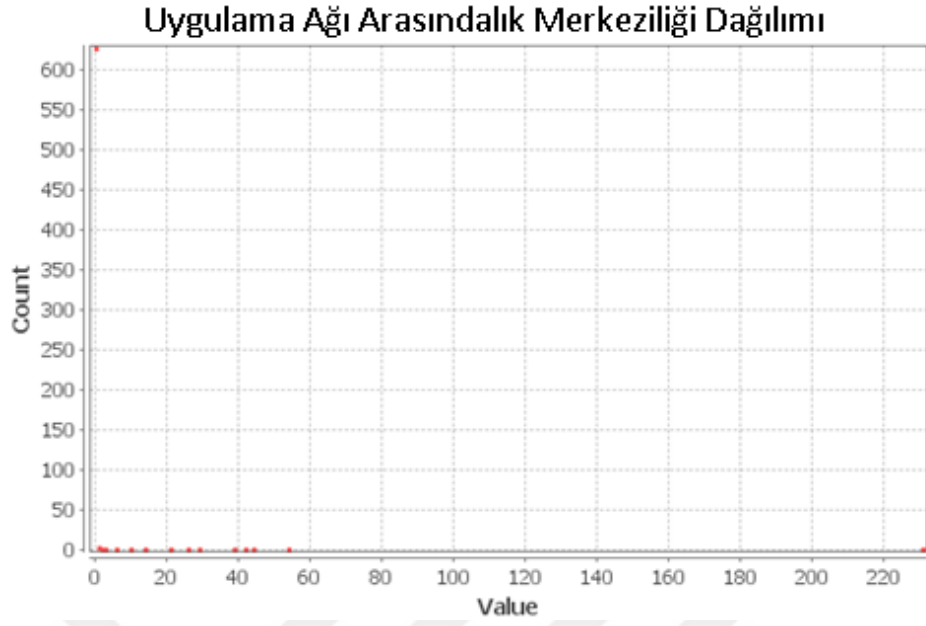
Rassal ağ yarıçapı 3, ortalama patika uzunlukları 2,12 ve toplam en kısa patika sayısı 489.300'dür. Uygulama ağının ise yarıçapı 4, ortalama patika uzunlukları 4 ve en kısa patika sayısı (yönlü) 1026'dır. Rassal ağ en kısa patika sayısının Uygulama Ağı'na oranla en kısa patika sayısı oldukça yüksektir. En kısa patika sayısında beliren bu fark aslında ağın sıklığı hakkında da fikir vermektedir. Rassal Ağ ilişki bağları yoğun bir sosyal ağ olmakla birlikte yarıçapı yakın değerde olsa da en kısa patika sayısı bakımından Uygulama Ağının oldukça seyrek bir ağ olduğu anlaşılmaktadır.





**Şekil 56 Rassal ağ | Arasındalık Merkeziliği (x: değer, y: frekans)**

Şekil 56 ve Şekil 57 birlikte incelendiğinde rassal ağın arasındalık merkeziliği uygulama ağına oranla oldukça yüksektir. Bu oran en uzak düğümlerin dahi birbiri ile iletişime geçebileceğini göstermektedir. Uygulama ağında tutarlı bir ağ örüntüsü görülmemekte ve bilgi akışının kırık yapılanmada olduğu düşük arasındalık merkeziliği ile anlaşılmaktadır. Bir düğümün hangi sıklıkta en kısa patikalar arasında bulunduğunu gösteren arasındalık dağılımı uygulama ağı için incelendiğinde çoğunlukla arasındalık merkeziliği olmayan düğümlerin varlığı tespit edilmiştir.



**Şekil 57 Uygulama ağı | Arasındalık Merkeziliği (x: değer, y: frekans)**

1026 adet yönlü en kısa patikanın arasında kalan düğüm sayısı oldukça az olmakla birlikte, sadece iki düğüm çok fazla en kısa patika arasında bulunmaktadır. Permakültrü İsim Ağı'nda az sayıda düğüm arasındalık değeri olması bu düğümlerin merkez ve yayıncı olduklarına dair ipucu vermiştir. Bu düğümler büyük oranda bilgiyi ileten ana merkezlerdir. Permakültür İsim Ağı'nda düğümler birbirleri ile bir büyük bileşen oluşturacak kadar güçlü bağ içinde bulunmamaktadır.

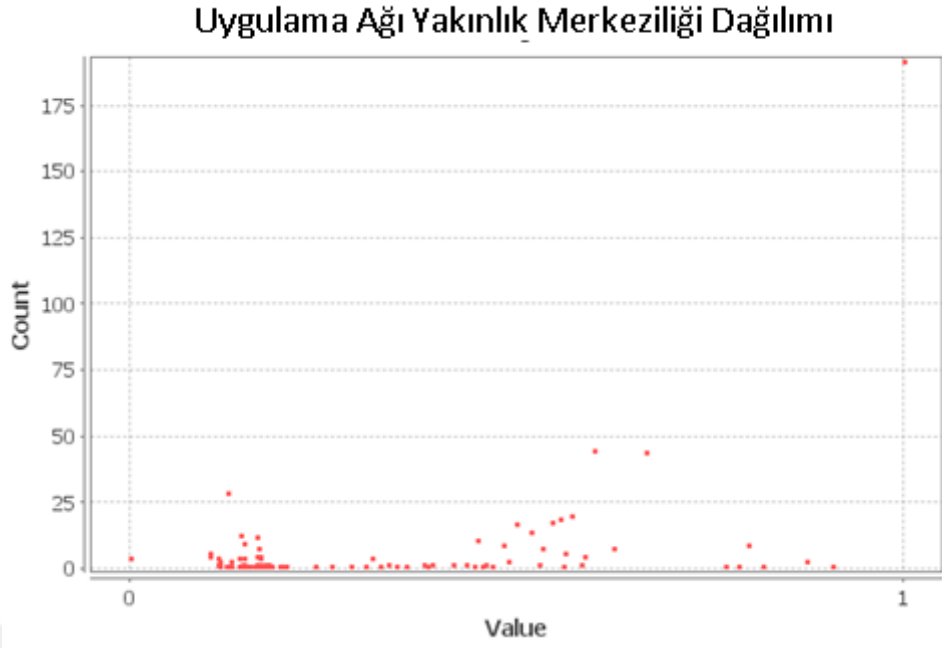
Yakınlık merkeziliği açısından bakıldığında uygulama ağının dağınık yapıda olduğu ve rassal ağın daha bütünsel ve düzenli topolojiye sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 58 ve Şekil 59 birlikte incelendiğinde 0,05 yoğunluk ile mekanik üretilen Rassal Ağ'ın düzenli dağılım gösteren bir yakınlık merkeziliği bulunmakta iken Uygulama Ağı'nda az miktarda yakınlık merkeziliği yüksek düğüm bulunmaktadır ve hemen hemen tüm düğümlerin yakınlık merkeziliği farklılık göstermektedir.

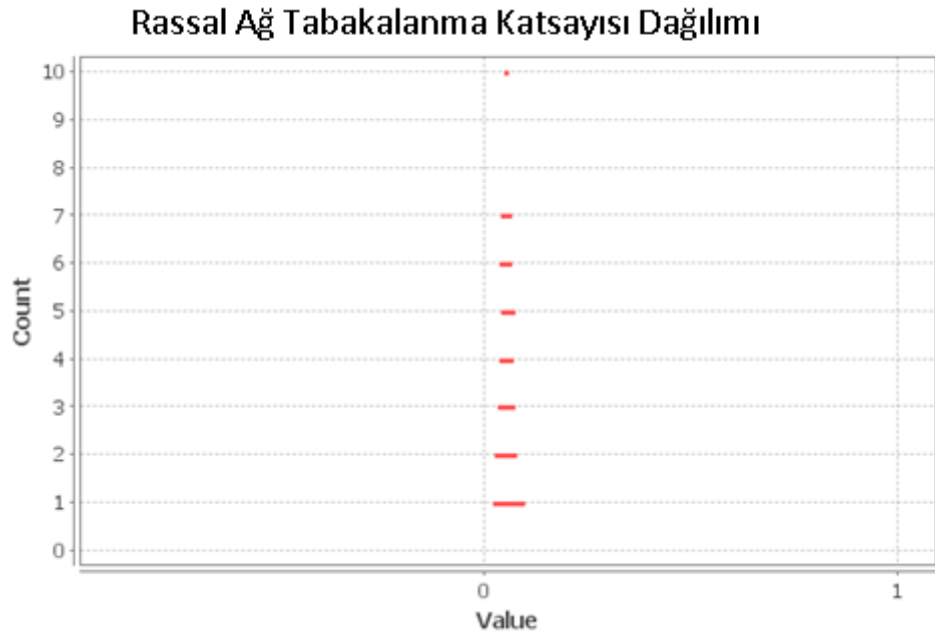


**Şekil 58 Rassal Ağ | Yakınlık Merkeziliği (x: değer, y: frekans)**

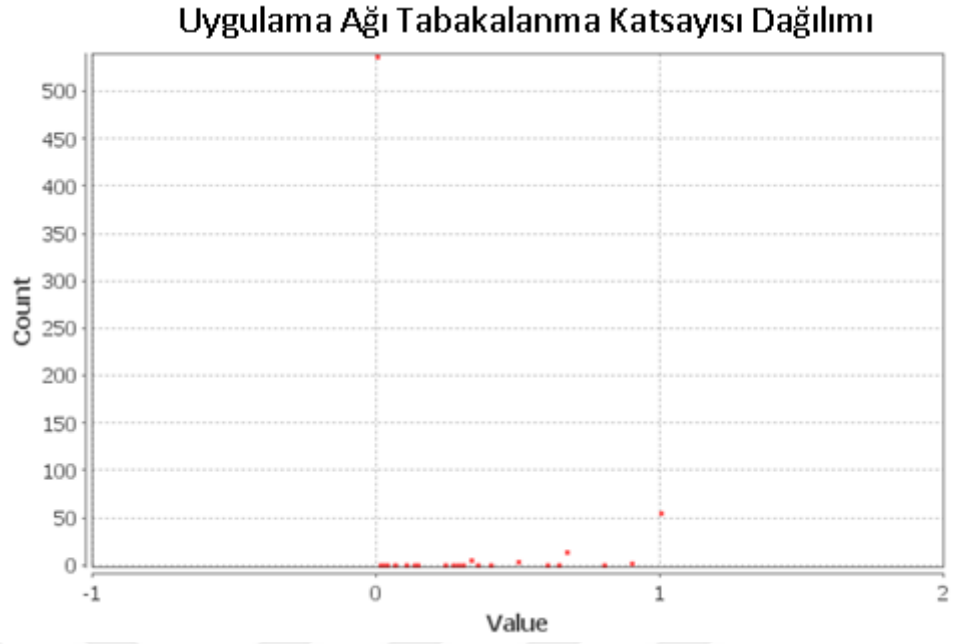
Şekil 59’de görüldüğü üzere yakınlık merkeziliği birbirine benzer düğümlerin sayısı elliyi geçmemektedir. Bunun yanında yönsüz bağ açısından bakıldığında tüm izole adaların da yakınlık merkeziliği yüksek algılanmaktadır. Çok sayıda yüksek yakınlık merkeziliği, aslında bu düğümlerin büyük bileşen içinde bulunmadıklarını işaret etmektedir.



Şekil 59 Uygulama Ağı | Yakınlık Merkeziliği (x: değer, y: frekans)

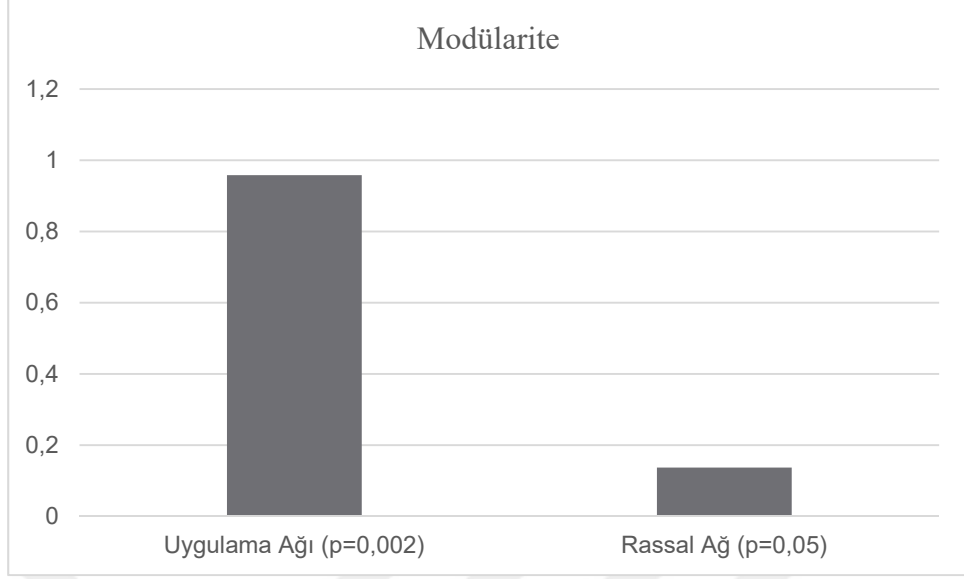


Şekil 60 Rassal Ağ | Tabakalanma Katsayısı Dağılımı (x: değer, y: frekans)



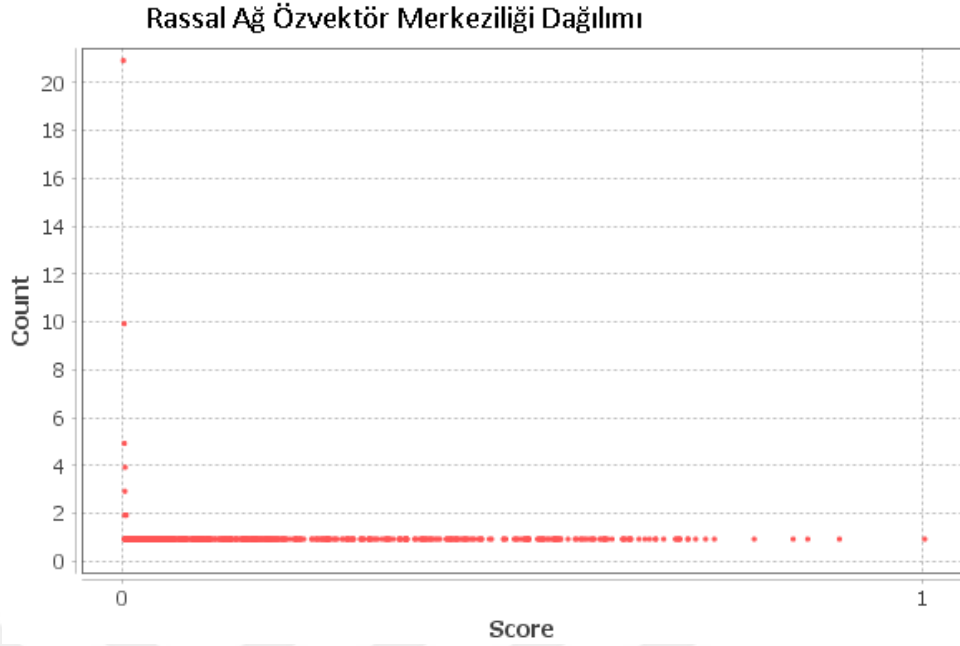
**Şekil 61 Uygulama Ağı | Tabakalanma Katsayısı Dağılımı (x: değer, y: frekans)**

Şekil 60 ve Şekil 61 birlikte incelendiğinde; Uygulama Ağı'nı yönsüz olarak ele alınca 108 adet üçgen yapı tespit edilmiştir. Rassal ağın sıklığından dolayı üçgen yapı sayısı 6925'lere kadar yükselmiştir. Uygulama ağında, rassal ağa nazaran tabakalanmanın varlığı ve büyük bileşene aidiyetin yokluğundan 0,958 ortalama modülerite ile söz edilebilir. Buna karşın Rassal Ağ modülerite 0,145 (ve ortalama tabakalanma katsayısı 0,049 ile) büyük bileşenin varlığı ön plandadır.

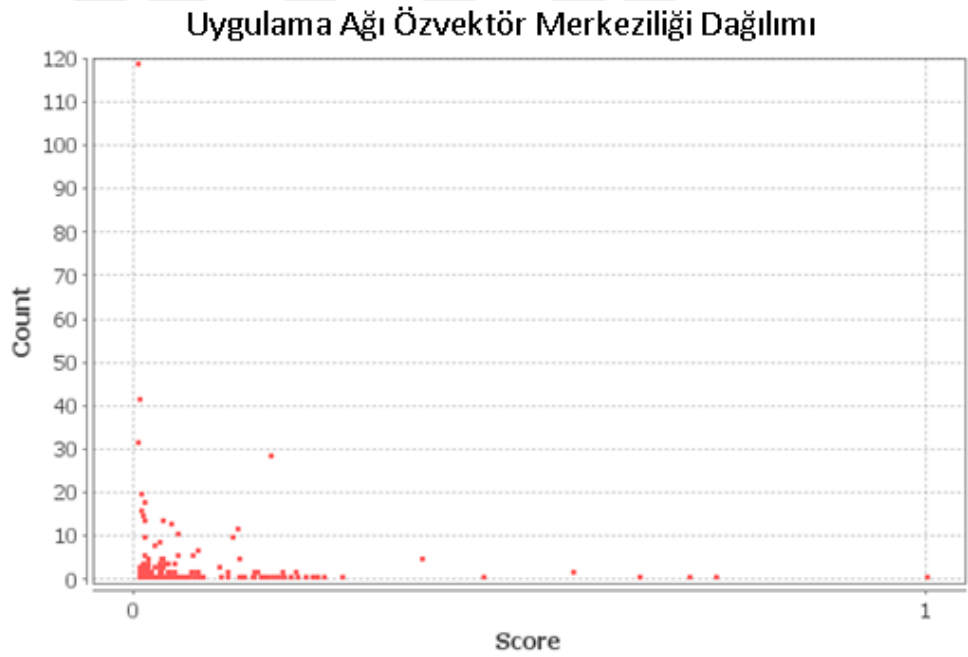


**Şekil 62 Karşılaştırmalı ağ ölçüleri | Modülerite Ortalaması**

Şekil 62’de Uygulama Ağı ve Rassal Ağ’ın modülerite/tabakalanma oranları karşılaştırılmıştır. Tabakalanma ve dolayısıyla modülerite 0,5’den küçük olduğunda büyük bileşenin varlığı öngörülebilmektedir. Uygulama ağı tabakalanma katsayısı daha yüksek olması alt grupların ve tabakalanmanın varlığına işaret etmektedir. Rassal ağ tabakalanma katsayısı uygulama ağından daha düşük olduğu ve dolayısı ile büyük bileşen oluşturmaya daha yatkın olduğu söylenebilir.



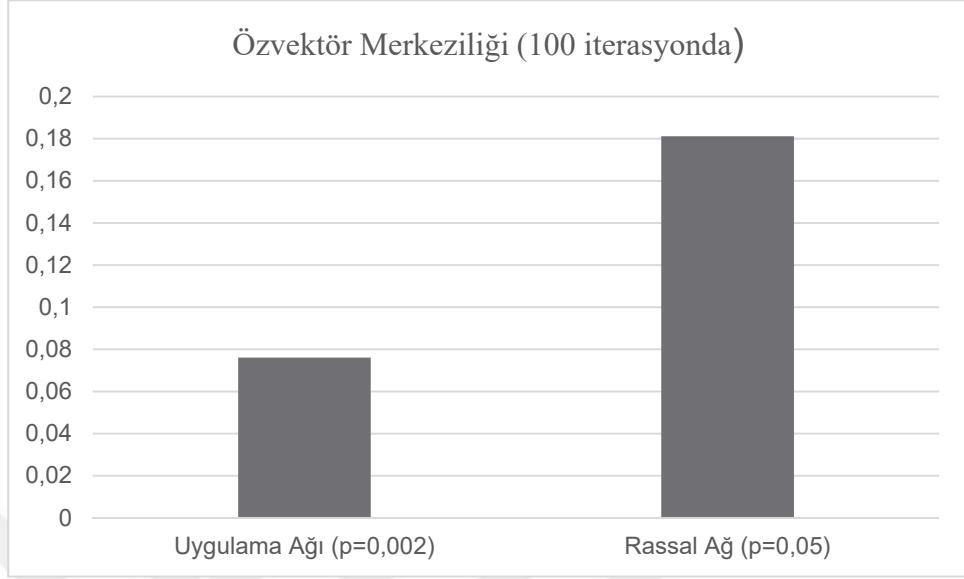
**Şekil 63 Rassal Ağ | Özvektör Merkeziliği Dağılımı (x: değer, y: frekans)**



**Şekil 64 Uygulama Ağı | Özvektör Merkeziliği Dağılımı (x: değer, y: frekans)**

Şekil 63 ve Şekil 64'deki Rassal Ağ ve Uygulama Ağı özvektör merkeziliği dağılımları gösterilmektedir. Rassal Ağ'ın düğümlerinin özvektör merkeziliği dengeli bir dağılım göstermektedir. Bunun sebebi düğümlerin belli bir olasılık ile bağ kurmasıdır. Uygulama Ağı özvektör merkeziliği incelendiğinde 0 yakın yığınlar ve bir özvektör merkeziliği 1 olan düğüm görülmektedir. Ağdaki kırık yapıdan dolayı farklı alt gruplar

ayrı ağlar olarak algılandığından özvektör merkeziliği değeri Uygulama Ağı için tutarsız bir dağılım oluşturmaktadır.



Şekil 65 Karşılaştırmalı ağ ölçüleri | Özvektör Merkeziliği

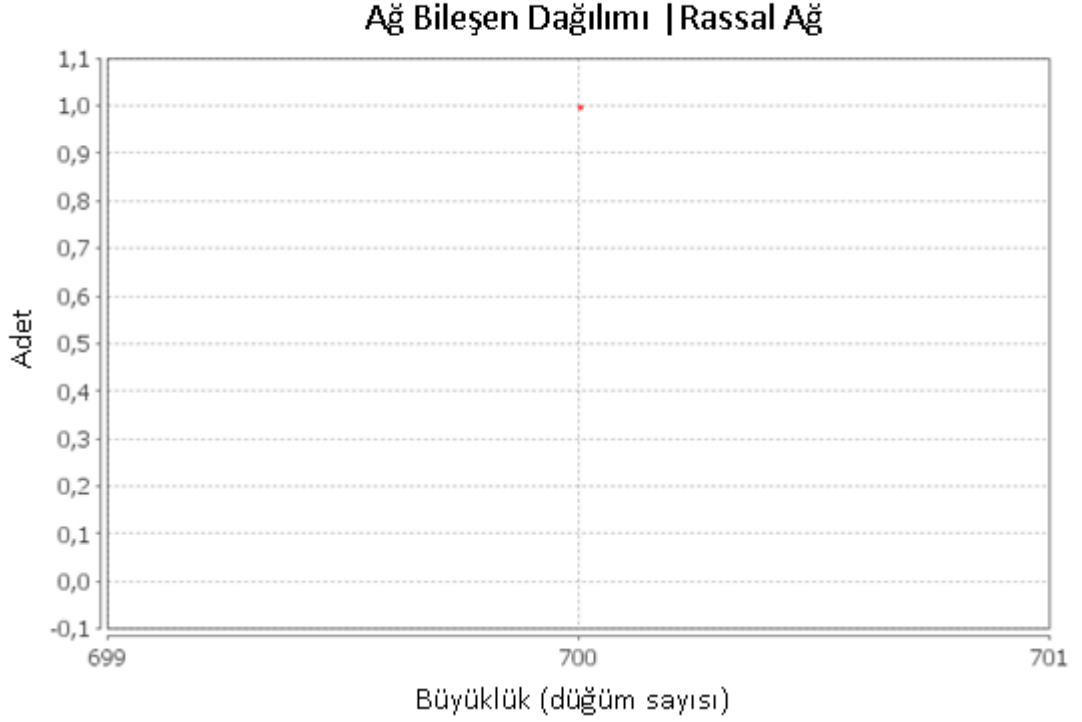
Şekil 65 ile Rassal Ağ ve Uygulama Ağı'nın özvektör merkeziliği karşılaştırmalı olarak gösterilmektedir. Özvektör merkeziliği bakımından Rassal Ağ daha yüksek orana sahiptir. Merkezi düğümlere yakın olan düğümlerin ağlara olan etkisini gösteren özvektör merkeziliği ağın dayanıklılığı ile ilgili de bilgi vermektedir. Bir düğümün özvektör merkeziliği ona direk bağlı olan diğer düğümlerin merkeziliğinin toplamındaki payı ile hesaplanır. Bir düğümün ağa etkisini ifade eder. Buna göre özvektör merkeziliği ortalama değeri yükseldikçe ağ dayanıklı hale gelmektedir. Rassal Ağ özvektör merkeziliği daha yüksektir. Bu açıdan bakıldığında Rassal Ağın, Uygulama Ağı'na oranla daha *etkin* bir ağ yapılanması içerisinde olduğu söylenebilir. Etkin olması kapsamının genişleyebilmesi ve bağlarının kuvvetlenebilmesi potansiyelinin daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Kısaca ağ öğelerinin birbirine ve ağa kattığı değer bakımından Rassal Ağ'ın Uygulama Ağı'na oranla daha dayanıklılığı olduğu söylenebilir.

## 2.5. UYGULAMA AĞI GÜÇ VE ZAYIFLIK ANALİZLERİ (NETSWAN)



Dayanıklılık testlerinden önce ağların kaç bileşen içerdiği ele alınarak, bir büyük bileşene tüm düğümlerin ait olup olmadıkları sorgulanacaktır. Dayanıklılığın varlığı kabul edildikten sonra, test verileri sağlıklı olarak yorumlanabilir. Dayanıklılık testleri büyük bileşen varlığı esas alınarak yapıldığından bu ön inceleme önemlidir.

Number of Weakly Connected Components: 1  
Number of Strongly Connected Components: 700

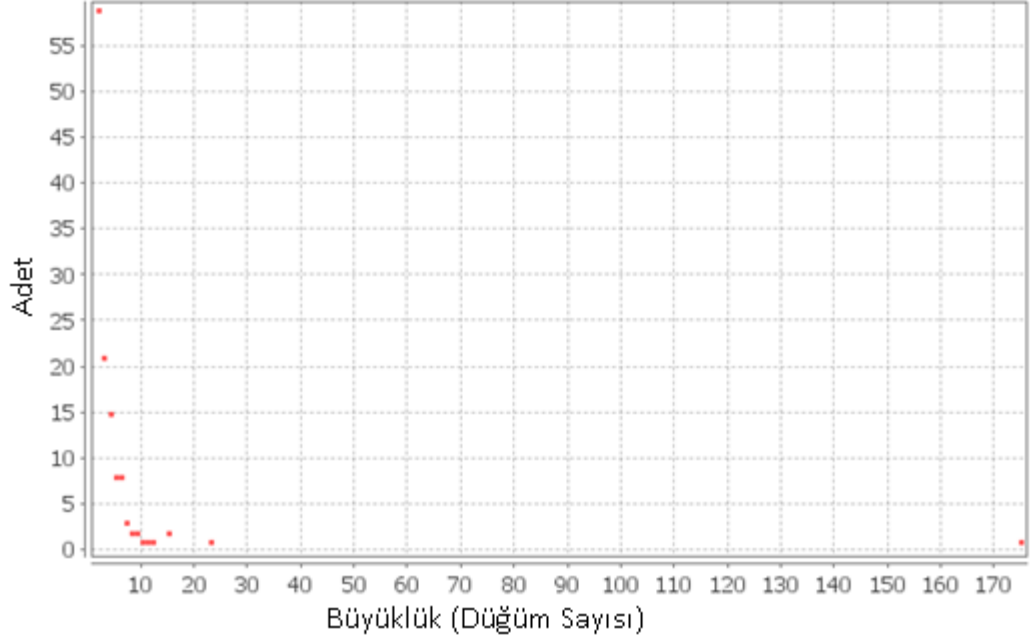


**Şekil 66 Rassal ağ | Bağlı bileşen sayısı raporu**

Şekil 66 ve Şekil 67 Rassal ve Uygulama ağlarının bileşen yapılanmalarını raporlamaktadır. Yapılan incelemede üretilen Rassal Ağ'ın zayıf da olsa *bir büyük bileşen* oluşturduğu, Uygulama Ağı'nın ise zayıf bağ içerisinde 125 tabakalanmaya dağıtıldığı ve henüz büyük bileşen oluşturmadığı gözlemlenmiştir.

Number of Weakly Connected Components: 125  
Number of Strongly Connected Components: 628

### Ağ Bileşen Dağılımı | Uygulama Ağı



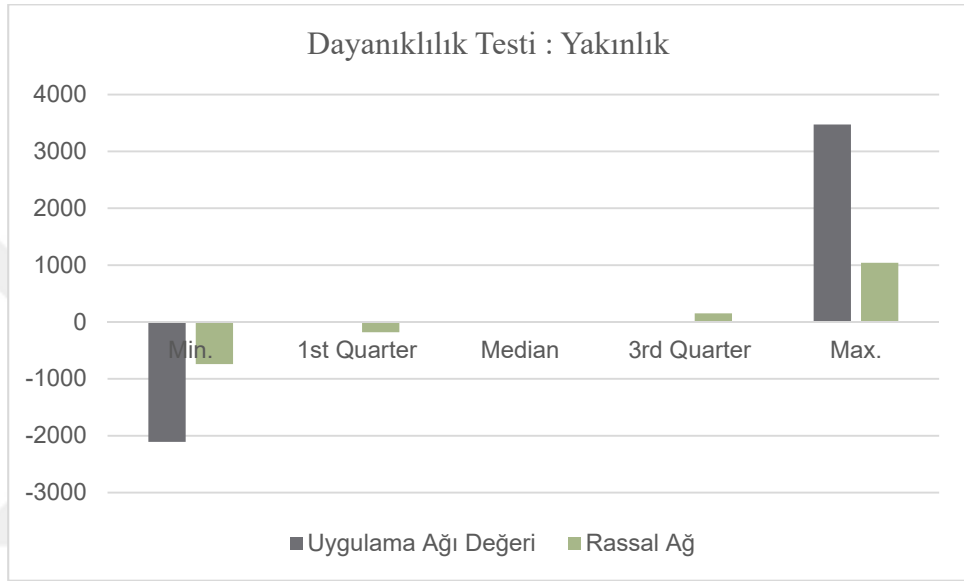
Şekil 67 Uygulama ağı | Bağlı bileşen sayısı raporu

Şekil 70’de Uygulama Ağı ağ bileşen dağılımı incelendiğinde zayıf da olsa büyük bileşen oluşturan  $\approx 170$  düğümlü bir tabakalanma büyük bileşenin potansiyel olarak oluşum sürecinde olduğunu işaret etmektedir. Bunun haricinde Uygulama Ağı 20’den fazla ikili üçlü bağ yapılarından ve 30 düğüme kadar bile ulaşamayan küçük kopuk tabakalanmalardan oluşmaktadır. 125 tabakalanma ile Uygulama Ağı’nın kırık bir ağ olduğu ve henüz büyük bileşen oluşturmadığı söylenebilir.

Uygulama Ağı bir büyük bileşen içinde olmasa da iki ağın da bir büyük bileşen oluşturduğu varsayılarak ve NetSwan(Network Strengths and Weaknesses Analysis) R paketi kullanılarak dayanıklılık testleri uygulanmıştır. NetSwan; R programlama dili ile ağların dayanıklılığını analiz etmek üzere Serge Lhomme tarafından geliştirilmiş fonksiyonlardan oluşmaktadır. NetSwan kütüphanesinin fonksiyonları dayanıklılık testi için geliştirilmiştir ve *igraph* R paketini kullanmaktadır. Bu fonksiyonlarda belli senaryolar dâhilinde ağın düğüm eksiltilecek çözülmesi ve bu çözülme sürecinin ağın bütününde yarattığı etki incelenmektedir.

#### 2.5.1 Yakınlık Dayanıklılığı Testleri

Bir düğümün ağdan çıkarılmasının yakınlık üzerinde yarattığı etki NetSwan R paketinin *swan\_closeness* fonksiyonu ile incelenmektedir. Yakınlık ölçüsü; bir düğümün ağdaki diğer düğümlere en kısa uzaklıklarının tersinin toplamı şeklinde hesaplanmaktadır. Ağ yakınlık dayanıklılığında, düğümün ağdan çıkarılması ile erişim ve bağlar kabiliyetinin ne derece etkilendiği gösterilmektedir. Bir düğümün ağdaki herkese ortalama kaç hareket ile ulaşabildiği bilgisinin o düğüm ağdan çıkarılınca ağın genelinde yarattığı etki bu test ile incelenmektedir.

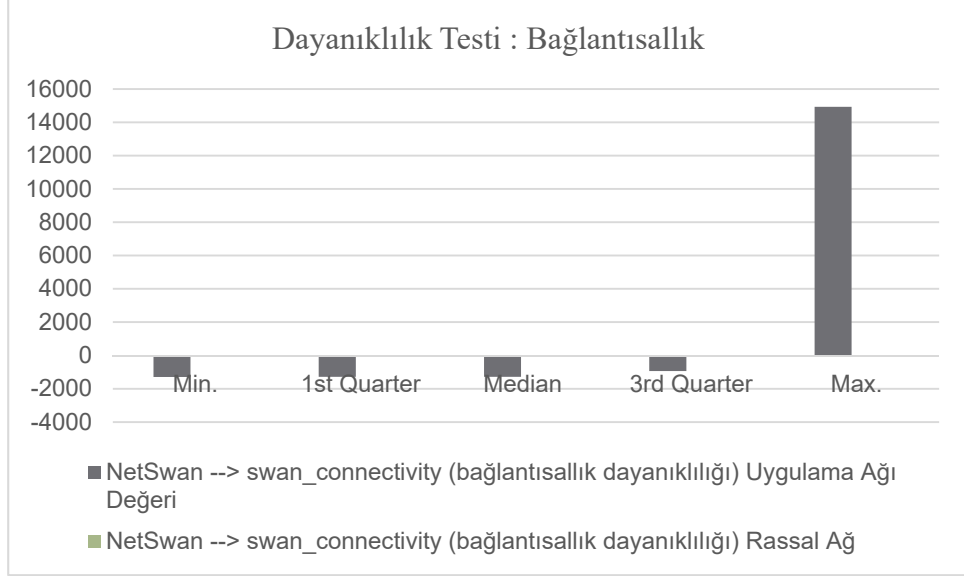


Şekil 68 Karşılaştırmalı dayanıklılık testleri | Yakınlık (*swan\_closeness*)

Şekil 68’de çıkarılan düğüm oranı ile ağdan çıkarılmasının ağın yakınlık değeri üzerinde yarattığı etki gösterilmektedir. Bu oranlar incelendiğinde Rassal ağın, uygulama ağına oranla daha dayanıklı olduğu söylenebilir. Uygulama ağının ölçek bağımsız ve kırık yapısı nedeniyle müdahale oranı ile ağın yakınlık dayanıklılığı arasında doğrusal olmayan bir etki-tepki gözlemlenmektedir. Uygulama Ağı’nın başlangıçta büyük bileşen içermemesi ve tabakalanmaların varlığı nedeniyle, ağ yakınlık dayanıklılığı testi sonuçlarında sıçramalar görülmektedir.

### 2.5.2. Bağlantısallık Dayanıklılığı Testleri

Bir düğüm çıkarıldığında bağlantısallığın ne oranda etkilendiği ‘*swan\_connectivity*’ fonksiyonu ile incelenmiştir.

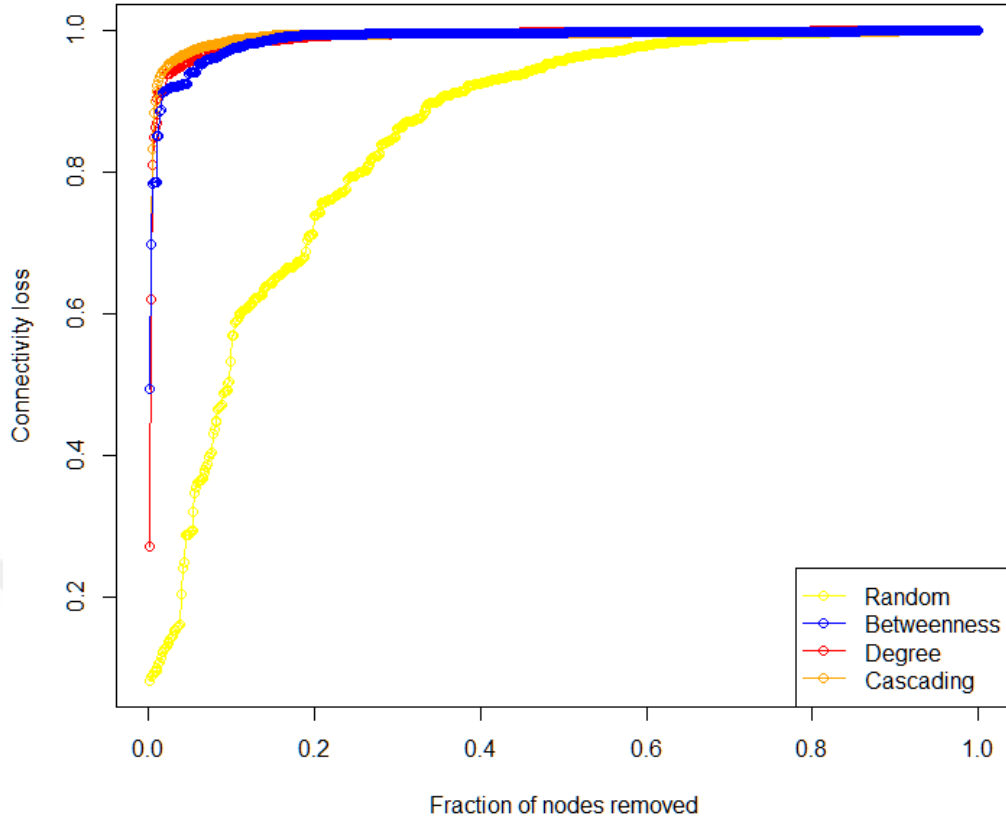


**Şekil 69 Karşılaştırmalı dayanıklılık | Bağlantısallık (swan\_connectivity)**

Şekil 69’de Rassal Ağ ve Uygulama Ağı’nın bağlantısallığının dayanıklılığı incelenmiştir. Rassal Ağ’dan çıkarılan düğümler max olduğunda bile bağlantısallık etkilenmemektedir. Buna karşın uygulama ağı başlangıçta büyük bileşen içermediğinden, sağlıklı sonuçlar elde edilememekle birlikte, bağlantısallık testlerinde etkilenme görülmektedir. Ağdan düğüm çıkarılarak bağlantısallığın zaafiyetinin incelendiği dayanıklılık müdahalelerinde Rassal Ağın dayanıklı olduğu NetSwan fonksiyonuna göre söylenebilir. Yine de bu verilerin ve kullanılan swan\_connectivity algoritmasının sağlıklı olup olmadığı tartışmalıdır.

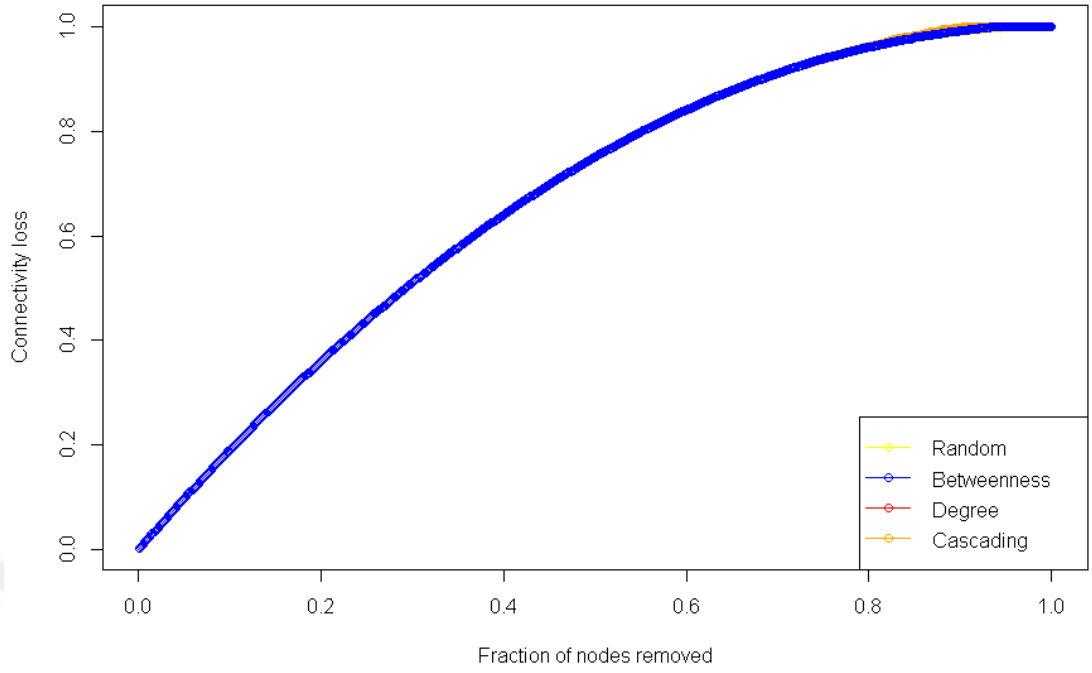
### **2.5.3. Hata ve Saldırı Toleransı**

Ağ zafiyetlerini düğümlerde hata ya da düğümlere saldırı olasılığında rassal ya da stratejik anlamda inceleyen algoritmalar ‘swan\_combinator’ fonksiyonları ile bir araya getirilmiştir. Bu fonksiyonlarda ağın sırasıyla rassal (sarı), bağlantısallık öncelikli (mavi), derece öncelikli (kırmızı) ve peşpeşe hata (turuncu) senaryosu dâhilinde saldırılardaki dayanıklılığı incelenmektedir.



**Şekil 70 Uygulama ağı | Hata/Saldırı Toleransı (rassal/stratejik)**

Şekil 70’de Uygulama Ağı’nın hata/saldırı toleransı rastgele ve stratejik saldırılar kapsamında ele alınmaktadır. Şekilde, x eksenini çıkarılan düğümün ağa oranını ve y eksenini kaybolan bağlantısalılığı göstermektedir. Sarı ile belirtilen saldırılar rastgele (plansız) yapılmaktadır. Mavi ile belirtilen saldırılar düğümün arasındalık oranına göre stratejik hedeflenmiştir. Kırmızı ile belirtilen saldırılar düğümün derecesine göre stratejik hedeflenmiştir. Turuncu ile belirtilen saldırılar peşpeşe hata ile stratejik hedeflenmiştir. Uygulama Ağı’na yapılan rassal saldırı ya da hataların diğer stratejik saldırı türlerine oranla daha etkisiz olduğu görülmektedir. Ölçek bağımsız ağlarda stratejik saldırıların daha etkili olduğu bilinmektedir. Twitter Permakültür İsim Ağı’nda da aynı karakteristik gözlemlenmiştir.



**Şekil 71 Rassal ağ | Hata/Saldırı Toleransı (rassal/stratejik)**

Şekil 71’de üretilen Rassal Ağ’a rastgele ve stratejik saldırılar sonucunda ağ bütünlüğü ve bağlantısallığına olan etkisi görüntülenmektedir. Rassal ağda hata/saldırı toleransı testlerinde hem rassal hem de stratejik tüm saldırılarda, ağ bütünlüğünde saldırı ile doğru oranda kopma görülmüştür. Bu sonuç üretilen Rassal Ağ’ın düğümlerinin her birinin aynı ölçüde etkili olduğunu ve yapısal olarak saldırı türü farketmeksizin Rassal Ağ’ın aynı ölçüde doğrusal olarak dayanıklılığının etkilendiği söylenebilir.

## SONUÇ VE GELECEK ÇALIŞMALAR

Yapılan çalışmada sosyal ağ analizi konusunun kavramları; ağ terminolojisi, ağlara ilişkin ölçüler, farklı ağ topolojileri açıklanmıştır. Ağların büyük bileşen halini alma süreçleri *Ağ Dinamiği* başlığı altında incelenmiştir. Ağ dayanıklılığına dair farklı teoriler *Ağ Dayanıklılığı* ana başlığı altında yer almıştır. Süzülme teorisi, yayılım, Molloy-Reed ölçütü, düğüm stabilitesi, peşpeşe hata ve ölçek bağımsız ağlarda dayanıklılık konuları bu bölümde açıklanmıştır. Permakültür kavramı ve permakültür ilkeleri ağ dayanıklılığı bakış açısı ile tekrar ele alınmış ve yorumlanmıştır. Sosyal ağ analizi, ağ dinamiği ve ağ dayanıklılığı kavramları en güncel akademik ve teknolojik örnekler ile sunulmuştur.

Uygulama çalışmasında '*permakültür*' konusundaki gerçek tweet'lerin içinde yer alan twitter kullanıcıları bir ağ olarak bağlanarak Permakültür İsim Ağı (Uygulama Ağı) adı altında incelenmiştir. Veri toplama aşamasında veri kirliliği tespit edilmiş '*Food Network*' kavramının aynı zamanda bir TV programı hakkında konuşulan twitter gönderileri ile asıl araştırma konusunda gereksiz veriye sebep olduğu farkedilmiştir. Veriler '*Food Network*' kelime kümesi aramadan çıkarılarak amaca uygun şekilde sadeleştirilmiştir.

Twitter'dan gerçek tweetler çekilerek oluşturulan Permakültür İsim Ağı farklı ağ gösterim algoritmaları ile görüntülenmiştir. Bu görüntülemeler Uygulama Ağı'nın ölçek bağımsız bir yapılanmada olduğunu göstermektedir. Uygulama Ağı ağ ölçüleri; diğer twitter ağları ile kıyaslanarak analiz edilmiştir. Yoğunluğu 0,002 olan twitter Uygulama Ağı'nın diğer ağlara oranla büyük bileşen içeriğinde olmaya yani dayanıklılığa henüz uzak kaldığı tespit edilmiştir.

Permakültür İsim Ağı'nın duygu/algı analizi yapılmış ve '*permakültür*' konusunun ağırlıklı olarak iyi duygular ile anıldığı araştırma sonucunda tespit edilmiştir.

Twitter ağının ölçüleri, 700 düğümlü ve yoğunluğu 0,05 olasılık değeri ile üretilen pseudo<sup>141</sup> Rassal Ağ ile kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı tablolarla ele alınmıştır. Rassal Ağ'ın büyük bileşene sahip, daha yoğun bir ağ olması karşılaştırmalı incelemelerin kolay anlaşılması açısından tercih edilmiştir.

Dayanıklılık testleri NetSwan R paketi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İki ağın da dayanıklılığı farklı senaryolar ve farklı ölçekte saldırılar dâhilinde incelenmiştir. Ağdan düğüm çıkarılmasının ağın yakınlık değerlerine etkisi, ağın bağlantısallık değerlerine etkisi ayrı ayrı karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Ağa gerçekleştirilebilecek tüm rassal ve stratejik saldırı tipleri incelenmiş ve görüntülenmiştir. Stratejik saldırılar bağlantısallığı yüksek düğüme öncelikli saldırı, derecesi yüksek düğüme öncelikli saldırı ve peşpeşe hata yaratmak üzere saldırı senaryoları ile ele alınmıştır. Çıkan sonuçlarda Uygulama Ağı'nın ölçek bağımsız bir topolojide olup henüz büyük bileşen oluşturmaması nedeniyle sıçramalar ile beklenmedik sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Yine de ölçek bağımsız topolojisi nedeniyle Uygulama Ağı'nın rassal saldırılara stratejik saldırılardan daha dayanıklı olduğu sonuçlarla gözlemlenmiştir. Bunun yanında üretilen Rassal Ağın dayanıklılık testlerinde bağlantısallığını sonuna kadar koruyabildiği gözlemlenmiştir. Rassal Ağ'ın gerek rastgele saldırılarda gerekse stratejik saldırılarda aynı oranda hasar gördüğü görülmüştür. Bu sonuçlar ağ topolojisinin farklı saldırı/hata türlerinde ağ dayanıklılığı açısından önemli olduğunu göstermektedir. Rassal ağlar saldırı türü farketmeksizin eşit oranda etkilenirken, ölçek bağımsız ağlar rassal saldırılara karşı daha dayanıklı olmakla birlikte stratejik saldırılarda daha hızlı hasar görmektedir.

Bu tez ile gerçekleştirilen araştırmalar ve uygulama çalışmaları ile pek çok alana uyarlanabilecek olan *Sosyal Ağlarda Dayanıklılık* konusunun SNA literatüründe henüz çok yeni bir kavram olduğu anlaşılmaktadır. *Sosyal Ağlarda Dayanıklılık* konusunda daha pek çok olası araştırma/uygulama sahasının bulunduğu ve bu konuda akademik araştırma ve uygulamalara disiplinlerarası çalışarak devam edilmesinin gerekliliği öngörülebilir.

Gelecek çalışmalar için yapay zekâ ve duygu analizi kavramlarının sosyolojik ve tekno-sosyolojik olarak incelenmesi uygun olabilir. Duygu analizi ve sosyal ağlarda dayanıklılık kavramlarının yine bir arada düşünülerek daha detaylı ve çok disiplinli bir perspektiften ele alınmasının faydalı olabileceği düşünülmektedir. Yapılan araştırmada,

---

<sup>141</sup> Pseudo: Bilgisayar uygulama terminolojisinde bu kelime 'sahte' 'yalancı' olarak kullanılmaktadır.



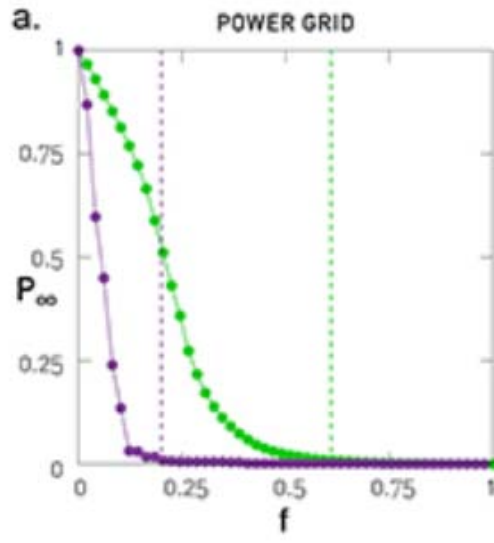
duygu analizi ve ağ dayanıklılığı konularını birlikte ele alan yurt içi veya yurt dışı bir kaynağa rastlanmamıştır. Sosyal ağ algı/duygu analizi ve sosyal ağ dayanıklılık kavramları çok yönlü/disiplinli bir bakış açısı ile detaylandırılması gereken güncel araştırma konularıdır.



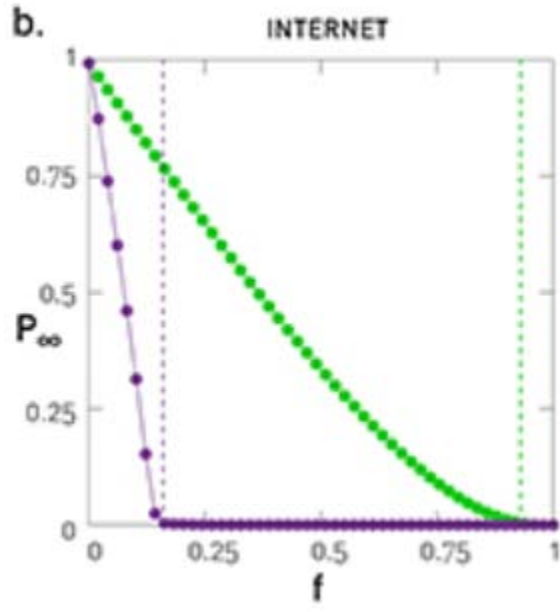
## EKLER

### EK 1

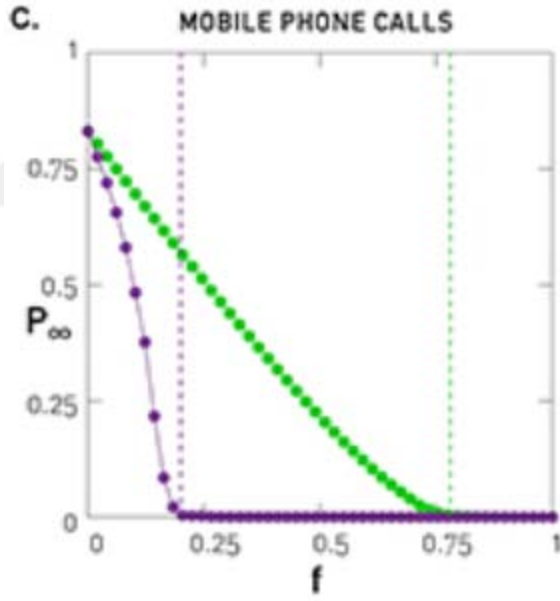
*Gerçek ağlar saldırı incelemeleri:* Mor çizelge stratejik derece dağılımı yüksek düğüme yapılan saldırılar sonucu ağın kırılımı iken yeşil çizelge rastgele saldırılar sonucu ağın kırılımını göstermektedir. [BARABÁSI, 2016:Şekil 8.29]



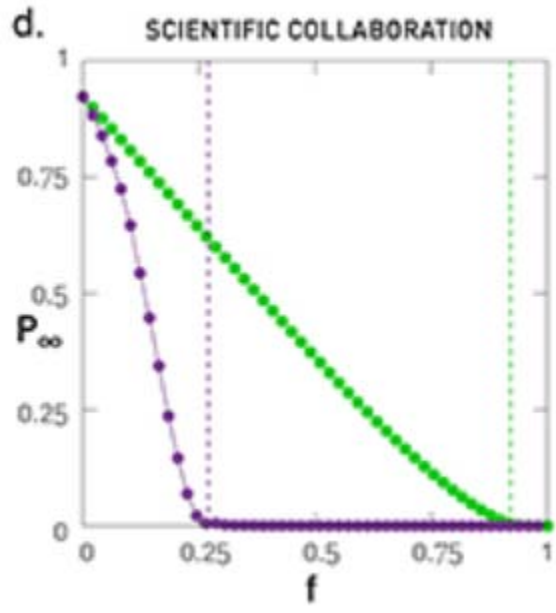
Şekil 72 Gerçek ağlar saldırı incelemesi | Elektrik Şebekeleri Ağı



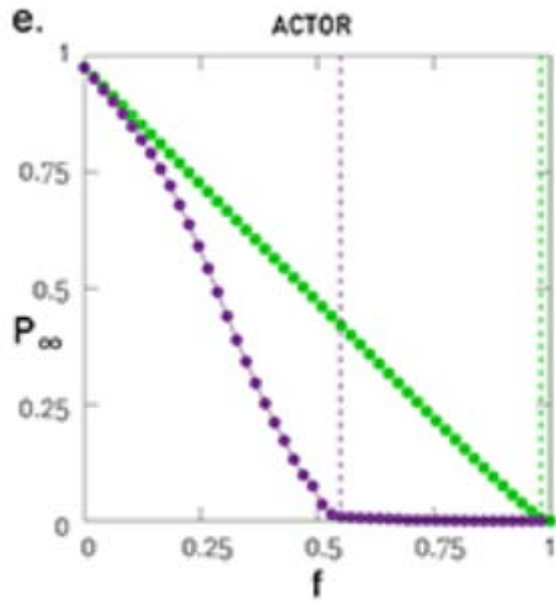
Şekil 73 Gerçek ağlar saldırı incelemesi | İnternet Ağı



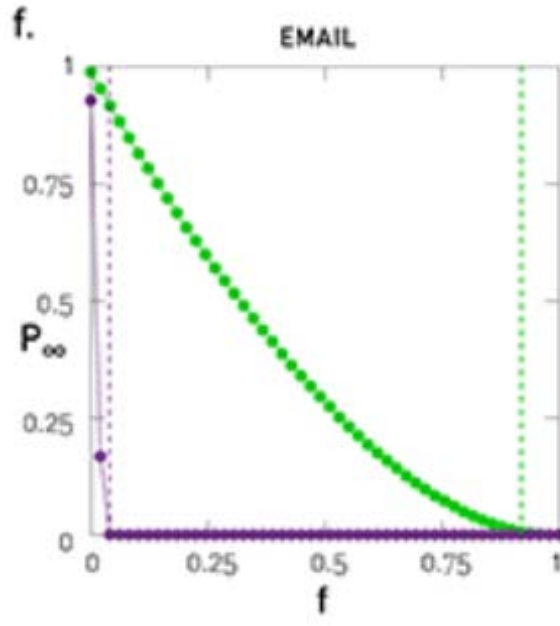
Şekil 74 Gerçek ağlar saldırı incelemesi | Mobil Telefon Aramaları Ağı



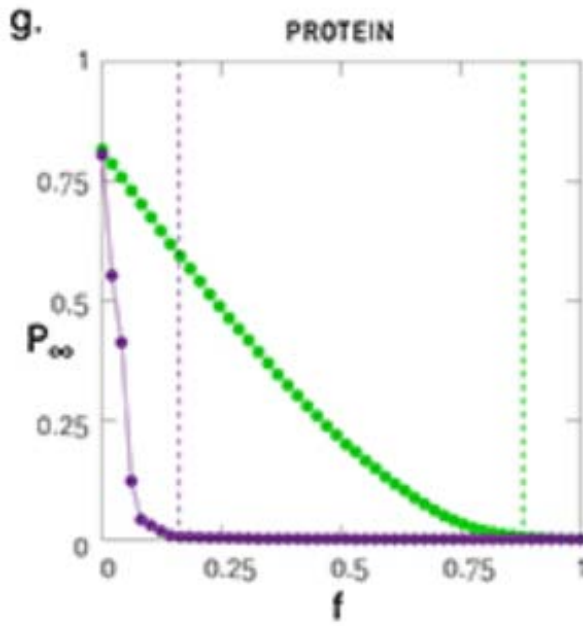
Şekil 75 Gerçek ağlar saldırı incelemesi | Bilimsel Ortaklıklar Ağı



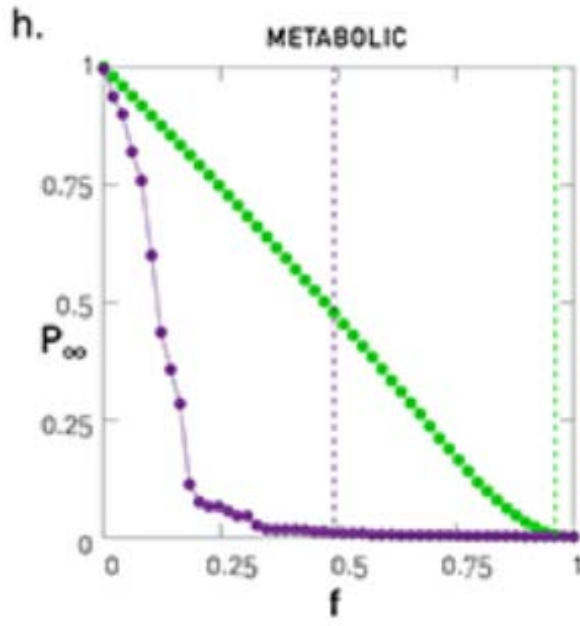
Şekil 76 Gerçek ağlar saldırı incelemesi | Aktör Ağı



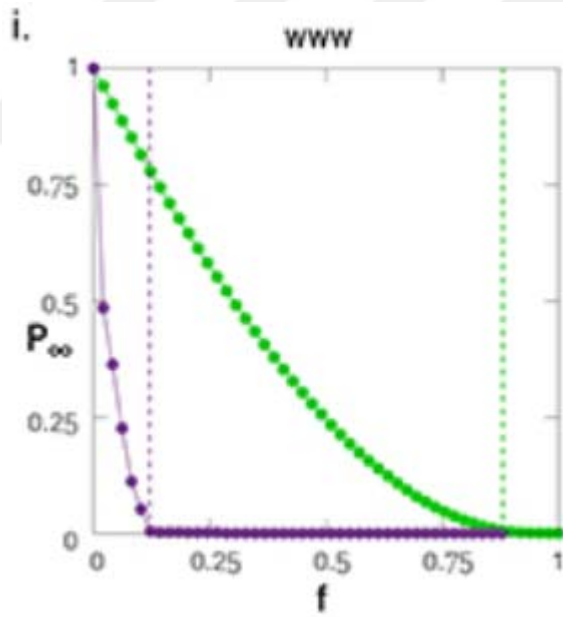
Şekil 77 Gerçek ağlar saldırı incelemesi | E-posta Ağı



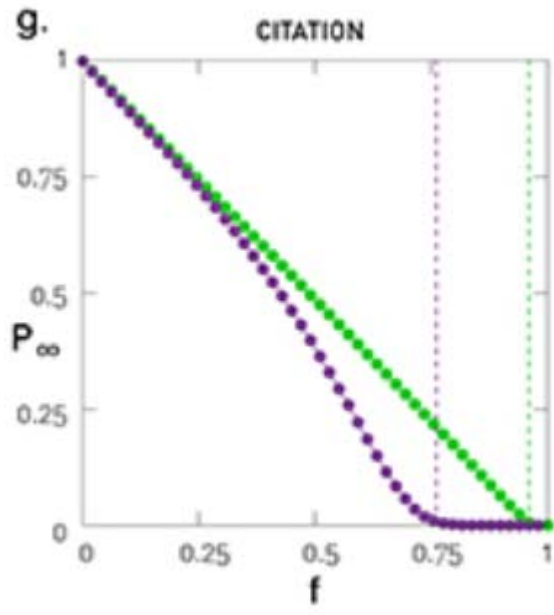
Şekil 78 Gerçek ağlar saldırı incelemesi | Protein Ağı



Şekil 79 Gerçek ağılar saldırı incelemesi | Metabolik Ağ



Şekil 80 Gerçek ağılar saldırı incelemesi | WWW Sayfaları Ağı



Şekil 81 Gerçek ağlar saldırı incelemesi | Alıntılama Ağı

## EK 2 - VERİLER

**Tablo 3 Permakültür Twitter İsim Ağı Düzüm Tablosu**



permakltrNodesTable.csv

**Tablo 4 Permakültür Twitter İsim Ağı Bağ Tablosu**



permakltrEdgesTable.csv

**Tablo 5 Rassal Ağ Düzüm Tablosu**



rassal ag [Nodes Table].csv

**Tablo 6 Rassal Ağ Bağ Tablosu**



rassalagEdgesTable.csv



## EK 3 – KODLAR

### #1: Permakültür Ağı Dereceli Gösterimi

```
library(igraph)

library(NetSwan)

edges <- read.table("net_Permakltr.csv",header=T,sep=",")

g <- graph.edgelist(as.matrix(edges[,c(2,3)]),directed=T)

layout.old <- layout.graphopt(g)

plot(g,layout=layout.old,

     vertex.frame.color=V(g)$color,

     edge.width=1.5,

     asp=9/16,

     vertex.size= 1 + 1.5*log(graph.strength(g)),

     vertex.label=ifelse(degree(g)>10,V(g)$name,NA),

     vertex.label.color= "black",

     vertex.label.font=1,

     vertex.label.cex=2,

     edge.arrow.size=0.1,

     main="Twitter Permakültür Ağı R Gösterimi"

)

summary(g)
```

## #2: Permakültür Ağı Gösterimi

```
library(igraph)

edges <- read.table("net_Permakltr.csv",header=T,sep=",")

g <- graph.edgelist(as.matrix(edges[,c(2,3)]),directed=T)

layout.old <- layout.fruchterman.reingold(g)

plot(g, layout=layout.old,

     vertex.frame.color=V(g)$color,

     edge.width=1.5,

     asp=9/16)
```

## #3: Percolation Ağ Gösterimi

```
library(igraph)

edges <- read.table("rassalagEdgesTable.csv",header=T,sep=",")

g <- graph.edgelist(as.matrix(edges[,c(1,2)]),directed=T)

E(g)$time <- edges[,4]

#remove self-loops

g <- simplify(g, remove.multiple = FALSE, remove.loops = TRUE)

step <- 3

E(g)$weight <- ifelse(E(g)$time < step,1,0)

layout.old <- layout.graphopt(g,niter=100,spring.length=E(g)$weight)

png(file="img/net%03d.png", width=1600,height=900,bg = "#F1F1F5")

total_time <- max(E(g)$time)

delta <- 0.5

nsteps <- max(E(g)$time)

for(step in seq(3,total_time,delta)){
```

```

E(g)$weight <- ifelse(E(g)$time < step,1,0)
E(g)$color <- ifelse(E(g)$time < step,"gray",rgb(0,0,0,0))
V(g)$color <- ifelse(graph.strength(g)==0,rgb(0,0,0,0),"#3476A8")

layout.new <-
layout.graphopt(g,niter=10,start=layout.old,spring.length=E(g)$weight,max.sa.movement=1)

plot(g,layout=layout.new,
     vertex.frame.color=V(g)$color,
     edge.width=1.5,
     asp=9/16,
     vertex.size= 1 + 1.5*log(graph.strength(g)),
     vertex.label=ifelse(degree(g)>10,V(g)$name,NA),
     vertex.label.color= "black",
     vertex.label.font=1,
     vertex.label.cex=2,
     edge.arrow.size=0.5,
     main="Dynamic Network Visualization"
)
layout.old <- layout.new
}
dev.off()

```

#### **#4: Permakültür İsim Ağı NetSwan çalışmaları**

```

library(igraph)
library(NetSwan)
library(readr)

```

```

UAEdgesTable <- read_csv("~/permakltrEdgesTable.csv",
                        col_types = cols(Source = col_character(),
                                         Target = col_character()))

#edges <- read.table(UAEdgesTable, header=T, sep=",")

gra <- graph.edgelist(as.matrix(UAEdgesTable[,c(1,2)]),directed=F)

f<-swan_efficiency(gra)

vertex_attr(gra, "efficiency_loss in Permaculture Network", index = V(gra))<-f

summary(f)

f2<- swan_closeness(gra)

bet<-betweenness(gra)

reg<-lm(bet~f2)

summary(reg)

vertex_attr(gra,"efficiency_loss", index = V(gra))<-f

vertex_attr(gra)

vertex_attr(gra, "efficiency_loss", index = V(gra))<-f

summary(f)

plot(f)

f2<-swan_closeness(gra)

bet<-betweenness(gra)

reg<-lm(bet~f2)

summary(reg)

f3<-swan_connectivity(gra)

summary(f3)

f4<-swan_combinatorial(gra,10)

plot(f4[,1],f4[,5], type='o', col='yellow',xlab="Fraction of nodes removed",

```

```

ylab="Connectivity loss")
lines(f4[,1],f4[,3], type='o', col='red')
lines(f4[,1],f4[,4], type='o', col='orange')
lines(f4[,1],f4[,2], type='o', col='blue')
legend('bottomright',c("Random", "Betweenness", "Degree", "Cascading"),
      lty=c(1,1,1,1), pch=c(1,1,1,1),
      col=c("yellow", "blue", "red", "orange"))

```

### **#5: Rassal Ağ NetSwan çalışmaları**

```

library(igraph)
library(NetSwan)
#edges <-
#read.table("rassalagEdgesTable.csv",header=T,sep=",")
elec <- read_graph("rassalagEdgesTable.csv", format= c("edgelist"))
#matrix(ncol = 2, byrow = TRUE, edges[,c(1,2)])
#data.matrix(nc=2, byrow=TRUE, edges[,c(1,2)])

gra <- graph.edgelist(elec, directed=TRUE)
f2<- swan_closeness(gra)
bet<-betweenness(gra)
reg<-lm(bet~f2)
summary(reg)
f3<-swan_connectivity(gra)

```

```
summary(f3)
f4<-swan_combinatorial(gra,10)
plot(f4[,1],f4[,5], type='o', col='yellow',xlab="Fraction of nodes removed",
      ylab="Connectivity loss")
lines(f4[,1],f4[,3], type='o', col='red')
lines(f4[,1],f4[,4], type='o', col='orange')
lines(f4[,1],f4[,2], type='o', col='blue')
legend("bottomright",c("Random", "Betweenness", "Degree", "Cascading"),
      lty=c(1,1,1,1), pch=c(1,1,1,1),
      col=c("yellow", "blue", "red", "orange"))
```

## KAYNAKÇA

- ABDULKADER Ahmad, LAKSHMIRATAN Aparna, ZHANG Joy, '*Introducing DeepText: Facebook's text understanding engine*', Yayın Tarihi: 01.06.2016, Son Erişim Tarihi: 21.3.2018  
<https://code.facebook.com/posts/181565595577955/introducing-deeptext-facebook-s-text-understanding-engine/>
- ADAMIC Lada, <http://www-personal.umich.edu/~ladamic/>
- ADAMIC Lada, *Social Network Analysis*, University of Michigan  
<http://ai.umich.edu/portfolio/social-network-analysis/>  
[www.coursera.org/sna](http://www.coursera.org/sna) (Erişim Tarihi:16.07.2016)
- ANDERSON, Chris, '*The Long Tail: Why the Future of Business is Selling Less of More*', Hyperion Books, 2006, ISBN: 1401302378
- APOSTOLAKI Maria, ZOHAR Aviv, VANBEVER Laurent, '*Hijacking Bitcoin: Large-scale Network Attacks on Cryptocurrencies*', arXiv:1605.07524v2 [cs.NI], 24.03.2017, ACM ISBN 978-1-4503-2138-9, DOI: 10.1145/1235
- BACKSTROM Lars, BOLDI Paolo, ROSA Marco, UGANDER Johan, VIGNA Sebastiano, '*Four Degrees of Separation*', 19 Nov 2011 (v1), <https://arxiv.org/pdf/1111.4570.pdf>
- BARNETT Janet Heine, '*Early Writings on Graph Theory: Euler Circuits and The Konigsberg Bridge Problem An Historical Project*', Colorado State University, (2005) <http://www-users.math.umn.edu/~reiner/Classes/Konigsberg.pdf>
- BARABÁSI Albert-László, *Network Science Book*, Cambridge UK, 2016, Cambridge University Press, ISBN-13: 978-1107076266  
<http://barabasi.com/networksciencebook>
- BARABÁSI A.-L., ALBERT R., JEONG H., "Diameter of the World-Wide Web," Nature, vol. 401, no. September, pp. 398–399, 1999

- BEDNARZ Tomasz, PSALTIS Steven, ‘*Big Data: Data Visualisation Queensland University Of Technology*’, 1.25 (Erişim Tarihi: 07.2016)  
<https://www.futurelearn.com/courses/big-data-visualisation>
- BOLLOBÁS Béla, THOMASON Andrew, ‘*Random Graphs of Small Order*’, Cambridge Üniversitesi, 1985, doi: 10.1016/S0304-0208(08)73612-0
- BONDY J.A, MURTY U.S.R, ‘*Graph Theory with Applications*’ , 1976, s.3 |  
<https://www.iro.umontreal.ca/~hahn/IFT3545/GTWA.pdf>
- BRANDES U., ERLEBACH T., ‘*Network analysis—Methodological foundations*’, (2005)
- CALLAWAY, D. S., NEWMAN, M. E. J., STROGATZ, S. H. & WATTS, D. J. ‘*Network robustness and fragility: percolation on random graphs*’, (2000), DOI:10.1103/PhysRevLett.85.5468
- CHİNTALA Soumith, “*FAIR open sources deep-learning modules for Torch*”, 16.01.2015, <https://research.fb.com/fair-open-sources-deep-learning-modules-for-torch/> (Son Erişim Tarihi: 11.04.201)
- COHEN, R., EREZ, K., BEN-AVRAHAM, D. & HAVLIN, S. ‘Resilience of the Internet to random breakdowns’, Cornell Üniversitesi, Yayın Tarihi: 19.10.2000, Phys. Rev. Lett. 85, 4626–4628 (2000), DOI:10.1103/PhysRevLett.85.4626
- CURRARINI Sergio, REDONDO Fernando Vega, ‘A Simple Model of Homophily in Social Networks’, 2011,  
[http://virgo.unive.it/seminari\\_economia/Currarini.pdf](http://virgo.unive.it/seminari_economia/Currarini.pdf)
- DENNY Matthew, ‘*Social Network Analysis*’, 2014,  
[http://www.mjdenny.com/workshops/SN\\_Theory\\_I.pdf](http://www.mjdenny.com/workshops/SN_Theory_I.pdf)
- DE SOLLA PRICE D. J. (1965). ‘*Networks of Scientific Papers*’. Science. 149 (3683): 510–515. doi:10.1126/science.149.3683.510. PMID 14325149
- DOROGOVTSEV S. N., GOLTSEV A. V., ‘*Critical phenomena in complex networks*’, DOI:arXiv:0705.0010v6 [cond-mat.stat-mech] 16.11.2007,  
<https://arxiv.org/pdf/0705.0010.pdf>



- EASTO Jessica, “*Elon Musk | Geleceği İnşa Eden Adam (orijinal adı: Rocket Man: Elon Musk In His Own Words)*”, (çev. Öykü Toros İrvana), Zeplin Kitap, 2017, ISBN:978-605-9691-11-6
- ECO Umberto, ‘*Tez Nasıl Yazılır?*’, Can Yayınları, Çeviren: Betül Parlak, Yayın Tarihi: 03.2018, ISBN: 9789750736452
- EULER L., ‘*Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis*’ [*The solution of a problem relating to the geometry of position*], (1741). *Commentarii academiae scientiarum Petropolitanae*, 8, 128-140
- FRUCHTERMAN T.M.J., REINGOLD E.M., *Graph Drawing by Force-directed Placement*, (10.1991), SOFTWARE—PRACTICE AND EXPERIENCE, VOL. 21, ss. 1129-1164
- GERTSBAKH Ilya, SHPUNGIN Yoseph, ‘*Network Reliability and Resilience*’ DOI 10.1007/978-3-642-22374-7, Springer Heidelberg Dordrecht London New York, (2011)
- GÜRSAKAL Necmi, *Sosyal Ağ Analizi*, Bursa, 2009, Dora Yayıncılık, ISBN: 978-605-4118-31-1
- GOOGLE *Derin Öğrenme ve Makine Öğrenme Kaynakları* (22.03.2018) [https://ai.google/education/#?modal\\_active=none](https://ai.google/education/#?modal_active=none)
- JENNY Hans, ‘*CYMATICS A Study of Wave Phenomena and Vibration*’, *Netmarket ABD*, (1967, 1974), [https://monoskop.org/images/7/78/Jenny\\_Hans\\_Cymatics\\_A\\_Study\\_of\\_Wave\\_Phenomena\\_and\\_Vibration.pdf](https://monoskop.org/images/7/78/Jenny_Hans_Cymatics_A_Study_of_Wave_Phenomena_and_Vibration.pdf)
- LESKOVEC Jure, YANG Jaewon, ‘*Modeling Information Diffusion in Implicit Networks*’, Stanford University, doi: 10.1109/ICDM.2010.22
- LOU Emil, ‘*Intercellular Conduits in Tumors: The New Social Network*’, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.trecan.2015.12.004>, *Trends in Cancer Dergisi*, 01. 2016, Vol. 2, No. 1
- MARTIN S., BROWN W.M., KLAUVANS R., BOYACK K.W., ‘*DrL: Distributed Recursive (Graph) Layout*’, SAND Reports, 2008. 2936: s.1-10

- MCPHERSON M, SMITH-Lovin L, COOK JM, 'Birds of a feather: homophily in social networks', *Annu. Rev. Soc.* 2001;27
- MIEGHEM P. Van, C. DOERR, H. WANG, J. Martin HERNANDEZ, D. HUTCHISON, M. KARALIPOULOS and R. E. KOOIJ '*A Framework for Computing Topological Network Robustness*'  
[https://www.nas.ewi.tudelft.nl/people/Piet/papers/RobustnessRmodel\\_TUDr\\_eport20101218.pdf](https://www.nas.ewi.tudelft.nl/people/Piet/papers/RobustnessRmodel_TUDr_eport20101218.pdf) (Son Erişim Tarihi: 21.03.2018)
- MINKEL JR, '*The 2003 Northeast Blackout--Five Years Later*', *Scientific American Online*, August 13, 2008, Son Erişim Tarihi:16.03.2017  
<https://www.scientificamerican.com/article/2003-blackout-five-years-later/>
- MISHRA Nina, SCHREIBER Robert, STANTON Isabelle, TARJAN Robert E. '*Clustering Social Networks*' (Erişim Tarihi 03.10.2017)  
<http://theory.stanford.edu/~nmishra/Papers/clusteringSocialNetworks.pdf>
- MISLOVE Alan E., 'Online Social Networks: Measurement, Analysis, and Applications to Distributed Information Systems', Rice Üniversitesi, 2009, Doktora Tezi
- MOLLISON Bill, '*Permaculture: A Designers Manual*', 1988, Tagari, ISBN 0908228015
- MOLLISON Bill, HOLMGREN David, '*Permaculture One: A Perennial Agricultural System for Human Settlement*', Tagari Publications; 5th edition (1978), ISBN-10: 0908228031
- MOLLOY, M., REED, B, '*A critical point for random graphs with given degree sequence*', *Random Struct Algorithms* 6, ss. 161–179 (1995)
- MOLLOY, M., REED, B, '*The size of the giant component of a random graph with given degree sequence*', *Combinatorics Probab. Comput.* 7, ss. 295–305 (1998)
- NAKAMOTO Satoshi, '*Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*', Erişim Tarihi: 08.2017 <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- NETWORK REPOSITORY : <http://networkrepository.com>
- NEWMAN Mark E. J, '*The structure and function of complex networks*', *SIAM Review* 45, (2003)

<https://www.cs.rice.edu/~nakhleh/COMP572/Material/StructureAndFunctionOfComplexNetworks.pdf>

NEWMAN M E J, 'The structure of scientific collaboration networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*', 2001; 98(2):404-409. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC14598/>

O'DONOGHUE Seán I., PROCTER James B., 'Data visualisation isn't just for communication, it's also a research tool', *Yayın Tarihi* : 26.06.2017  
<http://theconversation.com/data-visualisation-isnt-just-for-communication-its-also-a-research-tool-78397>

O'REILLY Tim, 'What Is Web 2.0: Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software', 2005  
<http://www.oreilly.com/pub/a/web2/archive/what-is-web-20.html>

PERDOR Franco, 'Understanding Bitcoin: Cryptography, Engineering and Economics', WILEY, (2015), ISBN-13: 978-1119019169

POWER Barbara E., CAÏNE Joanne M., BURNS John E., SHAPIRA Deborah R. HATTARKI Meghan K., TAHTIS Kiki, LEE F-T., SMYTH Fiona E., SCOTT Andrew M., KORTT Alexander A., HUDSON Peter J., 'Construction, expression and characterisation of a single-chain diabody derived from a humanised anti-Lewis Y cancer targeting antibody using a heat-inducible bacterial secretion vector', *Cancer Immunol Immunother* (2001) 50: ss. 241-250, Springer-Verlag 2001

[https://www.researchgate.net/profile/Barbara\\_Power2/publication/11844710\\_Construction\\_expression\\_and\\_characterisation\\_of\\_a\\_single-chain\\_diabody\\_derived\\_from\\_a\\_humanised\\_anti-Lewis\\_Y\\_cancer\\_targeting\\_antibody\\_using\\_a\\_heat-inducible\\_bacterial\\_secretion\\_vector/links/53fe689d0cf21edafd151022/Construction-expression-and-characterisation-of-a-single-chain-diabody-derived-from-a-humanised-anti-Lewis-Y-cancer-targeting-antibody-using-a-heat-inducible-bacterial-secretion-vector.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Barbara_Power2/publication/11844710_Construction_expression_and_characterisation_of_a_single-chain_diabody_derived_from_a_humanised_anti-Lewis_Y_cancer_targeting_antibody_using_a_heat-inducible_bacterial_secretion_vector/links/53fe689d0cf21edafd151022/Construction-expression-and-characterisation-of-a-single-chain-diabody-derived-from-a-humanised-anti-Lewis-Y-cancer-targeting-antibody-using-a-heat-inducible-bacterial-secretion-vector.pdf)

- RAND Corporation Publications, '*Paul Baran and the Origins of the Internet*', (Erişim Tarihi: 08.2016) <http://www.rand.org/about/history/baran.html>
- ALBERT R., JEONG H., BARABÁSI A.-L., "*Error and attack tolerance of complex networks*", NATURE | VOL 406 | 27 JULY 2000, ss. 378-382
- SAFARI-Alighiarloo N, TAGHIZADEH M, REZAEI-Tavirani M, GOLIAEI B, Peyvandi AA. '*Protein-protein interaction networks (PPI) and complex diseases*', Gastroenterology and Hepatology From Bed to Bench. 2014;7(1):17-31.
- SAIYED Amanur Rahman, '*The Traveling Salesman problem*', 2012, <http://cs.indstate.edu/~zeeshan/aman.pdf>
- SCHOLZ Matthias, '*Node similarity as a basic principle behind connectivity in complex networks*', 2015, <http://jdmdh.episciences.org/77/pdf>
- SONG Min Geun, Gi Tae YEO, '*Analysis of the Air Transport Network Characteristics of Major Airports*', The Asian Journal of Shipping and Logistics Volume 33, Issue 3, September 2017, s. 117-125
- STROGATZ Steven H., '*Exploring complex networks*' NATURE | Vol 410 | 02.2001, (Erişim Tarihi: 10.2016) <https://static.squarespace.com/static/5436e695e4b07f1e91b30155/t/5445260be4b0726a1e47c383/1413817867519/exploring-complex-networks.pdf>
- SUN, J., ZHAO, Z., '*A comparative study of cancer proteins in the human protein-protein interaction network*', 2010, BMC Genomics, s.8 <http://doi.org/10.1186/1471-2164-11-S3-S5>
- STROZZI F.; POLJANSEK K.; BONO F.; et al. , '*RECURRENCE NETWORKS: EVOLUTION AND ROBUSTNESS*', INTERNATIONAL JOURNAL OF BIFURCATION AND CHAOS Volume: 21 Issue: 4, Pages: 1047-1063, DOI: 10.1142/S0218127411028891 Published: APR 2011
- UGANDER Johan, KARRER Brian, BACKSTROM Lars, MARLOW Cameron, '*The Anatomy of the Facebook Social Graph*', (2011), arXiv:1111.4503v1 [cs.SI]

WHITNEY Daniel E., '*Network Representations of Complex Engineering Systems: (Random Networks and Cascades)*', MIT ESD. 342 Spring 2010

YOUYOU Wu, KOSÍNSKÍ Michal, STILLWELL David, 'Computers judge personalities better than humans', Proceedings of the National Academy of Sciences, Jan 2015, doi: 112 (4) 1036-1040; DOI: 10.1073/pnas.1418680112

ZIMMERMANN Kim Ann, Emspak Jesse, '*Internet History Timeline: ARPANET to the World Wide Web*', Live Science, Haziran.2017,  
<https://www.livescience.com/20727-internet-history.html>

### **Diğer Çevirimiçi Kaynaklar**

Leonhard Euler Biyografisi, (Son Erişim Tarihi:29.03.2018) →<http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Euler.html>

'MIT Open Courseware: ESD.342 Network Representations of Complex Engineering Systems', (2010), →[https://ocw.mit.edu/courses/engineering-systems-division/esd-342-network-representations-of-complex-engineering-systems-spring-2010/lecture-notes/MITESD\\_342S10\\_lec13.pdf](https://ocw.mit.edu/courses/engineering-systems-division/esd-342-network-representations-of-complex-engineering-systems-spring-2010/lecture-notes/MITESD_342S10_lec13.pdf)

Sosyal Ağ Modelleme Platformu, (Son Erişim Tarihi: 29.03.2018) →<http://sodynamics.org/>

İnternet Ağı Görüntüleme, (Son Erişim Tarihi: 29.03.2018) →<http://www.opte.org/>

Bilgi Haritalama ve Görselleme Paylaşım Ağı

→<http://www.visualcomplexity.com/vc/index.cfm?all=yes>

World Economical Forum (WEF) Küresel Risk Raporu 2018  
→<https://www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2018>

→Network Analysis and Visualization with R and igragh Katherine Ognyanova,  
[www.kateto.net](http://www.kateto.net) NetSciX 2016 School of Code Workshop, --Wroclaw,  
Poland <http://kateto.net/networks-r-igragh>

R programlama dili →<https://www.r-bloggers.com/>

<http://complexitylabs.io> (Erişim Tarihi : Ağustos 2017)

<http://barabasi.com/> (Erişim Tarihi : Mayıs 2016)

<http://www.brsts.com/> (Erişim Tarihi : Mayıs 2017)

[www.tdk.gov.tr](http://www.tdk.gov.tr)



## UYGULAMALAR<sup>142</sup>

Gephi: Görselleme ve temel ağ metrikleri → <http://gephi.github.io/>

Google AI: Google yapay zekâ-insan etkileşim ortamı → <https://ai.google/>

OpenAI : Açık kaynak yapay zekâ araştırma platformu → <https://openai.com/research/>

iGraph: Programlama R paketi → <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/>

NetLogo: Ağ dinamikleri modelleme → <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/>

NetworkX (Python): açık kaynak kodlu, geniş kullanım alanı →

<http://networkx.github.io/>

Netlytic: Bulut tabanlı yazı ve sosyal ağ analizi → <https://netlytic.org/home/>

NodeXL (Windows): MS Office Excel üzerinde SNA eklentisi →

<http://nodexl.codeplex.com/>

Pajek (Windows): SNA programı → <http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/pajek/>

Python : SNA için kullanılan programlama dili → <https://www.python.org/>

SNA R paketleri → <https://github.com/kolaczyk/sand>

SoNIA: Sosyal ağların uzamsal analizleri için kullanılan görsel programı →

<http://www.stanford.edu/group/sonia/>

Torch : Facebook Yapay Zeka Araştırmanın geliştirdiği algoritmalarından oluşan açık

kaynak kütüphanesi → <http://torch.ch/>

UCINet (Windows): Sosyolojik uygulamalara odaklı SNA programı →

<https://sites.google.com/site/ucinetsoftware/home>

SNAPP: Pedagojik uygulamaları adapte eden sosyal ağ →

[http://www.snappvis.org/?page\\_id=6](http://www.snappvis.org/?page_id=6)

---

<sup>142</sup> Tüm çevirimiçi linkler ilgili isimlere köprülenmiştir. (Son Erişim Tarihi: 22.03.2018)

Condor: MIT Kolektif Zekâ Merkezi (Cambridge MA) tarafından geliştirilmiş olan  
Gelişimsel, işbirlikçi bilgi ağları portalı →  
<http://www.ickn.org/download.html>





## ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

## TEZ ÇOĞALTMA VE ELEKTRONİK YAYIMLAMA İZİN FORMU

Yazar Adı Soyadı	<b>Nihan GENCER</b>
Tez Adı	<b>Sosyal Ağlarda Dayanıklılık Analizi: Twitter #Permakultur Sosyal Ağı Dayanıklılık Analizleri</b>
Enstitü	<b>Sosyal Bilimler</b>
Anabilim Dalı	<b>Ekonometri</b>
Bilim Dalı	<b>İstatistik</b>
Tez Türü	<b>Yüksek Lisans</b>
Tez Danışmanı	<b>Doç. Dr. Sevda GÜRSAKAL</b>
Çoğaltma (Fotokopi Çekim) İzni	<input type="checkbox"/> Tezimden fotokopi çekilmesine izin veriyorum <input checked="" type="checkbox"/> Tezimin sadece içindekiler, özet, kaynakça ve içeriğinin % 10 bölümünün fotokopi çekilmesine izin veriyorum <input type="checkbox"/> Tezimden fotokopi çekilmesine izin vermiyorum
Yayımlama İzni	<input checked="" type="checkbox"/> Tezimin elektronik ortamda yayımlanmasına izin veriyorum <input type="checkbox"/> Tezimin elektronik ortamda yayımlanmasının ertelenmesini istiyorum 1 yıl <input type="checkbox"/> 2 yıl <input type="checkbox"/> 3 yıl <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Tezimin elektronik ortamda yayımlanmasına izin vermiyorum

Hazırlamış olduğum tezimin yukarıda belirttiğim hususlar dikkate alınarak, fikri mülkiyet haklarım saklı kalmak üzere Uludağ Üniversitesi Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı tarafından hizmete sunulmasına izin verdiğimi beyan ederim.

Tarih: 15.05.2018

İmza: