



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

SOSYAL AĞ ANALİZİ VE SALGIN MODELLEME

LEVENT SABAH

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ MEHMET ŞİMŞEK**

DÜZCE, 2018

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SOSYAL AĞ ANALİZİ VE SALGIN MODELLEME

Levent Sabah tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet ŞİMŞEK

Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet ŞİMŞEK

Düzce Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Abdullah Talha KABAKUŞ

Düzce Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Alper DOĞRU

Gazi Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 09/07/2018

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

9 Temmuz 2018

Levent Sabah

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim, ortak akademik çalışmalarımız ve bu tez çalışmasının hazırlanmasında gösterdiği her türlü motivasyon, destek, ilgi ve yardımlarından dolayı çok değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Mehmet ŞİMŞEK'e en içten dileklerle teşekkür ederim.

Günümüzde verinin ne kadar önemli olduğunu bununla birlikte doğru analiz yöntem ve araçlarıyla anlamlı bilginin elde edilmesi konusunda yaptığı çalışmalarından ilham aldığım, veri bilimi üzerine ilgi ve heyecan duymamı sağlayan Sayın Prof. Dr. Can AYDAY hocama ve Sayın Nefise YAMAN' a şükranlarımı sunarım.

Ayrıca bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili aileme ve çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

9 Temmuz 2018

Levent SABAH

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ŞEKİL LİSTESİ	VIII
ÇİZELGE LİSTESİ	X
KISALTMALAR.....	XI
SİMGELER	XII
ÖZET	XIII
ABSTRACT	XIV
1. GİRİŞ.....	1
1.1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	1
1.2. ÇALIŞMANIN AMACI	4
1.3. ÇALIŞMASININ LİTERATÜRE KATKISI.....	4
2. AĞ KAVRAMI	5
2.1. AĞ KAVRAMININ GELİŞİMİ	5
2.2. SOSYAL AĞ KURAMI	8
2.3. SOSYAL AĞ KURAMI BİLEŞENLERİ	9
3. SOSYAL AĞ ANALİZİ.....	11
3.1. SOSYAL AĞLARIN GENEL YAPISI	12
3.2. SOSYAL AĞ ANALİZİ ÖLÇÜTLERİ	14
3.2.1. Ağ Seviyesinde Ölçütler.....	14
3.2.2. Aktör Seviyesinde Ölçütler	15
3.2.3. Alt Gruplar Seviyesinde Ölçütler	15
3.3. SOSYAL AĞ ANALİZ AŞAMALARI	16
3.3.1. Veri Elde Edilmesi	16
3.3.2. Verinin Bilgiye Dönüştürülmesi	16
3.3.3. Kural Çıkarma	16
3.3.4. Değerlendirme.....	17
3.4. SOSYAL AĞ ANALİZİ ARAÇLARI	17

3.5. SOSYAL AĞ ANALİZİ KAVRAMLARI	17
3.5.1. Zayıf Bağlar	17
3.5.2. Köprü	17
3.5.3. En Kısa Patika	17
3.5.4. Yoğunluk	18
3.5.5. Merkezilik	18
3.5.6. Derece Dağılımı	18
3.5.7. Yakınlık	19
3.5.8. Arasındalık	19
3.5.9. Hublar ve Otoriteler	19
4. SOSYAL AĞ ANALİZİNDE SIR SALGIN MODELİNİN UYGULANMASI	20
4.1. KULLANILAN VERİ SETİ VE ÖZELLİKLERİ	20
4.2. SOSYAL AĞ ANALİZİ İLE ÖNEMLİ AKTÖRLERİN TESPİTİ	21
4.2.1. Gephi Analiz Aracı ile Düğüm ve Kenar Verilerinin İşlenmesi	21
4.2.2. Ağın Analizi	30
4.2.2.1. Arasındalık Analizi	30
4.2.2.2. Dış Derece Analizi	31
4.2.2.3. Özvektör Merkeziliği Analizi	32
4.3. SALGIN MODELLEME	33
4.3.1. Elverişli Kişiler	35
4.3.2. Hasta Kişiler	35
4.3.3. Kurtarılmış veya Kaldırılmış Kişiler	35
4.3.4. Salgınlar İçin Kullanılan SIR (Susceptible, Infectious, Removed / Recovered) Modeli	35
4.4. DENEYSEL SONUÇLAR	36
4.4.1. Ego-Ağ Analizinin Ağ Geneline Etkisi	37
4.4.1.1. Seviye 1	38
4.4.1.2. Seviye 2	39
4.4.1.3. Seviye 3	40
4.4.1.4. Seviye En Çok	41
4.4.2. Ego-Ağ Analizinden SIR Salgın Modeline Geçiş	42
4.4.3. SIR Salgın Modelinin Ağ Yapısı ile Modellenmesi	44

4.4.3.1. <i>Rasgele seçilen 10 düğüm ile SIR Salgın Modelleme</i>	45
4.4.3.2. <i>En yüksek dış derece merkeziliğine sahip 100 düğüm ile SIR Salgın Modelleme</i>	48
4.4.3.3. <i>En yüksek özvektör merkeziliğine sahip 100 düğüm ile SIR Salgın Modelleme</i>	52
4.4.3.4. <i>En yüksek arasındalık merkeziliğine sahip 100 düğüm ile SIR Salgın Modelleme</i>	57
4.4.3.5. <i>Değerlendirme Sonucu</i>	61
5. SONUÇLAR	64
6. KAYNAKLAR	66
7. EKLER	70
EK-1. 527 NUMARALI DÜĞÜME AİT 1. SEVİYE EGO-AĞ DÜĞÜMLERİYLE YAPILAN SIR SALGIN MODELİ SONUÇLARI	70
EK-2. 527 NUMARALI DÜĞÜME AİT 2. SEVİYE EGO-AĞ DÜĞÜMLERİYLE YAPILAN SIR SALGIN MODELİ SONUÇLARI	72
EK-3. 527 NUMARALI DÜĞÜME AİT 3. SEVİYE EGO-AĞ DÜĞÜMLERİYLE YAPILAN SIR SALGIN MODELİ SONUÇLARI	75
EK-4. 527 NUMARALI DÜĞÜME AİT MAKSİMUM SEVİYE EGO-AĞ DÜĞÜMLERİYLE YAPILAN SIR SALGIN MODELİ SONUÇLARI	78
EK-5. AĞIN ÖZVEKTÖR MERKEZİLİĞİNE GÖRE EN YÜKSEK DEĞERLİ 100 DÜĞÜMÜ	80
EK-6. AĞIN DIŞ DERECE MERKEZİLİĞİNE GÖRE EN YÜKSEK DEĞERLİ 100 DÜĞÜMÜ	83
EK-7. AĞIN ARASINDALIK MERKEZİLİĞİNE GÖRE EN YÜKSEK DEĞERLİ 100 DÜĞÜMÜ	85
ÖZGEÇMİŞ	88

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. İki düğüm ve bir adet yönsüz bağlantıdan oluşan ağ örneği.	5
Şekil 2.2. Dört düğüm ve yönlü bağlantılardan oluşan ağ örneği.....	5
Şekil 2.3 (a). Königsberg köprüleri probleminin gösterimi [9]. (b). Problemin çizge olarak ifade edilmesi [9]......	6
Şekil 2.4. Moreno'nun sosyogram çalışması [12].	7
Şekil 2.5. Genel olarak bir sosyal ağ yapısının gösterimi [18].	9
Şekil 2.6. Bağ ve düğümlerin bir sosyal ağda genel görünümü [19]......	9
Şekil 3.1. Dünya çapında sosyal ağ kullanıcıların sayısı (2010- 2021).	11
Şekil 3.2. 5 düğümlü yönsüz çizge örneği.	13
Şekil 3.3. Komşuluk listesi [29].	13
Şekil 3.4. Komşuluk matrisi.	14
Şekil 3.5. 20 düğümlü tam bağlı bir sosyal ağ [32].	15
Şekil 3.6. Sosyal ağ analiz aşamaları [33].	16
Şekil 4.1. SNAP Gowalla veri seti kenar verileri.	21
Şekil 4.2. SNAP veri setinden aynı mekanlarda bulunmuş kişilerin tespitini gerçekleştiren kod bloğu.	21
Şekil 4.3. Gephi'de kenar verilerinin içeri alımı.	22
Şekil 4.4. Gephi ile düğüm verilerinin içeri alınması.	23
Şekil 4.5. Gephi düğüm listesi.	23
Şekil 4.6. Gephi'de aktarılan düğümlerin gösterimi.	24
Şekil 4.7. Gephi ile kenarların içeri alınması.	24
Şekil 4.8. Gephi kenar listesi.	25
Şekil 4.9. Openord layout algoritması sonucu ağın görünümü.	26
Şekil 4.10. Gephi' de modülerlik istatistiği ile topluluk analizi.	26
Şekil 4.11. Modülerlik istatistik değerlerine göre ağın renklendirilmesi.	27
Şekil 4.12. Düğüm büyüklükleri için derece istatistik değerinin kullanılması.	27
Şekil 4.13. Derece istatistik değerleri göre düğümlerin büyüklükleri.	28
Şekil 4.14. Ağın 80 – 1.478 aralığındaki dereceli düğümlerinin filtrelenmesi.	29
Şekil 4.15. Ağın 80 – 1478 aralığındaki dereceli düğümlerinin çizge üzerinde gösterimi.	29
Şekil 4.16. Ağın 187 – 1.478 aralığındaki dereceli düğümlerinin çizge üzerinde gösterimi.	30
Şekil 4.17. Ağın arasındalık dağılımı.	31
Şekil 4.18. Ağın dış derece dağılımı.	32
Şekil 4.19. Ağın özvektör dağılımı.	33
Şekil 4.20. SIR modeli.	36
Şekil 4.21. 527 düğüme ait ego-ağın tüm ağdaki düğüm ve kenar dağılımları (%). ..	38
Şekil 4.22. 527 düğümünün 1. seviye ego-ağ dağılımı.	39
Şekil 4.23. 527 düğümünün 2. seviye ego-ağ dağılımı.	40
Şekil 4.24. 527 düğümünün 3. seviye ego-ağ dağılımı.	41
Şekil 4.25. 527 düğümünün en çok seviye ego-ağ dağılımı.	42
Şekil 4.26. 527 düğümünün 1. seviye ego-ağ dağılım grafiği.	43

Şekil 4.27. 527 düğümünün 2. seviye ego-ağ dağılım grafiği.	43
Şekil 4.28. 527 düğümünün 3. seviye ego-ağ dağılım grafiği.	44
Şekil 4.29. 527 düğümünün en çok seviye ego-ağ dağılım grafiği.	44
Şekil 4.30. Rasgele seçilen 10 düğüm ile SIR salgın modelleme.	46
Şekil 4.31. Rasgele seçilen 10 düğümün ağda 1. gündeki görünümü (hasta düğümler).	47
Şekil 4.32. Rasgele seçilen 10 düğümün ağda 6. gündeki görünümü (hasta düğümler).	47
Şekil 4.33. Rasgele seçilen 10 düğümün ağda 10. gündeki görünümü (kurtarılan düğümler).	48
Şekil 4.34. Rasgele seçilen 10 düğümün ağda 20. gündeki görünümü (kurtarılan düğümler).	48
Şekil 4.35. En yüksek dış derece merkeziliğine sahip 100 düğüm ile SIR salgın modelleme.	50
Şekil 4.36. En yüksek dış derece merkeziliğine sahip 100 düğümün ağda 1. gündeki görünümü (hasta düğümler).	51
Şekil 4.37. En yüksek dış derece merkeziliğine sahip 100 düğümün ağda 4. gündeki görünümü (hasta düğümler).	51
Şekil 4.38. En yüksek dış derece merkeziliğine sahip 100 düğümün ağda 9. gündeki görünümü (kurtarılan düğümler).	52
Şekil 4.39. En yüksek dış derece merkeziliğine sahip 100 düğümün ağda 17. Gündeki görünümü (kurtarılan düğümler).	52
Şekil 4.40. En Yüksek özvektör merkeziliğine sahip 100 düğüm ile SIR salgın modelleme.	54
Şekil 4.41. En yüksek özvektör merkeziliğine sahip 100 düğümün ağda 1. gündeki görünümü (hasta düğümler).	55
Şekil 4.42. En yüksek özvektör merkeziliğine sahip 100 düğümün ağda 4. gündeki görünümü (hasta düğümler).	55
Şekil 4.43. En yüksek özvektör merkeziliğine sahip 100 düğümün ağda 10. gündeki görünümü (kurtarılan düğümler).	56
Şekil 4.44. En yüksek özvektör merkeziliğine sahip 100 düğümün ağda 17. gündeki görünümü (kurtarılan düğümler).	56
Şekil 4.45. En yüksek arasındalık merkeziliğine sahip 100 düğüm ile SIR salgın modelleme.	58
Şekil 4.46. En yüksek arasındalık merkeziliğine sahip 100 düğümün ağda 1. gündeki görünümü (hasta düğümler).	59
Şekil 4.47. En yüksek arasındalık merkeziliğine sahip 100 düğümün ağda 4. gündeki görünümü (hasta düğümler).	59
Şekil 4.48. En yüksek arasındalık merkeziliğine sahip 100 düğümün ağda 10.gündeki görünümü (kurtarılan düğümler).	60
Şekil 4.49. En yüksek arasındalık merkeziliğine sahip 100 düğümün ağda 17. gündeki görünümü (kurtarılan düğümler).	60
Şekil 4.50. S değerlerine göre dağılım.	61
Şekil 4.51. I değerlerine göre dağılım.	62
Şekil 4.52. R değerlerine göre dağılım.	63

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 4.1. SNAP Gowalla veri seti check-in öznitelikleri.....	20
Çizelge 4.2. Ağdaki en yüksek dış derece değerine sahip ilk 20 düğüm.....	36
Çizelge 4.3. 527 numaralı düğümün 1., 2., 3. ve en çok seviyedeki bağlı olan düğüm sayısı.....	38
Çizelge 4.4. 527 numaralı düğümün 1., 2., 3. ve en çok seviyedeki bağlı olan düğümlerin tüm ağdaki oran dağılımları.....	38
Çizelge 4.5. Rasgele seçilen 10 düğümün SIR salgın modeli ile günlük değerleri. ...	45
Çizelge 4.6. En yüksek dış derece merkeziliğine sahip ilk 100 düğümün SIR salgın modeli ile günlük değerleri.....	49
Çizelge 4.7. En yüksek özvektör merkeziliğine sahip ilk 100 düğümün SIR salgın modeli ile günlük değerleri.....	53
Çizelge 4.8. En yüksek arasındalık merkeziliğine sahip ilk 100 düğümün SIR salgın modeli ile günlük değerleri.....	57
Çizelge 7.1. Seviye 1 değerleri.	70
Çizelge 7.2. Seviye 2 değerleri.	72
Çizelge 7.3. Seviye 3 değerleri.	75
Çizelge 7.4. En çok seviye değerleri.....	78
Çizelge 7.5. Ağın ilk 100 özvektör merkezilik değerleri.....	80
Çizelge 7.6. Ağın ilk 100 dış derece merkezilik değerleri.....	83
Çizelge 7.7. Ağın ilk 100 arasındalık merkezilik değerleri.	85

KISALTMALAR

API	Application programming interface
CSV	Comma-separated values
GPS	Global positioning system
HGSM	Hierarchical graph-based similarity measurement
IC	Independent cascade
SIR	Susceptible-infectious-recovered/removed



SİMGELER

I	Infectious
R	Recovered, removed
S	Susceptible
t	Zaman
β	SIR Model bulaşma hızı
γ	SIR Model iyileşme hızı



ÖZET

SOSYAL AĞ ANALİZİ VE SALGIN MODELLEME

Levent SABAH

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet ŞİMŞEK

Temmuz 2018, 87 sayfa

Online Sosyal Ağlar, insanların gerçek hayattaki arkadaşlık, fikir paylaşımı, etkileme/etkilenme vb. sosyal ilişkilerini sanal ortama taşıyan araçlar olarak son yıllarda büyük bir hızla gelişmiştir. Bu özelliklerinden dolayı online sosyal ağlar ağızdan ağıza pazarlama, kamuoyu şekillendirme gibi uygulamalar için uygun bir altyapı sunmaktadır. Ancak benzer şekilde; gerçek dışı bilgiler, dedikodu, bilgisayar virüsü ve istenmeyen içeriklerin kullanıcılar arasında yayılımına da olanak tanımaktadırlar. Ağızdan ağıza pazarlama ve kamuoyu şekillendirmede bir bilginin/etkinin en üst düzeyde yayılımı istenirken; bir dedikodunun yayılımının en az seviyede kalması istenir. Her iki durumda da ilk olarak bilginin/etkinin nasıl yayıldığını modellemek gereklidir. Daha sonra, istenen bir etkinin yayılımını en üst seviyeye ulaştırmak için hangi kullanıcıların ilk olarak etkilenmesi/aktif hale getirilmesi gerektiği tespit edilebilir. Benzer şekilde, bir dedikodunun ya da bilgisayar virüsünün yayılımını engellemek için hangi kullanıcıların bilinçlendirilmesi/hesaplarının korunması gerektiği tespit edilebilir. Bu tez çalışmasında, diğer birçok yayılım modelinin temeli olan Susceptible-Infectious-Recovered/Removed (SIR) salgın modeli online sosyal ağlar üzerinde bir etkinin yayılımını modellemek için kullanılmıştır. Etki yayılımının dinamiklerini daha iyi kavramak için farklı merkezilik ölçütlerine göre bireyler seçilmiş; bu bireyler başlangıçta aktif hale getirilmiş ve yayılımlar gözlemlenerek detaylı analizler yapılmıştır. Özünde SIR modeli, canlıların birbirlerine hastalık bulaştırma ihtimallerinin sayısal olarak simüle edildiği ve bir salgının zaman içerisinde kaç kişiyi etkilediğini gösteren bir modeldir. Tez kapsamında, SIR modeli bir ağ (şebeke) üzerinde çalışacak şekilde geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Bu açıdan bakıldığında çalışmanın çıktıları yalnızca sosyal ağlar için değil; herhangi bir yayılımın modellendiği ağlar için de önemlidir.

Anahtar sözcükler: Kompleks ağlar, Salgın modelleme, SIR modelleme, Sosyal ağ analizi.

ABSTRACT

SOCIAL NETWORK ANALYSIS AND EPIDEMIC MODELING

Levent SABAH

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Computer

Engineering

Master's Thesis

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Mehmet ŞİMŞEK

July 2018, 87 pages

Online social networks; has developed rapidly in recent years as tools that move social relations of people have such as friendship, idea sharing, influence/exposure. into a virtual environment. Due to these features, online social networks offer a suitable infrastructure for applications such as viral marketing, public opinion shaping. But likewise; Non-genuine information, gossip, computer virus and unwanted content are also able to spread among the users. While the highest level of propagation of a knowledge / effect is desired in viral marketing and public opinion formation, it is desirable that the propagation of a gossip be kept at a minimum level. In both cases, the first thing that is necessary is modelling how the information/impact is spread. Later, It can be determined which users are needed to be firstly affected/activated to maximize the propagation of a desired effect. Similarly, it can be determined which users ' awareness/accounts should be protected to prevent the spread of a rumor or computer virus. In this thesis, the **Susceptible-Infectious-Recovered/Removed** (SIR) epidemic model, which is the basis of many other influence models, is used for modeling the influence of an impact on online social networks. To better grasp the dynamics of influence, individuals are selected according to different centralized criteria; these individuals were initially activated and detailed analyses were observed in the propagation. Substantially, the SIR is a model in which the likelihood of infectious diseases is simulated numerically and how many people affected an epidemic over time. Within the scope of the thesis, the SIR model has been utilized to operate on a network. From this perspective, the output of the study is not only for social networks; but also important for networks where any propagation is modeled.

Keywords: Complex networks, Epidemic modeling, SIR modeling, Social network analysis

1. GİRİŞ

Verilerin bilgiye dönüştürülme sürecinin sonucu olarak doğru analiz yöntem ve araçlarıyla anlamlı bilgilerin elde edilmesi günümüzde artarak önem kazanmaktadır. Başlıca neden olarak çevrim içi ve çevrim dışı verilerin özellikle sosyal ağlar ve mobil cihazlar aracılığıyla devamlı olarak artması ve bu büyük veriden doğru bilgi oluşturularak kişi, kurum ve devletler doğru strateji ve planlar kurgulamasıyla etkili ve verimli adımlar atmak istemektedirler.

Geçmiş dönemlerde sayısal veri elde etmek zordu. Kişisel bilgisayarlar ve mobil cihazlar yaygınlaşmadan önce çoğu veri kâğıt, defter, klasör gibi fiziksel ortamlarda tutulmakta ve paylaşımı yok denecek kadar azdı. Günümüzde pek çok kaynaktan görsel, yazılı, konumsal veriler elde edilmektedir. Bu elde edilen sayısal veriler ile bilgi üretimi ve paylaşımı artmaktadır.

Günümüzde sosyal ağların gelişmesi ile birlikte veriye ulaşmak oldukça kolaylaşarak sosyal ağ analizi konusunda yapılan çalışmalar artmaktadır.

Sosyal ağlar çevrimiçi olarak kişilerin biyografik bilgilerinin, yazılı, görsel ve konumsal içeriklerini arkadaşları ya da herkesle paylaştıkları ortamlardır. Kişilerin oluşturdukları içeriğin doğruluk, tutarlılık ve kalitesine göre sosyal ağ analiz yöntemleri ile kişi ve bağlantıları hakkında önemli bilgiler elde edilebilir.

Sosyal ağın yapısı bir bütün olarak ele alındığında bir kişinin, olayın, mekânın önem ve etki derecesi tespit edilebilir. Doğru analiz ve anlamlı bilgi elde etmek için üzerinde çalışılan veriden gerekli olan kısımlarını alınarak analiz yapılması hem işlem maliyetini azaltmakta hem de daha hızlı analiz imkânı sağlamaktadır.

1.1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Sosyal ağ analizinde salgın modelleme olarak sadece bulaşıcı hastalıkların yayılması düşünülmemelidir. Elde edilmiş bir veri setinden çeşitli istatistik yöntemleriyle ağ genelinde bulunan kanaat önderleri tespit edilerek bu aktörler üzerinden ağın geneline bilgi yayılımı yapılabilir. Birçok çevrimiçi sosyal ağ sitesinin artan popüleritesi, büyük ölçekli ve yaygın ağızdan ağıza pazarlamayı çevrimiçi yapmak için yeni fırsatlar

sunmaktadır.

Örneğin küçük bir firma pazarlama için düşük bir bütçe ayırmış ve ürün veya hizmetinin belli bir ağ içinde en fazla kişiye ulaşmasını istiyor ise yapılacak analizler ile bir ağdaki en etkili belli sayıda kişi belirlenerek pazarlama stratejisi sadece bu kişilere uygulanarak ağın geneline ulaşmayı amaçlayabilir. Bunun için sadece ağda kullanmak için az sayıda ilk kullanıcı seçebilir (hediye veya ödeme vererek). Şirket, bu ilk kullanıcıların ürün veya hizmetlerini seveceğini ve sosyal ağdaki arkadaşlarını etkilemeye başlamasını ve arkadaşlarının arkadaşlarının arkadaşlarını ve benzerlerini etkilemesini ve böylece ağızdan ağza etki yoluyla büyük bir nüfusun olmasını ister. Bu noktadaki başlıca zorluk, başlangıçtaki ilk kullanıcılar olarak kimin seçileceğini kestirmek ve böylece ağdaki en fazla sayıda insanı etkilemektir [1].

Etki maksimizasyonu olarak adlandırılan yukarıdaki problem ilk olarak Kempe ve ark. [2] tarafından ayrı bir optimizasyon problemi olarak formüle edilmiştir. Çalışmalarında bir sosyal ağ, bireyleri temsil eden düğümler ve iki birey arasındaki bağlantıları veya ilişkileri temsil eden kenarları olan bir grafik olarak modellenmiştir. Bir sosyal ağ grafiği, IC modeli ve küçük bir sayı k (örneğin, ağızdan ağza pazarlama için bütçeye göre ayarlanmış) göz önüne alındığında, etki en üst düzeye çıkarma problemi çizgede (düğüm olarak adlandırılır) k düğümlerini bulmaktır. Kaskat modelini etkilemek k tohumları tarafından aktive edilen beklenen düğüm sayısı (etki yayılımı olarak adlandırılır) mümkün olan en fazladır.

Bu bağlamda Zheng ve ark. [3] coğrafi bilgi sistemleri için kişiselleştirilmiş arkadaş ve konum öneri sistemi raporlamışlardır. Bu öneri sisteminde öncelikle belirli bir kişinin gerçek dünyadaki bir coğrafi bölgeye yaptığı ziyaretler o bölgedeki derecelendirmeler olarak kullanılır. İkinci olarak kullanıcılar arasındaki benzerlik konum geçmişleriyle ölçülmektedir ve böylece her kişiye bir Coğrafi Bilgi Sistemi topluluğunda potansiyel arkadaş grupları önerilmektedir. Üçüncüsü, bir kişinin ziyaret edilmemiş bölgeler kümesindeki konumlarını, konum geçmişini ve diğer kullanıcıların geçmişini dâhil ederek tahmin edilmektedir. Fakat kişilerin zevklerine uymayan bazı ziyaret edilmemiş yerlerde önerildiği belirtilmiştir. Hierarchical-graph-based similarity measurement (HGSM) framework'ünün her bireyin konum geçmişinin uniform olarak modellenmesini önerdiğini ve kullanıcılar arasındaki benzerliği etkili bir şekilde ölçebildiği belirtilmiştir. Çalışmada, kullanıcının derecelendirmesini tahmin etmek için, kullanıcı tabanlı ölçme yöntemini HGSM'yi kullanıcı benzerlik ölçütü olarak kullanan

bir kullanıcı tabanlı ortak çalışma filtreleme algoritmasına dâhil edilmiştir. Önerilen sistem 1 yıl zaman aralığı ve 75 kişinin oluşturduğu GPS (Global positioning system) verileriyle değerlendirilmiştir. Sonuç olarak HGSM'nin similarity-by count, cosine similarity ve Pearson similarity measures olmak üzere ilgili benzerlik önlemlerinden daha iyi performans sergilediği belirtilmiştir. Böylece sosyal ağdaki aktör ve birbiriyle ilişkilerine göre doğruluğu yüksek kişiye göre öneri sistemi gerçekleştirilebilmektedir.

Bununla birlikte bir sosyal ağda içerdikleri öznelik bilgilerine göre en yakın olan kişiler eşleştirilebilmektedir. Chamoso ve ark. [4] beBee isimli bir iş ve istihdam odaklı sosyal ağ için ilişki öneri sistemi üzerinde çalışmışlardır. Geliştirdikleri sistem kullanıcılara yeni kişi ve iş tekliflerini sosyal ağdan alakalı bilgiler çıkararak önermektedir. Sunulan sistem sosyal ağdan alakalı bilgileri çıkararak işlevini yerine getirir ve kullanıcılara yeni kişiler ve iş teklifleri önerir. Tavsiye sistemi, iş teklifi açıklamaları, kullanıcı profilleri ve kullanıcıların eylemlerinden toplanan bilgileri kullanır. Ardından, ilişkilere dönüşmesi muhtemel yeni bağları keşfetmek için farklı metrikler uygulanır. beBee' de kullanıcılar içerik paylaşmakta ve yayınlanan iş tekliflerini aramakta ve başvuruda bulunmaktadır. Çalışmalarında kullanıcıların sağladıkları bilgilerden farklı faktörler tespit edilmiş ve yayınlanan iş tekliflerinde bulunan bilgiler analiz edilmiştir.

Ayrıca sosyal ağ üzerinde benzer eğilimlerde bulunan topluluklar tespit edilebilir. Dokuz ve ark. [5] geliştirdikleri algoritma ile Twitter üzerinden elde ettikleri veri setini kullanarak bireylerin sosyal ağ hareketlerinden İstanbul için önemli yerlerin tespiti üzerine çalışmışlardır. Yapılan önceki çalışmalardaki veri setlerinin GPS verilerinden oluşması, bazı önemli yerlerin belirlenmesi için bireylerin oylamasına ihtiyaç duyulması gibi eksikliklerin giderilmesi adına kendi çalışmalarında kullanıcı gruplarının yer yoğunluğu, ziyaret süresi, kullanıcı yaygınlığı gibi kriterleri de gözetenek kültürel ya da kamuoyu görüşlerinin değil kullanıcı grubunun verilerinin kullanılmasıyla önemli yerlerin tespitinde daha doğru bir yöntem kullandıklarını belirtmişlerdir. Çalışmada öncelikle API (Application Programming Interface) kullanarak İstanbul sınırları içinde olan yaklaşık 2.500 birey tespit edilmiştir. Daha sonrasında bu bireylerin attıkları Tweet'ler elde edilmiştir. Elde edilen bu Tweet'lerin içeriği, tarih/saat bilgisi ve konum bilgisi toplanarak bir veri seti oluşturulmuştur. Daha sonrasında oluşturdukları algoritma ile veri setini analiz ettiklerinde İstanbul'daki önemli yerleri tespit etmişlerdir. Fakat elde edilen sonuçlar arasında Sultanahmet Meydanı, Topkapı Sarayı gibi önemli

yerler tespit edilememiştir. Bunun nedeni olarak da seçtikleri kişiler arasında bu yerler ile ilgili yeterince Tweet atılmadığı gösterilmiştir. Böylece tespit edilen önemli yerlerin önerileceği kişiler benzer topluluk üyesi olma olasılığı yüksek kişiler olacaktır.

1.2. ÇALIŞMANIN AMACI

Çalışmanın amacı, sosyal ağdaki aktörlerin arkadaşlık ilişkilerinin bir salgın modelinde etki yayılımının etkisinin incelenmesidir. Bu kapsamda salgın modellerinden SIR (Susceptible, Infectious, Recovered) modeli kullanılarak sosyal ağ analizi sonucu toplam ağ popülasyonunda etkili aktörlerin tespit edilerek çeşitli istatistik yöntemleriyle ağdaki yayılımlarının karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Diğer incelenen çalışmalarda SIR modelinde model hesaplanması için parametrelere değerler verilerek sonuçlar elde edilmektedir. Fakat bu çalışmalarda ağdaki hangi aktörün hangi aktörleri etkilediği görülememektedir.

Çalışmanın ikinci bölümünde sosyal ağ analizi öncesinde, ağ kavramının tarihsel gelişimi ve sosyal ağ kuramının tanımı yapılmıştır.

Üçüncü bölümde ise sosyal ağ analizi için kullanılan kavram ve ölçütlerin hakkında bilgi verilmiştir. Bununla birlikte başlıca kullanılan sosyal ağ araçları listelenmiştir.

Dördüncü bölümde, kullanılan veri setinin özellikleri belirtilmiştir. Sonrasında bu veri seti üzerinde yapılan analizlerin sonuçları gösterilmiştir. Analizler ile ağdaki en önemli aktörler çeşitli istatistik yöntemleri ile belirlenmiş ve SIR salgın modeli bu önemli aktörler ve bağlantıları ilk hasta olan düğümler şeklinde tanımlanmış ve ağın genelinde ne kadar bir yayılım yapıldığı üzerine görsel çıktılar alınmıştır.

Beşinci bölümde ise elde edilen çıktı ve değerler üzerinden sonuçlar ele alınmıştır.

1.3. ÇALIŞMASININ LİTERATÜRE KATKISI

Salgın modelleme yapılan sosyal ağda hangi düğümlerin etkilenmekte olduğunun tespitiyle sosyal ağ analiz araçlarında görselleştirme yapılarak SIR salgın yayılımında grafik sonuçlarının yanında ağ üzerinde etkilenen düğümler gösterilerek daha anlamlı sonuçlar elde edilmiştir.

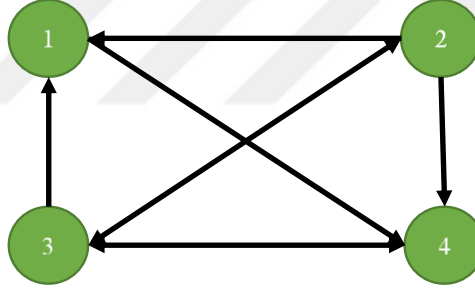
2. AĞ KAVRAMI

Ağlar; düğümler ve bu düğümler arasındaki bağlantılardan oluşmaktadır. En az iki düğümün birbiriyle bağlantılı olması ile bir ağ oluşmaktadır. Sosyal ağlarda kişiler düğüm, kişiler arasındaki ilişkiler ise bağlantıları ifade etmektedir. Şekil 2.1’ de iki düğüm ve bir adet yönsüz bağlantıdan oluşan ağ örneği görülmektedir.



Şekil 2.1. İki düğüm ve bir adet yönsüz bağlantıdan oluşan ağ örneği.

Düğüm arasındaki bağlantılarda bağlantının yönü bir ok işareti ile belirtilmişse buna yönlü bağlantı, belirtilmemiş ise yönsüz bağlantı tanımı yapılmaktadır. Şekil 2.2’ de dört düğüm ve yönlü bağlantılardan oluşan ağ örneği bulunmaktadır.



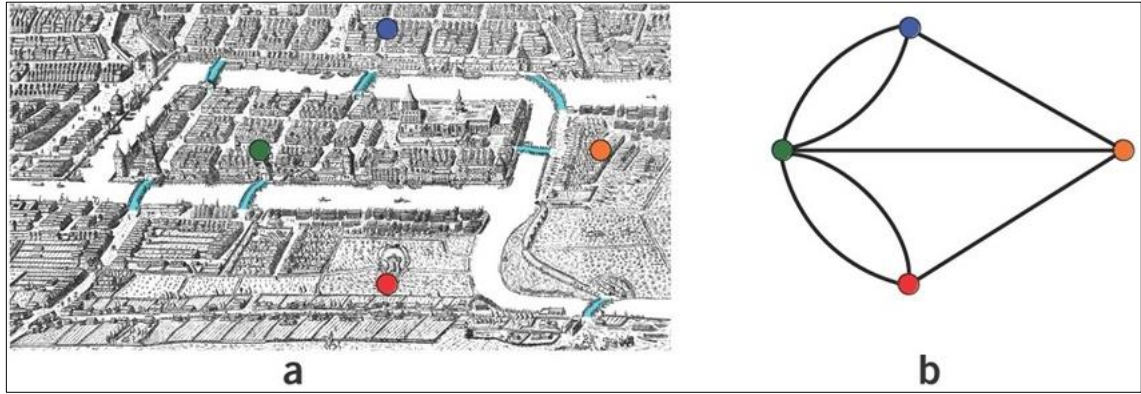
Şekil 2.2. Dört düğüm ve yönlü bağlantılardan oluşan ağ örneği.

2.1. AĞ KAVRAMININ GELİŞİMİ

Ağ bilimi, çeşitli fiziksel, biyolojik, bilgi ve sosyal temelli ağlarda mevcut bulunan bağlantıları inceleyen yeni bir bilim dalıdır ve ağ davranışlarının ortak ilkelerini araştırmaktadır. Bu alanın alt dalları arasında; dinamik ağ analizi, sosyal ağ analizi, karmaşık ağlar ve çizge kuramı yer almaktadır [6], [7, ss. 57].

Ağ biliminin temeli; matematikçi Leonhard Euler’in 1736 yılında, eski Prusya şehri (Günümüzde Kaliningrad, Rusya) olan Königsberg’de bulunan Pregel nehri üzerindeki köprüler ile ilgili makalesinde belirttiği “Bütün köprülerden bir ve yalnız bir defa geçmek koşulu ile bir yürüyüş yapılabilir mi?” sorusuna dayandırılmaktadır. Şekil 2.3a’

da Königsberg köprüleri probleminin gösterimi ve Şekil 2.3b' de bu problemin çizge olarak ifade edilmesi gösterilmektedir [8].

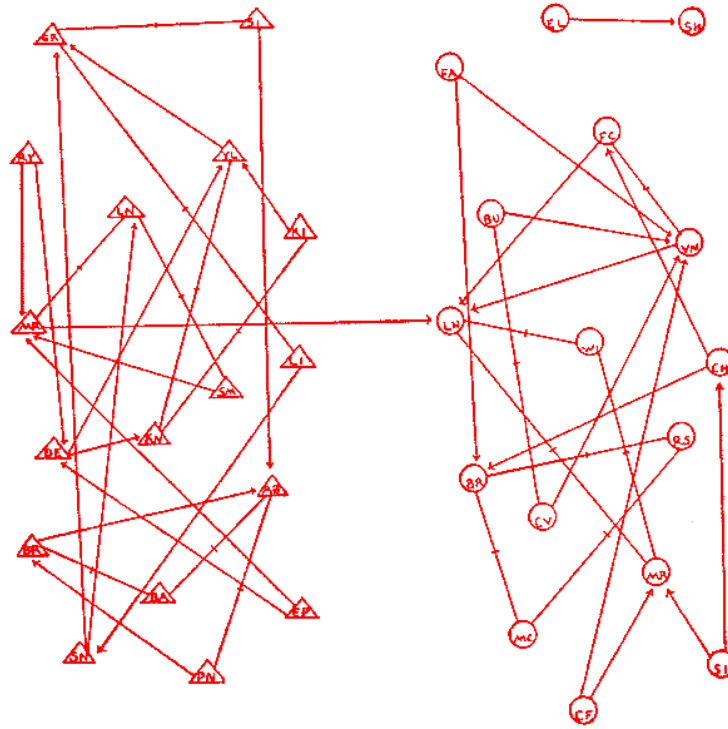


Şekil 2.3 (a). Königsberg köprüleri probleminin gösterimi [9]. (b). Problemin çizge olarak ifade edilmesi [9].

Leonhard Euler, Königsberg'deki kara parçalarını düğümler, nehir üzerindeki yedi köprüyü de bu düğümler arasındaki bağlar olarak tanımlamıştır. Yaptığı incelemeler sonucunda Euler bu şekilde bir dolanmanın mümkün olmadığını kanıtlamıştır. Mümkün olması için çizgelerin sahip olması gereken özellikler şöyledir: Birleşik bir çizgenin bütün elemanlarını yalnızca bir defa kullanarak turu tamamlamak için bu çizgenin tek dereceli düğümlerinin sayısının iki olması gerekmektedir. Dolaşmanın başlangıç ve bitiş düğümleri tek dereceli düğümlerdir. Eğer çizgede tek dereceli düğümler yoksa herhangi bir düğümden başlanabilir. Bir kişinin turu tamamlayabilmesi için geldiği düğümün çift dereceleri olmalıdır ki o düğümden ayrılması gerekmemelidir. Eğer kişi tek dereceli bir düğüme ikinci kez gelirse çıkış yolu bulamayacaktır. Turdaki tüm düğümlerin çift dereceli olmasıyla birlikte başlangıç noktasına dönülebilir. Başlangıç ve bitiş düğümleri aynı olan ve her bir elemanı sadece ve en az bir kez içeren turlara "Euler turu" denir. Euler turu içeren çizgeler ise "Euler çizgeleri" tanımlanır [10].

Ağ bilimi ile ilgili diğer önemli çalışma 1933 yılında Jacob Moreno tarafından yapılmıştır. Çalışma, ilkokul öğrencilerinin sosyal yapılarını inceleyen bir sosyogram çalışmasıdır. Sosyometri, analizi yapılan grup içinde bulunan kişilerin birbirleriyle olan ilişkilerinden grup içerisindeki uyumu ölçmek ve grup içerisinde bulunan lider, baskın, çekingen gibi kişilik özelliklerini tespit etmek amacıyla yapılan bir yöntemdir. Yöntem değerlendirme sonucunda gruptaki ilişkileri ortaya koyan bir sosyogram çıkartılır [11]. Yaptığı çalışmada Moreno, bir okuldaki kız ve erkek öğrencilerin arasındaki bağları incelemiştir. Bu okuldaki erkek öğrenciler sadece erkek öğrencilerle, kız öğrenciler ise

sadece kız öğrencilerle arkadaşlık etmekte ancak bir erkek öğrenci bir kız öğrenciye karşılıksız ilgi duymaktadır. Bu bağların incelenmesi sonucunda Şekil 2.4’de gösterilen ağ ortaya çıkmıştır ve bu çalışma sosyal ağ analizi çalışmalarının gelişmesinde önemli bir rol oynamıştır.



Şekil 2.4. Moreno'nun sosyogram çalışması [12].

Ağlar ile ilgili çalışmalar 1959 yılında Macar matematikçiler Paul Erdos ve Alfred Renyi'nin düğümler ve düğümler arasındaki bağlantılardan oluşan rassal bir model oluşturmasıyla ivme kazanmıştır. Bu rassal modele göre; herhangi bir ağdaki bir düğümün diğer bir düğümle bağlantı kurma ihtimali eşittir ve bu bağlar rassal bir süreçle oluşmaktadır [7, ss. 61].

Rassal ağlar çalışmasını 1967 yılında Stanley Milgram tarafından ortaya atılan “küçük dünya hipotezi” izlemiştir. Küçük dünya görüngüsü, dünyadaki herkesin kısa bir sosyal ilişkiler zinciri aracılığıyla ulaşılabilir olduğu hipotezidir [13]. Milgram; aynı mektubu Omaha’da rassal olarak seçilmiş 160 kişiye vermiş ve bu mektubu Boston’daki bir borsacıya götürmelerini istemiştir. ABD nüfusunun 200 milyon olduğu bir zamanda, 42 mektup doğru adrese ulaşmıştır. Bu çalışma ile “dünyada rassal olarak seçilen bir kişiyle başka bir kişi arasındaki sosyal ilişkinin kurulması için gerekli yolun kısa olduğu” sonucuna ulaşılmış ve bu sonuca “küçük dünya hipotezi” adı verilmiştir [7, ss. 61], [14].

2006 yılında yapılan diğer bir çalışmada Microsoft araştırmacıları Eric Horvitz ile Jure Leskovec, Microsoft'un Messenger programı kayıtlarını kullanarak, yazışmaları inceleyerek ve kullanıcıların kimlerle yazıştıklarını, nerede bulunduklarını kaydederek oluşturdukları 180 milyon düğüm ve 1.3 milyar yönsüz kenardan oluşan veri seti ile kişileri birbirlerine bağlayan en kısa zinciri sayısal belirlemişlerdir. Buna göre, insanların %78'i ortalama 6,6 adımda birbiriyle temas kurabildiği belirlenmiştir. Böylece, “bir insanın tanıdığıнын tanıdığıнын tanıdığıнын tanıdığıнын tanıdığıнын tanıdığıнын tanıdığı” aracılığıyla Messenger kullanan birine ulaşabileceği gözlenmiştir [7, ss. 62].

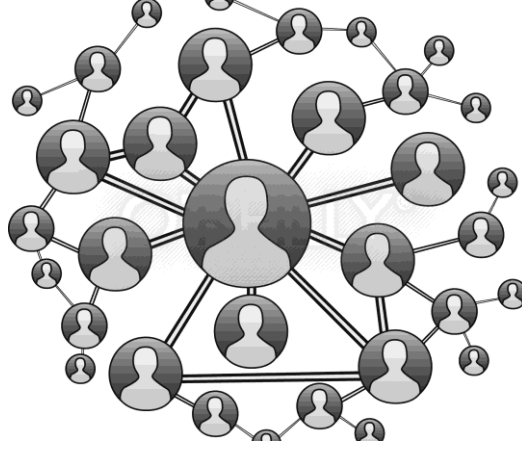
2.2. SOSYAL AĞ KURAMI

Sosyal ağ kuramı bireyler, gruplar, organizasyonlar veya kurumlar arasındaki ilişkilerin sosyal yapısının; bu birey ve grupların davranış ya da inançlarını etkilediği görüşüne dayanmaktadır [15]. Bu durumda sosyal ağ kuramı, sosyal davranışların temelini belirleyen ve insanlar arasındaki etkileşimi temel alan bir kuramdır.

Sosyal ilişkileri analiz etmede kullanılan “Sosyal Ağ Analizi”; sosyoloji, antropoloji, coğrafya, sosyal psikoloji, iletişim, enformasyon, işletme, ekonomi ve biyolojide kullanılan temel bir tekniktir. Bir sosyal ağın yapısını inceleyerek bir kişi ya da gruba yönelik çıkarımlar yapmak, bilgi elde etmek sosyal ağ analizlerinin amacıdır [7, ss. 187].

Sosyal ağların en temel unsurları kullanıcılarıdır. Bu kullanıcılar sosyal ağda aktör olarak da tanımlanmaktadırlar. Aktörler insanlar, gruplar ya da kurumlar olabilir. Aktörler arasındaki etkileşimleri temsil eden ilişkiyel yapıyı içeren ağ verileri, aktörlerin kenar veya düğüm olarak adlandırılan grafiklerle temsil edilir [16].

Sosyal ağlar, bireyleri birbirleriyle ilişkilendiren bağlantılar da içerir. Şekil 2.5'deki bu bağlantılardan oluşan genel bir sosyal ağ yapısı gösterilmektedir. Ağda gösterilen bağlantılar bireyler arasındaki sosyal ilişkileri temsil etmektedir [17].



Şekil 2.5. Genel olarak bir sosyal ağ yapısının gösterimi [18].

2.3. SOSYAL AĞ KURAMI BİLEŞENLERİ

Sosyal ağlar iki bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenlerden ilki düğümlerdir. Ayrıca aktör ya da node şeklinde de ifade edilebilirler. Diğer bileşen ise düğümler arasındaki bağlantılardır.

Sosyal ağ kuramı, bileşenleri arasındaki ilişkilere odaklanan bir kuramdır. Şekil 2.6’ da bağ ve düğümlerin herhangi bir ağdaki yerleşimleri görülmektedir.



Şekil 2.6. Bağ ve düğümlerin bir sosyal ağda genel görünümü [19].

Bağlar ve düğümlerin konumlarının belirlenmesinde kullanılan ölçümlerden ilki bağların sosyal ağ ölçümleridir [6]. Bunlar;

Dolaylı bağlantılar; iki düğümün bağlantısına aracılık eden bağlantılardır.

Sıklık; bağın kaç kez veya ne sıklıkta ortaya çıktığını göstermektedir.

Tutarlılık; tüm süre boyunca bağların var olması olarak tanımlanmaktadır.

Çok Taraflılık; iki düğümün birden fazla ilişkide bağlanma derecesini göstermektedir.

Güç; zamanı, duygu yoğunluğunu, yakınlığı, karşılıklı hizmetlerini ölçerek bağların gücünü göstermektedir.

Yön; bağın hangi düğümden diğerine bağlandığını göstermektedir.

Simetri; düğümler arasındaki karşılıklı ilişkileri göstermektedir.

Düğümlerin davranışlarını ve ağdaki konumlarını belirleyen sosyal ağ ölçümleri [6];

Derece; düğümün diğer düğümlerle doğrudan bağlantıları,

İç Derece; diğer düğümlerden düğüme gelen doğrudan bağlantılar,

Dış Derece; düğümün diğer düğümlere giden doğrudan bağlantıları,

Çeşitlilik; diğer düğümlerle bağlantılar,

Yakınlık; bir düğümün diğer düğümlere yakın olma ya da diğer düğümlerce kolay erişilebilme derecesi,

Arasındalık; bir düğümün iki düğümün ortasında, iki düğüm arasındaki en kısa yolda olma derecesi,

Merkezlilik; bir düğümün ağın tümünde merkezde olma derecesi,

Prestij; asimetrik ilişkilerde prestijli düğümler ilişkinin kaynağı olmaktan çok, diğer aktörlerin daha çok tercih ettiği, yöneldiği düğümler şeklinde tanımlanmaktadır.

Aracılar; ağı bir arada tutan düğümlerdir ve ağdaki diğer düğümlere en kısa mesafede bulunmaları sayesinde önemli bilgilerin ağdaki diğer düğümlere yayılmasında etkindirler.

Çevresel oyuncular; Ağ ile çok az bağlantısı olan izole düğümdür.

Parçalanma noktaları; düğümler arasındaki bağlantı boşluklarıdır.

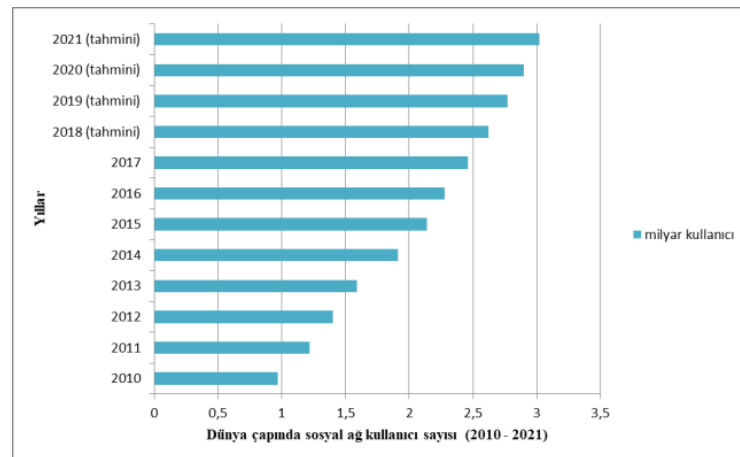
Dış bağlantı; ağın farklı ağlarla olan bağlantılarıdır.

3. SOSYAL AĞ ANALİZİ

Ağ bilimi birimler arasındaki ilişkilere olduğu kadar birimlerin özelliklerine de odaklanmayı sağlayarak mikro ve makro düzeyler arasında bir köprü oluşturmaktadır.

Sosyal ağ; sosyal bağlamda düğümler ve diğer çoklukların aralarındaki etkiyi, ilişkileri gösteren bir yapıdır. Sosyal ağ analizi, sosyal yapısını aktörlerden ve aktörleri birbirine bağlayan ilişkilerden oluşan bir ağ olarak görerek, sosyal yapıyı ve etkilerini inceleyen bir analizdir şeklinde tanımlanmaktadır [7, ss. 184].

Sosyal ağ analizi (SNA), bireylerin sosyal gruplar içindeki bağlantılarını ve davranışlarını incelemek için kullanılan bir yöntemdir [20]. İnternet ve sosyal medya, sosyal ağ analizine büyük ilgi duymaktadır. Toplulukları tespit etme veya sosyal ağdaki önemli kişileri belirleme ile özellikle kişisel bağlantıları analiz etmek için yeni araçlar geliştirilmeye ve kullanılmaya devam edilmektedir [21]. Sosyal ağlarda milyonlarca kullanıcı tarafından oluşturulan ve okunan zengin veriler, gerçek dünyada neler olduğunu hızlı ve doğru bir şekilde anlatmaktadırlar [1], [22]. Günümüzde sosyal ağlar, ağlar arasında bilgi yayma konusunda önemli bir rol oynayan çok sayıda çakışan kullanıcıya sahiptir. Bir kullanıcı birden çok ağa aktif olarak katıldığında, bilgiyi eş zamanlı olarak tüm ağlara yaymak için bir ağ geçidi olarak hareket edebilir [23]. Sosyal ağların popülerliği son on yılda hızla artmaktadır. Şekil 3.1’de 2010 yılından 2021 yılına kadar dünya çapında beklenen sosyal ağ kullanıcı sayısı milyar olarak ifade edilmektedir [24].



Şekil 3.1. Dünya çapında sosyal ağ kullanıcıların sayısı (2010- 2021).

Bu başarı, bir dizi ölçüm ve tanımlama çalışmasının yanı sıra, sosyal ağ yapısı ve sistem tasarımı ile sosyal ağ içindeki kullanıcı davranışları arasındaki etkileşimin çalışmalarına da ilham vermektedir [25]. Sosyal ağ kullanıcılarının ve hizmetlerinin sayısının hızla artması, çevrimiçi sosyal ağları İnternet ekosisteminin hayati bir parçası haline getirdi. Çok sayıda kullanıcı için, sosyal ağlara erişmek günlük aktiviteleri haline gelmiştir. Günlük aktiviteleri, ruh hali, sağlık durumu, spor etkinlikleri, seyahat deneyimleri, politik kampanyalar, eğlence etkinlikleri, ticari ürünler hakkında konuşmak için sosyal ağları kullanmaktadırlar [26].

Sosyal ağ analizi kullanılarak;

- Herhangi bir düğümün ağ içinde ne ölçüde bağlantılı olduğunu,
- Herhangi bir düğümün ağdaki genel önemini,
- Herhangi bir düğümün ne ölçüde merkezi olduğu,
- Ağda bilginin nasıl aktığı belirlenebilmektedir [7, ss. 196-197].

Sosyal ağlarda aktörler ve aktörler arasındaki bağlantıların yanında ağın yapısının da bilinmesi bu ilişkilerin analizinde anlamlı ve doğru sonuçlar elde edilmesi için önemlidir.

Sosyal ağ analizinde aktör, ilişki ve bağ şeklinde üç temel etken bulunmaktadır.

Aktörler, sosyal ağlardaki kişi, kurum ya da nesnelerdir. Çizge teorisinde düğüm olarak tanımlanırlar.

İlişkiler, aktörler arasındaki yönlü veya yönsüz ilişkilerdir.

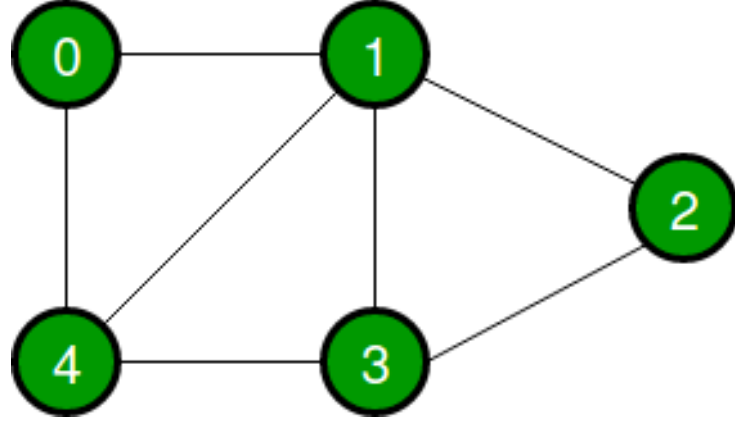
Bağlar, ise güçlü ve zayıf şeklinde ikiye ayrılır. Güçlü bağlar, yakın ve aktif ilişkileri temsil ederken zayıf bağlar ise seyrek ilişkileri ifade eder [27].

3.1. SOSYAL AĞLARIN GENEL YAPISI

Sosyal ağlar, bilgisayar ortamında çizge (graph) olarak temsil edilmektedirler. Genel çizge gösterimi Eşitlik 3.1' deki gibidir.

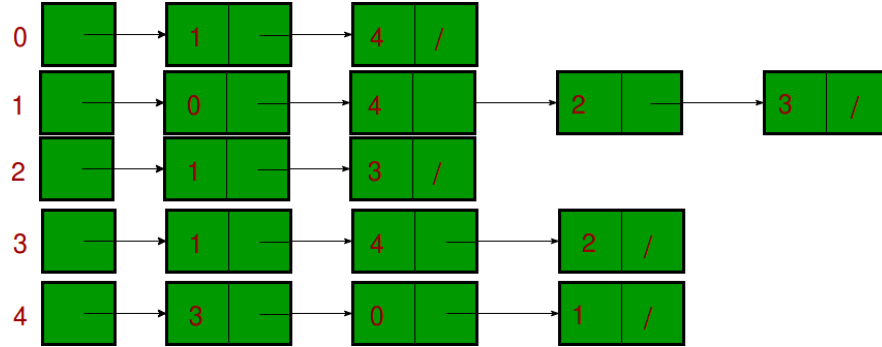
$$G = (V, E) \quad (3.1)$$

V, sonlu düğüm (vertex) kümesi, E ise sonlu kenar (edge) kümesidir [28]. Her bir kenar kendisi ile ilişkilendirmiş bir ya da iki adet düğüm içerir ve bu düğümleri birbirine bağlar.



Şekil 3.2. 5 düğümlü yönsüz çizge örneği.

Çizge yapısının genel olarak iki farklı yöntem ile temsil edilmektedir. İlk olarak, komşuluk listesi (adjacency list) adı verilen, ağdaki her bir düğüm için komşu ya da bitişik olduğu düğümlerin listesinin dizi şeklinde temsil edilmesidir. Bir düğümün komşuları liste dolaşarak tespit edilir. Şekil 3.2’ de gösterilen 5 düğümlü yönsüz bir çizge için oluşturulan komşuluk listesi Şekil 3.3’ deki gibidir.



Şekil 3.3. Komşuluk listesi [29].

Diğer yöntem ise komşuluk matrisi (adjacency matrix) yöntemidir. Bu yöntemde çizgedeki n adet düğüm için oluşturulan $n \times n$ boyutundaki matriste birbirine komşu olmayan düğümlerin girdileri 0, komşu olan düğümlerin girdileri ise 1 olarak tanımlanır. Şekil 3.4’ de çizgedeki düğümler ve kenarlardan oluşturulan bir komşuluk matrisi örneği yer almaktadır. Matris işlenirken de her bir girdinin değerine bakılarak, karşılık geldiği satır ve sütundaki düğümler arasında kenar (bağlantı) olup olmadığının analizi edilebilir.

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

Şekil 3.4. Komşuluk matrisi.

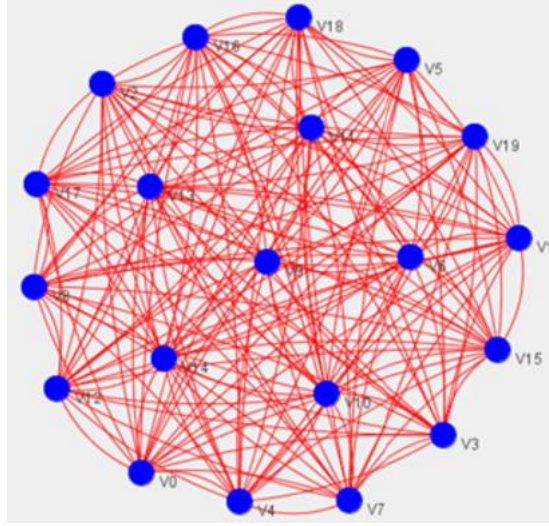
Sosyal ağ analizi yöntemlerinde genellikle çizge modeli matrislere dönüştürülmektedir.

3.2. SOSYAL AĞ ANALİZİ ÖLÇÜTLERİ

Sosyal ağ analizi, ağ yapısının incelenmesinde ağda bulunan aktörlerin niteliklerinden çok aktörlerin aralarındaki bağlantılar üzerinde durur. Analiz işlemi sırasında ağdaki aktörler arasındaki ilişkilerin belirlenip sayısallaştırılmasıyla elde edilen değerlere ölçüt denir. Farklı seviyelerde sosyal ağ analizinin yapılması ile çeşitli ölçütler elde edilebilir. Ağın geneli, ağdaki alt gruplarının ve her bir aktörün analiz edilmesinde değişik ölçütler ortaya çıkmaktadır. Sosyal ağ analizi ölçütleri, analiz seviyelerine göre 3 ana başlıkta incelenmektedir [30].

3.2.1. Ağ Seviyesinde Ölçütler

Ağ seviyesindeki ölçütler, sosyal ağda bulunan tüm aktör ve bağlantılar üzerinde yapılan analizlerden elde edilmektedir. Bu analizlerden en yaygın kullanılanı yoğunluk ölçütüdür. Ağda var olan tüm bağlantıların, diğer tüm bağlantılara olan oranı yoğunluk ölçütünü verir. Tüm aktörlerin birbirine bağlı olduğu ağlarda yoğunluk değeri 1'dir. Yüksek yoğunluk değeri ağdaki aktörlerin birbirlerine daha güçlü bağlı olduklarını göstermektedir [31]. Ağ genelinde kullanılan diğer bir ölçüt ise büyüklük (size) ölçütüdür. Bir ağın büyüklüğünü sosyal ağdaki aktörlerin sayısıdır. Bu sayı arttıkça ağın büyüklüğü de artar. [30]. Şekil 3.5' de [32] yoğunluğu 1, büyüklüğü 20 olan bir ağ örneği görülmektedir.



Şekil 3.5. 20 düğümlü tam bağlı bir sosyal ağ [32].

3.2.2. Aktör Seviyesinde Ölçütler

Aktör seviyesinde sık kullanılan ölçütlerden biri merkezilik ölçütleridir. Temel merkezilik ölçütlerinden biri derece merkezilik ölçütüdür. Bu ölçüt, ağdaki bir aktörün, kendisine bağlı olan bağlantıların sayısı ile hesaplanmaktadır. Eğer aktöre olan bağlantılar yönlü ise, giren bağlantıların sayısı ile çıkan bağlantıların sayısı ayrı ayrı hesaplanır [31].

Diğer bir merkezilik ölçütü ise özvektör merkezilik ölçütüdür. Bu ölçüt, derece hesaplanırken ağda seçilmiş bir aktöre ait bağlantıların eşit olmadığını gösteren bir ölçüttür. Örneğin, bir ağdaki bir aktör için önemli aktörlere olan bağlantıların etkisi, diğer sıradan bağlantılardan daha önemli olabilir. Temas halindeki aktörlerin merkezde olması, aktörün daha merkezi bir konumda olduğunu göstermektedir [31].

Arasındalık merkeziliği, merkezilik ölçütlerinden hesaplanması en karmaşık olanıdır. Ağdaki bir düğümden ya da aktörden geçen en kısa yolların oranı ile bulunmaktadır [31].

Yakınlık merkeziliği ölçütü ise ağda bulunan herhangi bir aktörün, diğer tüm aktörlere olan en kısa ortalama uzaklıkların (geodesic distance) toplamıyla hesaplanır. Bir aktörün yakınlık ölçüt değeri ne kadar küçük ise diğer aktörlere göre ağda daha merkezi bir konumdadırlar ve aktörlere daha hızlı erişim sağlayabilmektedirler [31].

3.2.3. Alt Gruplar Seviyesinde Ölçütler

Alt gruplar seviyesindeki ölçütler ise belirli türde ilişkilerin, belirli aktörlerin

oluşturacağı bir takım alt ağlar oluşturup, bu alt ağlar üzerinde de yoğunluk, büyüklük, merkezilik gibi değerleri elde etmek için çalışmalar da yapılabilir. Alt gruplar seviyesinde ölçütler elde etmek için, öncelikle alt grupların belirlenmesi gerekmektedir [31].

3.3. SOSYAL AĞ ANALİZ AŞAMALARI

Sosyal ağ servislerinin verileri göz önüne alındığında analiz için ele alınabilecek verilerin çok büyük olduğu görülmektedir. Bu verilerin tamamının kullanılarak analiz yapılması işlemi hem gereksiz verilerle uğraşılması hem de çok uzun sürmesi nedeni ile zorlaşmaktadır. Bu durumun önüne geçebilmek için bu verinin ayıklanması ve veriler arasından sadece analiz için ihtiyaç olan verilerin alınıp geri kalan verilerin yok sayılması hem işlemi hızlandıracak hem de işlem yoğunluğunu azaltarak doğru sonuca ulaşma konusunda yardımcı olacaktır [33].

Analiz işleminin en doğru ve en hızlı şekilde gerçekleştirilmesi için analiz işlemi 4 aşamada gerçekleştirilmektedir. Şekil 3.6’ de bu adımlar gösterilmektedir [33], [34].



Şekil 3.6. Sosyal ağ analiz aşamaları [33].

3.3.1. Veri Elde Edilmesi

Analizin amacına göre sosyal ağlardan toplanan verilerin ayıklanması, aralarından sadece gerekli verilerin alınarak saklanması ve gereksiz verilerden arındırılmasıdır [33].

3.3.2. Verinin Bilgiye Dönüştürülmesi

Verilerin temizlenmesi ve modelleme, sınıflandırma ve filtreleme işlemlerinin yapılmasıdır. Ayrıca veriler burada işlenip kullanılacak bilgi haline getirilir [33].

3.3.3. Kural Çıkarma

Elde edilen bilgilerden anlamlı sonuçlar çıkarılır. Bu sonuçlara bulgu adı verilir. Genel kurallar bu aşamada türetilir [33].

3.3.4. Değerlendirme

Elde edilen bulgular ve oluşturulan kurallar çerçevesinde ağ incelenip geleceğe dönük tahminler yapılır ve değerlendirmelerde bulunularak çıkarsamalar yapılır [33].

3.4. SOSYAL AĞ ANALİZİ ARAÇLARI

Sosyal ağ analizinde, ağ verilerinin görselleştirilmesi ve çeşitli istatistik yöntemleriyle ağda analiz yapılmasını sağlayan pek çok araç bulunmaktadır. Başlıca olarak UCINET [35], Pajek [36], NetMiner [37], Gephi [38], Statnet [39] ve SocnetV [40] analiz araçları kullanılmaktadır.

3.5. SOSYAL AĞ ANALİZİ KAVRAMLARI

Sosyal ağ analizinde yapılan ölçümler, ağdaki düğümlerin ağda sahip oldukları rollerinin belirlenmesinde ve bu rollerin ağ yapısına etkilerinin anlaşılmasında önemlidir. Sosyal ağ analizi ile ilgili kavramlardan bazıları şu şekilde tanımlanmaktadır:

3.5.1. Zayıf Bağlar

Sosyal ağ analizinde birimler arasındaki bağlantılarla ilgilendiği için bu bağlantıların doğrudan veya dolaylı olması, zayıf veya kuvvetli olması, iki veya tek yönlü olması önemlidir [7, ss. 200].

Zayıf bağlantılar daha fazla bireye bağlı olduğundan bilginin yayılması daha kolay olmaktadır. Zayıf bağlar, bireylerin daha düşük yoğunluk ve duygusal yakınlık içeren bağlantılarıdır. Kuvvetli bağlar ise yüksek yoğunluk ve duygusal yakınlık içeren bağlantılardır. Bağlardan hangisinin zayıf hangisinin kuvvetli olduğuna “görüşme sıklığı” gibi ölçütlerle karar verilebilir [6].

3.5.2. Köprü

İki farklı ağı birbirine bağlayan ilişkiye köprü denilmektedir [6].

3.5.3. En Kısa Patika

Bir ağdaki düğümlerin arasında bulunan en kısa yoldur. Bir ağın yarıçapı; ağdaki tüm düğüm çiftleri arasındaki en kısa patikaların en uzunudur. Ağın yarıçapı ne kadar küçük ise ağda bilginin yayılma hızı o kadar fazladır [6], [7, ss. 78-79, 82].

3.5.4. Yoğunluk

Yoğunluk; ağın birbirine bağlılığını, ağdaki bilginin değişim ve genişleme oranını göstermektedir. Bir ağın yoğunluğu; düğümler arasında bulunan bağlantı sayısının, ağın tam ağ olması durumundaki olası bağlantı sayısına bölünerek ölçülmesidir [6].

3.5.5. Merkezilik

Ağ üzerinde hangi düğümlerin merkezde olduğunu ve düğümlerin ağdaki önemlerini ölçmektedir.

Bir ağdaki merkeziliği ölçmek için kullanılan ölçümlerden bazıları şu şekildedir [6]:

- Birim Merkeziliği (Unit centrality); seçilen düğümün diğer düğümler tarafından kolay ulaşılabilir yani yakın olması, diğer düğümler için en kısa patikalarda bulunması durumuna birim merkeziliği adı verilmektedir [7, ss. 91].
- Göreceli Derece Merkeziliği (Relative degree centrality); döngülerin olmadığı bir ağda en yüksek derecenin $(n-1)$ olacağı göz önünde bulundurulursa, göreceli derece merkeziliği, mutlak merkezilik ölçüsünün en yüksek dereceye bölünmesi ile bulunmaktadır [7, ss. 92].
- Özvektör Merkeziliği (Eigenvector centrality); düğümün ağdaki önemini göstermektedir. Özvektör merkeziliği ağdaki bütün bağlantıların eşit değerde olmadıklarını; etkili düğümlerin, bağlantılı olduğu daha az etkili düğümlere etki aktardığını varsaymaktadır [7, ss. 97].
- Karşılıklılık (Reciprocity); düğümler arasındaki bağlantıların iki yönlü olup olmadığının incelenmesidir [7, ss. 99].

3.5.6. Derece Dağılımı

Derece, ağdaki her düğümün yönlü veya yönsüz sahip olabileceği farklı bağlantı sayısını tanımlanmaktadır. Derece dağılımı hesaplanırken; bağlantılar düğüme gelen veya düğümden giden bağlantılar olarak ayırt edilmektedir. Düğüme gelen doğrular, iç derece dağılımı, düğümden giden doğrular ise dış derece dağılımı olarak adlandırılmaktadır. Girdi ve çıktı bağlantılarının toplamı ise bütün derece dağılımını oluşturmaktadır [6].

Yönlü ağlarda düğümler, hem giriş derecesi hem de çıkış derecesine sahiptir ve ikisi de uygun koşullarda merkezilik ölçütü olarak yararlı olabilir [41].

3.5.7. Yakınlık

Yakınlık, ağdaki bir düğümün bilgiye ve ağdaki diğer düğümlere erişim yeteneğini göstermektedir. Bu ölçü, düğümün ağdaki diğer düğümlere en kısa uzaklıklarının terslerinin toplanması ile elde edilmektedir. Sosyal bir ağda, toplumda diğerlerine daha düşük ortalama mesafesi olan bir kişi diğerlerinin fikirlerine, yüksek ortalama mesafesi olan birinden daha hızlı ulaşır. Yakınlık merkeziliği, ağda bulunan herhangi bir düğümün diğer düğümlere ne kadar hızlı ulaşabildiğini göstermektedir ve bu nedenle sosyal ve diğer ağ çalışmalarında sıklıkla kullanılır [6], [42].

3.5.8. Arasındalık

Arasındalık, bir düğümün diğer düğümlerin arasında olma derecesidir, düğümün ne ölçüde aracı veya köprü görevi gördüğünü gösterir. Yüksek arasındalık derecesine sahip olan düğüm ağdaki bilgi akışını kontrol altında tutar ve ağdaki koordinasyonu sağlar [6].

3.5.9. Hublar ve Otoriteler

Ağlarda iki önemli tip düğüm bulunmaktadır; otoriteler, ilgilenilen bir konu üzerindeki faydalı bilgileri içeren düğümlerken; hublar, en iyi otoritelerin nerede bulunacağını söyleyen düğümlerdir. Bir otorite aynı zamanda bir hub ve bir hub da aynı zamanda bir otorite olabilmektedir. Yönsüz ağda, bir köşeye işaret etmekle işaret edilmek arasında herhangi bir fark bulunmadığından dolayı, hublar ve otoriteler sadece yönlü ağlarda mevcut durumdadırlar [42], [43].

4. SOSYAL AĞ ANALİZİNDE SIR SALGIN MODELİNİN UYGULANMASI

Bu bölümde SIR modeli ile bir popülasyondaki salgını modellemek için yapılan işlemler adım adım anlatılacaktır. Bu kapsamda öncelikle salgın modellemede kullanılacak düğüm ve kenar verilerinin elde edilişi ve modele uygun hale getirilmesi anlatılacaktır. Sonrasında düğüm ve kenar verilerinin Gephi analiz aracı ile geçtiği aşamalar gösterilerek ilk olarak verilerin genel görünümü üzerinde tartışılacaktır. Son aşama olarak dış derece analizi, arasındalık merkeziliği ve özvektör merkezilik analizleri yapılarak ağ üzerinde en etkin düğümler bulunması üzerine yapılan çalışmalar anlatılacaktır. Son aşamada ise en önemli düğümlerin SIR salgın modeli üzerinde ağın geneline yaptıkları etki üzerine karşılaştırmalar yapılacaktır.

4.1. KULLANILAN VERİ SETİ VE ÖZELLİKLERİ

Bu çalışma yapılacak analizler için Stanford Üniversitesinin SNAP veri setlerinden Gowalla veri seti kullanılmıştır [44]. Kullanılan veri seti SNAP veri seti sayfasının [45] konum temelli çevrimiçi sosyal ağlar bölümünde bulunmaktadır. Gowalla, kullanıcıların check-in yaparak konumlarını paylaştıkları, konum tabanlı bir sosyal ağ sitesidir. Arkadaşlık ağı 196.591 düğüm ve 950.327 kenardan oluşmaktadır. Veri seti kullanıcıların Şubat 2009 ve Ekim 2010 döneminde yaptıkları toplam 6.442.890 adet check-in verilerini içermektedir. Çizelge 4.1’de SNAP Gowalla veri setine ait öznitelikler gösterilmektedir.

Çizelge 4.1. SNAP Gowalla veri seti check-in öznitelikleri.

Kişi numarası	Check-in tarih ve zamanı	Enlem	Boylam	Mekan numarası
196514	2010-07-24T13:45:06Z	53.3648119	-2.2723465833	145064
196514	2010-07-24T13:44:58Z	53.360511233	-2.276369017	1275991

Ayrıca kenar bağlantıları da Şekil 4.1’ de gösterilmektedir. Şekil 0 numaralı kullanıcının 1-10 numaralı 10 kullanıcıya bağlantısı olduğunu göstermektedir.

0	1
0	2
0	3
0	4
0	5
0	6
0	7
0	8
0	9
0	10

Şekil 4.1. SNAP Gowalla veri seti kenar verileri.

4.2. SOSYAL AĞ ANALİZİ İLE ÖNEMLİ AKTÖRLERİN TESPİTİ

SNAP veri setindeki düğüm ve kenar verileri üzerinde öncelikli olarak aynı mekânda check-in yapmış olan kişilerin tespiti Şekil 4.2’ de gösterilen kod bloğu ile yapılmıştır. Kenar tablosundaki asıl kişi ve arkadaşları arasında tek tek karşılaştırma yapılmıştır. Eğer asıl kişi ve arkadaşı aynı mekânda check-in yapmışlar ise bu arkadaşlık ilişkisi ele alınmıştır. Böylece salgın modelleme için kişilerin aralarında bir fiziksel temasta bulunma olasılığı artırılmıştır.

```

for (int i = 0; i < edges_ilk_kisiler.Count; i++)
{
    ikinci_kisiler(edges_ilk_kisiler[i].Id1);

    for (int j = 0; j < edges_ikinci_kisiler.Count; j++)
    {
        kisileri_karsilastir(edges_ilk_kisiler[i].Id1, edges_ikinci_kisiler[j].Id2);

        for (int k = 0; k < ilk_kisinin_checkinleri.Count; k++)
        {
            for (int l = 0; l < ikinci_kisinin_checkinleri.Count; l++)
            {
                if (ilk_kisinin_checkinleri[k].Locid == ikinci_kisinin_checkinleri[l].Locid)
                {
                    File.AppendAllText("sonuclar_yeni.txt",
                        edges_ilk_kisiler[i].Id1 + "-" +
                        edges_ikinci_kisiler[j].Id2 + "-" +
                        ilk_kisinin_checkinleri[k].Locid +
                        Environment.NewLine);
                }
            }
        }
    }
}

```

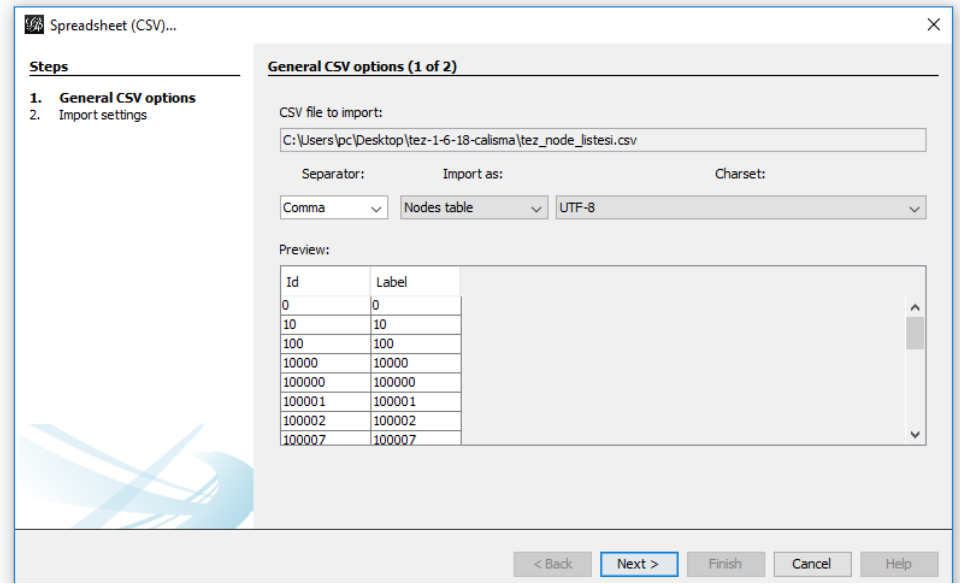
Şekil 4.2. SNAP veri setinden aynı mekanlarda bulunmuş kişilerin tespitini gerçekleştiren kod bloğu.

4.2.1. Gephi Analiz Aracı ile Düğüm ve Kenar Verilerinin İşlenmesi

Bu bölümde sosyal ağ analizinin başlangıcından sonuç elde edilmesine kadar geçen süreçler adım adım anlatılacaktır. Bundaki amaç, sosyal ağ analizi yapmak için yapılması gerekenler hakkında fikir vermektir. Bu bağlamda, öncelikli olarak verilerin

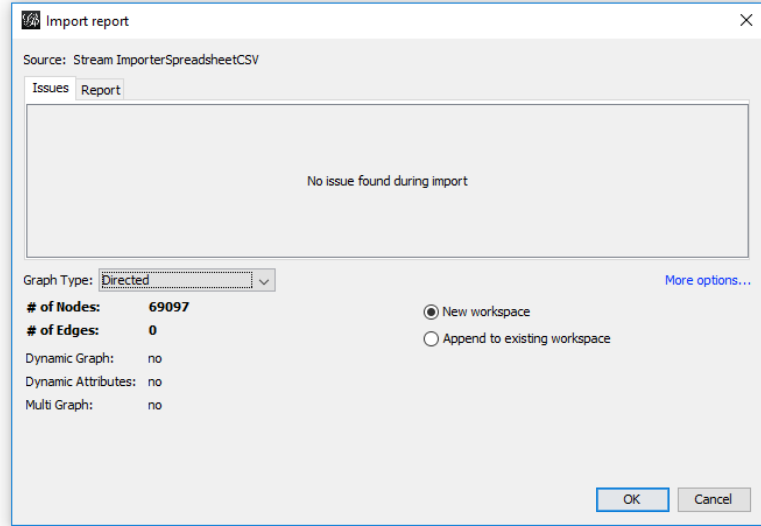
elde edilmesi, bu verilerin Gephi analiz aracına aktarımı anlatılacaktır. Sonrasında grafik arayüzünde ilk elde edilen karmaşık görüntünün anlamlı bir çıktı hale gelme süreci çeşitli istatistik ve görüntüleme araçları kullanılarak açıklanacaktır.

Kullanılan SNAP veri setindeki düğüm ve kenar verilerinin Gephi üzerinden içe aktarılma işlemi için CSV (Comma-separated values, Virgülle Ayrılmış Değerler) dosyası içe alma aracında kenar verileri “import as” kısmında “Nodes Table” şeklinde seçilir. Şekil 4.3’ de kenar çiftleri ekranda görülmektedir.



Şekil 4.3. Gephi’de kenar verilerinin içeri alımı.

Devam edildiğinde kenar verilerinden elde edilen 69.097 düğüm verisi Şekil 4.4’de görülmektedir.



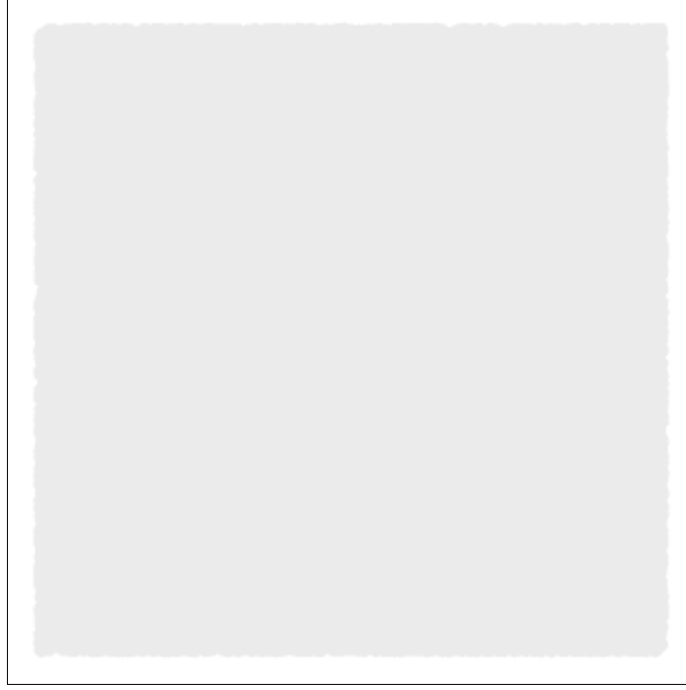
Şekil 4.4. Gephi ile düğüm verilerinin içeri alınması.

İçe aktarım için onay verildiğinde işlem tamamlanmakta ve Gephi arayüzünde “Data Laboratory” sekmesinde bulunan düğüm listesinde aktarılan veriler Şekil 4.5’de görüntülenmektedir.



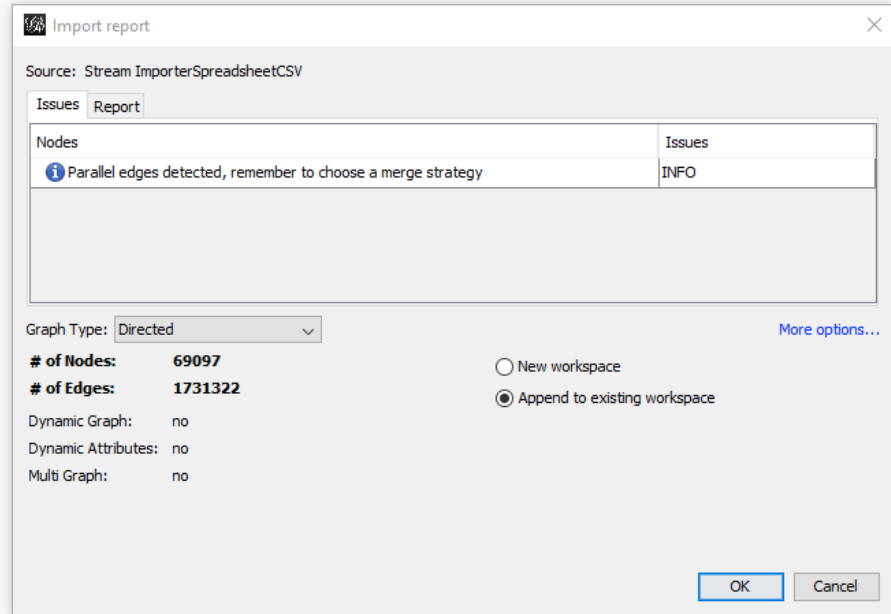
Şekil 4.5. Gephi düğüm listesi.

Bu verileri çizge üzerinde görüntülenmesi ilk aşamada Şekil 4.6’ deki gibi tamamen karmaşık bir görüntüye sebep olmaktadır.



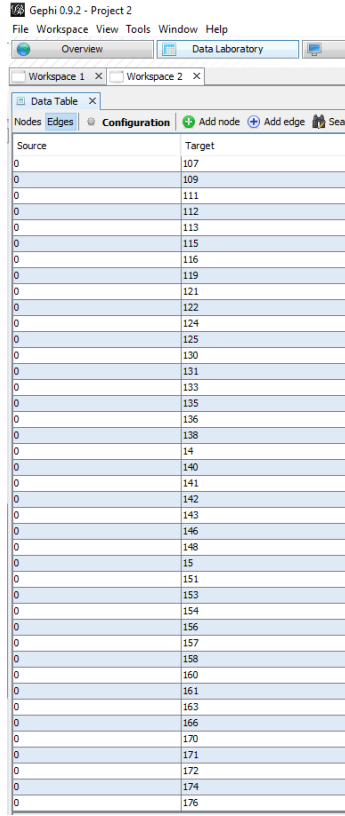
Şekil 4.6. Gephi’de aktarılan düğümlerin gösterimi.

Düğüm bağlantıları için kenar verileri de aynı düğüm verilerinin içeri alınması gibi yapılır. Farklı olarak “Import as” kısmında “Edge Table” seçimi yapılır. Şekil 4.7’ de görüldüğü üzere işlem sonucunda 1.731.322 kenar bağlantısı içeri alınmıştır.



Şekil 4.7. Gephi ile kenarların içeri alınması.

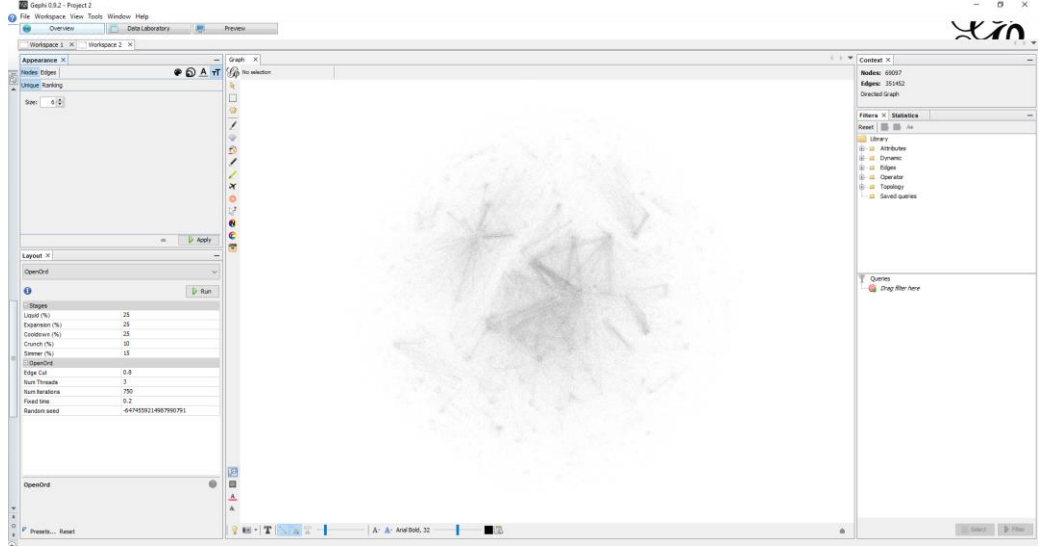
Gephi arayüzünde “Data Laboratory” sekmesinde bulunan kenar listesinde aktarılan veriler Şekil 4.8’ de görüntülenmektedir.



Source	Target
0	107
0	109
0	111
0	112
0	113
0	115
0	116
0	119
0	121
0	122
0	124
0	125
0	130
0	131
0	133
0	135
0	136
0	138
0	14
0	140
0	141
0	142
0	143
0	146
0	148
0	15
0	151
0	153
0	154
0	156
0	157
0	158
0	160
0	161
0	163
0	166
0	170
0	171
0	172
0	174
0	176

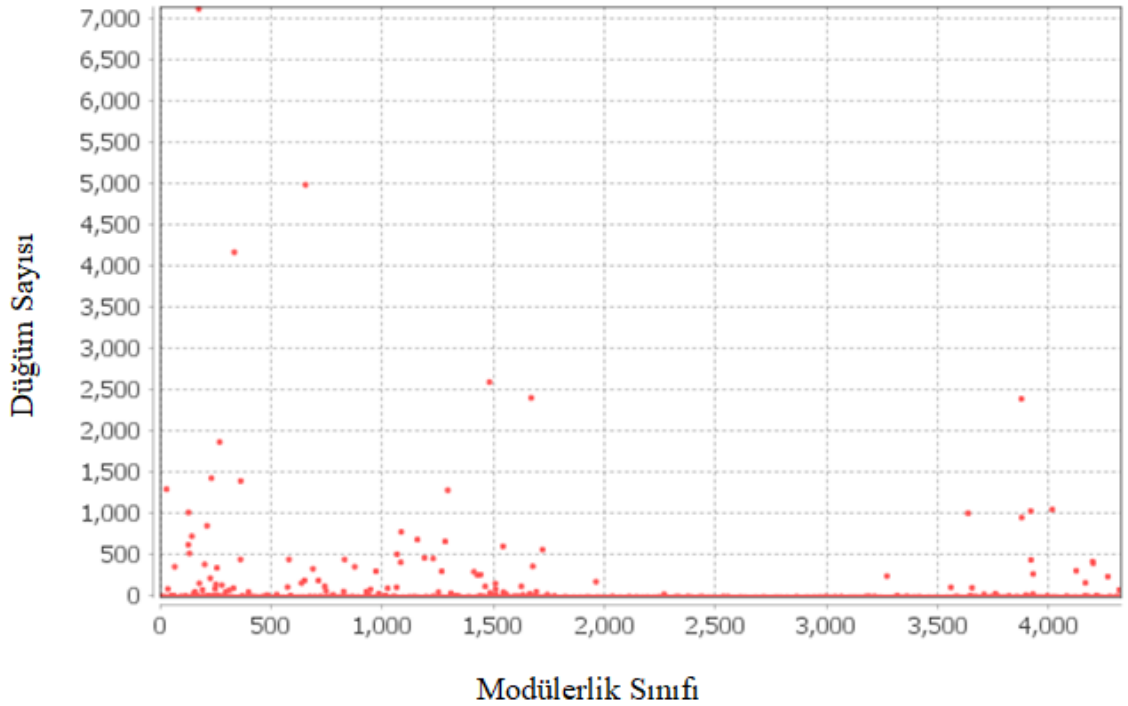
Şekil 4.8. Gephi kenar listesi.

Sosyal ağ analizine başlamak ve karmaşık görüntünün anlamlandırılmaya başlaması için Gephi “layout” seçimi yapılır. Layout algoritmaları sosyal ağ analizinde düğüm ve kenarların farklı şekillerde görüntülenmesini sağlamaktadır. Böylece elde edilen çıktıları analiz yapan kişiler dışındaki kişilerinde anlaması kolaylaşmaktadır. Gephi’de birçok layout varsayılan olarak gelmektedir. Ağın büyüklüğü göz önüne alındığında hızlı bir şekilde görsel sonuç almak için “OpenOrd” layout kullanılmıştır. Bu layout hızlı bir şekilde ağ grafikleri oluşturmaktadır. Bu nedenle çok geniş ağlarda kullanımı uygundur [46]. Varsayılan ayarlarıyla analiz yapıldığında Şekil 4.9’ daki grafik elde edilmektedir.



Şekil 4.9. Openord layout algoritması sonucu ağın görünümü.

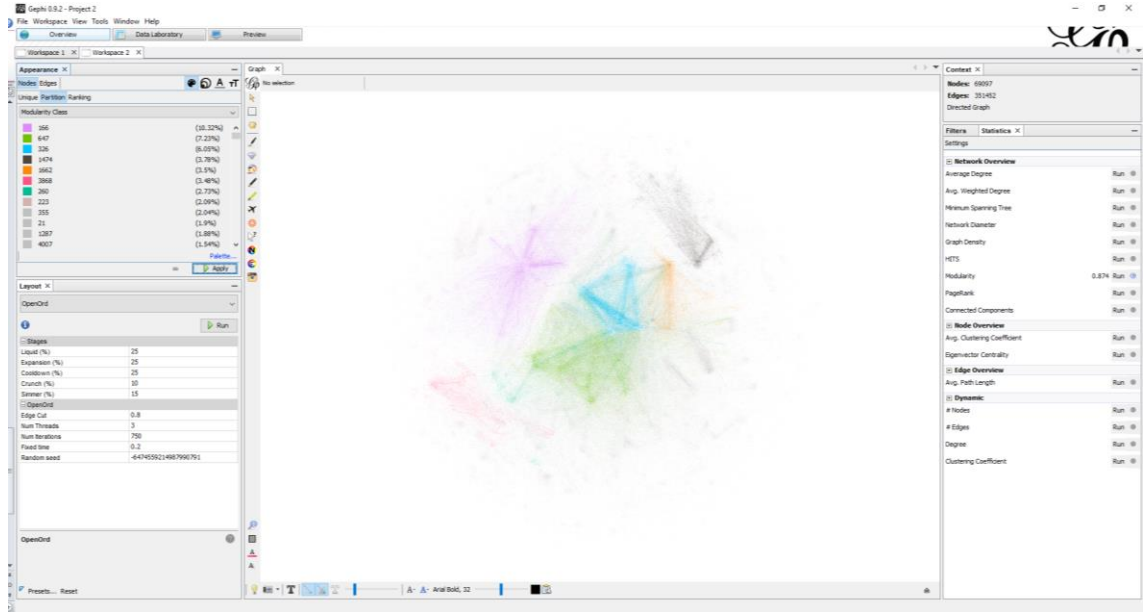
Adım adım grafiği anlamlandırmak için Gephi'nin istatistik bölümünden yapılacak analizler sonucunda grafik renklendirilmesi yapıldığında farklı bölümlerin farklı renkler aldığı görülmektedir. Bunun için modülerlik istatistiği çalıştırıldığında Şekil 4.10' da görüldüğü üzere 69.097 düğüm elemanlarından 4.321 adet farklı grup elde edilmiştir. Yatay eksen modülerlik sınıfını, dikey eksen ise düğüm sayısını göstermektedir.



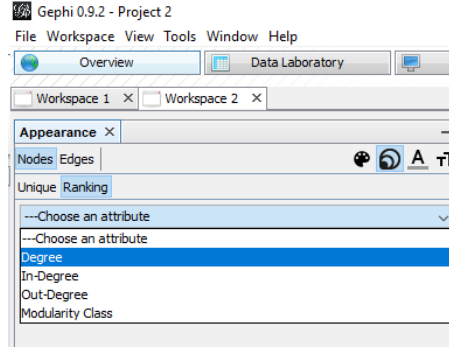
Şekil 4.10. Gephi' de modülerlik istatistiği ile topluluk analizi.

Çizge, modülerlik grubuna göre renklendirildiğinde ilk bakışta en çok elemanlara sahip

olan gruplar renklerine göre Şekil 4.11’ de görülmektedir. Fakat bu kadar geniş bir ağda sadece modülerlik analizi ile bir anlam etmek oldukça güçtür.

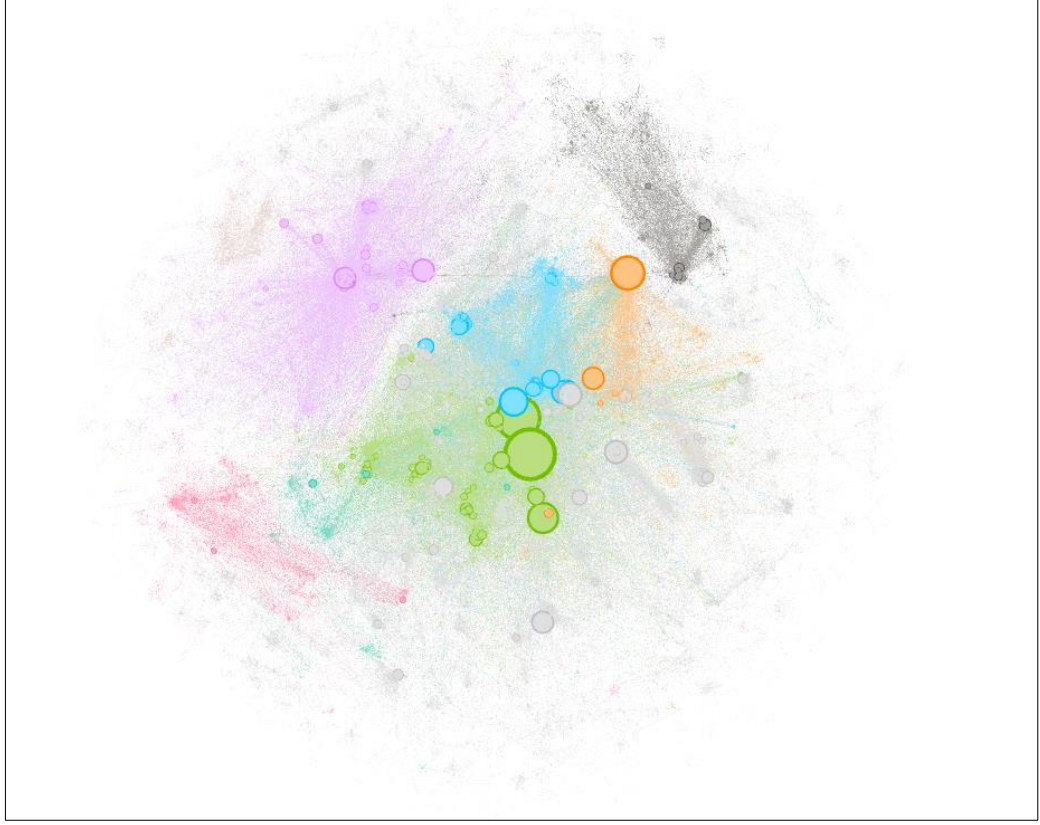


Şekil 4.11. Modülerlik istatistik değerlerine göre ağın renklendirilmesi.



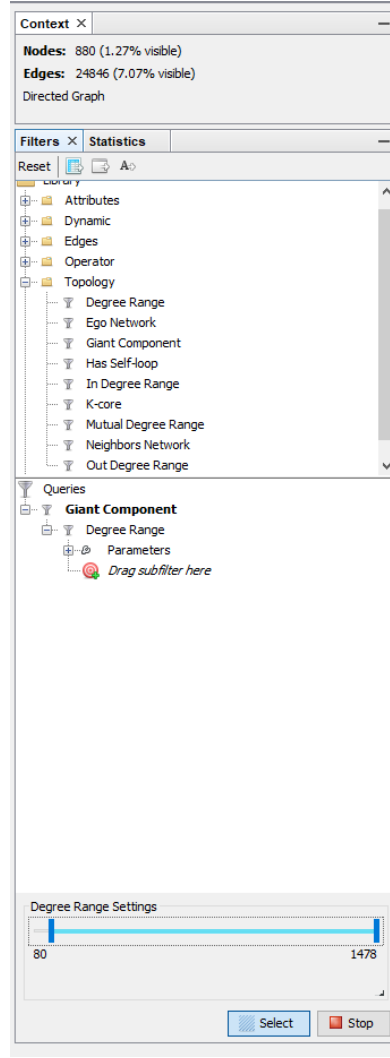
Şekil 4.12. Düğüm büyüklükleri için derece istatistik değerinin kullanılması.

Ağın genelinde etkili olan aktörlerin tespiti için daha özellikli analizler ile gösterim yapılmalıdır. Bunun için düğümler modülerlik değerlerine göre renklendirmeleriyle birlikte sahip oldukları derece değerlerine göre de büyüklükleri değiştirilerek birçok düğümden oluşan ağda derecesi en yüksek olan düğümlerin gösterimi ile en etkili aktör tespit edilmesine yardımcı olmaktadır. Şekil 4.12’ deki gibi derece seçimi yapıldıktan sonra Şekil 4.13’ deki gibi düğümler sahip oldukları derece değerlerine göre büyüklükleri değiştirildiğinde grafik daha da anlaşılmaktadır.

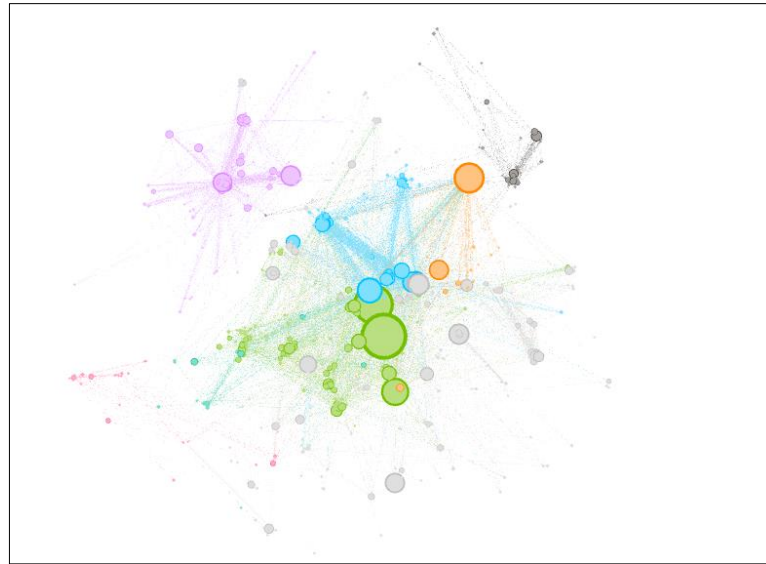


Şekil 4.13. Derece istatistik değerleri göre düğümlerin büyüklükleri.

Grafik üzerinde derece değeri çok düşük değerlerin çokluğundan dolayı karmaşıklık devam etmektedir. Görüntüdeki karmaşıklığın azaltılması için Gephi'nin filtre özellikleri kullanılacaktır. Böylece belirlenecek bir aralıktaki derecelerin gösterimi ile daha net bir görüntü elde edilecektir. Şekil 4.14'de derece aralığı 80 – 1478 şeklinde seçildiğinde düğüm sayısı 880 (Tüm ağdaki düğümlerin %1.27'si) ve kenar sayısı 24.846'ya (Tüm ağdaki kenarların %7.07'si) düşmektedir. Şekil 4.15' de ağın 80 – 1.478 aralığındaki dereceli düğümleri çizge üzerinde gösterilmektedir.

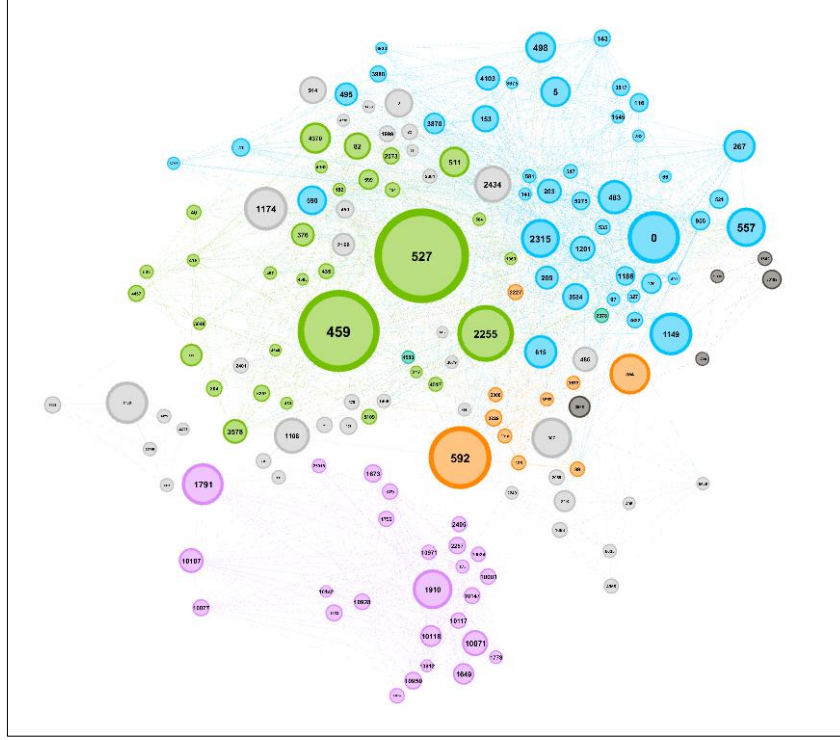


Şekil 4.14. Ağın 80 – 1.478 aralığındaki dereceli düğümlerinin filtrelenmesi.



Şekil 4.15. Ağın 80 – 1478 aralığındaki dereceli düğümlerinin çizge üzerinde gösterimi.

Hangi düğümlerin ağda etkili aktör olduğunu görmek için etiketleme yapıldığında ve derece aralığı 187 – 1.478 yapıldığında Şekil 4.16’ deki gibi daha net bir görüntü elde edilmektedir.



Şekil 4.16. Ağın 187 – 1.478 aralığındaki dereceli düğümlerinin çizge üzerinde gösterimi.

Data Laboratory ekranından 527, 459, 592 düğümlerinin en yüksek derece değerlerine sahip oldukları görülmektedir. Böylece ilk bakışta ağdaki en önemli aktörlerin sırasıyla 527, 459, 592 numaralı düğümler olduğu görülmektedir.

4.2.2. Ağın Analizi

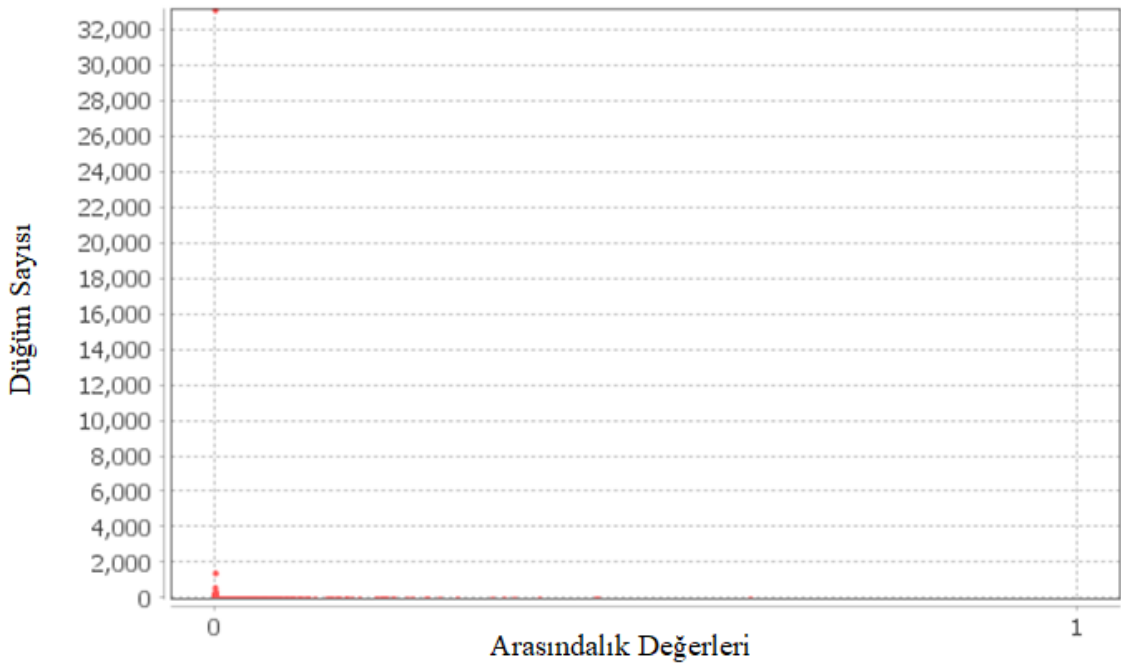
Bir önceki bölümde yapılan en yüksek derece değerli düğümlerin bulunmasından sonra salgın yayılımının yapılması, ağda yapılacak arasındalık, dış derece ve özvektör analizleri sonucunda elde edilen en yüksek değerli ilk 100 düğümler üzerinden yapılmıştır.

4.2.2.1. Arasındalık Analizi

Sosyal ağlarda bir merkezilik ölçüsü olarak arasındalık, bütün düğüm çiftleri en kısa patikalarla bilgi değişimi yaparken, o düğümden geçen bilgiyi ölçmektedir. Yüksek arasındalık ölçüsüne sahip olan düğümler, yüksek derecede aktif olan anahtar

oyunculardır. Sosyal yoğunluk anlamında ağları “sıkı” ve “gevşek” ağlar olarak da ayırmak mümkündür. Bir ağın sıklığı ve gevşekliği, kişiler arasında kaç bağlantının yapıldığı ile “arasındalık” ölçüsü ile ölçülür [7, ss. 95-96].

Yapılan analiz sonucunda Çizelge 7.7’ de belirtilen ilk üç düğüm 1174, 527 ve 459 numaralı düğümlerdir. 0.620548 değeri ile 1174 numaralı düğüm en yüksek arasındalık merkeziliği ile ilk sırayı almaktadır. Sırasıyla 527 ve 459 numaralı düğümler 0.444087 ve 0.441574 değerlerini aldıkları görülmektedir. Şekil 4.17’ de Gephi ile elde edilen grafikte ağın arasındalık merkeziliği dağılımı görülmektedir. Yatay eksen değer, dikey eksen düğüm sayısını ifade etmektedir. Ayrıca analiz sonucunda ortalama patika uzunluğu 10.71, yarıçap değeri 27 elde edilmiştir.



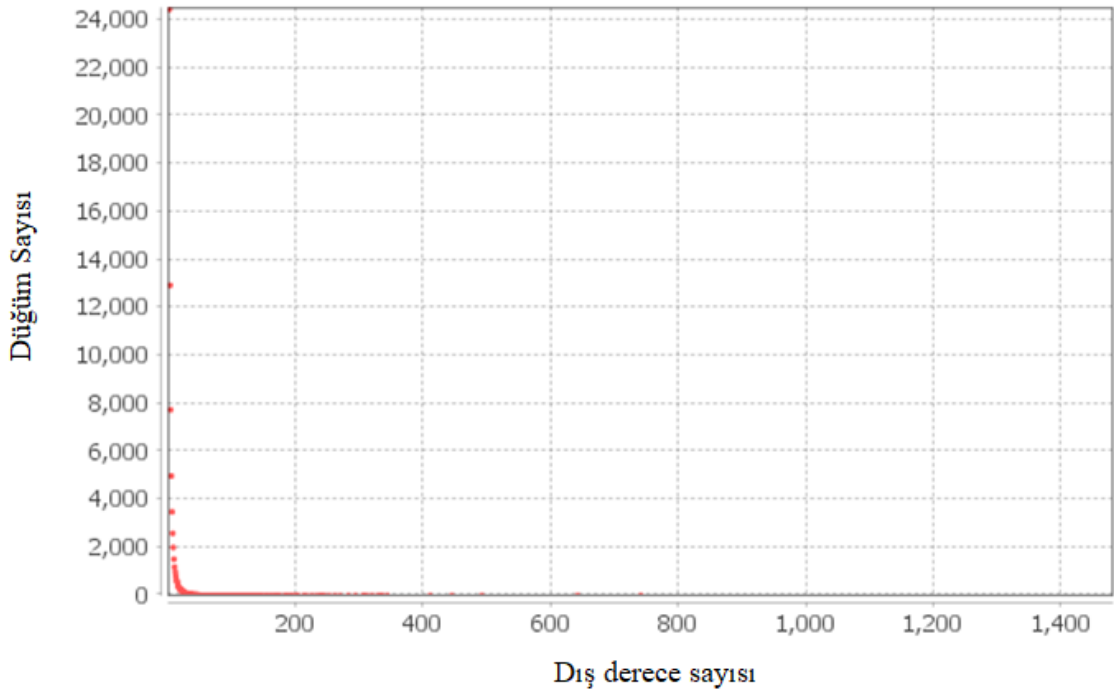
Şekil 4.17. Ağın arasındalık dağılımı.

4.2.2.2. Dış Derece Analizi

Bir çizgede bir düğümün derecesi ona bitişik olan düğümlerin sayısı ile veya dolayısıyla o düğümle temasta olan çizgiler ile ifade edilmektedir. Bir aktörün derece merkeziliği; ağdaki en aktif aktörlerin bulunması açısından önem bir ölçüttür. Derece açısından yüksek merkezilik değerine sahip aktör, ağdaki hareketin olduğu yerdedir. Derece merkeziliği yüksek olan aktörler, bilgi ve diğer akış kanallarına kolaylıkla ulaşabilen aktörler olmaktadır. Sonuçta, derece merkeziliği yüksek olan aktörlerin kaldırılması ağ üzerinde önemli etkiler yaratabilmektedir. Salgın modellemede en önemli aktörlerden

yayılımın başladığı varsayımı üzerinden gidildiği için bu noktada dış derece merkeziliği analizi yapılmıştır. Yani en önemli aktörden başlayarak ağı yayılım modellenmiştir.

Yapılan analiz sonucunda Çizelge 7.6’ de belirtilen ilk üç düğüm 527, 459 ve 592 numaralı düğümlerdir. 739 değeri ile 527 numaralı düğüm en yüksek dış derece merkeziliği ile ilk sırayı almaktadır. Sırasıyla 459 ve 592 numaralı düğümler 640 ve 490 değerlerini aldıkları görülmektedir. Şekil 4.18’ de Gephi ile elde edilen grafikte ağıın dış derece merkeziliği dağılımı görülmektedir. Yatay eksen değer, dikey eksen düğüm sayısını ifade etmektedir.



Şekil 4.18. Ağın dış derece dağılımı.

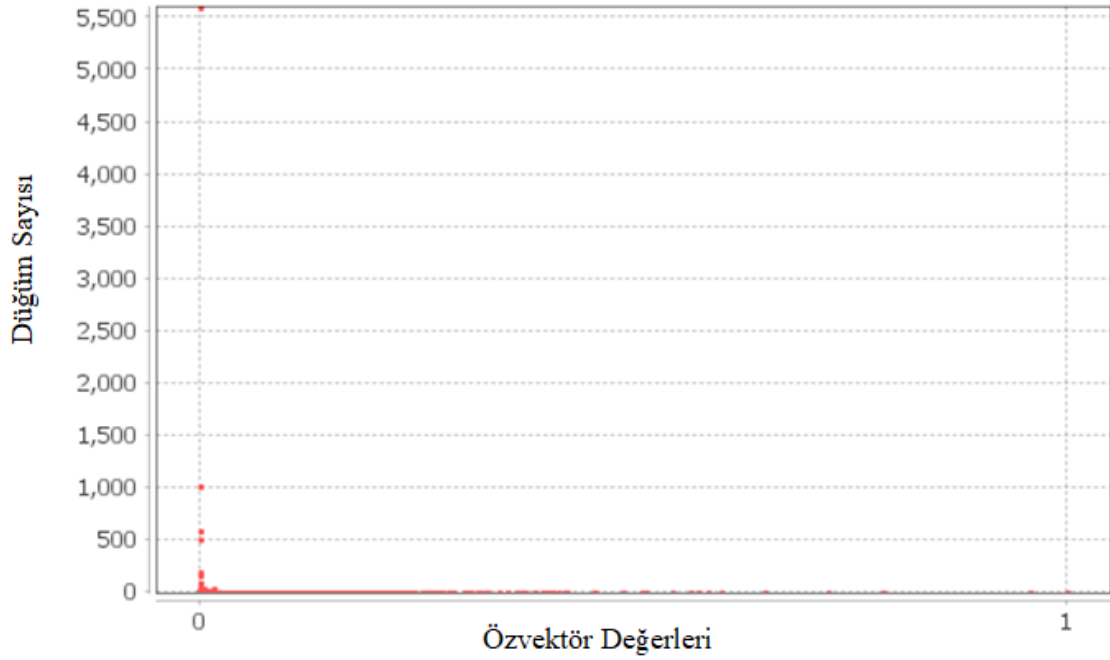
4.2.2.3. Özvektör Merkeziliği Analizi

Özvektör merkeziliği (Eigenvector centrality), bir düğümün bir ağdaki önemini ölçmek ve bir ağdaki bütün düğümlere göreli değerlerinin bulunmasını sağlamaktadır. Özvektör merkeziliği, bağlantıların sayısına olduğu kadar kalitesine de bağlıdır. Eğer bir düğümün az sayıda yüksek kaliteli bağlantısı varsa bu düğüm çok sayıda ortalama bağlantıya sahip bir düğümü özvektör merkeziliği anlamında geçebilir [7, ss. 98].

Yapılan analiz sonucunda Çizelge 7.5’ de belirtilen ilk üç düğüm 459, 527 ve 592 numaralı düğümlerdir. 1 değeri ile 459 numaralı düğüm en yüksek özvektör merkeziliği ile ilk sırayı almaktadır. Sırasıyla 527 ve 592 numaralı düğümler 0,936596 ve 0,792264

değerlerini aldıkları görülmektedir.

Şekil 4.19’ da Gephi ile elde edilen grafikte ağın özvektör merkeziliği dağılımı görülmektedir. Yatay eksen değer, dikey eksen düğüm sayısını ifade etmektedir.



Şekil 4.19. Ağın özvektör dağılımı.

4.3. SALGIN MODELLEME

Bulaşıcı hastalıklar kolayca yayıldığı ve etkilerinin daha tehlikeli olduğu için insan ve canlı hayatını tehdit etmektedir [47]. Sayısız bulaşıcı hastalıklar dünyayı etkilemeye devam etmektedir. Veba, kolera ve grip gibi oldukça ölümcül bulaşıcı hastalıklar insanlık tarihi boyunca milyonlarca insanın ölümüne sebep olmuştur. 1918 grip salgınının sonucu olarak 50 milyon ve HIV / AIDS'in 35 milyondan fazla kişinin hayatını aldığı tahmin ediliyor [48]. Salgın yayılma süreçleri, (çevrimiçi) sosyal davranışlar, insanlarda veya bilgisayarlardaki enfeksiyonların yayılımı ve başarısızlıkların basamaklanması gibi bir dizi ağ olgusunda ortaya çıkar [49].

Son yıllarda, ciddi bulaşıcı hastalıklar ulusal sınırların ötesine geçmekte ve küresel ölçekte yaygın bir biçimde yayılmaktadır. Salgın hastalıkların görülme sıklığı ve oranı, sadece enfeksiyonun gücü, latent periyot ve enfeksiyöz dönem gibi patojen-bağımlı hastalık özelliklerinden değil, aynı zamanda insan mobilitesi ve temas desenlerinden de etkilenmektedir [50]. Günümüzde sosyal ve haber medyası, hastalık aktivitesindeki ve

ilerlemesindeki desenleri açıklamak için giderek daha fazla kullanılmaktadır [51]. Salgın modeli, bulaşıcı bir hastalığın bir popülasyonda iletilmesini tanımlayan gerçekliğin basitleştirilmiş bir temsilidir [52]. Salgın modelleri bir salgının evrimi, stratejilerin etkisini değerlendirmek, acil müdahale ve risk değerlendirmesini desteklemek için gözlemlememizi sağlar [53]. Esneklikleri nedeniyle, ağlar farklı biçimlerde enfeksiyon yayılmasını modellemek için kullanılmıştır [54].

Tarih öncesinden günümüze kadar, hastalıklar korku ve batıl inanç kaynağı olmuştur. Hastalık dinamiğinin kapsamlı bir resmini, model oluşturmada diferansiyel denklemleri çözmekten istatistiksel analize kadar çeşitli matematiksel araçlar gerektirir [55]. Salgının matematiksel modellenmesi, salgının temel nedenini analiz etmek ve ona etkili müdahaleler bulmak için önemlidir [56]. Bulaşıcı hastalıkların iletim dinamiklerini anlamak ve farklı müdahale stratejilerinin potansiyel etkisini değerlendirmek için matematiksel modelleri kullanma konusunda uzun bir gelenek vardır. Salgın için matematiksel modellerin artan kullanımı, özellikle patojenlerin ve sosyal bağlamların temel iletim özelliklerini yakalayan güvenilir modellerin tasarlanmasının önemini vurgulamaktadır [57].

Matematiksel yaklaşımlar, bulaşıcı hastalık salgınlarının dinamiklerini, özellikle de büyük ölçekli aşılama dâhil olmak üzere müdahale stratejilerinin etkisini değerlendirmek için yararlı olabilir [58]. Matematiksel modelleme, geçmiş müdahale stratejilerini analiz etmek ve gelecek vadedenleri tespit etmek için iyi bir araçtır. Özellikle matematiksel modelleme, soyut ve çeşitli devlet müdahalesi stratejilerinin yararlarını ölçmektedir. Birçok araştırmacı, epidemiler için matematiksel modelleme ve müdahale stratejilerini araştırmaya harcamaktadırlar [59]. Salgın yayılma modelleri özellikle hastalıkların yayılmasını açıklamakta başarılı olmuştur ve bu nedenle hastalıkların sağlıklı popülasyonlar üzerindeki etkisini hafifletmek için azaltma stratejilerinin geliştirilmesine olanak sağlamıştır [60]. Geçtiğimiz birkaç on yılda, çeşitli salgın modeller, bulaşıcı hastalıkların modellenmesinde, bulaşma oranlarının, yani yeni enfeksiyonların oranının, hastalık bulaşma mekanizmalarını ortaya çıkarmak için formüle edilmiş ve çalışılmıştır. Genellikle, modelin gerçekten de hastalık dinamiğinin makul bir nitel tasvirini sağladığının garantilenmesinde önemli bir rol oynar [47].

Salgın modellemede, yayılımın olduğu bir popülasyon ele alınır. N kişiden oluşan popülasyonda kişiler elverişli (Susceptible), hasta (Infected) ve Kurtarılmış (Recovered) veya Kaldırılmış (Removed) durumlarından biri şeklinde ifade edilir.

4.3.1. Elverişli Kişiler

Bir birey elverişli durumda olduğunda, hastalığa yakalanma potansiyeli vardır. Gerçekte enfeksiyonlar, hastalığın yayıldığı popülasyonun dışından gelebilir (örneğin, genetik mutasyon, bir hayvanla temas, vb.). Bununla birlikte, basitlik için, kullanılan salgın modellerinde elverişli bireylerin yalnızca popülasyondaki hasta kişiler tarafından hasta olabildiği varsayımını yapılmıştır. t zamanındaki elverişli kişiler $S(t)$ olarak tanımlanmaktadır.

4.3.2. Hasta Kişiler

Elverişli kişileri hasta etme şansına sahip kişileri ifade etmektedir. t zamanındaki hasta kişiler $I(t)$ olarak tanımlanmaktadır.

4.3.3. Kurtarılmış veya Kaldırılmış Kişiler

Bu durumdaki kişiler, hastalıktan kurtulmuş olan ve dolayısıyla hastalığa karşı tam veya kısmi bağışıklığa sahip olan veya hastalıkla öldürülen bireylerdir. t zamanındaki kurtarılmış ya da kaldırılmış kişiler $R(t)$ olarak tanımlanmaktadır.

4.3.4. Salgınlar İçin Kullanılan SIR (Susceptible, Infectious, Removed / Recovered) Modeli

SIR Modelinde salgın yayılımı yapılacak popülasyon sayısı N ve hastalığa elverişli kişiler elverişli (Susceptible) olarak tanımlanmaktadır. $S(t)$, t anında hastalık bulaşmayan fakat hastalığa karşı elverişli kişilerdir (Eşitlik 4.2). $I(t)$, t anında hasta olan ve hastalığı elverişli kişilere bulaştırma potansiyeli olan kişilerdir (Eşitlik 4.3). $R(t)$, artık hasta olma olasılığı olmayan veya hastalığı bulaştırma olasılığı olmayan kişilerin sayısıdır (Eşitlik 4.4). Modeldeki toplam popülasyon N , Eşitlik 4.1'deki gibi tanımlanır.

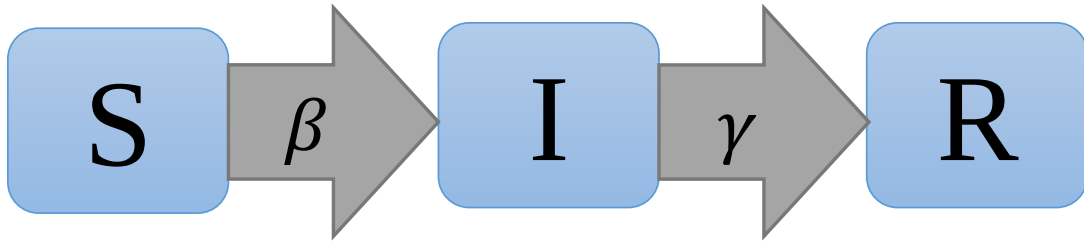
$$N = S(t) + I(t) + R(t) \quad (4.1)$$

$$S' = -\beta S(t)I(t) \quad (4.2)$$

$$I' = \beta S(t)I(t) - \gamma I(t) = (\beta S(t) - \gamma)I(t) \quad (4.3)$$

$$R' = \gamma I(t) \quad (4.4)$$

γ , İyileşme hızı modellenecek hastalığın iyileşme süresine göre 1/gün sayısı şeklinde tanımlanmaktadır.



Şekil 4.20. SIR modeli.

4.4. DENEYSEL SONUÇLAR

Bu bölümde SNAP veri setinden elde edilen popülasyon üzerinde Gephi ile yapılan analizler anlatılacaktır. Analiz sonuçlarından sonra ise ağ üzerinde etkili aktörün tespit edilerek SIR salgın modeli ile ağda potansiyel dağılımı incelenecektir.

Öncelikli olarak ağda en etkili aktörün tespiti için dış derece analizi yapılarak her düğümden diğer düğümlere giden bağlantı sayısı en fazla olan düğümler tespit edilmiştir. Analiz sonucuna göre en yüksek dış derece değerine sahip ilk 20 düğüm Çizelge 4.2’ de gösterilmektedir. 527 numaralı düğüm 739 dış derece sayısı ile ilk sıradadır.

Çizelge 4.2. Ağdaki en yüksek dış derece değerine sahip ilk 20 düğüm.

	Düğüm no	Modülerlik sınıfı	Özvektör merkezliği	İç derece	Dış derece	Yakındalık merkezliği	Arasındalık merkezliği
1	527	647	0.936596	739	739	0.242992	0.444087
2	459	647	1	640	640	0.244633	0.441574
3	592	1662	0.792264	490	490	0.234509	0.206731
4	2255	647	0.727172	443	443	0.240781	0.228826
5	0	326	0.630378	409	409	0.240814	0.335439

Çizelge 4.2. (devam). Ağdaki en yüksek dış derece değerine sahip ilk 20 düğüm.

	Düğüm no	Modülerlik sınıfı	Özvektör merkezliği	İç derece	Dış derece	Yakındalık merkezliği	Arasındalık merkezliği
6	1174	355	0.555428	342	342	0.24805	0.620548
7	1149	326	0.513801	334	334	0.231178	0.145151
8	1430	1287	0.075717	332	332	0.175166	0.058246
9	1791	166	0.332998	327	327	0.211617	0.196835
10	854	1662	0.232623	318	318	0.221162	0.131408
11	307	21	0.183039	318	318	0.229606	0.321275
12	1910	166	0.294364	310	310	0.205004	0.136504
13	557	326	0.573671	306	306	0.240921	0.223101
14	2315	326	0.639533	304	304	0.23254	0.090648
15	2434	355	0.514935	292	292	0.241481	0.346915
16	1108	193	0.325015	281	281	0.227916	0.089299
17	483	326	0.516398	268	268	0.220561	0.040147
18	615	326	0.360441	260	260	0.229394	0.158605
19	267	326	0.351158	251	251	0.222977	0.087336
20	4370	647	0.336052	243	243	0.239771	0.260447

4.4.1. Ego-Ağ Analizinin Ağ Geneline Etkisi

Dış derece değeri ilk sırada 527 numaralı düğüm seçilerek ağ üzerinde sırasıyla 1., 2., 3. ve en çok bağlı olduğu seviyedeki düğümlerin bulunması için ego- ağ analizi yapılmıştır. Çizelge 4.3’ de gösterildiği gibi dış derece değerine göre en yüksek bağlantıya sahip 527 düğümünün ego ağ analizi yapıldığında 1. Seviyede 740 düğüm ile tüm ağın %1.07’sine bağlantısı olduğu görülmektedir. Seviye değeri sırasıyla 2, 3 ve en çok yani en uzun bağlantı sağlanacak şekilde analiz edildiğinde %11,06, %31,93 ve %83,71 değerlerini almaktadır.

SIR salgın modelinin 527 numaralı düğüm üzerinden yayılım yapıldığında tüm ağın

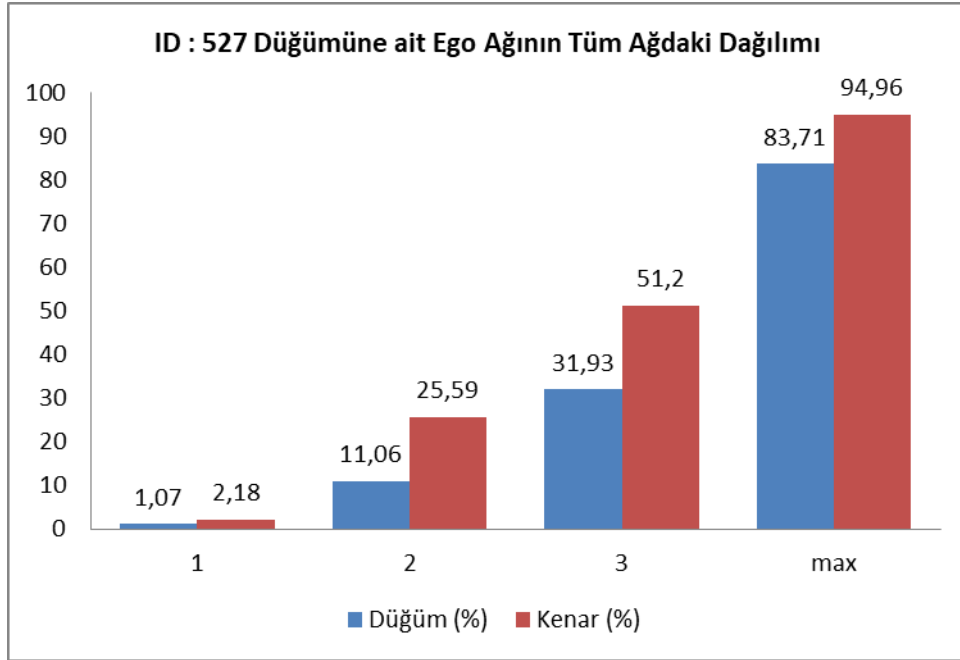
%83,71'ini etkileyebilecek bir konumda olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.3. 527 numaralı düğümün 1., 2., 3. ve en çok seviyedeki bağlı olan düğüm sayısı.

	1	2	3	En çok	Tüm Ağ
Düğüm	740	7645	22066	57843	69097
Kenar	7654	89930	179928	333722	351452

Çizelge 4.4. 527 numaralı düğümün 1., 2., 3. ve en çok seviyedeki bağlı olan düğümlerin tüm ağdaki oran dağılımları.

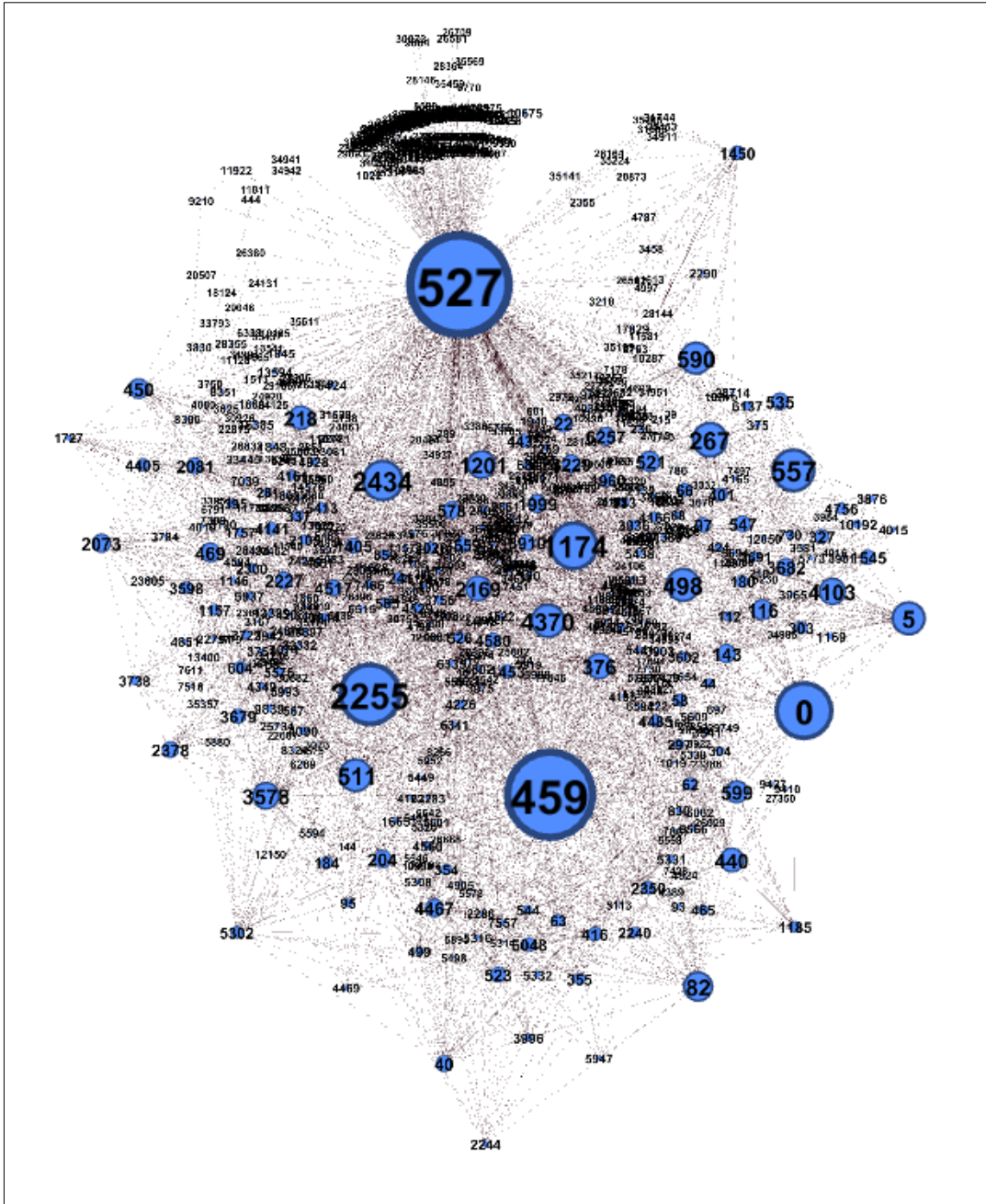
	1	2	3	En çok	Tüm Ağ
Düğüm (%)	1,07	11,06	31,93	83,71	100
Kenar (%)	2,18	25,59	51,2	94,96	100



Şekil 4.21. 527 düğümüne ait ego-ağın tüm ağdaki düğüm ve kenar dağılımları (%).

4.4.1.1. Seviye 1

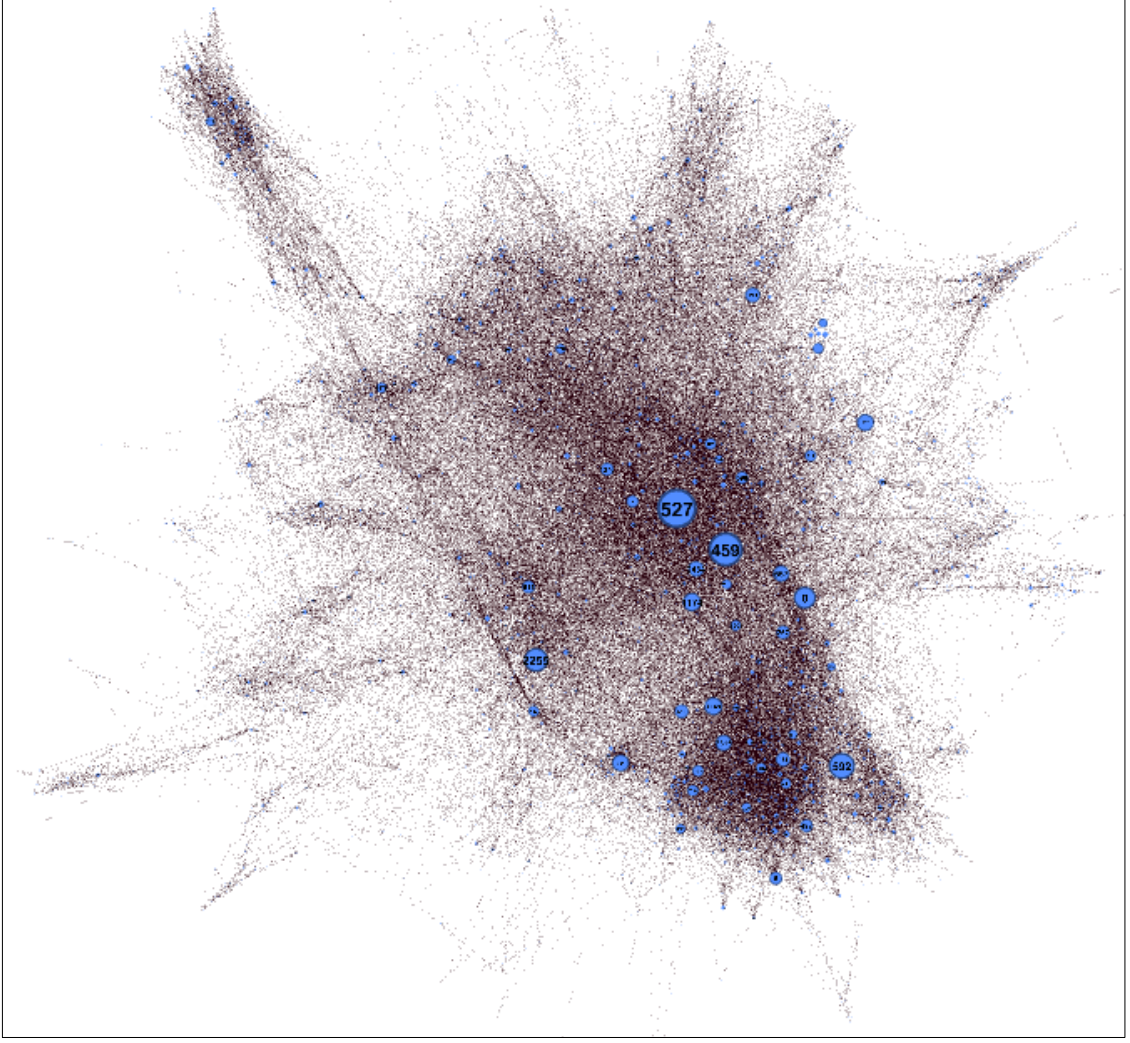
527 düğümü seçilerek Gephi üzerinden 1.seviye ego-ağ analizi yapıldığında Şekil 4.22'de gösterilen çıktı elde edilmektedir.



Şekil 4.22. 527 düğümünün 1. seviye ego-ağ dağılımı.

4.4.1.2. Seviye 2

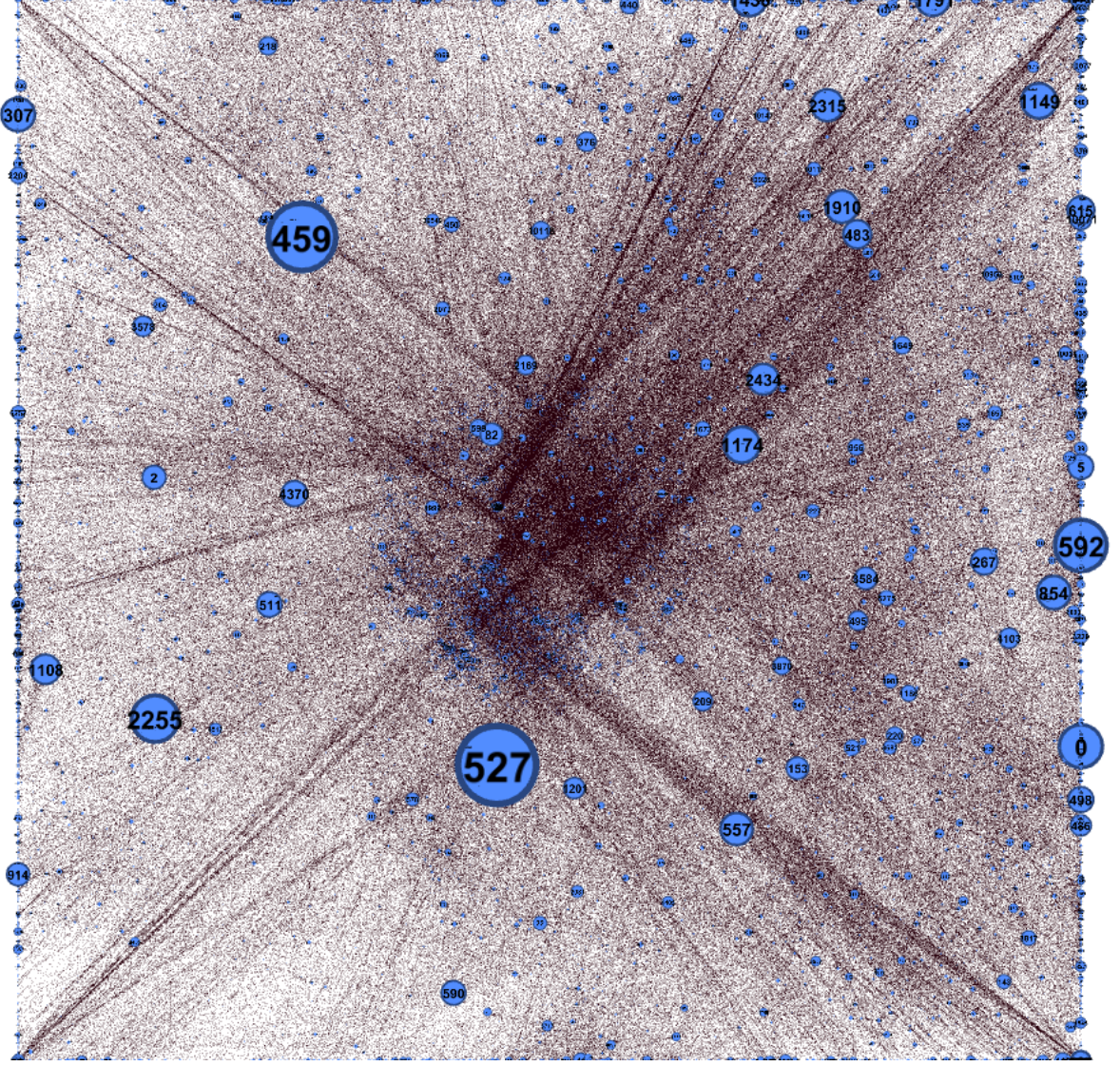
527 düğümü seçilerek Gephi üzerinden 2. seviye ego-ağ analizi yapıldığında Şekil 4.23’de gösterilen çıktı elde edilmektedir. 1. seviye analizine göre daha fazla düğüm ve kenar içermesinden dolayı daha karmaşık bir görüntü oluşturulmuştur.



Şekil 4.23. 527 düğümünün 2. seviye ego-ağ dağılımı.

4.4.1.3. Seviye 3

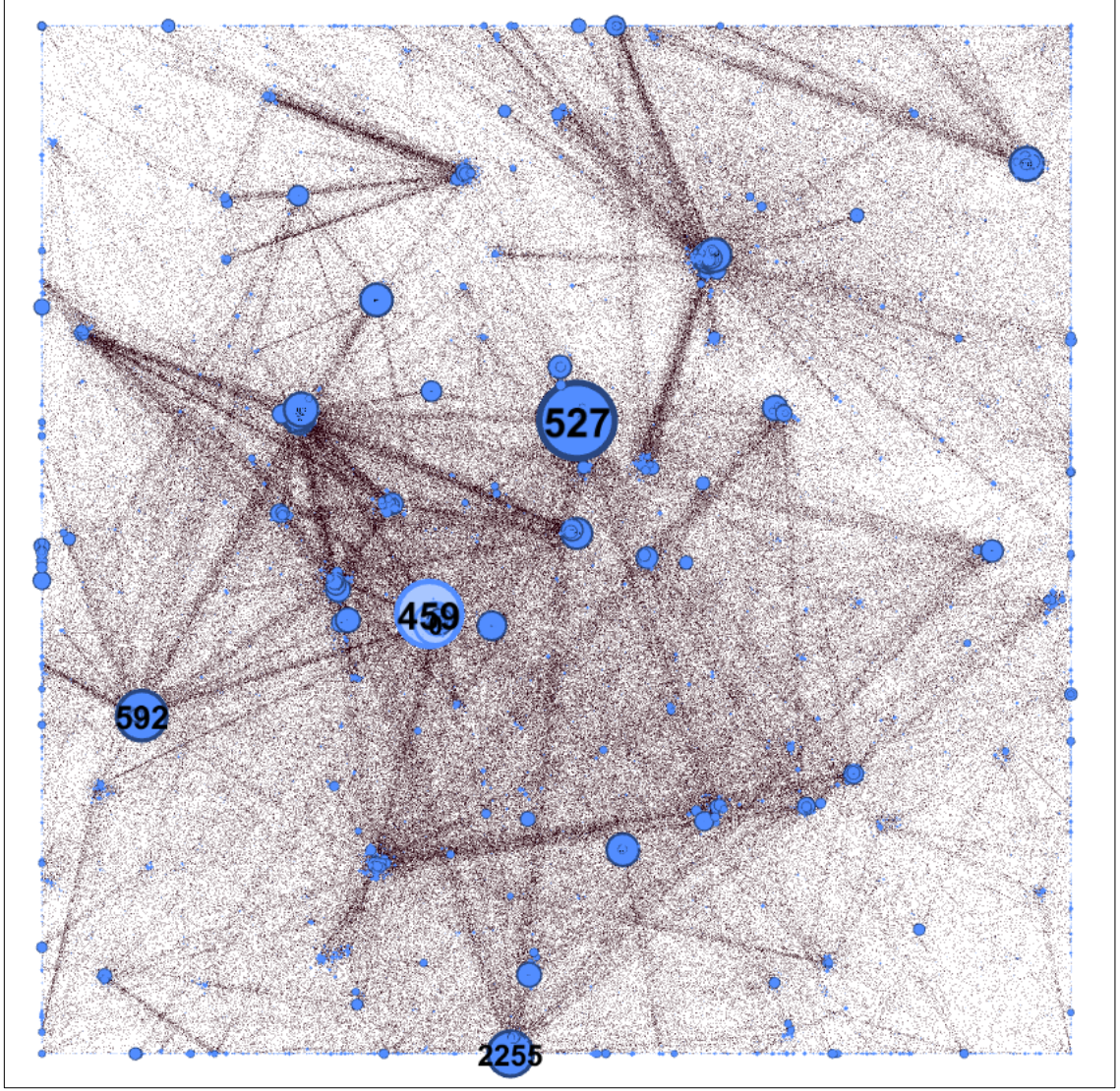
527 düğümü seçilerek Gephi üzerinden 3.seviye ego-ağ analizi yapıldığında Şekil 4.24’de gösterilen çıktı elde edilmektedir.



Şekil 4.24. 527 düğümünün 3. seviye ego-ağ dağılımı.

4.4.1.4. Seviye En Çok

527 düğümü seçilerek Gephi üzerinden en çok seviye ego-ağ analizi yapıldığında Şekil 4.25’de gösterilen çıktı elde edilmektedir.

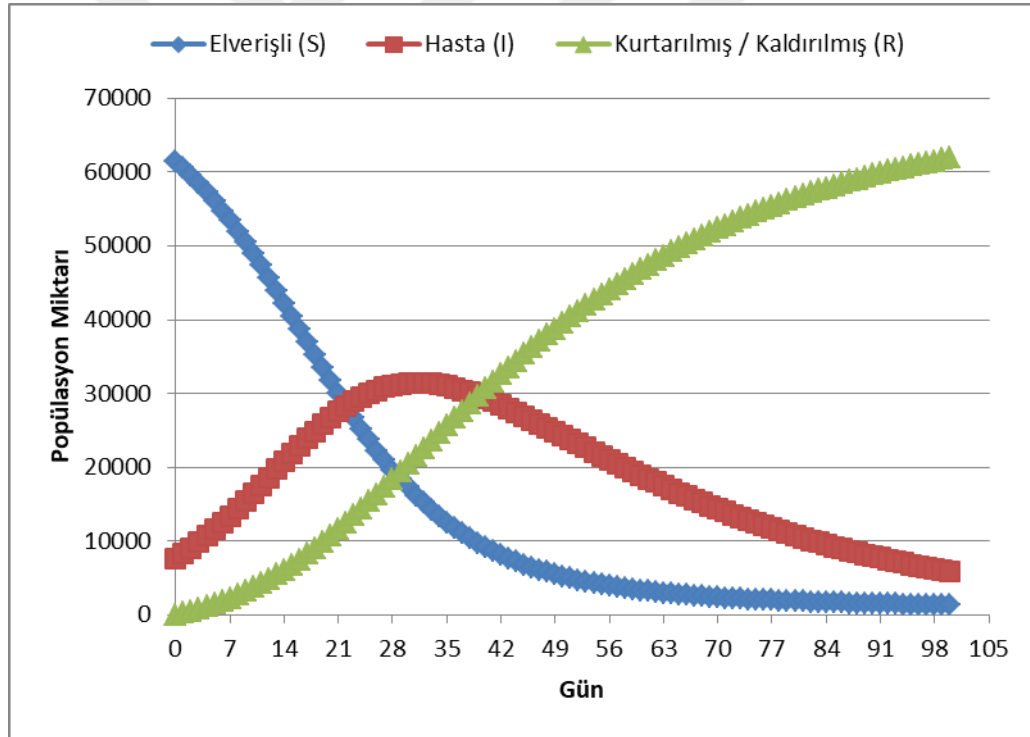
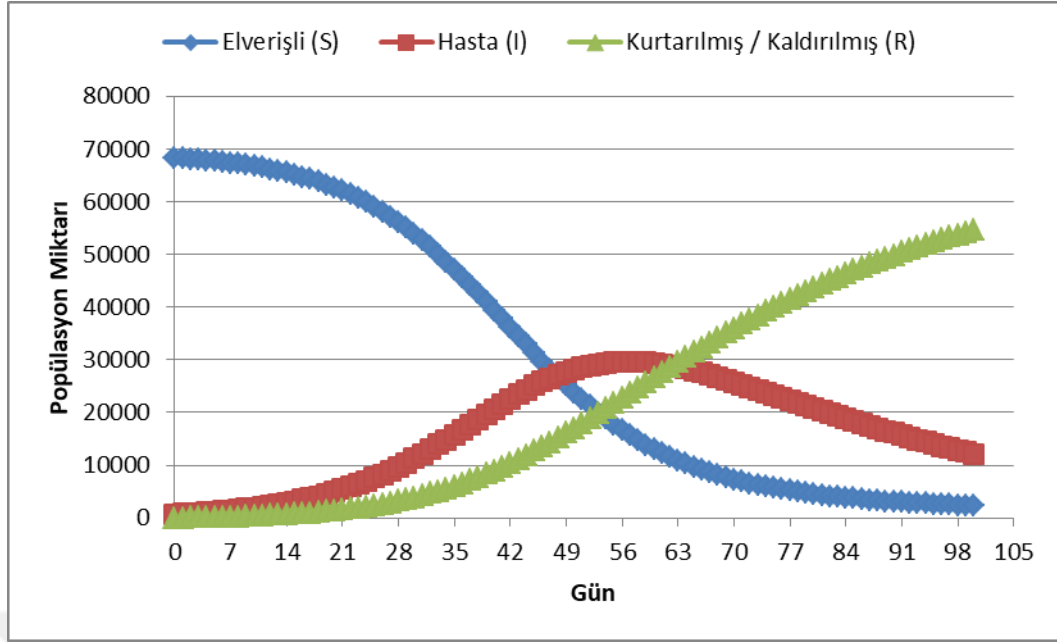


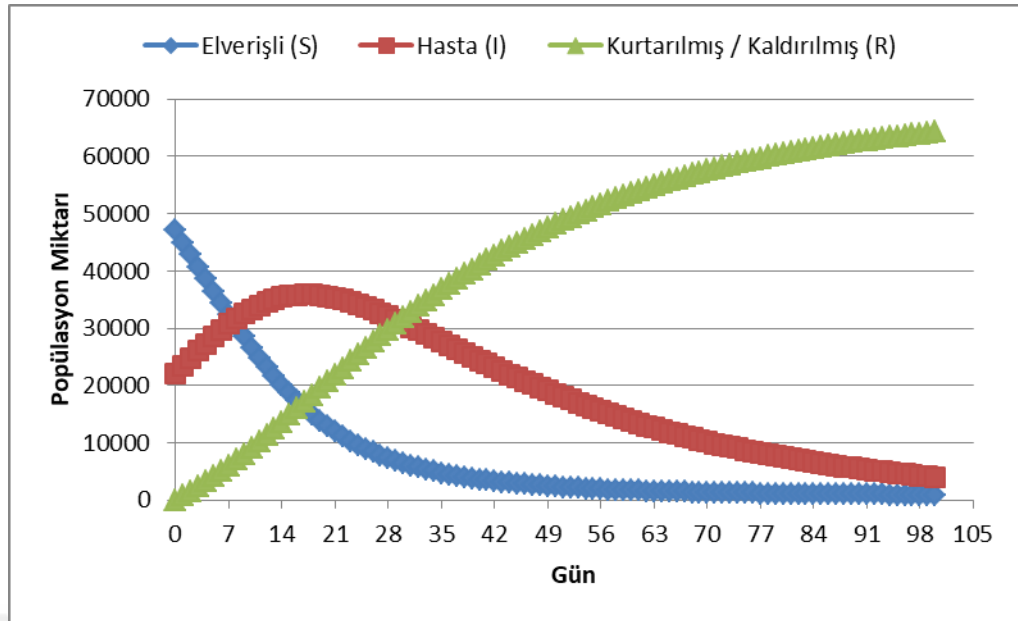
Şekil 4.25. 527 düğümünün en çok seviye ego-ağ dağılımı.

4.4.2. Ego-Ağ Analizinden SIR Salgın Modeline Geçiş

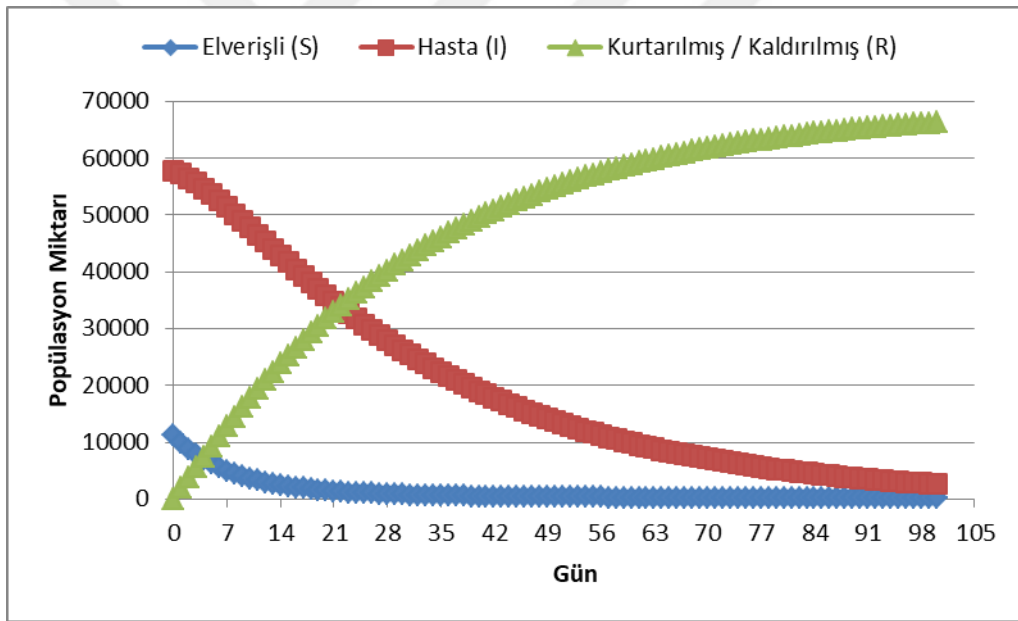
SIR salgın modelinin 527 numaralı düğüm üzerinden seviye 1, 2, 3 ve en çok değerlerine göre ağ üzerinde “hasta” olarak ele alındığında 7 günlük ızgara dilimlerine ayrılan 100 günlük salgın süreci Şekil 4.26, Şekil 4.27, Şekil 4.28 ve Şekil 4.29’da gösterilen grafik sonuçları elde edilmiştir.

SIR modelinde bulaşma hızı 500.000 de 1 olarak $\beta = 0,000002$ ve iyileşme hızı 1 ay olarak seçilmiş ve 1/30 olarak $\gamma = 0,033$ şeklinde tanımlanmıştır. 100 günlük bir salgın sürecinde gerekli SIR salgın modeli hesaplamaları uygulandığında Çizelge 7.1, Çizelge 7.2, Çizelge 7.3 ve Çizelge 7.4’ de gösterilen değerler elde edilmiştir.





Şekil 4.28. 527 düğümünün 3. seviye ego-ağ dağılım grafiği.



Şekil 4.29. 527 düğümünün en çok seviye ego-ağ dağılım grafiği.

4.4.3. SIR Salgın Modelinin Ağ Yapısı ile Modellenmesi

Önceki bölümde literatürde de analizi yapılan SIR modelinin S, I, R ile bulaşma ve iyileşme katsayı değerlerine göre yapılan matematiksel hesaplamaların sonuçları görülmektedir. Bu bölümde ise literatüre katkı olarak SIR modelinin mevcut çizge ağ yapısı üzerinde yayılımı incelenecektir. Bunun için ağ genelinde hastalık taşıyacak düğümler 4 farklı şekilde belirlenerek aşağıdaki analizler bu ilk seçilen düğümler üzerinden değerlendirilecektir:

- Rasgele seçilen 10 düğüm,
- En yüksek dış derece merkeziliğine sahip 100 düğüm,
- En yüksek özvektör merkeziliğine sahip 100 düğüm,
- En yüksek arasındalık merkeziliğine sahip 100 düğüm seçilerek yapılacaktır.

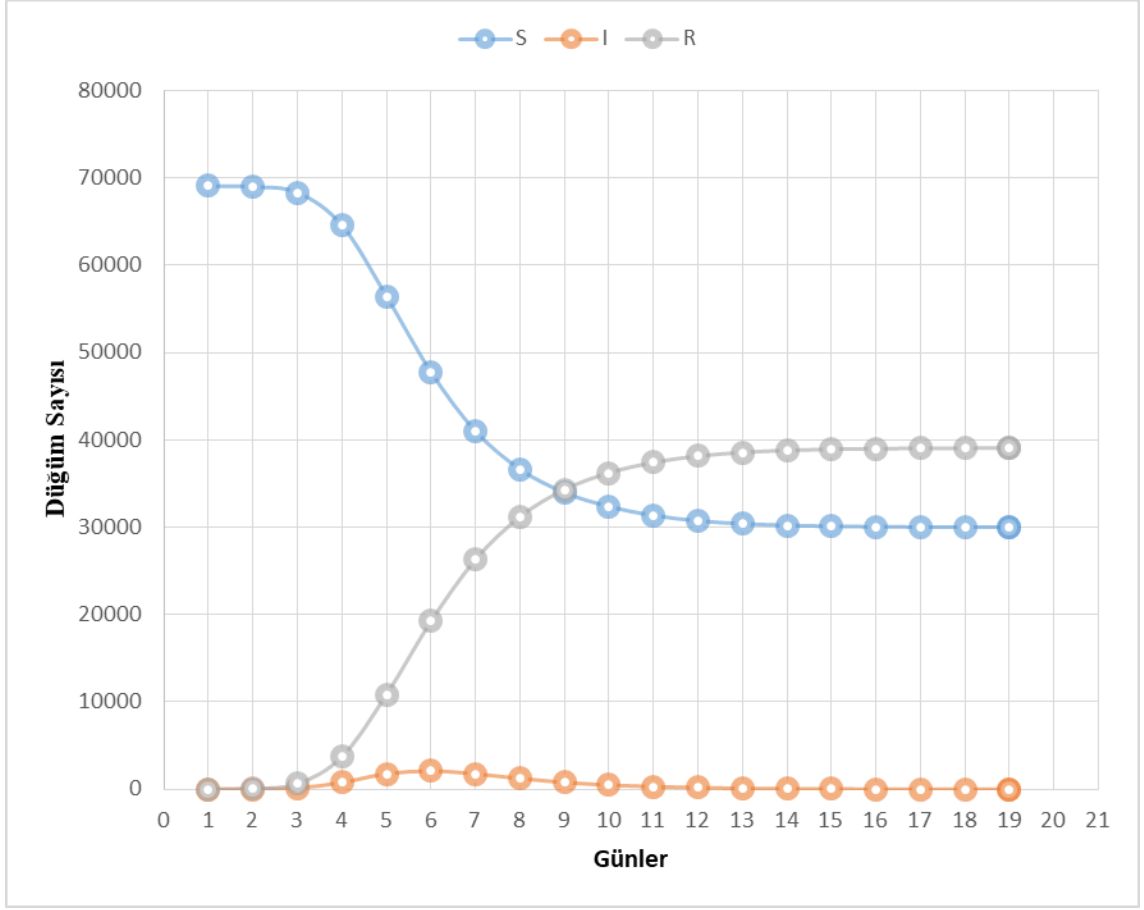
Sonrasında elde edilen sonuçlar birbiriyle karşılaştırılacaktır.

4.4.3.1. Rasgele seçilen 10 düğüm ile SIR Salgın Modelleme

Çizelge 4.5’ de rasgele seçilen 10 düğüm ile SIR salgın modelleme yapıldığında 6. Günde hastalık taşıyan düğümlerin en yüksek seviyeye çıktığı görülmektedir. Toplam 20 günde hastalıklı düğümler 0 değerine ulaşmıştır. Şekil 4.30’ da grafik gösterim yapılmıştır.

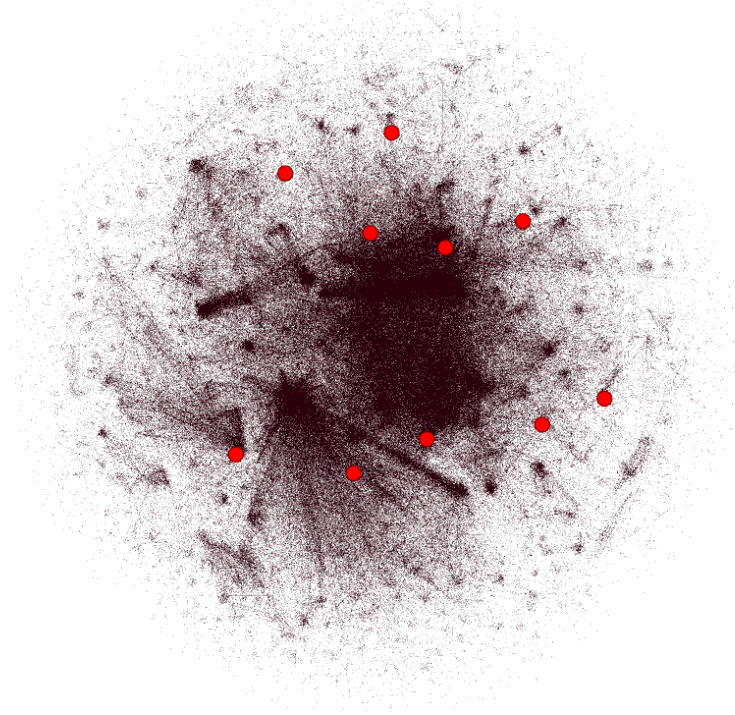
Çizelge 4.5. Rasgele seçilen 10 düğümün SIR salgın modeli ile günlük değerleri.

t	S	I	R	t	S	I	R
1	69087	10	0	11	31366	298	37433
2	68996	20	81	12	30749	183	38165
3	68342	134	621	13	30413	103	38581
4	64579	779	3739	14	30226	58	38813
5	56458	1780	10859	15	30120	32	38945
6	47772	2093	19232	16	30066	17	39014
7	41013	1770	26314	17	30041	8	39048
8	36659	1224	31214	18	30033	3	39061
9	33993	778	34326	19	30029	1	39067
10	32381	478	36238	20	30026	0	39071

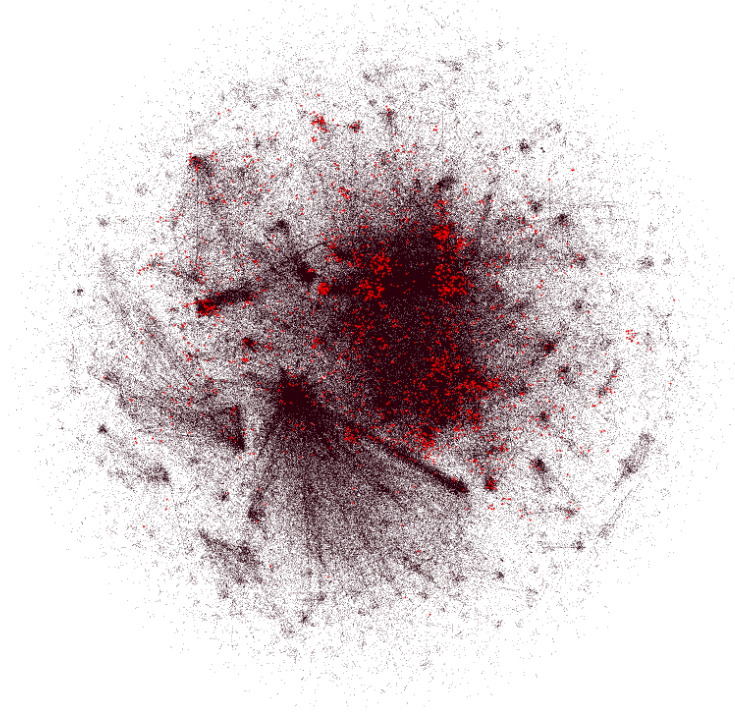


Şekil 4.30. Rasgele seçilen 10 düğüm ile SIR salgın modelleme.

Şekil 4.31' de rasgele seçilen 10 düğümün ağdaki yerleşimleri görülmektedir. Ağ karmaşıklığından dolayı ayırt edilmeleri için düğüm boyutu normalden büyük biçimlendirilmiş. Şekil 4.32' de ise salgın yayılımının en yüksek seviyeye çıktığı 6. gün gösterilmektedir.

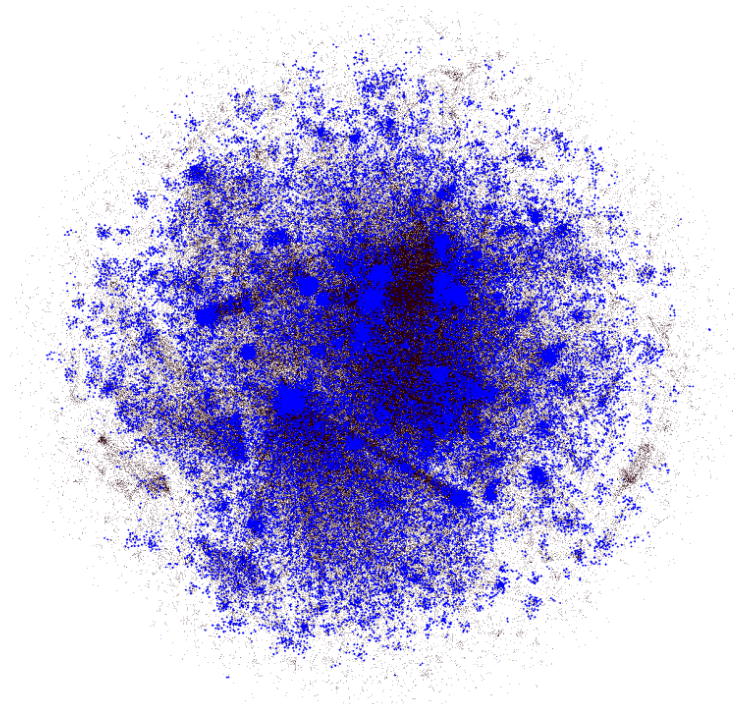


Şekil 4.31. Rasgele seçilen 10 düğümün ağda 1. gündeki görünümü (hasta düğümler).

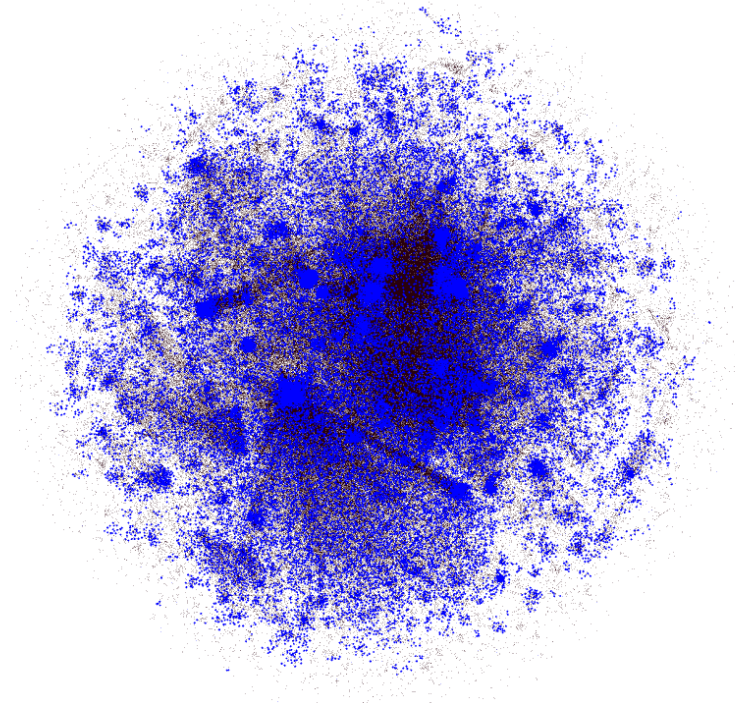


Şekil 4.32. Rasgele seçilen 10 düğümün ağda 6. gündeki görünümü (hasta düğümler).

Şekil 4.33’de salgın yayılım adımlarının yarısındaki kurtarılmış düğümlerin durumu 10. gün seçilmiştir. Şekil 4.34’ de ise salgın yayılımının son hali görülmektedir.



Şekil 4.33. Rasgele seçilen 10 düğümün ağda 10. gündeki görünümü (kurtarılan düğümler).



Şekil 4.34. Rasgele seçilen 10 düğümün ağda 20. gündeki görünümü (kurtarılan düğümler).

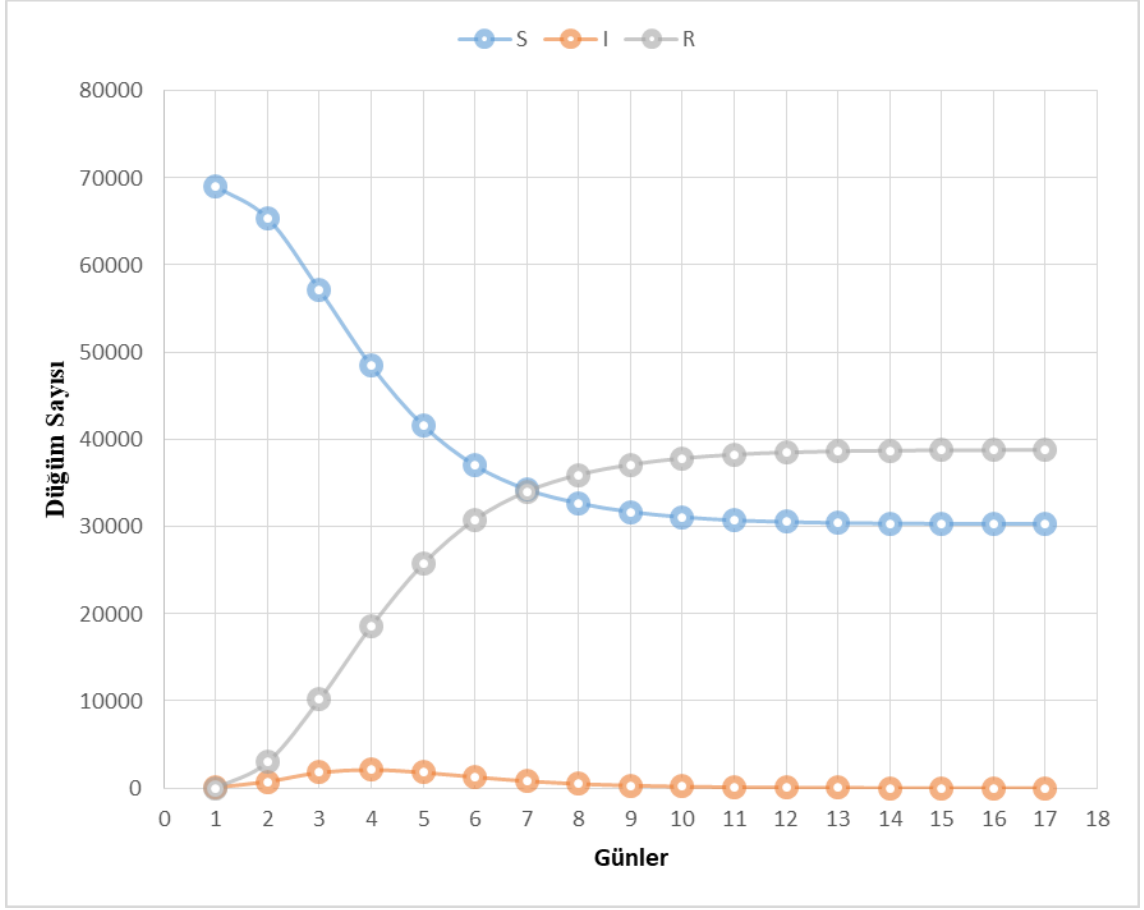
4.4.3.2. *En yüksek dış derece merkeziliğine sahip 100 düğüm ile SIR Salgın Modelleme*

Çizelge 4.6' da en yüksek dış derece merkeziliğine sahip 100 düğüm ile SIR Salgın

Modelleme yapıldığında 4. günde hastalık taşıyan düğümlerin en yüksek seviyeye çıktığı görülmektedir. Toplam 17 günde hastalıklı düğümler 2 değerine ulaşmıştır. Şekil 4.35’ de grafik gösterim yapılmıştır.

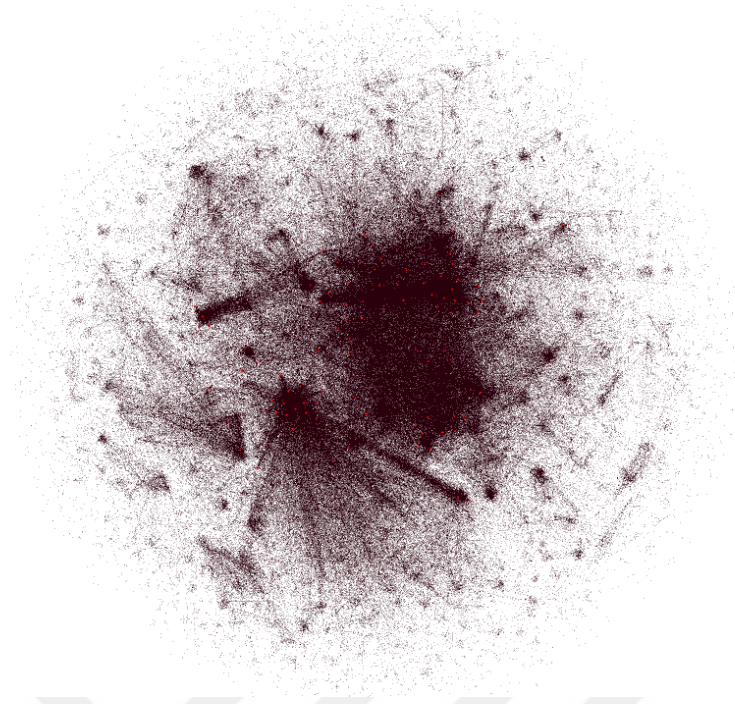
Çizelge 4.6. En yüksek dış derece merkeziliğine sahip ilk 100 düğümün SIR salgın modeli ile günlük değerleri.

t	S	I	R
1	68999	98	0
2	65361	747	2989
3	57155	1790	10152
4	48432	2102	18563
5	41611	1784	25702
6	37017	1275	30805
7	34267	805	34025
8	32675	479	35943
9	31693	292	37112
10	31091	178	37828
11	30723	109	38265
12	30526	61	38510
13	30421	33	38643
14	30362	18	38717
15	30337	8	38752
16	30322	4	38771
17	30313	2	38782

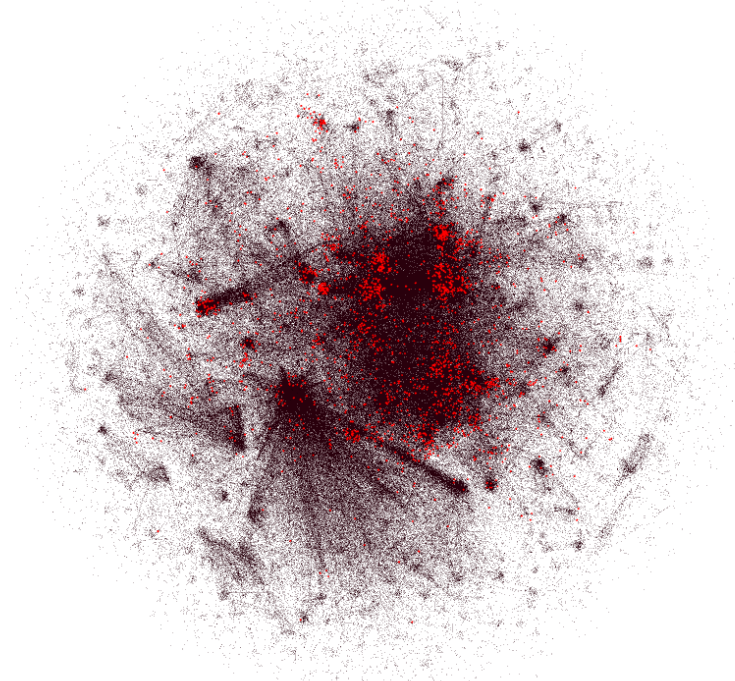


Şekil 4.35. En yüksek dış derece merkeziliğine sahip 100 düğüm ile SIR salgın modelleme.

Şekil 4.36’ de en yüksek dış derece merkeziliğine sahip 100 düğümün ağdaki yerleşimleri görülmektedir. Şekil 4.37’ de ise salgın yayılımının en yüksek seviyeye çıktığı 4. gün gösterilmektedir.

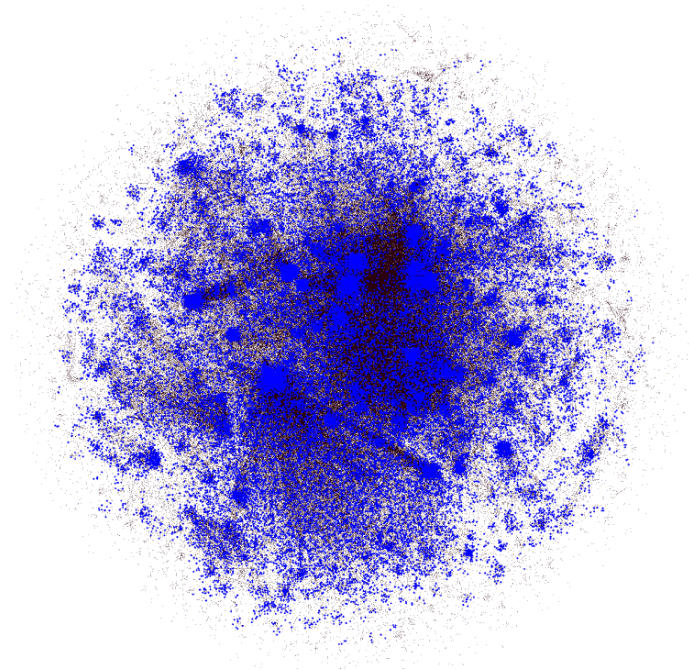


Şekil 4.36. En yüksek dış derece merkeziliğine sahip 100 düğümün ağda 1. gündeki görünümü (hasta düğümler).

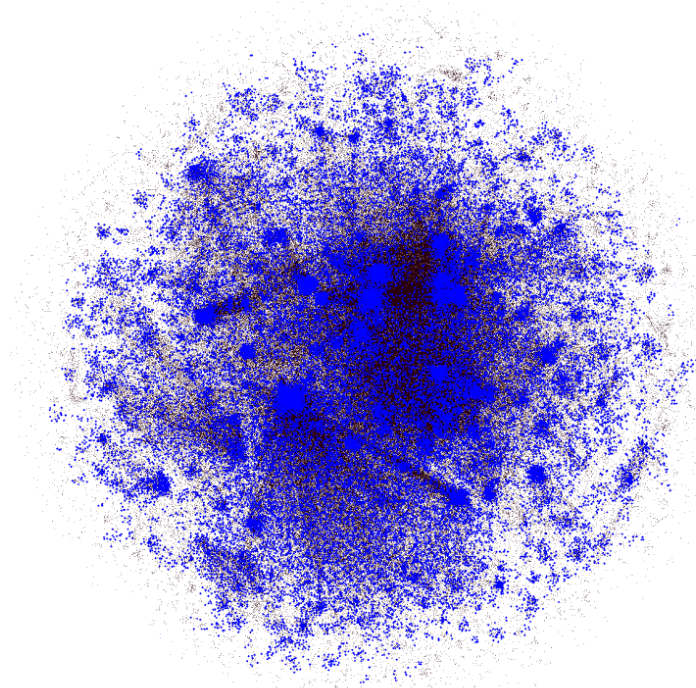


Şekil 4.37. En yüksek dış derece merkeziliğine sahip 100 düğümün ağda 4. gündeki görünümü (hasta düğümler).

Şekil 4.38’da salgın yayılım adımlarının yarısındaki kurtarılmış düğümlerin durumu 9. gün seçilerek gösterilmektedir. Şekil 4.39’ de ise salgın yayılımının son hali görülmektedir.



Şekil 4.38. En yüksek dış derece merkeziliğine sahip 100 düğümün ağda 9. gündeki görünümü (kurtarılan düğümler).



Şekil 4.39. En yüksek dış derece merkeziliğine sahip 100 düğümün ağda 17. Gündeki görünümü (kurtarılan düğümler).

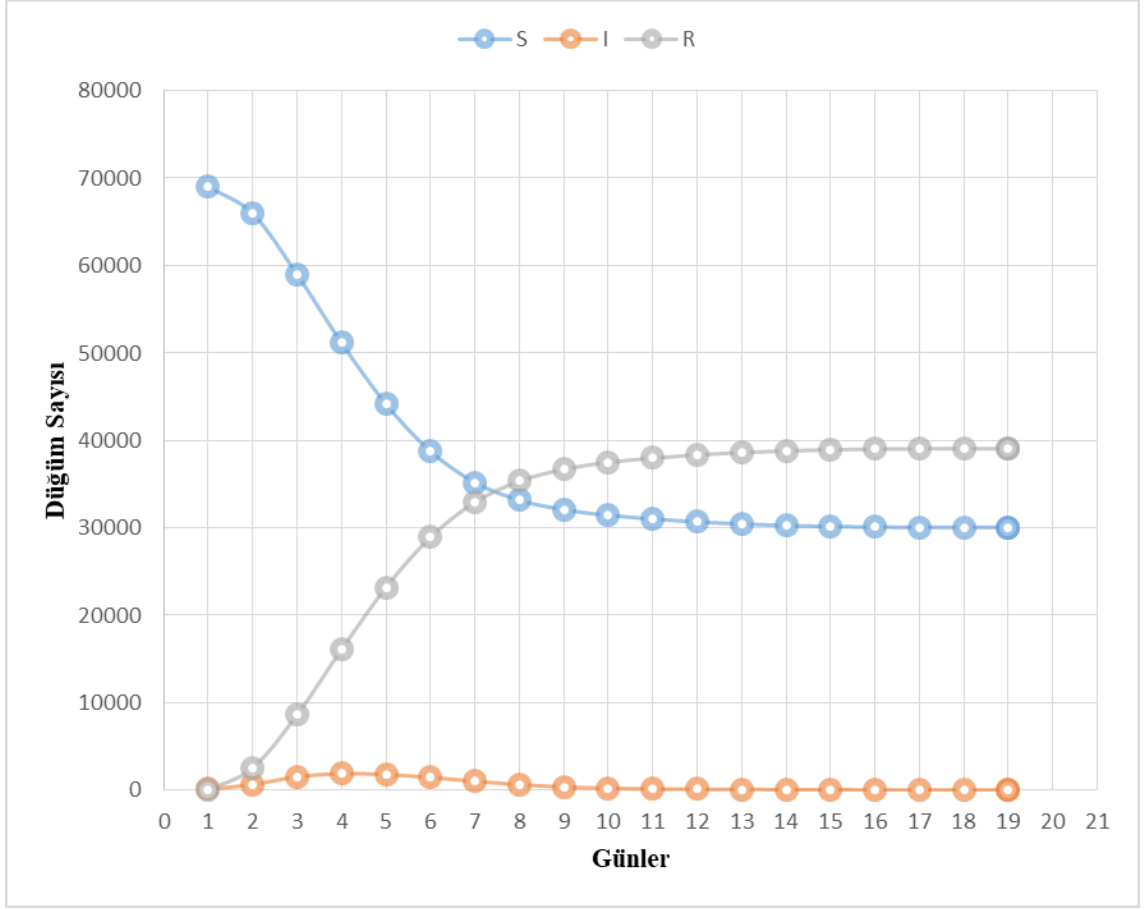
4.4.3.3. *En yüksek özvektör merkeziliğine sahip 100 düğüm ile SIR Salgın Modelleme*

Çizelge 4.7’ de en yüksek dış derece merkeziliğine sahip 100 düğüm ile SIR Salgın modelleme yapıldığında 4. gün hastalık taşıyan düğümlerin en yüksek seviyeye çıktığı

görülmektedir. Toplam 20 günde hastalıklı düğümler 0 değerine ulaşmıştır. Şekil 4.40' de grafik gösterim yapılmıştır.

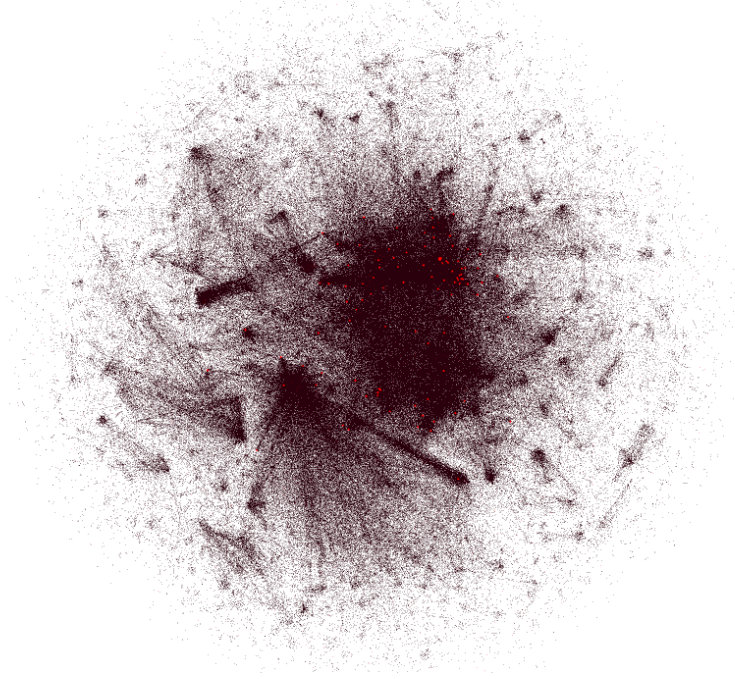
Çizelge 4.7. En yüksek özvektör merkeziliğine sahip ilk 100 düğümün SIR salgın modeli ile günlük değerleri.

t	S	I	R
1	68997	100	0
2	65930	633	2534
3	58951	1522	8624
4	51135	1867	16095
5	44132	1774	23191
6	38749	1431	28917
7	35174	1001	32922
8	33158	603	35336
9	32070	338	36689
10	31426	196	37475
11	31003	123	37971
12	30658	93	38346
13	30430	64	38603
14	30252	48	38797
15	30136	32	38929
16	30082	17	38998
17	30058	8	39031
18	30045	4	39048
19	30038	2	39057
20	30037	0	39060

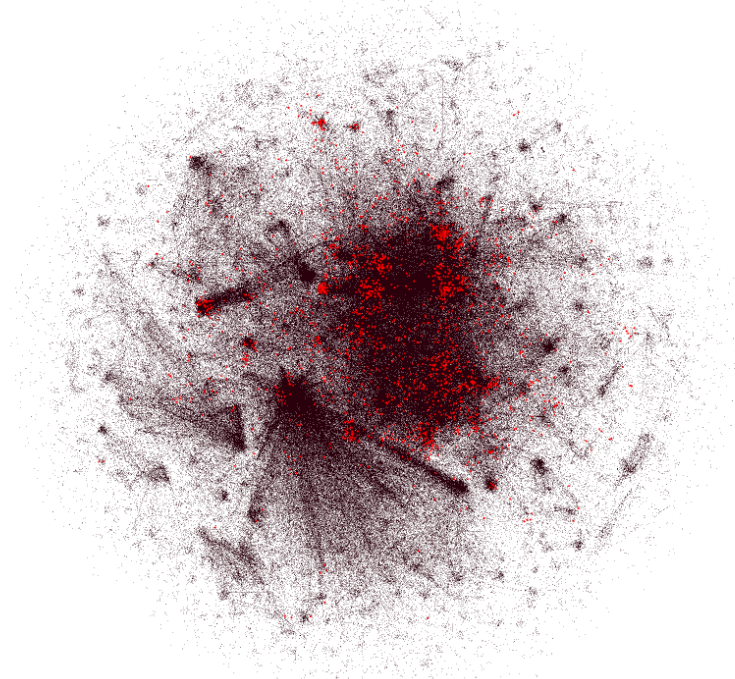


Şekil 4.40. En yüksek özvektör merkeziliğine sahip 100 düğüm ile SIR salgın modelleme.

Şekil 4.41’ de en yüksek özvektör merkeziliğine sahip 100 düğümün ağdaki yerleşimleri görülmektedir. Şekil 4.42’ de ise salgın yayılımının en yüksek seviyeye çıktığı 4. gün gösterilmektedir.

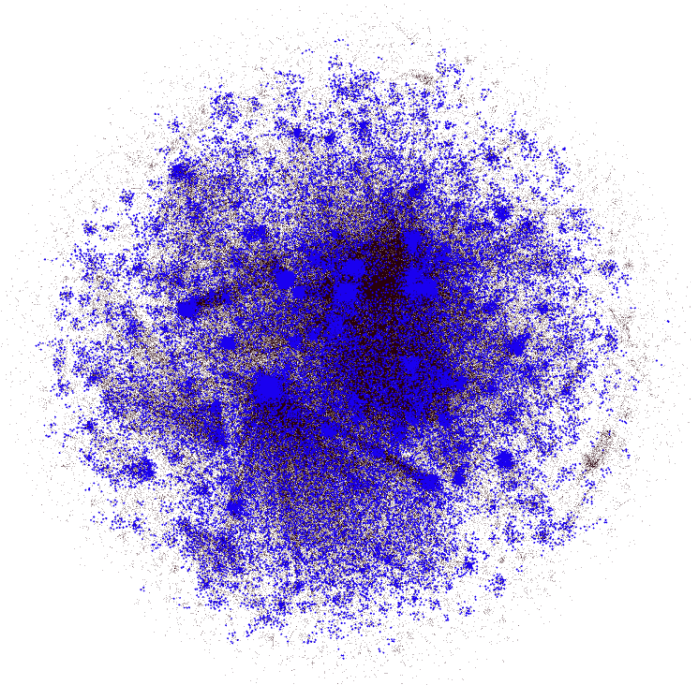


Şekil 4.41. En yüksek özvektör merkeziliğine sahip 100 düğümün ağda 1. gündeki görünümü (hasta düğümler).

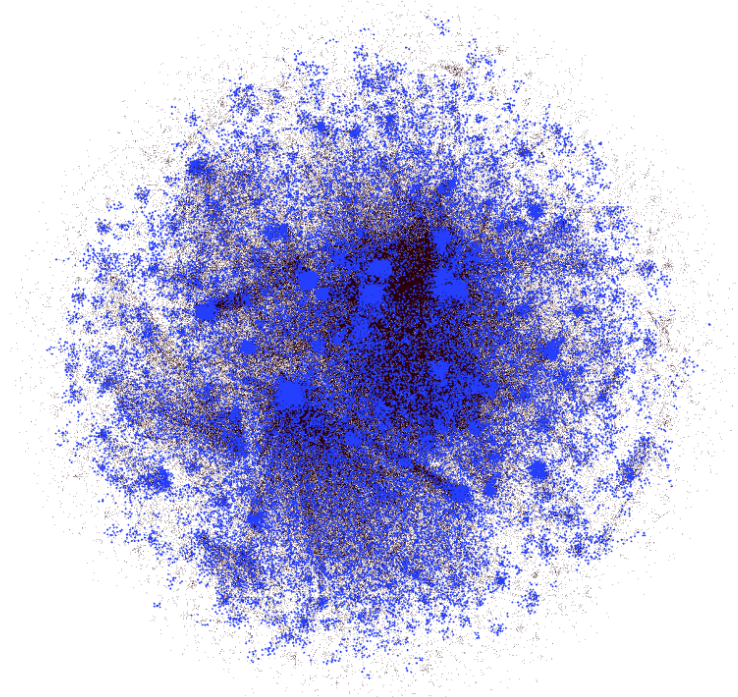


Şekil 4.42. En yüksek özvektör merkeziliğine sahip 100 düğümün ağda 4. gündeki görünümü (hasta düğümler).

Şekil 4.43’de salgın yayılım adımlarının yarısındaki kurtarılmış düğümlerin durumu 10. gün seçilerek gösterilmektedir. Şekil 4.44’ de ise salgın yayılımının son hali görülmektedir.



Şekil 4.43. En yüksek özvektör merkeziliğine sahip 100 düğümün ağda 10. gündeki görünümü (kurtarılan düğümler).



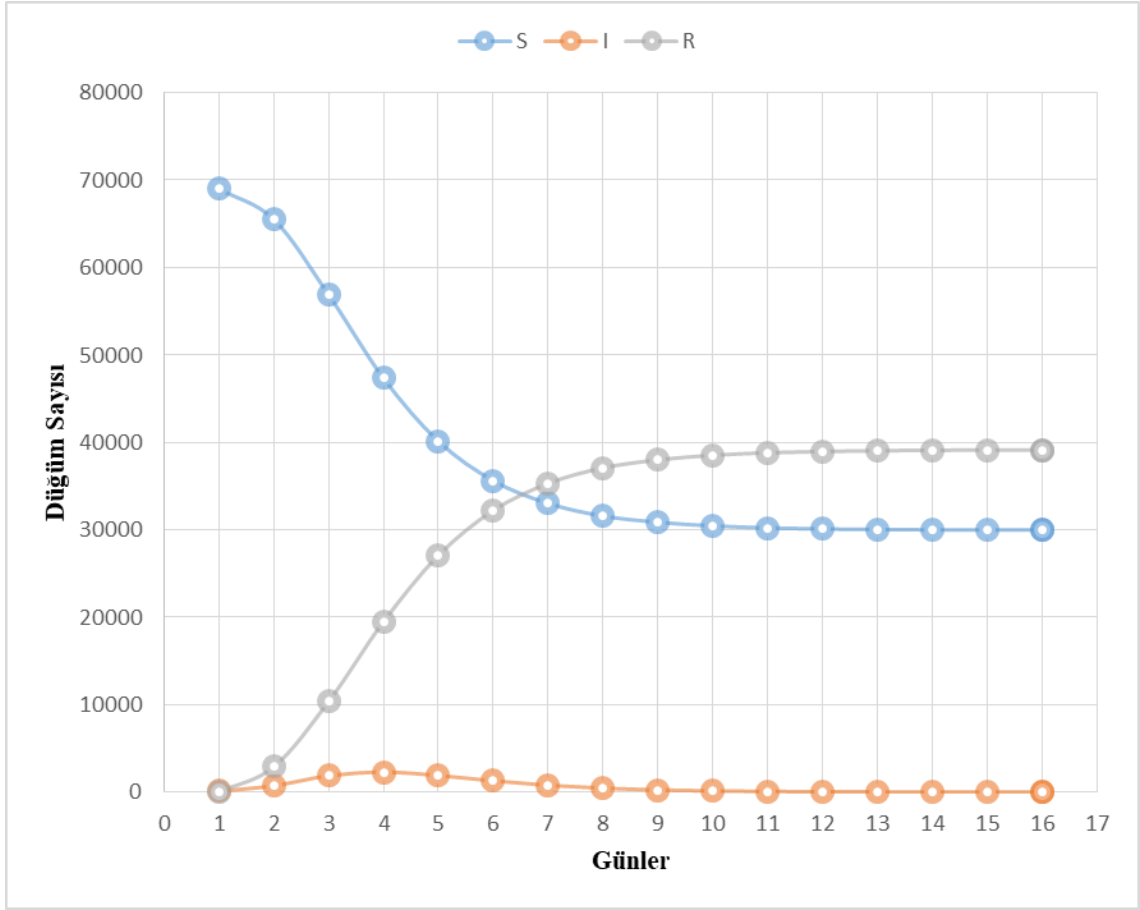
Şekil 4.44. En yüksek özvektör merkeziliğine sahip 100 düğümün ağda 17. gündeki görünümü (kurtarılan düğümler).

4.4.3.4. *En yüksek arasındalık merkeziliğine sahip 100 düğüm ile SIR Salgın Modelleme.*

Çizelge 4.8’ de en yüksek dış derece merkeziliğine sahip 100 düğüm ile SIR Salgın modelleme yapıldığında 4. gün hastalık taşıyan düğümlerin en yüksek seviyeye çıktığı görülmektedir. Toplam 17 günde hastalıklı düğümler 0 değerine ulaşmıştır. Şekil 4.45’ de grafik gösterim yapılmıştır.

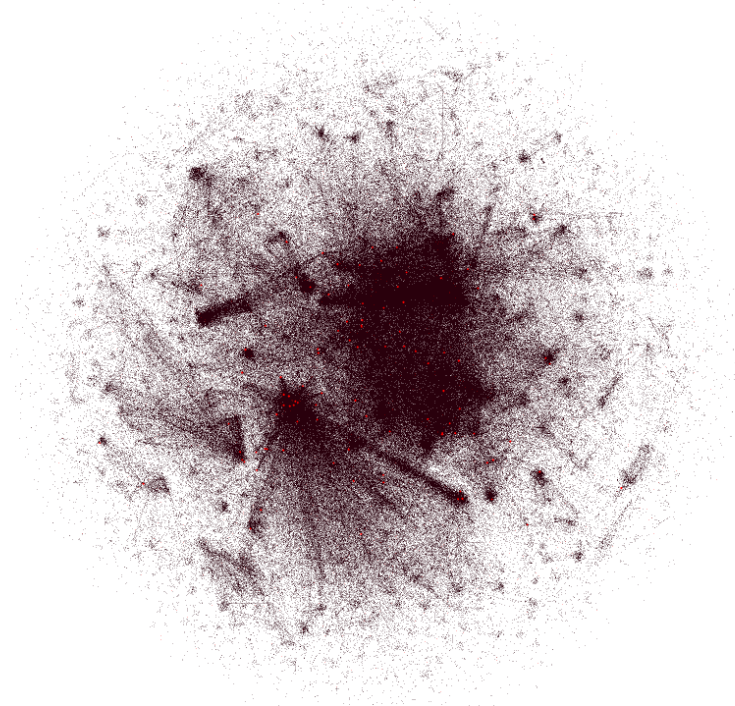
Çizelge 4.8. En yüksek arasındalık merkeziliğine sahip ilk 100 düğümün SIR salgın modeli ile günlük değerleri.

t	S	I	R
1	68998	99	0
2	65497	720	2880
3	56883	1866	10348
4	47334	2283	19480
5	40126	1898	27073
6	35613	1282	32202
7	33017	775	35305
8	31577	443	37077
9	30862	231	38004
10	30446	129	38522
11	30214	72	38811
12	30097	37	38963
13	30029	21	39047
14	29989	12	39096
15	29972	5	39120
16	29965	2	39130
17	29965	0	39132

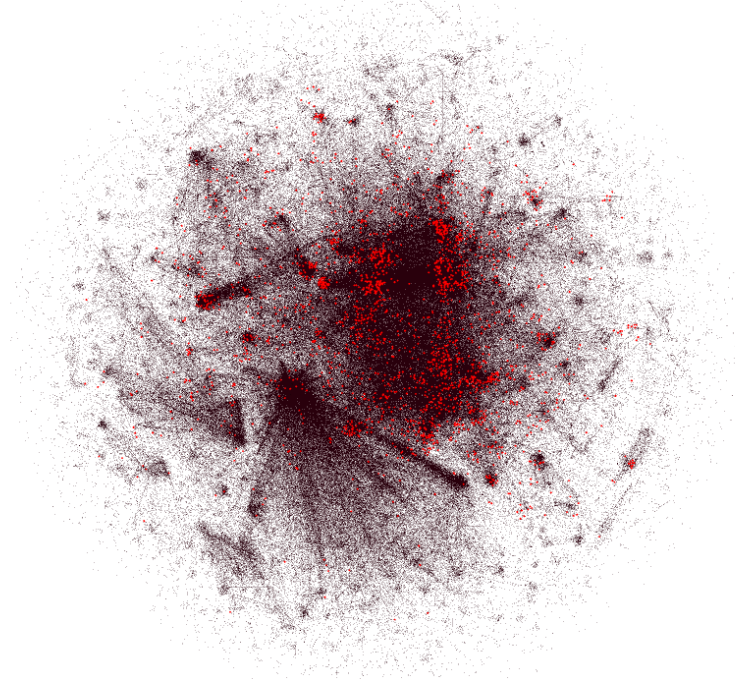


Şekil 4.45. En yüksek arasındalık merkeziliğine sahip 100 düğüm ile SIR salgın modelleme.

Şekil 4.46’ de en yüksek arasındalık merkeziliğine sahip 100 düğümün ağdaki yerleşimleri görülmektedir. Şekil 4.47’ de ise salgın yayılımının en yüksek seviyeye çıktığı 4. gün gösterilmektedir.

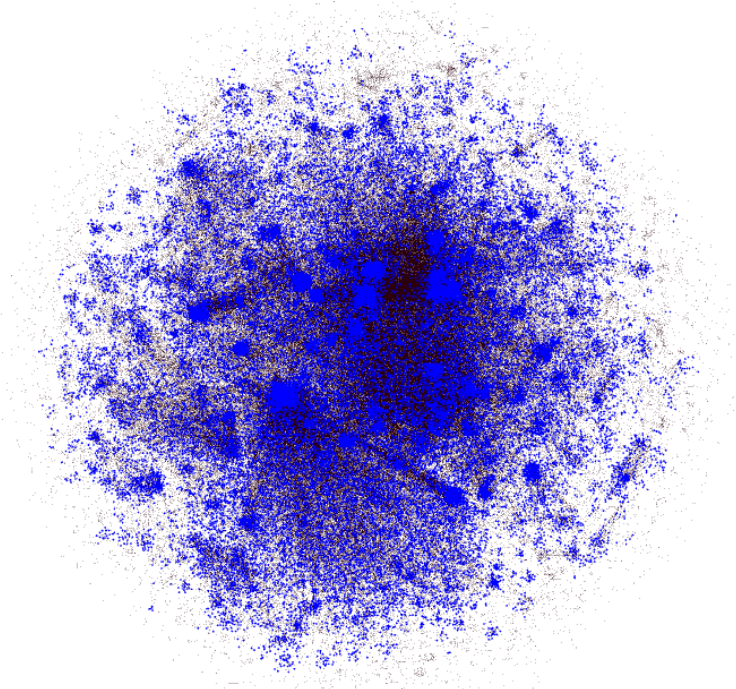


Şekil 4.46. En yüksek arasındalık merkeziliğine sahip 100 düğümün ağda 1. gündeki görünümü (hasta düğümler).

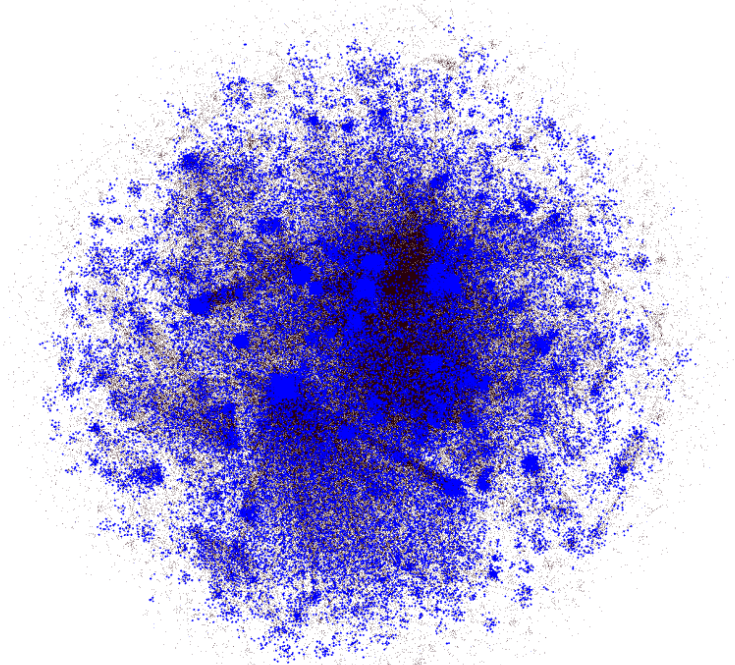


Şekil 4.47. En yüksek arasındalık merkeziliğine sahip 100 düğümün ağda 4. gündeki görünümü (hasta düğümler).

Şekil 4.48’da salgın yayılım adımlarının yarısındaki kurtarılmış düğümlerin durumu 10. gün seçilerek gösterilmektedir. Şekil 4.49’ da ise salgın yayılımının son hali görülmektedir.



Şekil 4.48. En yüksek arasındalık merkeziliğine sahip 100 düğümün ağda 10.gündeki görünümü (kurtarılan düğümler).

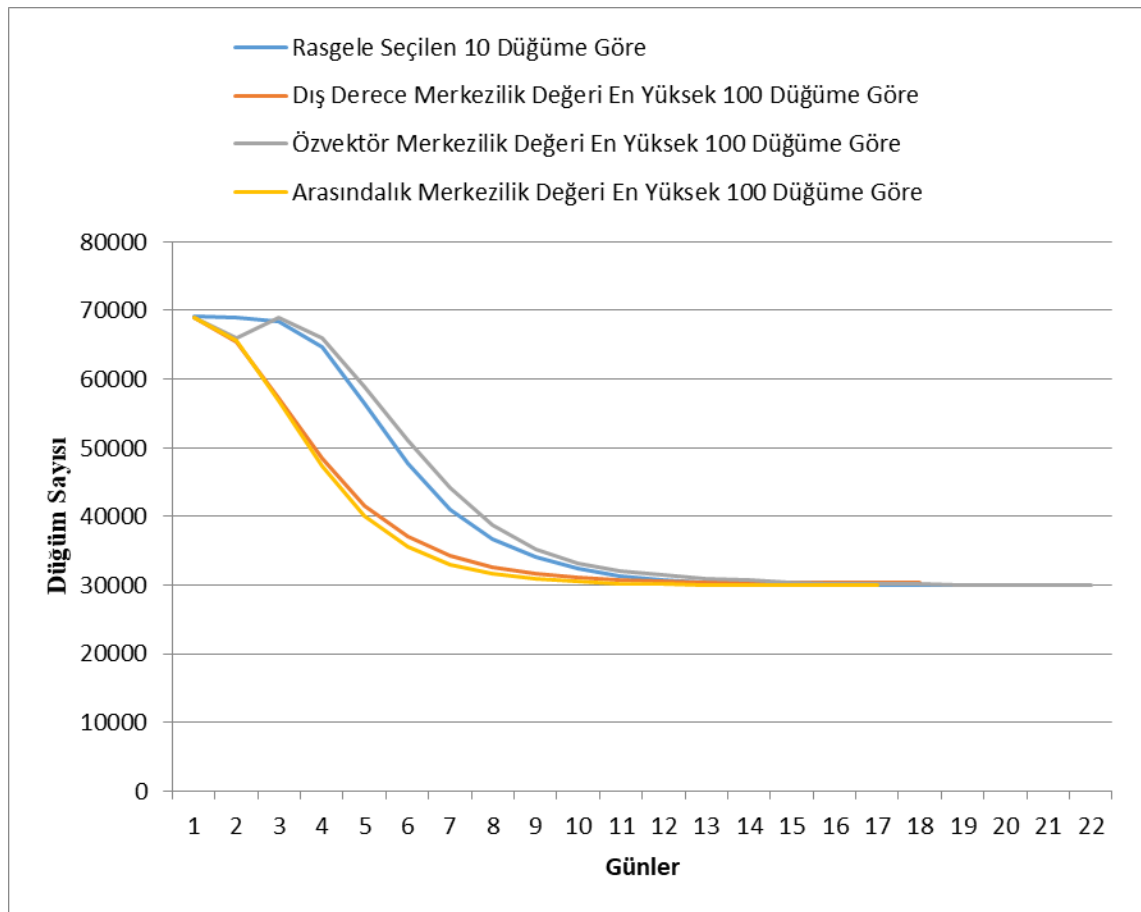


Şekil 4.49. En yüksek arasındalık merkeziliğine sahip 100 düğümün ağda 17. gündeki görünümü (kurtarılan düğümler).

4.4.3.5. Değerlendirme Sonucu

S değerlerinin değerlendirilmesi

Rasgele seçilen 10 düğüm ile elde edilen sonuçların diğer merkezilik değerleriyle karşılaştırılması için korelasyon değerleri hesaplanmıştır. Şekil 4.50’ de seçilen 4 farklı hasta edilecek başlangıç düğümlerinden, rasgele seçilen düğümlerin 0,9958 korelasyon değeriyle özvektör merkeziliği ile örtüştüğü görülmektedir. Sonrasında 0,9421 korelasyon değeri ile dış derece merkeziliği ve son olarak da arasındalık merkeziliği ile 0,9316 korelasyon değeri elde edilmiştir. Diğer bir ikili olarak dış derece merkeziliği ile arasındalık merkeziliğinin de 0,9994 olduğu belirlenmiştir.

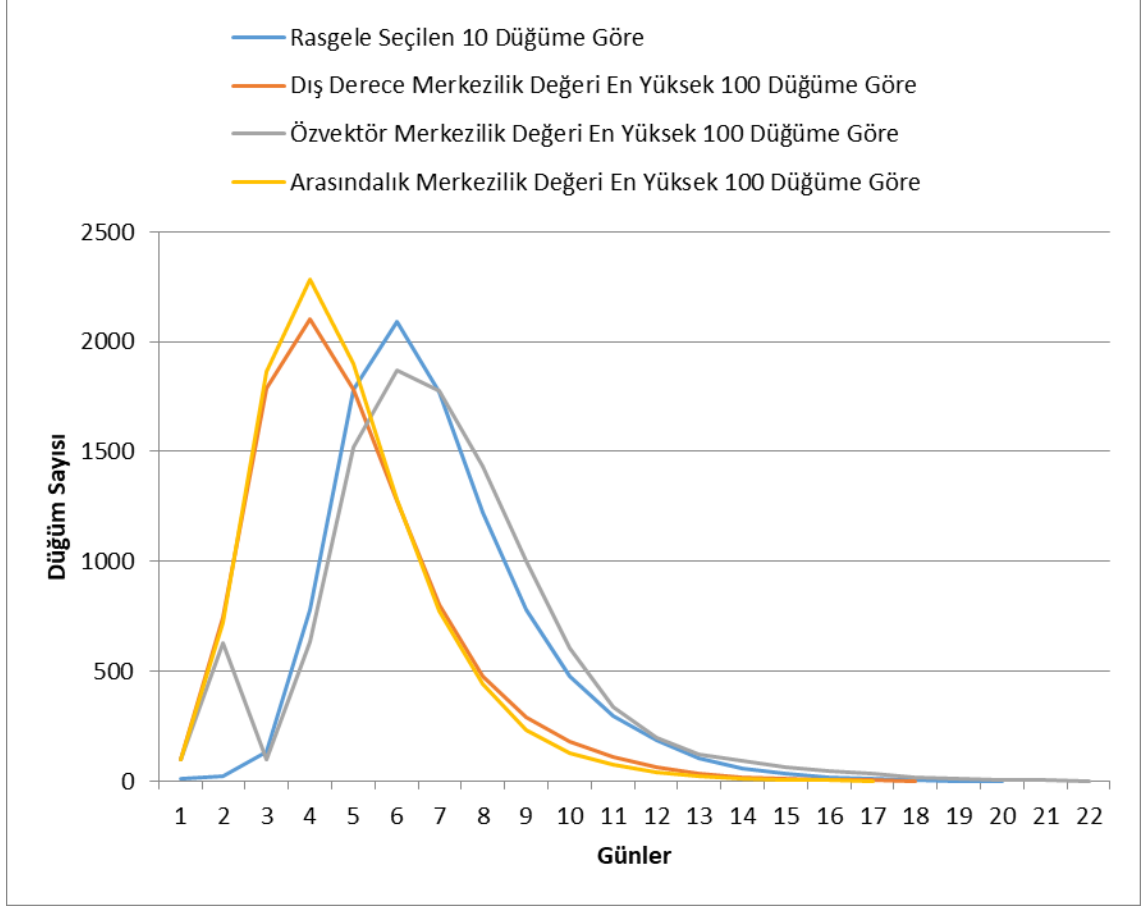


Şekil 4.50. S değerlerine göre dağılım.

I değerlerinin değerlendirilmesi

Rasgele seçilen 10 düğüm ile elde edilen sonuçların diğer merkezilik değerleriyle karşılaştırılması için korelasyon değerleri hesaplanmıştır. Şekil 4.51’ de seçilen 4 farklı hasta edilecek başlangıç düğümlerinden, rasgele seçilen düğümlerin 0,9640 korelasyon değeriyle özvektör merkeziliği ile örtüştüğü görülmektedir. Sonrasında 0,5426

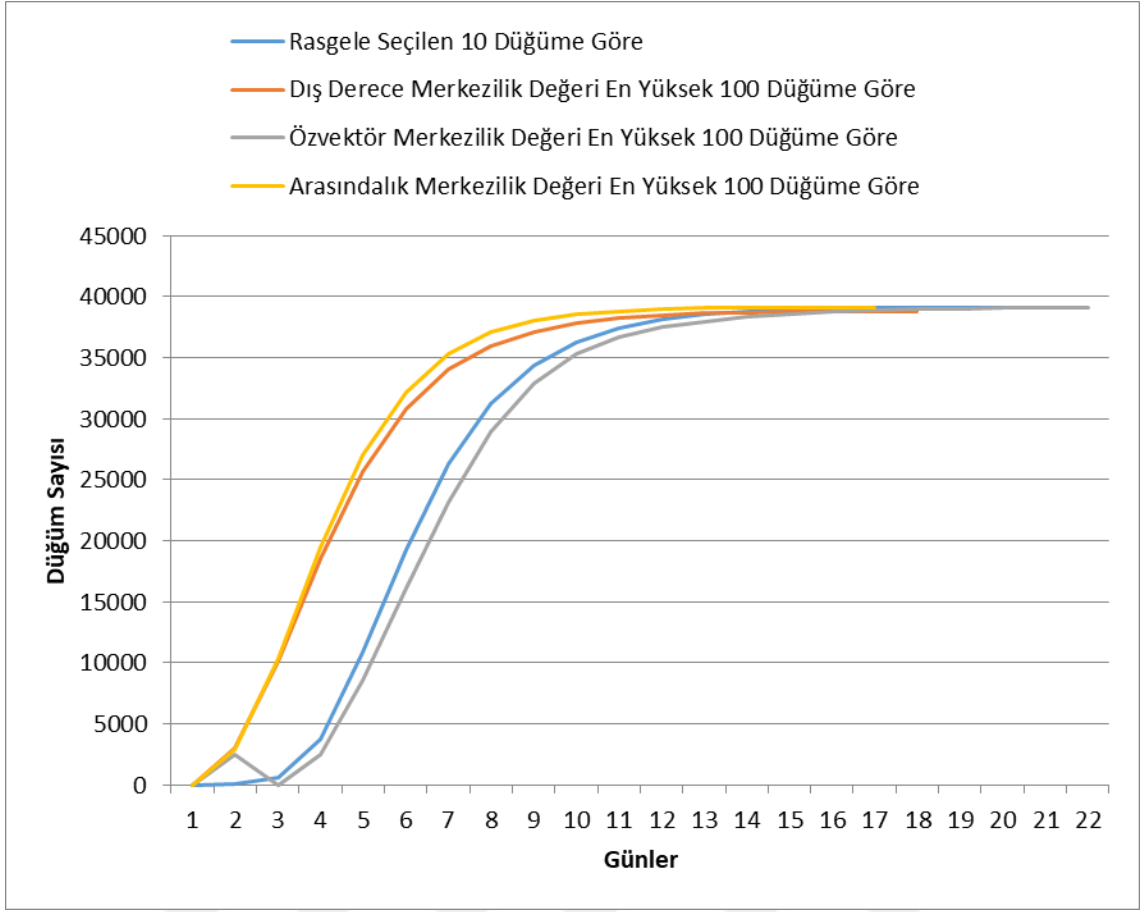
korelasyon değeri ile dış derece merkeziliği ve son olarak da arasındalık merkeziliği ile 0,5215 korelasyon değeri elde edilmiştir. Böylece I değeri için dış derece ve arasındalık merkeziliği yerine özvektör merkeziliği kullanılması ile S ve R değerlerinin yayılımına daha çok benzer bir model oluşturulabilir. Diğer bir ikili olarak dış derece merkeziliği ile arasındalık merkeziliğinin de 0,9988 olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.51. I değerlerine göre dağılım.

R değerlerinin değerlendirilmesi

Rasgele seçilen 10 düğüm ile elde edilen sonuçların diğer merkezilik değerleriyle karşılaştırılması için korelasyon değerleri hesaplanmıştır. Şekil 4.52' de seçilen 4 farklı hasta edilecek başlangıç düğümlerinden, rasgele seçilen düğümlerin 0,9965 korelasyon değeriyle özvektör merkeziliği ile örtüştüğü görülmektedir. Sonrasında 0,9466 korelasyon değeri ile dış derece merkeziliği ve son olarak da arasındalık merkeziliği ile 0,9371 korelasyon değeri elde edilmiştir. Diğer bir ikili olarak dış derece merkeziliği ile arasındalık merkeziliğinin de 0,9994 olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.52. R değerlerine göre dağılım.

5. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında SIR salgın modeli bir ağ (şebeke) üzerinde çalışacak şekilde geliştirilmiş ve uygulanmış; sosyal ağ analiz yöntemleri ile görselleştirilme ve analiz çalışmaları yapılmıştır. Literatürde SIR modeli, canlıların birbirlerine hastalık bulaştırma ihtimallerinin sayısal olarak simüle edildiği ve bir salgının zaman içerisinde kaç kişiyi etkilediğini gösteren bir model olarak karşımıza çıkmaktadır. Birçok çalışma, gerçek bir ağ ortamı kullanmadan salgını modellediği için yapılan modellemeler ağ özelliklerini göz ardı etmekte ve bir salgının gerçekten bir ağ üzerinde hangi bireyden hangi bireylere doğru yayıldığını göstermemektedir. Ne var ki, bir salgın modelinde salgının nereden (hangi bireylerden) başladığı oldukça önemlidir. Ayrıca, salgının önlenmesi için hangi bireylerin bağışıklık kazanması gerektiğinin tespiti de oldukça önemlidir. Bu bilgiler yalnızca salgının bir ağ üzerinde yayılımının modellenmesi ile tespit edilebilecek bilgilerdir. Bu bağlamda, literatüre bir katkı olarak tez çalışması kapsamında bir sosyal ağda bulunan bireyler, değişik özelliklere göre başlangıç anında hasta edilecek bireyler olarak seçilmiş ve salgının yayılımı analiz edilmiştir. Bu analizler sayesinde, olası bir salgını önlemek için ağ üzerindeki hangi bireylere öncelikli olarak bağışıklık kazandırılması gerektiği tespit edilebilir.

İlk olarak, dış derece merkezilik değeri en yüksek olan birey seçilmiş ve salgının bu bireyden başladığı kabul edilerek modelleme yapılmıştır. Sonrasında, SIR modelinin literatürde uygulandığı şekliyle sayısal olarak simüle edilmesi için S, I ve R değerlerini belirleme aşamasında ağdaki en yüksek dış derece merkezilik değerine sahip düğümün ego-ağ analizi yapılmıştır. Ego-ağ analizi ile en etkili düğümün 1., 2., 3. ve en çok seviyedeki arkadaş sayıları göz önüne alınarak modellemeler yapılmıştır. Bunun dışında, ağ temelli salgın modeli için öncelikle rasgele seçilen 10 düğümden başlayan bir yayılım modellenmiştir. Daha sonra, bu yayılıma göre en yüksek dış derece merkeziliğine sahip ilk 100 düğüm, en yüksek özvektör merkeziliğine sahip ilk 100 düğüm ve en yüksek arasındalık merkeziliğine sahip ilk 100 düğümden başlayan yayılımlar modellenerek karşılaştırmalar yapılmıştır. 4 farklı analiz sonucuna göre yapılan karşılaştırmalarda hastalık taşıyan bireylerin sayısının en yüksek seviyeye ulaştığı ve hastalığın sonlandığı günleri gösterilmiştir. Ayrıca S, I, R dönemleri için ayrı ayrı korelasyon analizi yapılmıştır. Sonuç olarak, dış derece merkeziliği ile arasındalık

merkeziilik değerlerinin korelasyonun yüksek olduğu görülmüřtür.



6. KAYNAKLAR

- [1] C. Wang, W. Chen, and Y. Wang, “Scalable influence maximization for independent cascade model in large-scale social networks,” *Data Mining and Knowledge Discovery*, vol. 25, no. 3, pp. 545–576, 2012.
- [2] D. Kempe, J. Kleinberg, and É. Tardos, “Maximizing the spread of influence through a social network,” in *Proceedings of the ninth ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data mining*, USA, 2003, pp. 137.
- [3] Y. Zheng, L. Zhang, Z. Ma, X. Xie, and W.-Y. Ma, “Recommending friends and locations based on individual location history,” *ACM Transactions on the Web*, vol. 5, no. 1, pp. 1–44, 2011.
- [4] P. Chamoso, A. Rivas, S. Rodríguez, and J. Bajo, “Relationship recommender system in a business and employment-oriented social network,” *Information Sciences*, vol. 433–434, pp. 204–220, 2018.
- [5] A. S. Dokuz and M. Celik, “Discovering socially important locations of social media users,” *Expert Systems with Applications*, vol. 86, no. 2012, pp. 113–124, 2017.
- [6] H. İpekçi, “Günümüz çatışmalarında sosyal ağ analizinin istihbarattaki önemi,” Yüksek lisans tezi, Güvenlik Bilimleri Anabilim Dalı, Kara Harp Okulu, Ankara, Türkiye, 2011.
- [7] N. Gürsaka, *Sosyal Ağ Analizi Pajek Ucinet ve Gmine Uygulamalı*, 1. Baskı, Bursa, Türkiye: Dora Yayıncılık, 2009.
- [8] A. Chatterjee, “Studies on the Structure and Dynamics of Urban Bus Networks in Indian Cities,” M.S. thesis, Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology Madras, Chennai, India, 2015.
- [9] P. E. C. Compeau, P. A. Pevzner, and G. Tesler, “How to apply de bruijn graphs to genome assembly,” *Nature Biotechnology*, vol. 29, no. 11, pp. 987–991, 2011.
- [10] Anonim, (2018, 4 Şubat). [Online]. Erişim: https://www.wikizero.com/tr/Königsberg%27in_yedi_köprüsü.
- [11] Anonim, (2018, 7 Nisan). [Online]. Erişim: <https://www.paranomist.com/is-dunyasinda-sosyometri.html>.
- [12] J. D. Moreno. (2018, 5 Mart). [Online]. Erişim: http://www.slate.com/articles/technology/future_tense/2014/10/j_l_moreno_a_psychologist_s_30s_experiments_invented_social_networking.html?via=gdpr-consent.
- [13] L. Liu, S. Mackin, and N. Antonopoulos, “Small world architecture for peer-to-peer networks,” in *2006 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology Workshops*, China, 2006, pp. 451–454.
- [14] Stanley Milgram, “The small world problem,” *Psychology Today*, vol. 2, pp. 60–67, 1967.

- [15] K. S. Codal and E. Coşkun, “Sosyal ağ analizi üzerine odaklanan teorik yapıların karşılaştırılması,” *İşletme Bilimi Dergisi*, vol. 3, no. 2, pp. 1–17, 2015.
- [16] T. Shafie, “A multigraph approach to social network analysis,” *Journal of Social Structure*, vol. 16, no. 1, 2015.
- [17] A. Mislove, M. Marcon, K. P. Gummadi, P. Druschel, and B. Bhattacharjee, “Measurement and analysis of online social networks,” in *Proceedings of the 7th ACM SIGCOMM Conference on Internet Measurement*, USA, 2007, pp. 29.
- [18] E. Asfaw. (2018, 3 Nisan). [Online]. Erişim: <http://bunnabrain.com/2015/03/10/the-in-memory-graph-of-my-network/>.
- [19] Anonim, (2018, 3 Nisan). [Online]. Erişim: <https://mfta.ir/wp-content/uploads/2014/09/38893.1635.jpg>.
- [20] A. Clifton and G. D. Webster, “An introduction to social network analysis for personality and social psychologists,” *Social Psychological and Personality Science*, vol. 8, no. 4, pp. 442–453, 2017.
- [21] M. Waniek, T. P. Michalak, M. J. Wooldridge, and T. Rahwan, “Hiding individuals and communities in a social network,” *Nature Human Behaviour*, vol. 2, no. 2, pp. 139–147, 2018.
- [22] F. Wang, H. Wang, K. Xu, R. Raymond, S. Fuller, and A. Debruyne, “Regional level influenza study with geo-tagged twitter data,” *Journal of Medical Systems*, vol. 40, no. 189, pp. 1–8, 2016.
- [23] D. T. Nguyen, S. Das, and M. T. Thai, “Influence maximization in multiple online social networks,” in *Symposium on Selected Areas in Communications Influence*, 2013, pp. 3060–3065.
- [24] Statista. (2018, 11 Temmuz). [Online]. Erişim: <https://www.statista.com/statistics/278414/number-of-worldwide-social-network-users>.
- [25] M. Gjoka, C. T. Butts, M. Kurant, A. Markopoulou, and I. Member, “Multigraph sampling of online social networks,” *IEEE Journal On Selected Areas in Communications*, vol. 29, no. 9, pp. 1893–1905, 2011.
- [26] H. Achrekar, “Online social network flu tracker a novel sensory approach to predict flu trends,” Ph.D. dissertation, Department of Computer Science, Graduate School of the University of Massachusetts, Lowell, USA, 2012.
- [27] W.-L. Chang and T.-H. Lin, “A Cluster-based approach for automatic social network construction,” in *2010 IEEE Second International Conference on Social Computing*, 2010, pp. 601–606.
- [28] Anonim, (2018, 21 Nisan). [Online]. Erişim: <https://www.ime.usp.br/~coelho/seminarios/1997.html>.
- [29] S. Ahmad. (2018, 12 Nisan). [Online]. Erişim: <https://www.quora.com/What-is-the-difference-between-creating-a-hash-table-with-chaining-and-an-adjacency-list-in-graphs-Both-use-a-pointer-array-and-a-linked-list-to-store-the-data>.
- [30] R. A. Hanneman and M. Riddle, *Introduction to Social Network Methods*, Riverside, CA: University of California, 2005.
- [31] H. Kuduğ, “Sosyal ağ ölçütlerinin iş ağlarına uyarlanması,” Yüksek lisans tezi, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye, 2011.

- [32] B. T. R. Savarimuthu, S. Cranefield, M. Purvis, and M. Purvis, "Role model based mechanism for norm emergence in artificial agent societies," in *Coordination, Organizations, Institutions, and Norms in Agent Systems III*, Berlin, Germany: Springer Berlin Heidelberg, 2008, pp. 203–217.
- [33] Y. Bürhan, "Akademik ağlarda bağlantı tahmini uygulaması ve analizi," Yüksek lisans tezi, Yazılım Mühendisliği Anabilim Dalı, Fırat Üniversitesi, Elâzığ, Türkiye, 2017.
- [34] I-Hsien Ting, "Web mining techniques for on-line social networks analysis," in *2008 International Conference on Service Systems and Service Management*, 2008, pp. 1–5.
- [35] S. P. Borgatti, M. G. Everett, and L. C. Freeman. (2018, 1 Mayıs). *UCINET 6 for Windows Software for Social Network Analysis* [Online]. Erişim: http://pages.uoregon.edu/vburris/hc431/Ucinet_Guide.pdf.
- [36] V. Batagelj and A. Mrvar, "Pajek analysis and visualization of large networks," in *Graph Drawing Software*, Berlin, Germany: Springer Berlin Heidelberg, 2004, pp. 77–103.
- [37] Anonim, (2018, 1 Mayıs). [Online]. Erişim: <http://www.netminer.com/product/overview.do>.
- [38] M. Bastian, S. Heymann, and M. Jacomy, "Gephi: An open source software for exploring and manipulating networks," in *Third International AAAI Conference on Weblogs and Social Media*, USA, 2009, pp. 361-362.
- [39] M. S. Handcock, D. R. Hunter, C. T. Butts, S. M. Goodreau, and M. Morris, "Statnet: software tools for the representation, visualization, analysis and simulation of network data," *Journal of Statistical Software*, vol. 24, no. 1, pp. 1548–7660, 2008.
- [40] Anonim, (2018, 1 Mayıs). [Online]. Erişim: <http://socnetv.org/docs/index.html>.
- [41] A. Saxena, V. Malik, and S. R. S. Iyengar, "Estimating the degree centrality ranking," in *2016 8th International Conference on Communication Systems and Networks*, 2016, pp. 1–2.
- [42] M. Newman, *Networks: An Introduction*, 1st ed., Oxford, UK: Oxford University Press, 2010.
- [43] V. Gürpınar, "Yapay sinir ağları işleyişinin sosyal ağ analizi yardımı ile çözümlenmesi," Doktora tezi, İstatistik Bilim Dalı, Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2013.
- [44] E. Cho, S. A. Myers, and J. Leskovec, "Friendship and mobility," in *17th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data mining*, USA, 2011, p. 1082.
- [45] Anonim (2017, 5 Eylül). [Online]. Erişim: <https://snap.stanford.edu/data>.
- [46] K. Cherven, *Mastering Gephi Network Visualization*, Birmingham, UK: Packt Publishing, 2015.
- [47] Y. Wang, J. Cao, G. Sun, and J. Li, "Effect of time delay on pattern dynamics in a spatial epidemic model," *Physica A*, vol. 412, pp. 137–148, 2014.
- [48] A. Yanez, J. Duggan, C. Hayes, M. Jilani, and M. Connolly, "PandemCap:

- Decision support tool for epidemic management,” in *2017 IEEE Workshop on Visual Analytics in Healthcare*, USA, 2017, pp. 24–30.
- [49] V. S. Mai, A. Battou, and K. Mills, “Distributed algorithm for suppressing epidemic spread in networks,” *IEEE Control Systems Letters*, vol. 2, no. 3, pp. 555–560, 2018.
 - [50] C. T. Urabe, G. Tanaka, K. Aihara, and M. Mimura, “Parameter scaling for epidemic size in a spatial epidemic model with mobile individuals,” *Plos One*, vol. 11, no. 12, pp. e0168127, 2016.
 - [51] N. Thapen, D. Simmie, C. Hankin, and J. Gillard, “Defender: Detecting and forecasting epidemics using novel data-analytics for enhanced response,” *Plos One*, vol. 11, no. 5, pp. e0155417, 2016.
 - [52] A. Huppert and G. Katriel, “Mathematical modelling and prediction in infectious disease epidemiology,” *Clinical Microbiology and Infection*, vol. 19, no. 11, pp. 999–1005, 2013.
 - [53] S. Funk, E. Gilad, C. Watkins, and V. A. A. Jansen, “The spread of awareness and its impact on epidemic outbreaks,” *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 106, no. 16, pp. 6872–6877, 2009.
 - [54] L. Pellis, F. Ball, S. Bansal, K. Eames, T. House, V. Isham, and P. Trapman, “Eight challenges for network epidemic models,” *Epidemics*, vol. 10, pp. 58–62, Mar. 2015.
 - [55] P. Krishnapriya, M. Pitchaimani, and T. M. Witten, “Journal of computational and applied mathematical analysis of an influenza a epidemic model with discrete delay,” *Journal of Computational and Applied Mathematics*, vol. 324, pp. 155–172, 2017.
 - [56] D. Guo, K. C. Li, T. R. Peters, B. M. Snively, K. A. Poehling, and X. Zhou, “Multi-scale modeling for the transmission of influenza and the evaluation of interventions toward it,” *Scientific Reports*, vol. 5, no. 1, pp. 8980, 2015.
 - [57] G. Chowell, L. Sattenspiel, S. Bansal, and C. Viboud, “Mathematical models to characterize early epidemic growth: A review,” *Physics of Life Reviews*, vol. 18, pp. 66–97, 2016.
 - [58] L. P. Nizolenko, A. G. Bachinsky, and S. I. Bazhan, “Evaluation of influenza vaccination efficacy: a universal epidemic model,” *BioMed Research International*, vol. 2016, pp. 1–8, 2016.
 - [59] S. Kim, J. Lee, and E. Jung, “Mathematical model of transmission dynamics and optimal control strategies for 2009 a/h1n1 influenza in the republic of korea,” *Journal of Theoretical Biology*, vol. 412, no. February 2016, pp. 74–85, 2017.
 - [60] L. G. A. Zuzek, H. E. Stanley, and L. A. Braunstein, “Epidemic model with isolation in multilayer networks,” *Scientific Reports*, vol. 5, no. 1, pp. 12151, 2015.

7. EKLER

EK-1. 527 NUMARALI DÜĞÜME AİT 1. SEVİYE EGO-AĞ DÜĞÜMLERİYLE YAPILAN SİR SALGIN MODELİ SONUÇLARI

Çizelge 7.1. Seviye 1 değerleri.

t	S	I	R	S'	I'	R'
0	68357	740	0	-101,16836	76,74836	24,42
1	68255,83	816,7484	24,42	-111,4956771	84,54298	26,9527
2	68144,34	901,2913	51,3727	-122,8357999	93,09319	29,74261
3	68021,5	994,3845	81,11531	-135,2790545	102,4644	32,81469
4	67886,22	1096,849	113,93	-148,9218528	112,7258	36,19601
5	67737,3	1209,575	150,126	-163,8666511	123,9507	39,91597
6	67573,43	1333,525	190,042	-180,2217797	136,2154	44,00634
7	67393,21	1469,741	234,0483	-198,1011109	149,5997	48,50145
8	67195,11	1619,341	282,5498	-217,6235278	164,1853	53,43824
9	66977,49	1783,526	335,988	-238,9121507	180,0558	58,85635
10	66738,57	1963,582	394,8444	-262,0932732	197,2951	64,79819
11	66476,48	2160,877	459,6425	-287,2949554	215,986	71,30893
12	66189,19	2376,863	530,9515	-314,6452157	236,2087	78,43647
13	65874,54	2613,071	609,3879	-344,269764	258,0384	86,23136
14	65530,27	2871,11	695,6193	-376,2892142	281,5426	94,74663
15	65153,98	3152,652	790,3659	-410,8157201	306,7782	104,0375
16	64743,17	3459,431	894,4035	-447,9489841	333,7878	114,1612
17	64295,22	3793,218	1008,565	-487,7716018	362,5954	125,1762
18	63807,45	4155,814	1133,741	-530,3437249	393,2019	137,1419
19	63277,1	4549,016	1270,883	-575,6970545	425,5795	150,1175
20	62701,4	4974,595	1421	-623,8282141	459,6666	164,1616
21	62077,58	5434,262	1585,162	-674,6916018	495,361	179,3306
22	61402,88	5929,623	1764,493	-728,1918844	532,5143	195,6776
23	60674,69	6462,137	1960,17	-784,1763653	570,9258	213,2505
24	59890,52	7033,063	2173,421	-842,427542	610,3365	232,0911
25	59048,09	7643,399	2405,512	-902,6562539	650,4241	252,2322
26	58145,43	8293,823	2657,744	-964,4959078	690,7997	273,6962
27	57180,94	8984,623	2931,44	-1027,498342	731,0058	296,4926
28	56153,44	9715,629	3227,933	-1091,131947	770,5162	320,6158
29	55062,31	10486,15	3548,548	-1154,782678	808,7399	346,0428
30	53907,52	11294,89	3894,591	-1217,75857	845,0274	372,7312
31	52689,77	12139,91	4267,322	-1279,29827	878,6812	400,6171
32	51410,47	13018,59	4667,939	-1338,58395	908,9704	429,6136

Çizelge 7.1. (devam). Seviye 1 değerleri.

33	50071,88	13927,56	5097,553	-1394,758704	935,1491	459,6096
34	48677,12	14862,71	5557,163	-1446,948259	956,4787	490,4695
35	47230,18	15819,19	6047,632	-1494,286423	972,2531	522,0333
36	45735,89	16791,44	6569,666	-1535,943337	981,8257	554,1177
37	44199,95	17773,27	7123,783	-1571,155204	984,6373	586,5179
38	42628,79	18757,91	7710,301	-1599,253864	980,2429	619,011
39	41029,54	19738,15	8329,312	-1619,694377	968,3354	651,359
40	39409,84	20706,49	8980,671	-1632,078726	948,7647	683,314
41	37777,76	21655,25	9663,985	-1636,173912	921,5506	714,6233
42	36141,59	22576,8	10378,61	-1631,92301	886,8886	745,0344
43	34509,67	23463,69	11123,64	-1619,448265	845,1465	774,3018
44	32890,22	24308,84	11897,94	-1599,045907	796,8543	802,1916
45	31291,17	25105,69	12700,14	-1571,173028	742,6852	828,4878
46	29720	25848,38	13528,62	-1536,42747	683,4311	852,9964
47	28183,57	26531,81	14381,62	-1495,522217	619,9726	875,5496
48	26688,05	27151,78	15257,17	-1449,256123	553,2474	896,0087
49	25238,79	27705,03	16153,18	-1398,482951	484,2171	914,2659
50	23840,31	28189,24	17067,44	-1344,080706	413,8356	930,2451
51	22496,23	28603,08	17997,69	-1286,922952	343,0213	943,9016
52	21209,31	28946,1	18941,59	-1227,853521	272,6322	955,2213
53	19981,45	29218,73	19896,81	-1167,665552	203,4474	964,2182
54	18813,79	29422,18	20861,03	-1107,085367	136,1534	970,932
55	17706,7	29558,33	21831,96	-1046,761291	71,33627	975,425
56	16659,94	29629,67	22807,39	-987,2571676	9,478048	977,7791
57	15672,68	29639,15	23785,17	-929,0500517	-49,0418	978,0919
58	14743,63	29590,11	24763,26	-872,5314371	-103,942	976,4735
59	13871,1	29486,16	25739,73	-818,0112582	-155,032	973,0434
60	13053,09	29331,13	26712,78	-765,723931	-202,203	967,9274
61	12287,37	29128,93	27680,7	-715,8357352	-245,419	961,2547
62	11571,53	28883,51	28641,96	-668,4529331	-284,703	953,1558
63	10903,08	28598,81	29595,11	-623,6301228	-320,131	943,7606
64	10279,45	28278,68	30538,87	-581,3784371	-351,818	933,1963
65	9698,071	27926,86	31472,07	-541,6733021	-379,913	921,5863
66	9156,397	27546,95	32393,66	-504,4615652	-404,588	909,0492
67	8651,936	27142,36	33302,71	-469,667882	-426,03	895,6978
68	8182,268	26716,33	34198,4	-437,2003123	-444,439	881,6388
69	7745,068	26271,89	35080,04	-406,9551257	-460,017	866,9724
70	7338,113	25811,87	35947,02	-378,8208491	-472,971	851,7918
71	6959,292	25338,9	36798,81	-352,6816129	-483,502	836,1837
72	6606,61	24855,4	37634,99	-328,4198636	-491,808	820,2282
73	6278,19	24363,59	38455,22	-305,9185176	-498,08	803,9985
74	5972,272	23865,51	39259,22	-285,0626324	-502,499	787,5619

Çizelge 7.1. (devam). Seviye 1 değerleri.

75	5687,209	23363,01	40046,78	-265,7406653	-505,239	770,9794
76	5421,468	22857,77	40817,76	-247,8453892	-506,461	754,3065
77	5173,623	22351,31	41572,07	-231,2745241	-506,319	737,5933
78	4942,349	21844,99	42309,66	-215,9311385	-504,954	720,8848
79	4726,417	21340,04	43030,54	-201,7238668	-502,497	704,2213
80	4524,694	20837,54	43734,76	-188,5669825	-499,072	687,6389
81	4336,127	20338,47	44422,4	-176,3803598	-494,789	671,1695
82	4159,746	19843,68	45093,57	-165,0893518	-489,752	654,8415
83	3994,657	19353,93	45748,41	-154,6246077	-484,055	638,6797
84	3840,032	18869,87	46387,09	-144,9218465	-477,784	622,7058
85	3695,11	18392,09	47009,8	-135,9216034	-471,017	606,939
86	3559,189	17921,07	47616,74	-127,5689594	-463,826	591,3954
87	3431,62	17457,25	48208,13	-119,8132623	-456,276	576,0891
88	3311,807	17000,97	48784,22	-112,6078484	-448,424	561,032
89	3199,199	16552,55	49345,26	-105,909767	-440,324	546,234
90	3093,289	16112,22	49891,49	-99,67951419	-432,024	531,7033
91	2993,609	15680,2	50423,19	-93,88077627	-423,566	517,4465
92	2899,729	15256,63	50940,64	-88,48018646	-414,989	503,4689
93	2811,248	14841,64	51444,11	-83,4470946	-406,327	489,7742
94	2727,801	14435,32	51933,88	-78,75335109	-397,612	476,3654
95	2649,048	14037,7	52410,25	-74,37310499	-388,871	463,2442
96	2574,675	13648,83	52873,49	-70,28261618	-380,129	450,4115
97	2504,392	13268,7	53323,9	-66,46008112	-371,407	437,8672
98	2437,932	12897,3	53761,77	-62,88547185	-362,725	425,6108
99	2375,047	12534,57	54187,38	-59,54038739	-354,1	413,6409
100	2315,506	12180,47	54601,02	-56,40791705	-345,548	401,9556

EK-2. 527 NUMARALI DÜĞÜME AİT 2. SEVİYE EGO-AĞ DÜĞÜMLERİYLE YAPILAN SIR SALGIN MODELİ SONUÇLARI

Çizelge 7.2. Seviye 2 değerleri.

t	S	I	R	S'	I'	R'
0	61452	7645	0	-939,60108	687,3161	252,285
1	60512,4	8332,316	252,285	-1008,416869	733,4504	274,9664
2	59503,98	9065,767	527,2514	-1078,898416	779,7281	299,1703
3	58425,08	9845,495	826,4217	-1150,447696	825,5464	324,9013
4	57274,64	10671,04	1151,323	-1222,359978	870,2156	352,1444
5	56052,28	11541,26	1503,467	-1293,827404	912,9659	380,8615
6	54758,45	12454,22	1884,329	-1363,947812	952,9585	410,9893
7	53394,5	13407,18	2295,318	-1431,739476	989,3025	442,437

Çizelge 7.2. (devam). Seviye 2 değerleri.

8	51962,76	14396,48	2737,755	-1496,162075	1021,078	475,084
9	50466,6	15417,56	3212,839	-1556,14381	1047,364	508,7795
10	48910,46	16464,93	3721,619	-1610,614051	1067,271	543,3426
11	47299,84	17532,2	4264,961	-1658,540313	1079,978	578,5625
12	45641,3	18612,18	4843,524	-1698,967784	1084,766	614,2018
13	43942,33	19696,94	5457,726	-1731,05911	1081,06	649,9991
14	42211,27	20778	6107,725	-1754,131815	1068,458	685,674
15	40457,14	21846,46	6793,399	-1767,690606	1046,757	720,9331
16	38689,45	22893,22	7514,332	-1771,451989	1015,976	755,4761
17	36918	23909,19	8269,808	-1765,359113	976,3558	789,0033
18	35152,64	24885,55	9058,811	-1749,585458	928,3624	821,2231
19	33403,06	25813,91	9880,034	-1724,526951	872,6679	851,859
20	31678,53	26686,58	10731,89	-1690,783052	810,126	880,6571
21	29987,75	27496,7	11612,55	-1649,128325	741,7371	907,3912
22	28338,62	28238,44	12519,94	-1600,476743	668,6082	931,8686
23	26738,14	28907,05	13451,81	-1545,841483	591,9088	953,9326
24	25192,3	29498,96	14405,74	-1486,293139	512,8275	973,4656
25	23706,01	30011,79	15379,21	-1422,919124	432,5302	990,3889
26	22283,09	30444,32	16369,6	-1356,78665	352,1242	1004,662
27	20926,3	30796,44	17374,26	-1288,911081	272,6285	1016,283
28	19637,39	31069,07	18390,54	-1220,23076	194,9515	1025,279
29	18417,16	31264,02	19415,82	-1151,588797	119,8761	1031,713
30	17265,57	31383,9	20447,53	-1083,721665	48,05308	1035,669
31	16181,85	31431,95	21483,2	-1017,254023	-20,0003	1037,254
32	15164,59	31411,95	22520,46	-952,698875	-83,8955	1036,594
33	14211,89	31328,05	23557,05	-890,4619909	-143,364	1033,826
34	13321,43	31184,69	24590,88	-830,8494865	-198,245	1029,095
35	12490,58	30986,44	25619,97	-774,0775207	-248,475	1022,553
36	11716,51	30737,97	26642,52	-720,2831789	-294,07	1014,353
37	10996,22	30443,9	27656,88	-669,5357798	-335,113	1004,649
38	10326,69	30108,79	28661,53	-621,8480074	-371,742	993,59
39	9704,839	29737,04	29655,12	-577,1864377	-404,136	981,3225
40	9127,652	29332,91	30636,44	-535,4811733	-432,505	967,986
41	8592,171	28900,4	31604,43	-496,6344217	-457,079	953,7133
42	8095,536	28443,33	32558,14	-460,5279528	-478,102	938,6297
43	7635,009	27965,22	33496,77	-427,0294379	-495,823	922,8524
44	7207,979	27469,4	34419,62	-395,997728	-510,492	906,4902
45	6811,981	26958,91	35326,11	-367,287157	-522,357	889,644
46	6444,694	26436,55	36215,75	-340,750976	-531,655	872,4062
47	6103,943	25904,9	37088,16	-316,2440283	-538,618	854,8616
48	5787,699	25366,28	37943,02	-293,6247784	-543,462	837,0872
49	5494,074	24822,82	38780,11	-272,7567968	-546,396	819,1529

Çizelge 7.2. (devam). Seviye 2 değerleri.

50	5221,318	24276,42	39599,26	-253,5097978	-547,612	801,1219
51	4967,808	23728,81	40400,38	-235,7603143	-547,29	783,0507
52	4732,048	23181,52	41183,44	-219,3920841	-545,598	764,9901
53	4512,655	22635,92	41948,43	-204,2962098	-542,689	746,9853
54	4308,359	22093,23	42695,41	-190,3711452	-538,705	729,0766
55	4117,988	21554,52	43424,49	-177,5225528	-533,777	711,2993
56	3940,466	21020,75	44135,79	-165,6630663	-528,022	693,6847
57	3774,802	20492,73	44829,47	-154,7119885	-521,548	676,26
58	3620,09	19971,18	45505,73	-144,5949458	-514,454	659,0489
59	3475,496	19456,72	46164,78	-135,2435181	-506,828	642,0719
60	3340,252	18949,9	46806,85	-126,5948573	-498,752	625,3466
61	3213,657	18451,14	47432,2	-118,5913044	-490,296	608,8878
62	3095,066	17960,85	48041,09	-111,1800142	-481,528	592,708
63	2983,886	17479,32	48633,79	-104,3125905	-472,505	576,8176
64	2879,573	17006,82	49210,61	-97,94473891	-463,28	561,2249
65	2781,628	16543,53	49771,84	-92,03593621	-453,901	545,9367
66	2689,593	16089,63	50317,77	-86,54912079	-444,409	530,9579
67	2603,043	15645,23	50848,73	-81,45040255	-434,842	516,2924
68	2521,593	15210,38	51365,02	-76,70879345	-425,234	501,9426
69	2444,884	14785,15	51866,97	-72,29595803	-415,614	487,9099
70	2372,588	14369,54	52354,88	-68,18598324	-406,009	474,1947
71	2304,402	13963,53	52829,07	-64,35516671	-396,441	460,7964
72	2240,047	13567,09	53289,87	-60,78182249	-386,932	447,7138
73	2179,265	13180,15	53737,58	-57,44610313	-377,499	434,9451
74	2121,819	12802,65	54172,53	-54,32983709	-368,158	422,4876
75	2067,489	12434,5	54595,01	-51,41638027	-358,922	410,3384
76	2016,073	12075,57	55005,35	-48,69048067	-349,803	398,494
77	1967,383	11725,77	55403,85	-46,13815504	-340,812	386,9505
78	1921,244	11384,96	55790,8	-43,74657671	-331,957	375,7036
79	1877,498	11053	56166,5	-41,50397341	-323,245	364,7491
80	1835,994	10729,76	56531,25	-39,39953444	-314,682	354,082
81	1796,594	10415,07	56885,33	-37,42332623	-306,274	343,6975
82	1759,171	10108,8	57229,03	-35,56621567	-298,024	333,5904
83	1723,605	9810,776	57562,62	-33,8198003	-289,936	323,7556
84	1689,785	9520,84	57886,37	-32,17634499	-282,011	314,1877
85	1657,609	9238,829	58200,56	-30,62872432	-274,253	304,8814
86	1626,98	8964,576	58505,44	-29,17037022	-266,661	295,831
87	1597,809	8697,916	58801,27	-27,79522437	-259,236	287,0312
88	1570,014	8438,68	59088,31	-26,49769492	-251,979	278,4764
89	1543,517	8186,701	59366,78	-25,2726171	-244,889	270,1611
90	1518,244	7941,812	59636,94	-24,11521738	-237,965	262,0798
91	1494,129	7703,848	59899,02	-23,02108084	-231,206	254,227

Çizelge 7.2. (devam). Seviye 2 değerleri.

92	1471,108	7472,642	60153,25	-21,9861215	-224,611	246,5972
93	1449,122	7248,031	60399,85	-21,00655522	-218,178	239,185
94	1428,115	7029,852	60639,03	-20,07887504	-211,906	231,9851
95	1408,036	6817,946	60871,02	-19,19982867	-205,792	224,9922
96	1388,836	6612,154	61096,01	-18,36639799	-199,835	218,2011
97	1370,47	6412,319	61314,21	-17,57578029	-194,031	211,6065
98	1352,894	6218,288	61525,82	-16,82537115	-188,378	205,2035
99	1336,069	6029,91	61731,02	-16,11274884	-182,874	198,987
100	1319,956	5847,036	61930,01	-15,43565997	-177,517	192,9522

EK-3. 527 NUMARALI DÜĞÜME AİT 3. SEVİYE EGO-AĞ DÜĞÜMLERİYLE YAPILAN SIR SALGIN MODELİ SONUÇLARI

Çizelge 7.3. Seviye 3 değerleri.

t	S	I	R	S'	I'	R'
0	47031	22066	0	-2075,572092	1347,394	728,178
1	44955,43	23413,39	728,178	-2105,1183	1332,476	772,642
2	42850,31	24745,87	1500,82	-2120,736415	1304,123	816,6137
3	40729,57	26049,99	2317,434	-2122,0102	1262,36	859,6498
4	38607,56	27312,35	3177,083	-2108,926817	1207,619	901,3077
5	36498,64	28519,97	4078,391	-2081,880212	1140,721	941,1591
6	34416,76	29660,69	5019,55	-2041,649719	1062,847	978,8029
7	32375,11	30723,54	5998,353	-1989,355782	975,4789	1013,877
8	30385,75	31699,02	7012,23	-1926,396995	880,3294	1046,068
9	28459,35	32579,35	8058,298	-1854,374412	779,2559	1075,119
10	26604,98	33358,6	9133,416	-1775,009963	674,176	1100,834
11	24829,97	34032,78	10234,25	-1690,065791	566,984	1123,082
12	23139,9	34599,76	11357,33	-1601,270424	459,4782	1141,792
13	21538,63	35059,24	12499,12	-1510,256328	353,3013	1156,955
14	20028,38	35412,54	13656,08	-1418,511544	249,8976	1168,614
15	18609,87	35662,44	14824,69	-1327,346459	150,4859	1176,861
16	17282,52	35812,93	16001,55	-1237,875177	56,04856	1181,827
17	16044,64	35868,98	17183,38	-1151,009867	-32,6664	1183,676
18	14893,63	35836,31	18367,06	-1067,465734	-115,132	1182,598
19	13826,17	35721,18	19549,65	-987,7739856	-191,025	1178,799
20	12838,39	35530,15	20728,45	-912,3001809	-260,195	1172,495
21	11926,09	35269,96	21900,95	-841,2656352	-322,643	1163,909
22	11084,83	34947,31	23064,86	-774,7699447	-378,491	1153,261
23	10310,06	34568,82	24218,12	-712,8131489	-427,958	1140,771
24	9597,245	34140,87	25358,89	-655,3164894	-471,332	1126,649

Çizelge 7.3. (devam). Seviye 3 değerleri.

25	8941,928	33669,53	26485,54	-602,1411102	-508,953	1111,095
26	8339,787	33160,58	27596,63	-553,1043623	-541,195	1094,299
27	7786,683	32619,38	28690,93	-507,9936156	-568,446	1076,44
28	7278,689	32050,94	29767,37	-466,577652	-591,103	1057,681
29	6812,112	31459,84	30825,05	-428,6158246	-609,559	1038,175
30	6383,496	30850,28	31863,23	-393,8652264	-624,194	1018,059
31	5989,631	30226,08	32881,29	-362,086142	-635,375	997,4607
32	5627,544	29590,71	33878,75	-333,0460529	-643,447	976,4934
33	5294,498	28947,26	34855,24	-306,5224541	-648,737	955,2596
34	4987,976	28298,52	35810,5	-282,3047124	-651,547	933,8513
35	4705,671	27646,98	36744,35	-260,1951712	-652,155	912,3502
36	4445,476	26994,82	37656,7	-240,0096717	-650,819	890,8291
37	4205,466	26344	38547,53	-221,5776361	-647,774	869,3521
38	3983,889	25696,23	39416,88	-204,7418297	-643,234	847,9755
39	3779,147	25052,99	40264,86	-189,3578947	-637,391	826,7488
40	3589,789	24415,6	41091,61	-175,2937322	-630,421	805,7149
41	3414,495	23785,18	41897,32	-162,4287873	-622,482	784,911
42	3252,067	23162,7	42682,23	-150,6532833	-613,716	764,3691
43	3101,413	22548,98	43446,6	-139,8674369	-604,249	744,1165
44	2961,546	21944,74	44190,72	-129,9806772	-594,196	724,1763
45	2831,565	21350,54	44914,9	-120,910887	-583,657	704,5678
46	2710,654	20766,88	45619,46	-112,5836774	-572,723	685,3071
47	2598,071	20194,16	46304,77	-104,9317015	-561,476	666,4073
48	2493,139	19632,68	46971,18	-97,89401339	-549,985	647,8786
49	2395,245	19082,7	47619,06	-91,41547365	-538,314	629,7291
50	2303,829	18544,39	48248,78	-85,4462003	-526,519	611,9647
51	2218,383	18017,87	48860,75	-79,94106605	-514,649	594,5896
52	2138,442	17503,22	49455,34	-74,8592388	-502,747	577,6062
53	2063,583	17000,47	50032,95	-70,16376348	-490,852	561,0156
54	1993,419	16509,62	50593,96	-65,82118265	-478,996	544,8175
55	1927,598	16030,62	51138,78	-61,80119282	-467,209	529,0106
56	1865,797	15563,41	51667,79	-58,07633404	-455,516	513,5927
57	1807,72	15107,9	52181,38	-54,62170964	-443,939	498,5606
58	1753,099	14663,96	52679,94	-51,41473377	-432,496	483,9106
59	1701,684	14231,46	53163,85	-48,43490399	-421,203	469,6383
60	1653,249	13810,26	53633,49	-45,66359676	-410,075	455,7386
61	1607,585	13400,18	54089,23	-43,0838834	-399,122	442,2061
62	1564,502	13001,06	54531,44	-40,68036478	-388,355	429,0351
63	1523,821	12612,71	54960,47	-38,43902263	-377,78	416,2194
64	1485,382	12234,93	55376,69	-36,34708597	-367,406	403,7526
65	1449,035	11867,52	55780,44	-34,39291108	-357,235	391,6282
66	1414,642	11510,29	56172,07	-32,56587356	-347,274	379,8395

Çizelge 7.3. (devam). seviye 3 değerleri.

67	1382,076	11163,01	56551,91	-30,85627131	-337,523	368,3794
68	1351,22	10825,49	56920,29	-29,2552373	-327,986	357,2412
69	1321,965	10497,5	57277,53	-27,75466105	-318,663	346,4176
70	1294,21	10178,84	57623,95	-26,34711805	-309,555	335,9018
71	1267,863	9869,286	57959,85	-25,02580606	-300,661	325,6864
72	1242,837	9568,626	58285,54	-23,78448791	-291,98	315,7646
73	1219,053	9276,646	58601,3	-22,61743978	-283,512	306,1293
74	1196,435	8993,134	58907,43	-21,51940465	-275,254	296,7734
75	1174,916	8717,88	59204,2	-20,48555028	-267,204	287,69
76	1154,43	8450,675	59491,89	-19,51143126	-259,361	278,8723
77	1134,919	8191,314	59770,77	-18,59295467	-251,72	270,3134
78	1116,326	7939,594	60041,08	-17,72634914	-244,28	262,0066
79	1098,6	7695,314	60303,09	-16,90813675	-237,037	253,9454
80	1081,691	7458,276	60557,03	-16,13510767	-229,988	246,1231
81	1065,556	7228,288	60803,16	-15,40429711	-223,129	238,5335
82	1050,152	7005,159	61041,69	-14,71296449	-216,457	231,1703
83	1035,439	6788,702	61272,86	-14,0585745	-209,969	224,0272
84	1021,381	6578,733	61496,89	-13,43877991	-203,659	217,0982
85	1007,942	6375,074	61713,98	-12,85140596	-197,526	210,3774
86	995,0903	6177,548	61924,36	-12,29443615	-191,565	203,8591
87	982,7959	5985,983	62128,22	-11,76599933	-185,771	197,5374
88	971,0299	5800,212	62325,76	-11,26435792	-180,143	191,407
89	959,7655	5620,069	62517,17	-10,78789723	-174,674	185,4623
90	948,9776	5445,395	62702,63	-10,3351156	-169,363	179,698
91	938,6425	5276,032	62882,33	-9,904615578	-164,204	174,1091
92	928,7379	5111,827	63056,43	-9,495095679	-159,195	168,6903
93	919,2428	4952,632	63225,12	-9,105342999	-154,332	163,4369
94	910,1375	4798,301	63388,56	-8,734226375	-149,61	158,3439
95	901,4032	4648,691	63546,91	-8,380690159	-145,026	153,4068
96	893,0225	4503,665	63700,31	-8,043748506	-140,577	148,6209
97	884,9788	4363,088	63848,93	-7,722480143	-136,259	143,9819
98	877,2563	4226,828	63992,92	-7,416023565	-132,069	139,4853
99	869,8403	4094,759	64132,4	-7,123572637	-128,003	135,127
100	862,7167	3966,755	64267,53	-6,844372539	-124,059	130,9029

**EK-4. 527 NUMARALI DÜĞÜME AİT MAKSİMUM SEVİYE EGO-AĞ
DÜĞÜMLERİYLE YAPILAN SIR SALGIN MODELİ SONUÇLARI**

Çizelge 7.4. En çok seviye değerleri.

t	S	I	R	S'	I'	R'
0	11254	57843	0	-1301,930244	-606,889	1908,819
1	9952,07	57236,11	1908,819	-1139,235543	-749,556	1888,792
2	8812,834	56486,56	3797,611	-995,613291	-868,443	1864,056
3	7817,221	55618,11	5661,667	-869,5581389	-965,84	1835,398
4	6947,663	54652,27	7497,065	-759,4111197	-1044,11	1803,525
5	6188,252	53608,16	9300,59	-663,4815539	-1105,59	1769,069
6	5524,77	52502,57	11069,66	-580,1292695	-1152,46	1732,585
7	4944,641	51350,12	12802,24	-507,8157555	-1186,74	1694,554
8	4436,825	50163,38	14496,8	-445,1322619	-1210,26	1655,391
9	3991,693	48953,12	16152,19	-390,8116208	-1224,64	1615,453
10	3600,881	47728,48	17767,64	-343,7291503	-1231,31	1575,04
11	3257,152	46497,17	19342,68	-302,8966811	-1231,51	1534,406
12	2954,255	45265,66	20877,09	-267,4526175	-1226,31	1493,767
13	2686,803	44039,34	22370,85	-236,650053	-1216,65	1453,298
14	2450,153	42822,69	23824,15	-209,8442796	-1203,3	1413,149
15	2240,308	41619,39	25237,3	-186,4805378	-1186,96	1373,44
16	2053,828	40432,43	26610,74	-166,0825052	-1168,19	1334,27
17	1887,745	39264,24	27945,01	-148,2417847	-1147,48	1295,72
18	1739,504	38116,76	29240,73	-132,608497	-1125,24	1257,853
19	1606,895	36991,52	30498,59	-118,8829829	-1101,84	1220,72
20	1488,012	35889,68	31719,31	-106,8085644	-1077,55	1184,36
21	1381,204	34812,13	32903,66	-96,16527906	-1052,64	1148,8
22	1285,038	33759,5	34052,47	-86,76448971	-1027,3	1114,063
23	1198,274	32732,2	35166,53	-78,4442681	-1001,72	1080,163
24	1119,83	31730,48	36246,69	-71,06545422	-976,04	1047,106
25	1048,764	30754,44	37293,8	-64,50830028	-950,388	1014,896
26	984,2558	29804,05	38308,69	-58,66961703	-924,864	983,5337
27	925,5861	28879,19	39292,23	-53,46034984	-899,553	953,0132
28	872,1258	27979,63	40245,24	-48,80352058	-874,524	923,3279
29	823,3223	27105,11	41168,57	-44,63248049	-849,836	894,4686
30	778,6898	26255,27	42063,04	-40,88942651	-825,535	866,424
31	737,8004	25429,74	42929,46	-37,52414093	-801,657	839,1814
32	700,2762	24628,08	43768,64	-34,49291972	-778,234	812,7267
33	665,7833	23849,85	44581,37	-31,75766075	-755,287	787,045
34	634,0256	23094,56	45368,41	-29,28508695	-732,835	762,1205
35	604,7406	22361,73	46130,53	-27,04608395	-710,891	737,9369
36	577,6945	21650,83	46868,47	-25,01513435	-689,462	714,4775
37	552,6793	20961,37	47582,95	-23,16983407	-668,555	691,7253

Çizelge 7.4. (devam). En çok seviye değerleri.

38	529,5095	20292,82	48274,67	-21,49047814	-648,172	669,6629
39	508,019	19644,64	48944,34	-19,95970561	-628,314	648,2732
40	488,0593	19016,33	49592,61	-18,56219443	-608,977	627,5389
41	469,4971	18407,35	50220,15	-17,28439917	-590,158	607,4427
42	452,2127	17817,2	50827,59	-16,11432491	-571,853	587,9674
43	436,0984	17245,34	51415,56	-15,0413323	-554,055	569,0963
44	421,0571	16691,29	51984,66	-14,05596894	-536,757	550,8125
45	407,0011	16154,53	52535,47	-13,14982353	-519,95	533,0995
46	393,8513	15634,58	53068,57	-12,31539937	-503,626	515,9412
47	381,5359	15130,96	53584,51	-11,54600455	-487,776	499,3215
48	369,9899	14643,18	54083,83	-10,83565639	-472,389	483,2249
49	359,1542	14170,79	54567,06	-10,17899826	-457,457	467,6361
50	348,9752	13713,33	55034,69	-9,571226985	-442,969	452,54
51	339,404	13270,36	55487,23	-9,008029392	-428,914	437,922
52	330,396	12841,45	55925,15	-8,485526815	-415,282	423,7679
53	321,9104	12426,17	56348,92	-8,000226429	-402,063	410,0636
54	313,9102	12024,1	56758,98	-7,548978545	-389,246	396,7955
55	306,3612	11634,86	57155,78	-7,128939061	-376,821	383,9503
56	299,2323	11258,04	57539,73	-6,737536413	-364,778	371,5152
57	292,4948	10893,26	57911,25	-6,372442424	-353,105	359,4776
58	286,1223	10540,15	58270,72	-6,031546584	-341,794	347,8251
59	280,0908	10198,36	58618,55	-5,712933291	-330,833	336,5459
60	274,3778	9867,528	58955,09	-5,414861716	-320,214	325,6284
61	268,963	9547,314	59280,72	-5,135747943	-309,926	315,0614
62	263,8272	9237,389	59595,78	-4,874149114	-299,96	304,8338
63	258,9531	8937,429	59900,62	-4,628749337	-290,306	294,9352
64	254,3243	8647,123	60195,55	-4,398347141	-280,957	285,355
65	249,926	8366,166	60480,91	-4,181844296	-271,902	276,0835
66	245,7441	8094,264	60756,99	-3,978235832	-263,132	267,1107
67	241,7659	7831,132	61024,1	-3,786601128	-254,641	258,4273
68	237,9793	7576,491	61282,53	-3,606095935	-246,418	250,0242
69	234,3732	7330,073	61532,55	-3,435945229	-238,456	241,8924
70	230,9373	7091,616	61774,45	-3,275436813	-230,748	234,0233
71	227,6618	6860,868	62008,47	-3,123915556	-223,285	226,4087
72	224,5379	6637,584	62234,88	-2,980778233	-216,059	219,0403
73	221,5571	6421,524	62453,92	-2,845468867	-209,065	211,9103
74	218,7117	6212,459	62665,83	-2,717474543	-202,294	205,0112
75	215,9942	6010,166	62870,84	-2,596321625	-195,739	198,3355
76	213,3979	5814,427	63069,18	-2,481572349	-189,395	191,8761
77	210,9163	5625,032	63261,05	-2,372821738	-183,253	185,6261
78	208,5435	5441,779	63446,68	-2,269694811	-177,309	179,5787
79	206,2738	5264,47	63626,26	-2,171844063	-171,556	173,7275
80	204,1019	5092,914	63799,98	-2,078947167	-165,987	168,0662

Çizelge 7.4. (devam). En çok seviye değerleri.

81	202,023	4926,927	63968,05	-1,990704903	-160,598	162,5886
82	200,0323	4766,329	64130,64	-1,906839268	-155,382	157,2889
83	198,1254	4610,947	64287,93	-1,827091761	-150,334	152,1613
84	196,2983	4460,613	64440,09	-1,751221821	-145,449	147,2002
85	194,5471	4315,164	64587,29	-1,679005407	-140,721	142,4004
86	192,8681	4174,442	64729,69	-1,610233697	-136,146	137,7566
87	191,2579	4038,296	64867,45	-1,544711909	-131,719	133,2638
88	189,7132	3906,577	65000,71	-1,482258221	-127,435	128,917
89	188,2309	3779,142	65129,63	-1,422702778	-123,289	124,7117
90	186,8082	3655,853	65254,34	-1,365886794	-119,277	120,6432
91	185,4423	3536,576	65374,98	-1,311661723	-115,395	116,707
92	184,1307	3421,181	65491,69	-1,259888498	-111,639	112,899
93	182,8708	3309,542	65604,59	-1,210436839	-108,004	109,2149
94	181,6603	3201,537	65713,8	-1,163184613	-104,488	105,6507
95	180,4971	3097,05	65819,45	-1,118017249	-101,085	102,2026
96	179,3791	2995,965	65921,66	-1,074827196	-97,792	98,86684
97	178,3043	2898,173	66020,52	-1,033513432	-94,6062	95,63971
98	177,2708	2803,567	66116,16	-0,993981	-91,5237	92,5177
99	176,2768	2712,043	66208,68	-0,956140596	-88,5413	89,49742
100	175,3207	2623,502	66298,18	-0,919908174	-85,6557	86,57556

EK-5. AĞIN ÖZVEKTÖR MERKEZİLİĞİNE GÖRE EN YÜKSEK DEĞERLİ 100 DÜĞÜMÜ

Çizelge 7.5. Ağın ilk 100 özvektör merkezilik değerleri.

Numara	Özvektör
459	1.0
527	0.936596
592	0.792264
2255	0.727172
2315	0.639533
0	0.630378
498	0.612538
5	0.580286
557	0.573671
1174	0.555428
483	0.516398
2434	0.514935
1149	0.513801
495	0.493591
209	0.455747

Çizelge 7.5. (devam). Ağın ilk 100 özvektör merkezilik değerleri.

511	0.45542
3870	0.441179
1186	0.439049
143	0.432069
3578	0.425992
1201	0.421073
153	0.421012
203	0.410531
376	0.405131
4103	0.370803
82	0.367449
615	0.360441
590	0.357939
5275	0.35164
267	0.351158
3584	0.346027
1545	0.342815
956	0.337242
3988	0.336375
4370	0.336052
1791	0.332998
2073	0.330818
1108	0.325015
581	0.313989
2227	0.31377
914	0.313205
141	0.312746
116	0.303572
2169	0.302167
3817	0.295904
1910	0.294364
3682	0.293851
1999	0.288145
535	0.282889
10071	0.280161
2378	0.274034
599	0.273471
4517	0.268605
3930	0.261383
303	0.259713
3675	0.258828
547	0.258553
40	0.256211

Çizelge 7.5. (devam). Ağın ilk 100 özvektör merkezilik değerleri.

450	0.256057
3887	0.250555
327	0.248652
2081	0.247501
204	0.245044
1649	0.243723
2000	0.243709
3679	0.243705
3559	0.242859
10107	0.242569
3673	0.242261
10118	0.240664
323	0.240537
3598	0.238106
4177	0.2335
1960	0.232718
854	0.232623
97	0.232608
3691	0.232124
3571	0.231723
2401	0.231286
3229	0.230928
486	0.230552
3843	0.230098
89	0.229646
3643	0.229292
3967	0.228637
41	0.22727
1405	0.225794
4756	0.224019
2	0.222684
66	0.221614
523	0.221429
8865	0.21822
2105	0.218185
180	0.2164
5269	0.213749
1673	0.213592
4405	0.213401
6257	0.211073
125	0.210859
4015	0.210512

EK-6. AĞIN DIŞ DERECE MERKEZİLİĞİNE GÖRE EN YÜKSEK DEĞERLİ 100 DÜĞÜMÜ

Çizelge 7.6. Ağın ilk 100 dış derece merkezilik değerleri.

Numara	Dış derece
527	739
459	640
592	490
2255	443
0	409
1174	342
1149	334
1430	332
1791	327
854	318
307	318
1910	310
557	306
2315	304
2434	292
1108	281
483	268
615	260
267	251
4370	243
498	241
5	238
511	237
590	231
2	224
914	216
153	211
82	211
3584	211
10071	202
1201	200
486	198
203	193
10107	193
3578	191
4103	191
209	185
376	184

Çizelge 7.6. (devam). Ağın ilk 100 dış derece merkezilik değerleri.

495	182
2169	182
440	174
218	171
3588	171
10118	169
3870	168
1649	166
220	161
599	159
2204	154
1186	152
956	152
30192	152
116	148
521	148
5275	144
450	144
41	143
1673	142
3817	140
469	138
10950	137
2257	135
143	133
1653	133
5406	133
3988	132
2073	132
3229	132
10077	132
1999	131
6257	131
4467	131
10147	130
10928	129
10001	128
22	128
3682	127
204	127
379	127

Çizelge 7.6. (devam). Ağın ilk 100 dış derece merkezilik değerleri.

625	127
10117	126
1792	126
2069	126
2227	124
2401	123
435	123
2405	123
578	123
1663	123
535	121
5109	121
205	121
39549	120
1605	119
89	118
10971	118
124	118
10034	118
4968	117
40	116

EK-7. AĞIN ARASINDALIK MERKEZİLİĞİNE GÖRE EN YÜKSEK DEĞERLİ 100 DÜĞÜMÜ

Çizelge 7.7. Ağın ilk 100 arasındalık merkezilik değerleri.

Numara	Arasındalık
1174	0.620548
527	0.444087
459	0.441574
175	0.375952
2434	0.346915
0	0.335439
307	0.321275
661	0.28099
4370	0.260447
2169	0.246737
1201	0.244338
2255	0.228826
557	0.223101
10098	0.207065

Çizelge 7.7. (devam). Ağın ilk 100 arasındalık merkezilik değerleri.

592	0.206731
1797	0.199412
376	0.197694
1791	0.196835
10071	0.193169
2378	0.193024
521	0.188587
2357	0.186915
1642	0.16707
615	0.158605
5406	0.153501
24859	0.152478
17141	0.152295
1149	0.145151
22	0.142448
628	0.141602
1910	0.136504
1649	0.134834
854	0.131408
756	0.129583
2	0.115788
918	0.109101
590	0.108115
880	0.106276
599	0.103343
2204	0.099256
10001	0.098748
511	0.096798
10932	0.096657
4268	0.090968
2315	0.090648
1641	0.089403
1108	0.089299
267	0.087336
10912	0.08416
4738	0.082948
42699	0.082236
1270	0.081304
4770	0.077689
20030	0.076026
241	0.074878
2257	0.074276
604	0.071315

Çizelge 7.7. (devam). Ağın ilk 100 arasındalık merkezilik değerleri.

1594	0.071062
220	0.069564
15752	0.067788
10659	0.067444
3588	0.066863
5970	0.066822
776	0.065365
30192	0.064333
39549	0.062737
11243	0.059858
15918	0.05926
486	0.058748
1430	0.058246
10107	0.057476
440	0.05673
10034	0.055467
56437	0.055129
4771	0.053888
39612	0.053561
82	0.052645
4636	0.05244
914	0.048763
1999	0.048359
49920	0.04763
1653	0.047434
625	0.045567
1673	0.045238
29504	0.045212
2139	0.044634
5	0.04383
12835	0.041679
531	0.041354
2350	0.041337
355	0.040794
10898	0.040479
450	0.040251
483	0.040147
498	0.039372
10118	0.039286
2428	0.039064
956	0.038287
38759	0.037293
4858	0.037087

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Levent SABAH
Doğum Tarihi ve Yeri : 15.07.1986, ESKİŞEHİR
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : leventsabah@duzce.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Bilgisayar Mühendisliği	Düzce Üniversitesi	2018
Lisans	İktisat (Açık Öğretim)	Anadolu Üniversitesi	2012
Lisans	Bilgisayar Mühendisliği	Çukurova Üniversitesi	2011
Ön Lisans	Bilgisayar Teknoloji ve Programlama	Selçuk Üniversitesi	2006

SOSYAL AĞ ANALİZİ ÜZERİNE YAPILAN YAYINLAR

Bildiriler

- SABAH L., ŞİMŞEK M., Investigation Of Spatial Data with Open Source Social Network Analysis and Geographic Information Systems Applications, 4th International Workshop on Geoinformation Science: GeoAdvances 2017, 14.10.2017, Safranbolu, Karabük, Turkey
- SABAH L., ŞİMŞEK M., Implementation of Clarke & Wright Savings Algorithm in Social Network Analysis: An Exemplary Event Planning System, International Conference on Advanced Technologies, Computer Engineering and Science (ICATCES'18), May 11-13, 2018 Safranbolu, Turkey

Makaleler

1. SABAH L., ŞİMŞEK M., Geospatial Social Network Analysis with Using GIS For Location-Based Service Recommendation, ANADOLU UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY A - Applied Sciences and Engineering, 25.06.2018, Eskişehir, Turkey. Kabul edildi.

