



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



YÜKSEK LİSANS TEZİ

NESNELERİN AĞI: ÇİZGE TABANLI BAĞLANTILI VERİ
GÖRSELLEŞTİRME VE SOSYAL AĞ ANALİZİ UYGULAMALARI

Cem TURAN

Enformatik Anabilim Dalı

Enformatik Programı

DANIŞMAN
Prof. Dr. Sevinç GÜLSEÇEN

Haziran, 2017

İSTANBUL

Sevinç Gülseçen
[Signature]

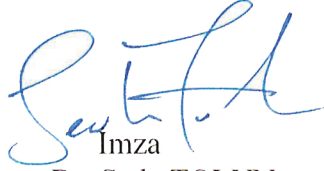
Bu çalışma 22 / 06 / 2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Enformatik Anabilim Dalı Enformatik programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi:



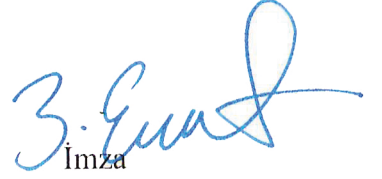
İmza

Prof. Dr. Sevinç GÜLSEÇEN (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü, Enformatik Bölümü



İmza

Doç. Dr. Seda TOLUN
İstanbul Üniversitesi
İşletme Fakültesi



İmza

Doç. Dr. Zümrüt Ecevit SATI
İstanbul Üniversitesi
Siyasal Bilgiler Fakültesi



İmza

Doç. Dr. Mehmet Nafiz AYDIN
Kadir Has Üniversitesi
Mühendislik ve Doğa Bilimleri
Fakültesi



İmza

Yrd. Doç Dr. Şebnem AKAL
Marmara Üniversitesi
İşletme Fakültesi



20.04.2016 tarihli resmi gazetede yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi'nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin

53031 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Nesnelerin sahip olduğu nicelikler kadar, diğer varlıklarla olan ilişkilerinden doğan nitel özelliklerinin öneminin farkına vardığım günden bu yana, bilgisayar bilimlerinin bu alanda yapabilecekleri üzerinde çalışmaya gayret etmekteyim. Astronomi gibi makro ölçekten genetik kodlar gibi mikrobiyolojik seviyeye kadar her alanda karşımıza çıkan varlıklar arasındaki ilişkilerin sistemli bir sentezini yapma olanağını vereceği umulan ağ bilimi üzerinde araştırmacılara yönelik yeterli Türkçe bilgi kaynağının olmadığını, çalışmalara başladığım zaman daha iyi anladım.

Geçmiş çizge teoremine dayanan, uzun yıllardır bilimin tezgâhında olan ağ analizinde, özellikle 2000’li yıllardan sonra öneminin kavranmasıyla uluslararası araştırma sayısında kayda değer bir artış gözlenmiş olmasına rağmen ülkemizde halen yeterli ilgiyi göremediği, akademik kütüphane taramalarında kendini ortaya koymaktadır.

Sağlıktan ekonomiye, sosyolojiden uzay araştırmalarına kadar pek çok alanda önemli gelişmeler üretme potansiyeline sahip olan ağ bilimi bir alet olarak, çok disiplinli çalışmalara matematik ve bilgisayar bilimlerinin çok önemli ve kritik katkı alanıdır.

Bu gerekliliklerle tezime konu edindiğim bu alanda, bir amacım da diğer disiplinlerde olup ağ bilimlerini test etmek isteyen araştırmacılara analiz metrikleri hakkında bilgi sunmaktır.

Bu konuda tez hazırlamak girişimimde bana desteğini esirgemeyen, çok değerli hocam Prof. Dr. Sevinç GÜLSEÇEN’e, çalışmalarım sırasında gerekli olan bileşenlerin teminini sağlayan İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi’ne, yüksek lisans öğretimim boyunca, çok disiplinli çalışmalar konusundaki farkındalığımı artıran, ilgi ve desteğini hep hissettiğim; Yrd. Doç Dr. Çiğdem Selçukcan Erol’a ve zorlu yaşam koşullarına rağmen, bitmek tükenmek bilmeyen bilim sevgisini içime miras bırakan, her ikisini de kaybetmiş olmanın acısıyla andığım anne ve babama şükranlarımı sunuyorum.

Yaşamın tamamının ağlarla örüntülü olduğu kabulünden hareket ederek; bu çalışmamın araştırmacılar için yeni farkındalıkların oluşmasına yardımcı olmasını dilerim.

Saygılarımla.

Haziran, 2017

Cem TURAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
TABLO LİSTESİ	x
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	xi
ÖZET.....	xii
SUMMARY	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL KISIMLAR	5
2.1. NİCEL BÜYÜKLÜKLERİN DÖNÜŞÜMÜ	5
2.1.1. Nicel Büyüklük Dönüşümünün Çizgesel Gösterimi	6
2.2. ÇİZGEDEN VERİ AĞLARINA	8
2.3. ÇİZGE TEORİSİ	9
2.3.1. Temel Çizge Metrikleri	10
2.3.2. Komşuluk Matrisleri	19
2.4. SOSYAL AĞLAR	23
2.4.1. Tarihsel Gelişim	27
2.4.2. Ağ Çeşitleri	34
2.4.3. Temel Terimler.....	36
2.4.4. Matrisler	53
2.4.5. Ağ Ölçütleri.....	58
2.4.6. Merkezilik Ölçüleri	63
2.4.7. Ağ Veritabanı	72
3. MALZEME VE YÖNTEM	78
4. BULGULAR	83
4.1. İSTANBUL RAYLI SİSTEMLERİ ANALİZİ	83
4.2. İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ KİTAP BİBLİYOGRAFYASI ANALİZİ	94
4.3. İSTANBUL TIP FAKÜLTESİ 1980-2010 YAYINLARI ANALİZİ	102
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	107
KAYNAKLAR	111
EKLER.....	114

Ek 1. İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2017 İstanbul Raylı Sistemler Haritası	114
Ek 2. İstanbul Üniversitesi 1933-2016 Kitap Bibliyografyası Kapağı	115
Ek 3. İstanbul Raylı Sistem Şebekesi İstasyon Ve Hatlar Katılım Matrisi	116
Ek 4. İBB Raylı Sistem Şebekesi Düğüm Derece Ve Normalizasyon Değerleri	119
Ek 5. İBB Raylı Sistem Şebekesi Bağımlı Ve Otorite Aktör Analizi	121
ÖZGEÇMİŞ.....	123



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: Ölçülen iki skaler büyüklüğün karşılaştırmasının çizge gösterimi.....	7
Şekil 2.2: (a) Königsberg ve yedi köprüsü, (b) krokisi, (c) çizge gösterimi.	10
Şekil 2.3: İki düğüm arasındaki ikili ilişki.	13
Şekil 2.4: Dört düğüm ve dört kenarlı yönsüz bir çizge.	13
Şekil 2.5: Dört düğüm ve dört kenarlı tek yönlü bir çizge.	14
Şekil 2.6: Dört düğüm ve dört kenarlı tek yönlü ve ağırlıklı bir çizge.	16
Şekil 2.7: Bir çizgenin 6 düğümlü döngü kesimi ve izole bir düğüm örneği.	18
Şekil 2.8: Königsberg köprüleri sorusuna ait yönsüz ikili, simetrik komşuluk matrisi.	20
Şekil 2.9: Königsberg köprüleri sorusuna ait yönlü ikili, asimetrik komşuluk matrisi.	21
Şekil 2.10: Königsberg köprülerinin uzunluklarıyla üretilmiş ağırlıklı komşuluk matrisi.	22
Şekil 2.11: JK flip flop (a) doğruluk tablosu, (b) çizge diyagramı, (c) mantıksal eşleniği.	23
Şekil 2.12: Bir kimyasal bileşik ve onun ağ eşleniği.	25
Şekil 2.13: Moreno ve Jennings'in kitap orjinalinden alınmış sosyogram gösterimi.	28
Şekil 2.14: Bir sosyogram örneği.	30
Şekil 2.15: Erdős sayısı ile kurulan, bilimsel yayın ortaklığı ağı.	31
Şekil 2.16: Google Scholar veritabanında bazı ifadelerin arama sayıları.	34
Şekil 2.17: Çizge, sosyal ağ ve ego ağlarında düğüm ve kenarların adlandırılması.	37
Şekil 2.18: Aktör, bağ, ilişki (ikili) ve aktör niteliği kavramları.	37
Şekil 2.19: Bir aktör çifti arasındaki bağlantı olasılıkları.	38
Şekil 2.20: Triad ile kurulması muhtemel 16 değişik durum kombinasyonu.	39
Şekil 2.21: Triad'da geçişlilik ve dönersellik.	40
Şekil 2.22: Hub'lar ve otorite.	42
Şekil 2.23: İzole bir aktörün ağa göre durumu.	42
Şekil 2.24: Ağdan izole olmuş bir ağ parçası.	43
Şekil 2.25: İki ağ kümesini birbirine bağlayan köprü.	43

Şekil 2.26: Bir aktörden diğerine ulaşan bir yol.	44
Şekil 2.27: Tek modlu ağa bir örnek.	45
Şekil 2.28: Proteinler arası etkileşimi gösteren bir biyoenformatik ağ.....	46
Şekil 2.29: Bir sınıfta öğrenciler ve aldıkları derslere yönelik iki modlu ağ örneği.....	47
Şekil 2.30: Zayıf ve güçlü eleman örnekleri.....	49
Şekil 2.31: Kesim noktasının örnek bir ağda gösterimi.....	50
Şekil 2.32: Birbirleri ile ilişkili üç klik grubu.	52
Şekil 2.33: Kümelenmelere ayrıştırılmış bir moleküler biyoloji ağı.	53
Şekil 2.34: Beyin nöronlarına ve aralarındaki bağlantılara ait gerçek görüntü.	54
Şekil 2.35: Örnek matriste (Tablo 2.3) yüklü veri ile elde edilmiş ağ.....	56
Şekil 2.36: Örnek matristeki (Tablo 2.4) yüklü veri ile elde edilmiş yönlü ağ.	58
Şekil 2.37: Düğüm sayısı, $n=1$ ila $n=10$ arasındaki tam ağ görünüşleri.	59
Şekil 2.38: Ağ yoğunluk örnekleri: (a) Seyrek bağlantılı ağ, (b) Yoğun bağlantılı ağ.	60
Şekil 2.39: Düğüm 2’den 4’e en kısa yol: (a) Yönsüz (b) Yönlü (c) Yönlü ağırlıklı ağda.....	61
Şekil 2.40: Yıldız çizge.	63
Şekil 2.41: Arasındalık merkeziliği D aktöründe yüksektir.	68
Şekil 2.42: Klasik bir ilişkisel veritabanı modeli tasarımı.....	75
Şekil 2.43: Okuyucu beğenileri ve kitaplar için veri modeli.	76
Şekil 2.44: Cypher sorgulama dilinde, veriler arasındaki bağ gösterimi.....	77
Şekil 2.45: 1935 yılına ait İstanbul ili tramvay bileti ve üzerindeki ağ.....	77
Şekil 3.1: Bir ağın komşuluk matrisinden derece merkezlik değerlerini üreten algoritma.	81
Şekil 3.2: Bir ağa ait elde edilmiş derece merkezlik değerlerini normalize eden algoritma.	82
Şekil 4.1: İstanbul raylı sistem katılım matrisinden elde edilen iki durumlu ağ çıktısı.....	88
Şekil 4.2: Aynı katılım matrisinden elde edilmiş dairesel istasyon-hat dağılım ağı.....	89
Şekil 4.3: İstanbul raylı sistemindeki ortak istasyon varlığının hatlara göre ağırlıkları.	90
Şekil 4.4: İstanbul raylı sistemindeki istasyonlarla oluşturulmuş ikili komşuluk matrisi.	91
Şekil 4.5: İstanbul raylı sistem şebeke ağında istasyonların derece merkeziliği.	92
Şekil 4.6: Raylı sistem şebekesinin arasındalık ölçütü açısından değerlendirilmesi.	92

Şekil 4.7: Üniversite bibliyografyası bölüm-yıl katılım matrisi.	97
Şekil 4.8: İstanbul Üniversitesi 1924-2016 kitap bibliyografyasına göre bölüm yayın ağı....	98
Şekil 4.9: Derece merkeziliği kriterine göre bölümlerin yıllara göre yayını.	98
Şekil 4.10: İTF'nin 1980-2010 yayınlarının yıllara göre dağılımını gösteren ağ modeli.	103
Şekil 4.11: İTF 1980-2010 bilimsel yayın sayılarına göre ağ merkezilik gösterimleri.	106
Şekil 4.12: İTF 1980-2010 yılları merkezilik ölçütlerine göre baskın yılları gösterir ağ.	106



TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: Farklı uzaylarda kullanılan uzunluk ölçü birimleri.....	5
Tablo 2.2: "Social Network Analysis" ifadesinin akademik yayın tarama sonuçları.....	33
Tablo 2.3: Beş aktör için tasarlanmış bir denklik matrisi.	56
Tablo 2.4: Akademik atıflar örneği için bir denklik matrisi.	57
Tablo 2.5: Farklı derinlikli VT ağaçlarında ilişkisel ve ağ VT performans karşılaştırması.	74
Tablo 4.1: Raylı sistemlerin türlerine göre tasnifi.	83
Tablo 4.2: İstanbul raylı sistemlerinin fiziki durum tanımları.	83
Tablo 4.3: Ana metro hat tanımları dışında kalan tali rota tanımları.	84
Tablo 4.4: İstanbul raylı sistemindeki transfer istasyonları bağlantıları.	85
Tablo 4.5: İBB raylı sistem ağının bütünsel değerlendirme parametreleri.	87
Tablo 4.6: İBB raylı ulaşım şebekesi güzergah-hat iki durumlu merkezilik ölçütleri.	94
Tablo 4.7: 1924-2016 arası İÜ kitap bibliyografyası bölümlere göre dağılımı.....	95
Tablo 4.8: Yıllara göre İstanbul Üniversitesi akademisyen kitap yayın sayıları.....	96
Tablo 4.9: İÜ 1924-2016 bibliyografyasına göre yayın-yıl merkezilik ölçütleri.	99
Tablo 4.10: İÜ 1924-2016 bibliyografyasına göre yayın-kurum merkezilik ölçütleri.	100
Tablo 4.11: İÜ 1924-2016 kitap bibliyografyası ağının bütünsellik değerleri.	101
Tablo 4.12: İTF bölümleri (1980-2010) SCI ve SCI-E dergilerinde makale dağılımı.	102
Tablo 4.13: İTF ağının bütünsellik ölçüm değerleri.	103
Tablo 4.14: İTF 1980-2010 yayın sayılarına göre yılların merkezilik ölçütleri.....	104
Tablo 4.15: İTF 1980-2010 yayın sayılarına göre bölümlerin merkezilik ölçütleri.....	104

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler

Açıklama

Å	: Angström, Atomik ölçü birimi, 10^{-10} metre
f	: Fermi, Atomik ölçü birimi, 10^{-15} metre
ly	: Light Year, Astronomik ölçü birimi, yaklaşık 9.46×10^{15} metre
AU	: Astronomical Unit, Astronomik ölçü birimi, 1.496×10^{11} metre
~	: İkili ilişki, bir çizgede iki düğüm arasındaki bağlantılılık
X_{ij}	: İki düğüm (aktör) arasındaki bağı gösteren değer
n	: Bir ağdaki veya çizgedeki düğüm (aktör) sayısı
L, m	: Bir ağdaki veya çizgedeki kenar (bağ) sayısı
G	: Çizge (Graph)
E	: Kenar (Edge)
V	: Düğüm (Vertice, Vertex)
$C_D(i)$	: Ağdaki bir i aktörünün <i>derece merkezilik (degree centrality)</i> ölçüsü
$C'_D(i)$	: Derece merkezilik ölçüsünün ağıın bütününe oranlanmış normalizasyonu
$C_B(k)$	: Ağda bir k aktörünün <i>arasındalık merkeziliği (betweenness cent.)</i> ölçüsü
$C'_B(k)$	: Normalize edilmiş arasındalık merkeziliği
$C_C(i)$	: Ağdaki bir i aktörünün <i>yakınlık merkeziliği (closeness centrality)</i> ölçüsü
$C'_C(i)$	: Yakınlık merkezlik ölçüsünün normalize edilmiş değeri

Kısaltmalar

Açıklama

SNA	: Sosyal Ağ Analizi (Social Network Analysis)
ONA	: Organizasyonel Ağ Analizi (Organizational Network Analysis)
HN	: Hesaplanan Nicelik
ÖN	: Ölçülen Nicelik
REF	: Referans değer
HCI	: İnsan-Bilgisayar Etkileşimi (Human-Computer Interaction)
NLP	: Doğal Dil İşleme (Natural Language Processing)
VT	: Veritabanı (Database)
DBMS	: Veritabanı Yönetim Sistemi (Database Management System)
CRUD	: Temel VT yapısal işlemleri (Create, Read, Update, Delete)
OLTP	: Operasyonel VT mimarisi. (Online Transaction Processing)
OLAP	: Analitik ilişkiye dayalı VT mimarisi (Online Analytical Processing)
RDBMS	: İlişkisel VT Yönetim Sistemi (Relational Database Management System)
SQL	: Veritabanı için Yapısal Sorgulama Dili (Structured Query Language)
İBB	: İstanbul Büyükşehir Belediyesi
TCDD	: Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
İETT	: İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel İşletmeleri
İTF	: İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi
İÜ	: İstanbul Üniversitesi
Adj	: Komşuluk matrisi (Adjacency Matrix)
M2M	: Makineden makineye (Machine to machine) etkileşim

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NESNELERİN AĞI: ÇİZGE TABANLI BAĞLANTILI VERİ GÖRSELLEŞTİRME VE SOSYAL AĞ ANALİZİ UYGULAMALARI

Cem TURAN

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Enformatik Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Sevinç GÜLSEÇEN

İnsan beyni üzerinde yapılan bilimsel çalışmalar, biyolojik veri işleme süreçlerinde etkin olan temel parametrenin ilişkiler olduğunu göstermektedir: Beynimiz öğrenme süreçlerinde bilgi-hafıza etkileşimini sağlarken, bilginin çağrıştırdığı ilişkileri kullanmaktadır (Crangle & Guimaraes, 2013) (Roskies, 2009) (Yılmaz, 2009).

Bilgisayar bilimlerinin klasik metriği içerisinde nümerik, alfanümerik, tarih, mantıksal gibi niceliksel bilgi tutmaya odaklı veri yapıları yoğun olarak kullanılmaktaydı. Ancak içine girdiğimiz kabul edilen Web 3.0 teknolojik seviyesi anlamsal ve sezgisel ağ tanımını günlük yaşamın içine kattı (http://en.wikipedia.org/wiki/Semantic_Web, 2015). Gelişen seviye, bilginin sadece nicel bir değerden ibaret kalamayacağını göstermiş, bilgilerin mikro düzeyden makro düzeye kadar farklı boyutlarda, birlikte oluşturdukları ilişki alanları dikkati çekmiştir (Gürsakan, 2009).

Büyük veri (Big data) kavramı, ilişkiler açısından değerlendirilmeye aday, bu tür bilgi yığınlarını içermektedir ve hayatın her ölçeğinde bulunmaktadır. Milyarlarca baz çiftinin farklı kombinasyonlarla oluşturdukları, hücre yapısındaki DNA dizilimlerini incelemeyi konu edinen Biyoenformatik'ten sinir sistemi ve beyin içi sinaptik veri etkileşimlerini araştıran Nöroenformatik alana, insanlar arasındaki davranış ve tercihleri etkileyen, genellikle sosyal ağ ile özdeşleştirilen sosyoenformatik çalışmalardan uzay tabanlı enformasyona (UN-SPIDER, Birleşmiş Milletler projesi) her ölçek ve alanda veri yığınlarının karmaşık ilişkilerinden söz edilmektedir (<http://www.un-spider.org>, 2015) (Ridley, 2009).

Çok disiplinli çalışmayı gerektiren bu ve benzeri alanlardaki en önemli anahtar ağ bilimidir. Bilgisayar ve matematik bilimlerinin bir uzantısı olan çizge (graph) teoremleri, ağaç (tree) yapıları kökeninde nicel veriler arasındaki anlamsal (semantik) ilişkilerin

görülebilir kılınması ve bazı yaklaşımlarla bu ilişkilerin iyileştirilmesi, geleceğe yön vereceği düşünülen çok önemli bir yaklaşımdır (Gürsakal, 2009). Son yıllarda özellikle pazarlama dünyasının keşfederek, internete bağlı kullanıcılar üzerinde yoğun olarak uyguladığı bu girişimler, trafik düzenlemesinden kamu yönetimine, kanser gibi önemli hastalıklarla mücadeleden yeni nesil karar destek sistemlerinin üretimine kadar önemli alanlarda çözümleyici olabilir (Karaçay, 2012) (Voort & Dougherty & Watson, 1996) (Chen & Grant-Muller, 2000).

Bu tezde önce, ağ biliminin zeminini oluşturan temel felsefe, dinamiklerini miras aldığı çizge teorisi ve halen gelişim sürecini devam ettirmekte olan *sosyal ağ analizi* disiplinine dair başlıca metrikler ve tarihi gelişim süreçleri ele alınmış; daha sonra bu ilkeler ışığında, ağ biliminin günlük yaşamla iç içe olduğuna vurgu yapan, dikkat çekici ve özgün bazı örnekler irdelenmiştir.

Haziran 2017, 138 sayfa.

Anahtar kelimeler: Çizge Teorisi, Sosyal Ağ Analizi (SNA), Organizasyonel Ağ Analizi (ONA), Nesnelerin Ağı (NoT), Ego Ağı, Büyük Veri

SUMMARY

M.Sc. THESIS

NETWORK OF THINGS: GRAPH BASED LINKED DATA VIRTUALIZATION AND SOCIAL NETWORK ANALYSIS APPLICATIONS

Cem TURAN

İstanbul University

Institute of Graduate Studies in Science and Engineering

Department of Informatics

Supervisor : Prof. Dr. Sevinç GÜLSEÇEN

Research done on human brain shows that the most significant parameter is relation in biological data processing. In learning, the brain uses relationships associated with data while it establishes connections between data and memory.

Generally, computer science used to use quantitative data types such as numeric, alphanumeric, date, logical but semantic network definition has been added to the conventional data structures today called Web 3.0 period. Data is not only quantitative but may have relation based meanings.

The term of “Big Data” describes huge data which is worth to be analysed and it exists in everywhere from micro to macro measure of life such as Bioinformatics, Neuroinformatics, Space-informatics (ex. UN-SPIDER, United Nations project).

Network analysis science has become the most important key in multidisciplinary works. The source of network analyse science is graph theory and tree structures which are owned by computer science and maths. It is a popular tool since the exploration of it by marketing industry in order to hunt new customers but it can be applied in a great wide area which varies from traffic and transportation optimization of a city to the fight of cancer disease or modelling of company management so it can be a new generation problem resolver for decision support systems.

In this thesis, firstly, basic subjects which social network analysis is based on are discussed: Graph theory, terms of network, philosophy of network, historical background and basic terms of network science which have been still developing day by day. After

these introduction, some interesting and special examples are given so that they take care of researchers to apply data networks science to their areas.

June 2017, 138 pages.

Keywords: Graph Theory, Social Network Analysis (SNA), Organizational Network Analysis (ONA), Network of Things (NoT), Ego Network, Big Data



1. GİRİŞ

Skaler bir büyüklük ifade edildiğinde, aslında referans olarak kabul edilen bir başka büyüklükle karşılaştırılmalı ilişkisinden bahsedilmiş olur. Eldeki büyüklük ile referans birim arasındaki karşılaştırma oranı, büyüklüğün kavramsal algılanışı hakkında bilgi vericidir.

Bir örnek olarak; metre cinsinden ölçülen bir büyüklüğün karşılaştırıldığı ve dolayısıyla ilişkili kılındığı metre tanımı, 8 Mayıs 1790'da Fransız Ulusal Meclisi'nin aldığı kararla; yarım periyodu bir saniye olan sarkacın boyuna eşit uzunluk olarak gösterilirken, zaman içinde Paris'ten geçen meridyenin boyu, suyun erime noktası, atomun dalga boyu ve nihayet 1983'te On yedinci Ağırlıklar ve Ölçüler Genel Konferansı'nda alınan kararla; ışığın boşlukta $1/299.792.458$ saniyede aldığı yola eşit kılınmıştır (National Institute of Standards and Technology, 2001).

Bu değerlendirme şu şekilde yorumlanabilir: Dünyanın neresinde olunursa olunsun, ölçülen bir uzunluk ile referans kabul edilen birim arasında birebir bir ilişki söz konusudur. Bu ilişkinin kurulması; ölçümü anlamlı, evrensel olarak anlaşılabilir ve başka niceliklerle hesaplanabilir kılar. Aksi halde elde edilen büyüklüğün dâhil edilebileceği bir hesaplama sistemi olamazdı. Bu durum, skaler olarak ifade ettiğimiz nicel değerlerin de anlamsal karşılıklarının oluşması için ilişki kurulması gereken diğer niceliklere ihtiyaç duyduğu gerçeğini ortaya çıkarmaktadır.

Matematik kökenli olarak doğan ve bilgisayar bilimlerinde de önemli yer tutan çizge teorisi temel olarak; nicelikler veya durumlar arasındaki bu ve benzeri türden ilişkileri modellemek amacıyla geliştirilmiş, sistematik bir yaklaşımdır ve uzun yıllardır pek çok ilişkisel algoritmanın üzerine kurgulandığı bir yöntem olarak kabul görmektedir.

Zaman içinde ortaya konulan çeşitli kuramlarla; nicelikler arasında oluşturulan bir çizgenin üzerinde, anlamsallığını bozmayacak yapısal sadeleştirmelere gitme, aralarındaki en kestirme veya en dolaylı yolları tespit etme gibi temel yaklaşımlara ulaşılmıştır.

Tezin birinci bölümünde; ağ felsefesine temel bir giriş yapılmış, nicelikler dünyasına ilişki tabanlı olarak bakılabileceği gerçeği örneklendirilmiş ve ağ biliminin anlaşılabilirliğini artırmak üzere gerekli zemin hazırlanmıştır. Günlük yaşamda kullandığımız nicel karşılaştırmaların mümkün olabilmesi için aracılık eden referans birimlerin bir köprü vazifesi gördüğü ve ölçme veya hesaplama yoluyla elde ettiğimiz büyüklüklerin bu referanslarla kurulan birer ağı tanımladıkları, örnekleriyle açıklanmıştır.

Bu bölümün devamında; temel çıkış noktası olan çizgelerden başlayarak ağ metrikleri ve bunların ifade ettiği anlamsal karşılıklar irdelenmiştir. Kendi içinde bir disipline sahip çizge teorisi, çıkış noktasından başlayarak ele alınmıştır. Çizgelere veri kaynağı olma rolünü üstlenen matris formları tanıtılmış ve yapısal özellikleri hakkında bilgi verilmiştir.

Bir sonraki bölümde; ağ analizinde kullanılan popüler teknolojiler kısaca tanıtılmış, araştırmalar sırasında dikkat çekici olarak not edilen bazı örnekler irdelenmiştir. Ağ biliminin tarihi gelişimi, rol oynayan önemli bilim insanlarının isimlerine de yer verilerek anlatılmıştır. Başlangıçta daha çok sosyolojik olayların izahı için kullanılan yöntemlerin bugün varlıklar dünyasının hemen her kesimini kapsayacak şekilde genişlediği gözlemine yer verilmiştir. Bu gerçek, ağ bilimlerini çok disiplinli bilimsel çalışmaların öznesi kılmaktadır ve her geçen gün muhtelif bilimsel alanlarda yapılan ağ analizlerini konu alan bilimsel yayınların sayısı radikal bir şekilde artmaktadır.

Halen gelişim evresini yaşamakta olan ağ analiz yöntemlerinin bugüne kadar ürettiği terminoloji ve metrikler ile ilgili bilgilere yer verilmiştir. Ağ ölçütleri tanıtılmış, ağ üyelerinin önem derecelerini belirleyen hesaplamalı yöntemlere değinilmiştir. Merkezilik (centrality) ve arasındalık (betweenness) bunlardan en önemlileri olarak detaylandırılmıştır.

Bağlara dayalı büyük veri analizinde yetersiz gelen klasik veritabanı modellerinin yerini almaya hazırlanan ağ veritabanı (network database) kavramı üzerinde durulmuş, bir alternatif olarak geliştirilmekte olan Neo4J projesi hakkında temel bilgiler verilmiştir. Konvansiyonel RDBMS veritabanı yapılarının sorgulama dili olan SQL'in ağ veritabanı yönetim sistemlerinde karşılığı olması öngörülen, bağlantı temelli sorgulama dili CYPHER örneklendirilmiştir.

Sosyal ağ analizinde kullanılan bazı araçlar hakkında bilgi verilmiştir. Bunların pek çoğu alana özel olarak geliştirilmiştir ve bağlantı matrislerini kullanarak ağın görselleştirilmesi, temel ağ ölçütlerinin hesaplanması gibi fonksiyonları bulunmaktadır.

Son bölümde ise, birer ağ çalışmasına konu yapılabilecek üç örnek çalışma sunulmuştur:

Mayıs 2017 itibariyle, İstanbul raylı sistemleri

İstanbul Üniversitesi yayınları 1933-2016 kitap bibliyografyası

İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi 1980-2010 bilimsel yayınlar bibliyografyası

Tez çalışmaları sırasında, İETT İşletmeleri Genel Müdürlüğü Coğrafi Bilgi Sistemleri Müdürlüğü gibi çeşitli kurumlarla görüşülmüş ve 1. Ağ Bilimi Çalıştayı (Kadir Has Üniversitesi, 2015), Sinir Bilimi Konferansı (İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, 2016) gibi bazı konu odaklı bilimsel etkinliklere katılım sağlanmıştır. Bunların yanı sıra, çok sayıda karma içerikli bilimsel etkinliğin ağ bilimi ile ilgili oturumları takip edilmiştir.

İktisat bilimi, sınırlı kaynakların sınırsız ihtiyaçlara yanıt verebilmesini amaçlar. Ticari işletmeler sundukları ürün ve hizmetlerin daha geniş kitlelerce tercih edilmesi için pazarlama faaliyetleri yürütür ve bu faaliyeti sınırlı bir bütçeyle mümkün olan en etkili yöntemlere başvurarak gerçekleştirmeye çalışır. Kamu yönetimleri ellerindeki kısıtlı kaynak ve araçları nüfusun azamısına dengeli ve adil bir şekilde kullanırmak isterler. Belediyeler sahip oldukları toplu taşıma araçlarını, belirli kriterlere göre bölgelerinin tamamındaki insanların ulaşım ihtiyaçlarını karşılamak üzere organize etmeye çalışırlar. Şehir tasarımcıları yeni yerleşim bölgeleri oluştururlarken ya da belde yerleşimlerini organize ederlerken insanların pek çok davranışını modelleme ihtiyacı duyarlar. Metropol şehirlerdeki trafik sorununun çözümü her zaman yeni yollar, köprüler üretmekte olmayabilir. Kimi zaman sorunun öznelerinin çeşitli parametrelere göre irdelenmesi, mevcut yollardaki hareketlilik göstergelerinin birbirleri ile etkileşiminin değerlendirilerek akışın optimize edilmesi için yeni yaklaşımlara gereksinim duyulmaktadır. Emniyet teşkilatları, henüz suç oluşmadan riskleri tespit ederek suçu önleyici algoritmalar üzerinde çalışmaktalar (Fothergill, 2013).

Çözüm bekleyen benzer sorular tıp, biyoloji, eczacılık, kimya, fizik gibi mikro ölçekte çalışılan alanlardan sosyoloji, antropoloji, astronomi gibi daha büyük ölçekli alanlara kadar hayatın her kesitinde araştırmacıların karşısında bulunmaktadır.

Ağ bilimi ve *sosyal ağ analizi (social network analysis, SNA)*, olayların öznelere arasındaki bağlantılardan yola çıkarak bu ihtiyaçları karşılamayı ve somut çıktılar üretmeyi amaçlamaktadır. Gerçekleşen her olay, nesneler arasında kurulan her bağlantı henüz gerçekleşmemiş bir sonraki adımın oluşmasına zemin oluşturabilmektedir ve SNA bu konuda değerlendirilebilecek önemli bir araç olarak gelişimini sürdürmektedir.

Bu tezin amacı, ağ biliminin metriklerini ve ulaştığı noktayı bazı örneklerle ortaya koymaktır.

2. GENEL KISIMLAR

2.1 NİCEL BÜYÜKLÜKLERİN DÖNÜŞÜMÜ

Büyüklükler arasında bir karşılaştırma yapabilmek için ortak bir referans kullanılmaktadır. Mikro uzaydan makro uzaya kadar her hassasiyet gereksinimine göre farklı birimler kullanılır. Örneğin; fizikte kullanılan *CGS (Santimetre, Gram, Saniye)* ve *MKS (Metre, Kilogram, Saat)* en bilindik ölçü sistemlerinden ikisidir. Dünyaya dair uzunlukları ifade ederken *Km* birimi yeterli görülebilir ancak astronomik uzaklıklarda mesafenin bu sistemler ile ifadesinin zor olması, *Işık Yılı* gibi bir başka uzunluk biriminin kullanımını gerekli kılmıştır. Diğer taraftan; bir hücre çekirdeğinin içindeki iki organelin veya DNA'daki bağlar arasındaki mesafenin ifadesinde ise milimetrenin bile yeterli olmayacağı seviyede hassasiyet gerektiğinden *Angström* gibi mikro dünya için kabullenilen başka ölçü birimleri kullanılmaktadır (Beaty, 2006).

Tablo 2.1: Farklı uzaylarda kullanılan uzunluk ölçü birimleri.

Birim	Katsayı	Karşı Birim
Işık Yılı (Astronomik birim)	9.460.730.472.580.800	Metre
AU (Astronomik birim)	149.597.870.691	Metre
Metre	10.000.000.000	Angström (Atomik birim)
Metre	1.000.000.000.000.000	Fermi (Atomik birim)

Bu birimler arasında geçiş katsayıları tanımlanmış, böylece bir uzay biriminin bir değeri cinsinden ifade edilerek algılanabilir olması sağlanmıştır. Bu yaklaşım, farklı alanlarda çalışan bilim insanlarının kendi boyutları içindeki hesaplamalarını daha yalın ve anlaşılabilir kılarak, hesaplama hatalarını asgari seviyeye çekmiştir (National Institute of Standards and Technology, 2001).

Kimi zaman ölçülen boyut, ağırlık, yoğunluk gibi bir nicel büyüklüğün bir başka uzaya taşınarak o katmandaki bir başka büyüklükle karşılaştırılması gerekebilir. İki nicel büyüklüğün birlikte işlem görebilmesi ve birbiri ile karşılaştırılabilmesi için aynı birim

cinsinden anlamlandırılmış olması gerekmektedir. Sözelimi; metrekare cinsinden verilmiş olan bir odanın tabanını, ölçüleri 210 mm X 297 mm olan kaç A4 kâğıdının kaplayabileceğini hesaplamadan önce ya oda boyutlarını milimetre cinsinden ifade etmek ya da kâğıt kenar ölçülerini oda boyutları için kullanılan metre birimine dönüştürmek gerekir. Bu örnekten yola çıkılarak görüleceği gibi; birim dönüşümleri günlük yaşamda oldukça karşılaşılan bir hesaplama hareketidir.

Doğru bir ölçüm kadar birimler arasındaki dönüşümlerin de doğru yapılması hesaplamalı uygulamalarda sonucun doğruluğunu etkileyecek, önemli bir faktördür. Bu nedenle; hesaplamada kullanılan yordamlar, çoğu kez çizgelerin sistematığı içinde üretilirler.

2.1.1 Nicel Büyüklük Dönüşümünün Çizgesel Gösterimi

Bir nicel büyüklüğün bir başka boyuta dönüşümü söz konusu olduğunda, hesaplayanın elinde şu bilgilerin olması beklenir:

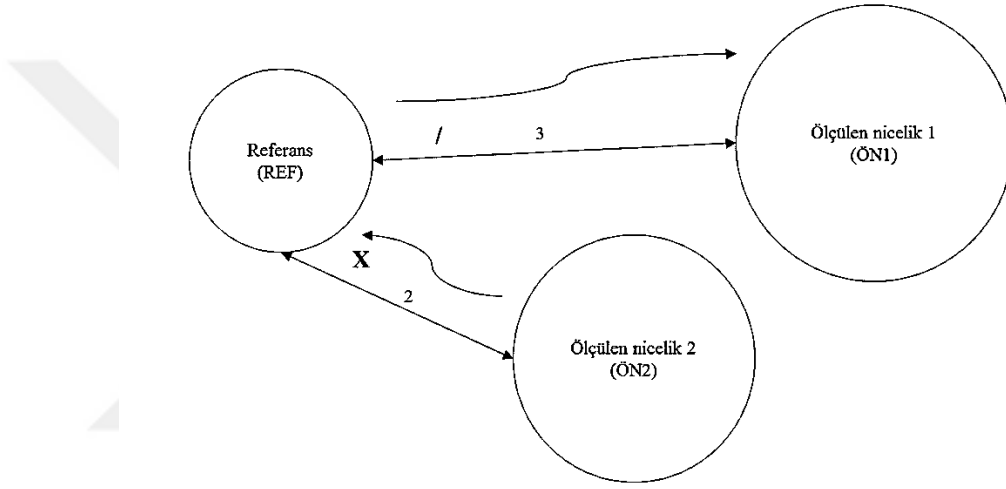
- a. Muhtemelen, bir deneysel girişim sonucu elde edilen ölçüm değeri ve birimi (ÖN)
- b. Kaynak ve hedef birim arasında dönüşüme imkân veren referans katsayı (REF)
- c. Hesaplanarak elde edilecek yeni değere ait hedef birim (HN)

Diğer bir ifade ile bir sistem dönüşümü, kaynak değer bir referans katsayı üzerinden hedef niceliğe dönüştürülmesi olarak tarif edilebilir. Bu ilişkiyi skaler bir büyüklük ortaya koyacak şekilde formüle etmek, bilimin çok sık kullandığı bir yöntemdir. Trigonometrik ifadelerin birbirine dönüşümleri için kullanılan formüller de bu notasyona birer örnektir.

Bu tarif çizge terminolojisine aktarıldığında, üç adet durum düğümünün birbiri ile ilişkisi de ortaya konulmuş olur: **Ölçülen nicelik (ÖN)** kaynak düğüm, **referans değeri (REF)** bir köprü düğüm ve **hesaplanan nicelik (HN)** hedef düğüm olarak kabul edilebilir.

Örneğin; bir yolun uzunluğu 100 Km olarak ölçüldüğünde; $L = 100 \text{ Km}$ ifadesi, hesaplanan nicelik $L = (1 \text{ Km referans}) \times 100 \text{ birim ölçülen nicelik}$ olarak çözümlenebilir. Bu durumda bu basit ölçüm sonucunun **hesaplanan nicelik (HN)**, ölçümde kullanılan **referans birim (REF)** ve **ölçülen nicelik (ÖN)** olarak üç düğümlü bir çizge oluşturduğu görülebilir.

Diğer taraftan; aynı birim sistemi üzerinde ölçülen değerlerin birbirine göre karşılaştırması da yine benzer bir şekilde çizge üzerinde gösterilebilir. Referans olarak kabul edilen bir değer iki katı olarak ölçülen bir değerle, aynı referansın üç katı olarak ölçülen değer arasındaki ilişki 2/3 oranı kadar olacaktır. Bu ise oransal olarak, eldeki iki ölçüm değeri arasındaki benzeşimi ya da farklılığı ortaya koyar. Referans, skaler olarak (1) kabul edilir ve bu nedenle birim adını alır.



Şekil 2.1: Ölçülen iki skaler büyüklüğün karşılaştırmasının çizge gösterimi.

O halde, yukarıdaki basit ilişki çizgesinden de elde edildiği üzere; $\check{O}N_2$, $\check{O}N_1$ değerinin 2/3 katı kadardır. $\check{O}N_1$ ise $\check{O}N_2$ 'nin 3/2 katı kadar bir skaler büyüklüğe sahiptir. Sonuç olarak; $\check{O}N_1$, $\check{O}N_2$ 'den yarısı kadar daha büyüktür ve karşılaştırma ile ilgili bu değerlendirmeler, aralarındaki ilişki değerlendirildiğinde anlam kazanmaktadır. Buna göre aşağıdaki matematik gösterime ulaşılmış olur:

$$\check{O}N_2 = \frac{2}{3} \check{O}N_1 = \frac{2 \times REF \times \check{O}N_1}{3} \quad (1.1)$$

Bu basit örnekle, skaler de olsa büyüklüklerin aralarındaki ilişkilerle birbirine göreceli olarak değerlendirildiği ve hesaplamalı bilimlerin de bu gerçeklik üzerinde yükseldiği söylenebilir.

İnsan beyni de büyüklükleri değerlendirirken aynı yordamları kullanır: Bir aracın bir insana göre daha hızlı hareket ettiğini gözleme dayalı olarak ölçümler ve aynı birim sistem türünden karşılaştırarak objelerin hızları hakkında bir yargıya varır.

Çizge yorumu, yaşamın her alanında ortaya çıkan fiziki olaylarla başa çıkabilmek ve onları kullanarak insan hayatını kolaylaştırıcı yeni düzenekler geliştirmek üzere değerler, değerlerin temsil ettiği durumlar ve onlar arasındaki ilişkileri resmeden, görselleştiren, matematik alanında kuramsallaştırılmış bir disiplindir. Hatasızlığın yanı sıra, soyut konuların daha görülebilir olmasını da sağlar. Çizge Teorisi'ne dair detaylı bilgi Bölüm 2.1'de verilmiştir.

2.2 ÇİZGEDEN VERİ AĞLARINA

Değerler, durumlar arasındaki ilişkilerin matematik tabanlı çizge resimlerinin oluşturulmasının yanı sıra; günümüz büyük veri yığınları içinde yer alan *kategorik*, *yapısal (structured)*, *yarı yapısal (semi-structured)* ve *yapısal olmayan (unstructured)* veri türlerinin zenginlik kazanması ve bu alandaki kabullerin daha gerçek yaşamı kapsayan veri türlerini de değerlendirme kapsamına alması, klasik çizge teorisi kalıplarını daha farklı bir forma doğru geçişe zorlamıştır.

Önceden, basit denebilecek düzeyde temel nicelikler üzerinden kurulan ilişki notasyonlarının, günümüzün semantik çözümlemeye dayalı yeni analiz yaklaşımlarına yanıt verebilecek şekilde güncellenmesi gerekir. Sözelimi; nicelikler arasındaki aidiyet, yoğunlaşma, popülerite, stratejik önem gibi ortak uzayın içindeki belirleyici rollerinin de değerlendirilmesi ve yapılacak analizlere göre çeşitli tahminlerde bulunulabiliyor olması günümüz karar destek sistemlerinin ve iş zekâsı (business intelligence) uygulamalarının temel beklentileri arasındadır.

Son yıllarda hız kazanan *İnsan-Bilgisayar Etkileşimi (Human Computer Interaction - HCI)* araştırmaları ve *Doğal Dil İşleme (Natural Language Processing - NLP)* uygulamaları gibi alanlar da ağ bilimlerine çeşitli süreçlerde gereksinim duyarlar. Örneğin bir NLP uygulamasında, kelimenin kantitatif özelliğinden çok diğer kelimelere yakınsaması da takip edilmesi gereken bir ağ modeli ortaya koyar.

SNA denildiğinde insanların ilk aklına gelen çağrışım, genellikle internet tabanlı bilgi ve medya paylaşım sistemleri olmakta. Bu gibi ortamların kullanıcıları arasındaki arkadaşlık ilişkileri, düzeyleri, paylaşım alanları, kitleleri yönetim düzeyleri, ilgi konuları gibi pek çok durum *SNA* yöntemleriyle değerlendirilmekte, elde edilen bulgularla pazarlama, istihbarat, reklam, enformasyon gibi pek çok operasyon desteklenmektedir. Ancak *SNA*'nın sadece böyle bir alana özgüymüş gibi algılanması büyük bir yanılgıdır. Önceden anlatıldığı gibi; ağ biliminin analiz yaklaşımları ile hayatın hemen her alanında çalışma yürütmek ve öngörü mekanizmalarını desteklemek mümkündür.

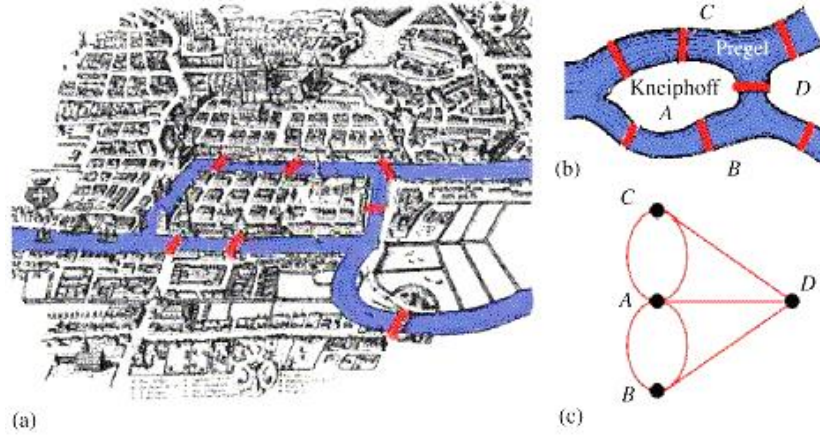
İçinde bulunulan şartlara ait büyük resmi görmek, mevcut bilgilerden yola çıkarak geleceğe dair isabetli tahminlerde bulunabilmek ve bunlara göre başarılı stratejiler geliştirmek; kamusal, ticari, siyasi, tıbbi ve diğer pek çok alanda arzu edilen bir durumdur. Yakın geçmişe kadar bu gereksinimin karşılanmasında kullanılan en popüler alet istatistik kuramı ve buna dayandırılmış istatistiksel veri analiz teknikleriydi. Ancak bugün gelinen aşamada, *SNA* ile tanışan ve üzerinde çalışan kimi akademisyenler istatistiğin yerini giderek *SNA* çalışmalarına bırakabileceğini iddia etmektedirler (Gürsaka, 2009).

2.3 ÇİZGE TEORİSİ

Nesneler arasındaki etkileşimi göstermenin en temel yolu; aralarındaki ilişkileri gösteren çizgilerden oluşan bir resim çizmektir. Bu resim içinde nesne olarak ifade edilen kavram; bir şehir olabileceği gibi bir kişi, bir başka canlı veya cansız varlık olabilir.

Suyun yaşam döngüsü ile ilgili bir diyagram üretildiğinde, suyun geçiş yaptığı her katman birer varlıktır ve su bu varlıklar arasında yolculuk eder. Bir besin zinciri de besinin oluşması ve tüketilmesi ile ilgili pek çok varlık arasındaki alışverişin resmidir. Bir şehirdeki trafik akışı da sokak ve caddeler, meydanlar arasındaki hareketliliğin bir görüntüsüdür. Bu ve benzeri, ilişki çağrıştıran pek çok olay ve kavram, aralarındaki etkileşimi gösteren standart ifade modellerince değerlendirilebilir.

Çizge teorisi, çizge kuramı, graf teorisi (Graph Theory), çizgilerle sağlanan bu gösterim modelini inceleyen, optimize etmeye çalışan, matematiğin bir dalıdır. 1707-1883 yıllarında yaşamış ve matematiğe çok önemli kuramlar, tanımlar kazandırmış olan Leonhard Euler'in 1736 yılında ortaya attığı bir teorem olarak bilinir (Wallis, 2007).



Şekil 2.2: (a) Königsberg ve yedi köprüsü, (b) krokisi, (c) çizge gösterimi (Wallis, 2007).

İlginç bir coğrafi yapıya ve tarihe sahip olan Königsberg (1945’de Rusya’ya bağlanarak Kaliningrad ismini aldı) Pregel Nehri’nin böldüğü dört alandan oluşmaktaydı. Bu nedenle şehrin nehir kesiminde, zaman içinde yedi adet köprü inşa edilmişti.

Devamındaki yüzyıllar boyunca tartışılacak olan soru şuydu: “Bütün köprülerden bir ve yalnız bir kez geçmek koşulu ile tam bir gezinti yapılabilir mi?” Diğer bir ifadeyle; her köprüden sadece bir kez geçerek bütün köprülerden geçilebilir mi (Wallis, 2007)?

1736’da Euler, böyle bir gezinin mümkün olamayacağını iddia etti ve düşüncesini destekleyen delilleri sundu. Bununla birlikte bazı teoremler de ortaya attı (School of Mathematics and Statistics, University of St Andrews, Scotland, 2015). Bunlara, anlaşılabilmesini sağlamak üzere; çizge kuramının terminolojisi ortaya konduktan sonra yer verilecektir. Bu tanımlar yapılırken Euler’in sorusuna atıflarda bulunularak sorunun çizgeselleştirilmesi aşamaları irdelenecektir.

2.3.1 Temel Çizge Metrikleri

Çizge teorisi, pek çok yönü ile küme teorisinin disiplinlerine sıkı sıkıya bağlıdır. Bu nedenle, çizge teorisinin temelinde olan kümeler, alt kümeler, elemanlar ve elemanlar arasındaki ilişkilerin özümsemiş olması beklenmektedir.

Eğer kümenin kendi elemanları veya başka bir küme elemanları arasında, tanımlanabilir ilişkilerden söz edilebiliyorsa, çizge teorisi bu konuyla ilgili olabilir: Açıklayıcı olması amacıyla, bir grup üniversite öğrencisi düşünüldüğünde; öğrenciler aldıkları ders ortaklıkları açısından birbirleri ile bağlantılı haldedirler. Diğer taraftan aynı kümeden bazı öğrenciler bir başka üniversiteden ders almakla, başka kümelerle bağ kurmuş olurlar. Aynı şekilde; başka üniversitelerden öğrenciler de bu sınıfın çeşitli derslerine dâhil olarak ilişki yumağına dâhil olabilirler. Öğrencilerin birbirleri ile hobi, okul dışı arkadaşlık, ortak barınma, cinsiyet, inanç, yetenek ve çeşitlendirilebilecek çok daha fazla payda ile pek çok yeni bağlantılar kurma potansiyeli düşünüldüğünde; bu bağlantıların hepsinin değerlendirilmesi, karmaşık bir problem anlamına gelebilmektedir (Prell, 2012).

Çizge (Graph): Durum veya varlıklar arasındaki bağıntıyı görselleştiren bir matematik modeldir (Wallis, 2007). İki bileşeni vardır: **Düğüm**ler ve **kenar**lar. Her kenar mutlaka iki düğüme bağlıdır. En az bir ucu düğüme ulaşmayan kenar anlamsızdır.

Çizgenin matematik gösteriminde, **düğüm** (*vertex*, *vertice*, *node*) V ve **kenar** (*edge*) E harfleri ile ifade edilir. Çizgenin (Graph) kendisi de G notasyonu ile gösterilir. Buna göre;

$$G = (V, E)$$

Açık bir ifadeyle; çizge, düğüm ve kenarların kartezyen kombinasyonudur. Kenarlar ise bağlı bulundukları düğüm çiftleri ile ifade edilirler. Bir kenarı anlamlı kılan, bağlı bulunduğu düğümlerdir. Bir düğümü ise anlamlı kılan, hangi diğer düğümlerle bağlı olduğudur.

Bir G çizgesinin kenarları $E(G)$ ile düğümleri ise $V(G)$ ile gösterilir.

Düğüm (Vertex, Vertice, Node): Çizge teorisinde değerlendirilen her unsur veya varlık **düğüm** olarak isimlendirilir. Düğüm bir durumu temsil edebileceği gibi, bir nicel nesneyi de gösterebilir. Diğer bir ifadeyle; düğümler çizgelerin statik parçalarıdır ve çizgeler bu düğümler arasındaki bağlara odaklıdır (Jungnickel, 2005).

Şekil 2.2’de gösterilen Euler’in Königsberg köprüleri probleminde nehrin birbirinden ayırdığı her bir kara parçası bir düğüm olarak değerlendirilmiştir. Karalar sabittir, olduğu yerde durmaktadırlar ve soru, bu karalar arasında kurulan köprülerle ilintili olarak kurgulanmıştır. Buna göre kasaba dört kara parçasına bölünmüş ve bu nedenle sorunun

çizge karşılığında her kara parçasını temsilen bir düğüm olmak üzere, toplam dört adet düğüme yer verilmiştir (Wallis, 2007).

Kenar (Edge): İki düğüm arasındaki tanımlı bir ilişkiyi temsilen, iki düğüm arasına çizilen her bir çizgi **kenar** olarak isimlendirilir. Kenarlar bir çizgenin dinamik parçalarıdır ve hareket ya da bağlardan ileri gelen bir anlamsal bütünü oluşturma potansiyeline sahiptirler (Jungnickel, 2005).

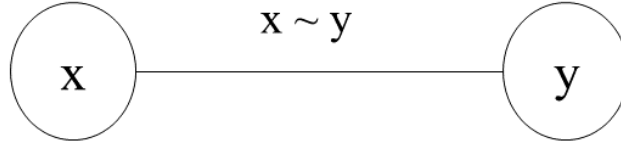
Euler'in köprü sorusunda, karaları birbirine bağlayan her köprü birer kenardır çünkü sabit durumdaki düğümleri birbirine bağlayarak bir geçiş hareketliliği sağlarlar. Bu nedenle sorunun dinamik bileşenleridir. Dört kara parçası yedi köprü ile birbirine bağlı olduğundan, sorunun çizgeleştirilmesi evresinde yedi adet kenar, bağlantı sağladıkları her bir düğüm arasına yerleştirilir.

Şekil 2.2 (c)'de resmedilen çizge; bu kabullerle elde edilmiş, Königsberg kasabasının bir ulaşım haritasından başka bir şey değildir. Anlamlıdır çünkü bir karasal parçadan diğerine, hangi köprülerle geçilebileceği konusunda yeterince bilgi sağlamaktadır (Wallis, 2007).

İkili İlişki (Binary Relation): İki düğüm arasında bir bağın varlığını sorgulayan ilişkisel yaklaşımdır. Düğümler arasındaki ilişkiye sadece *VAR* ya da *YOK* değerleri atamak amacıyla bakılır. Var olan bağlantının niteliği hakkında fikir vermez.

İkili ilişki $\sim$ sembolü ile gösterilir. Eğer x düğümü ile y düğümü arasında bir ikili ilişkiden söz ediliyorsa, bu durum $x \sim y$ notasyonu ile gösterilir.

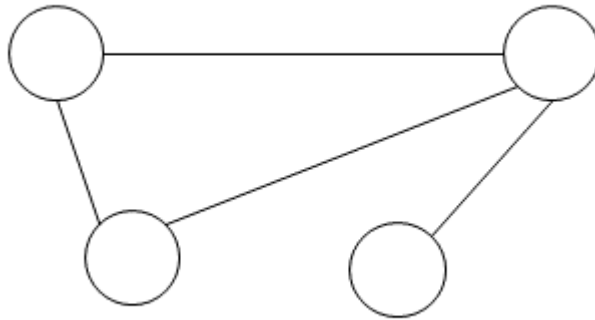
Şekil 2.2 (c)'de yer alan çizge ikili ilişkiler içermektedir. Bu nedenle köprülerin taşıma kapasitesi, uzunluğu ve diğer nitelikleri hakkında bilgi vermemektedir. İki düğüm arasında kenar varsa, iki kara arasında köprü vardır veya iki düğüm arasında kenar görülemiyorsa, iki kara arasında köprü yoktur. Bu çizgeden elde edebileceğimiz bütün veri, bundan ibarettir.



Şekil 2.3: İki düğüm arasındaki ikili ilişki.

Yönsüz ve ağırlıksız bir çizgede, iki düğüm arasında bir komşuluğu ifade etmek için 0 veya 1 sayısal değerleri kullanmak yeterlidir. Bu değerler ikili sayı sistemindeki bir dijital veya bir bitin değer kümesini ifade ettiğinden ötürü, ilişkinin sadece varlık ya da yokluğu ile tanımlanmış haline **ikili ilişki** adı verilir.

Yönsüz Çizge (Graph): Düğümler arasında sadece bağlantıların gösterildiği, ilişkinin akışına dair bir fikir vermeyen yönsüz çizgelerdir. Kenarların, ilişkinin yönünü ifade eden bir oku bulunmamaktadır. Bundan ötürü bu tür çizgelerde, düğümleri bağlayan çizgilere **kenar (edge)** adı verilir. Genellikle sosyal ağlar da yönsüz çizgeler olarak incelenir.



Şekil 2.4: Dört düğüm ve dört kenarlı yönsüz bir çizge.

Yönlü Çizge (Digraph): Kimi zaman, düğümler arasındaki bağlantıyı görmek kadar; bağlantının yönünün de bilinmesi önemlidir. Bu gibi durumlarda ilişkinin yönünü

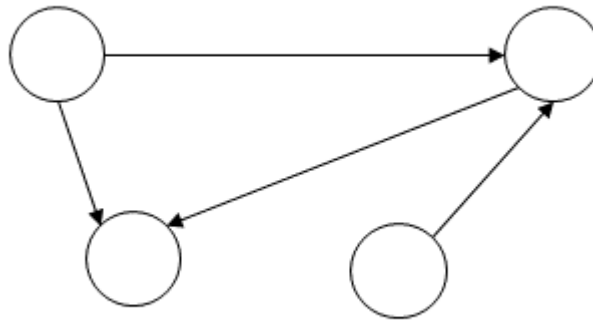
gösteren oklardan yararlanılır ve yönlü olan bu kenarlara **ok (arc)** adı verilir. Yönlü çizgeler taşıdıkları ilişki bilgisine yön kısıtı getirerek akışın yönü hakkında bilgi vericidirler.

Yönlü çizgeler de temsil ettikleri ilişki türüne göre, iki tür kenar içerebilirler:

1. Tek yönlü ok (unreciprocated arc)
2. Karşılıklı, çift yönlü ok (reciprocated arc)

Okların yönleri bütünüyle akışın veya düğümler arası bağımlılığın yönüyle orantılıdır ve ilişkiyi doğuran budur. Bir çizge üzerindeki çift yönlü ok, kenarın her iki ucuna bağlı düğümlerin birbirine karşılıklı olarak bağımlı olduğunu, akışın çift yönlü olduğunu anlatır. Tek yönlü ok ise ilişkinin ok yönünde geçerli olduğunu, aksi yönde bir etkileşiminin geçerli olmadığını resmeder.

Nicelik olarak çift yönlü ok, aynı doğrultu (aynı düğümlere dönük) ama zıt yönlü iki okun toplamı olarak değerlendirilir. Bundan dolayı, çift yönlü ok içeren çizgelerde kenar sayısı hesaplanırken; bu tür ok sayısının iki katı alınarak toplam kenar sayısına dâhil edilir (Prell, 2012).



Şekil 2.5: Dört düğüm ve dört kenarlı tek yönlü bir çizge.

Örneğin; 5 tek yönlü ve 5 çift yönlü ok bulunduran bir çizgenin toplam kenar sayısı, şu şekilde hesaplanır:

$$L = (2 \times 5) + 5 = 15$$

Dolayısıyla; bir akışın söz konusu yönlü ifadesi, düğümler arasında bir iletişimin varlığını ortaya koyar. Okun yönüne göre kenarın her iki ucunda yer alan düğümler, şu iki rolden birisini üstlenmiş olurlar:

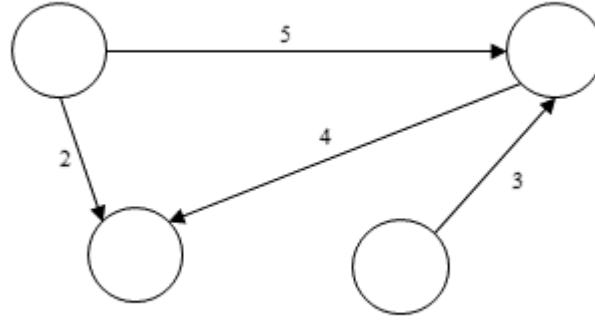
Kaynak Düğüm (Initial Vertex): Yönlü bir çizgede, bir kenarın diğerine ulaşmak için çıkış yaptığı düğümdür. Bağı gönderendir. Sosyal ağlarda, *gönderici (sender)* olarak isimlendirilir.

Hedef Düğüm (Terminal, End Vertex): Yine bağlantının yönünün tanımlı olduğu yönlü çizgede, bir kenarın giriş yaptığı, hedef düğümdür. Bağı alandır. Sosyal ağlarda, *alıcı (receiver)* olarak isimlendirilir.

Eğer, bir düğümden çıkan kenar yine aynı düğüme doğrudan giriş yapıyorsa kaynak ve hedef aynı düğüm olacaktır. Bu durumda, tek düğüm ve kenarla oluşmuş bir döngüden söz edilebilir.

Ağırlıklı Çizge (Weighted Graph): Düğümler arasındaki bağlantının varlığı ve yönüne ek olarak, ilgili bağlantının gücü, baskınlığı, boyutu gibi bir niteliğin de bilinmesi gerektiği durumlar olabilir. Bu gibi durumlarda ilgili kenara bir değer ataması yapılır ve kenar bu değerle işlem görür. Ağırlıklı çizgeler yönlü veya yönsüz olabilirler.

Bir örnek vermek gerekirse; vücudumuzdaki kan dolaşım sistemimizin taşıyıcıları durumundaki damarlar kenar ve kanın taşındığı organlar birer düğüm olarak düşünüldüğünde; iki organ arasında damarın varlığı içimizi rahatlatırken, akış yönü kanın yolculuğu ve içerik durumu hakkında tıp insanlarına fikir verebilir. Damarların her birini temsil eden sayısal bilgiler, damarların temsil edildiği kenarlara atfedildiğinde ise damarların çapı veya kan akış hızları hakkında bilgi de sağlanmış olur.



Şekil 2.6: Dört düğüm ve dört kenarlı tek yönlü ve ağırlıklı bir çizge.

Bir diğer örnek de trafik ile ilgili olarak verilebilir: Sözgelimi; bir trafik ağında kavşaklar birer düğüm olmak üzere, yollarla birbirine bağlıdır. Düğümler arasındaki her bir kenarı iki kavşak arasında bir yolu işaret eden yönsüz bir çizge, en fazla fiziki altyapı varlığını gösterebilir (yönsüz çizge). Her bir kenara trafiğin akış yönünü gösteren bir ok yerleştirmek, herhangi bir kavşaktan diğerine gitmek için izlenmesi gereken yol hakkında bilgi sağlayıcı olacaktır (yönlü çizge). Eğer her yola ait uzunluk bilgisi elde var ise ve bu değerler, yolları temsil eden kenarlar üzerine iliştilirirse; elde edilecek ağırlıklı çizge en kısa yolun, bir noktadan diğer noktaya kadar en verimli ulaşımın tercih edilmesini mümkün kılacak verilerle donatılmış olacaktır.

Kullanılacak çizgenin türü, tümüyle incelenecek veri kümesinin niteliği ile ilgilidir. Gerektiği halde kenarlara yön ve ağırlık değeri vermek, çizgeyi karmaşıktıracaaktır. Çizgeler bir bağlantı yumağının görselleştirilmiş matematik modelidir ve temel amacı; karmaşık gibi görülen ilişkileri basit ve görülebilir hale getirmektir. Bu nedenle karmaşıklık, çizgede istenen bir durum olamaz.

Çizge Mertebesi (Graph Order): Bir çizgedeki toplam düğüm sayısı, çizgenin mertebesi olarak kabul edilir. Toplam düğüm sayısı n ile gösterilir.

$$n = |V|$$

Çizge Boyutu (Graph Size): Çizgedeki toplam kenar sayısının ifade ettiği büyüklüktür. L veya m notasyonu ile gösterilir.

$$m = L = |E|$$

Düğüm Derecesi (Vertex Degree): Bir düğüme bağlı olan kenar sayısıdır (Prell, 2012). Kenar sayısı arttıkça, düğümün derecesi artar; düğümün çizge için öneminin daha kritik seviyeye yükseldiği kabul edilir. Düğüm derecesi $deg(V)$ ile gösterilir.

$\delta(G)$: Bir çizgedeki en küçük düğüm derecesi

$\Delta(G)$: Bir çizgedeki en büyük düğüm derecesi olmak üzere,

$\delta(G) = \Delta(G) = r$ ise yani düğümlerin bağlantı sayıları eşit ve r gibi bir sayıya eşit ise, **homojen (r -regular)** bir çizgeden söz edilebilir. (Muhammed, 2015)

Yönlü çizgelere özel olarak, her bir düğümün derecesi; o düğüme giren ve çıkan kenarlar açısından ayrı ayrı değerlendirilir.

Giriş Derecesi (Indegree): Yönlü çizgede, bir düğüme giriş yapan kenar sayısıdır. Diğer bir ifadeyle; düğümü *hedef (terminal, end vertex)* kabul eden kenarların toplam sayısıdır. $\delta^-(v)$ ile ifade edilir.

Çıkış Derecesi (Outdegree): Yönlü çizgede, bir düğümden çıkış yapan kenar sayısıdır. Diğer bir ifadeyle; düğümü *kaynak (initial vertex)* kabul eden kenarların toplam sayısıdır. $\delta^+(v)$ ile ifade edilir.

Çizgenin tamamı değerlendirildiğinde, giriş yönündeki kenarların sayısı ile çıkış yönünde tanımlanmış kenar sayıları birbirine eşittir:

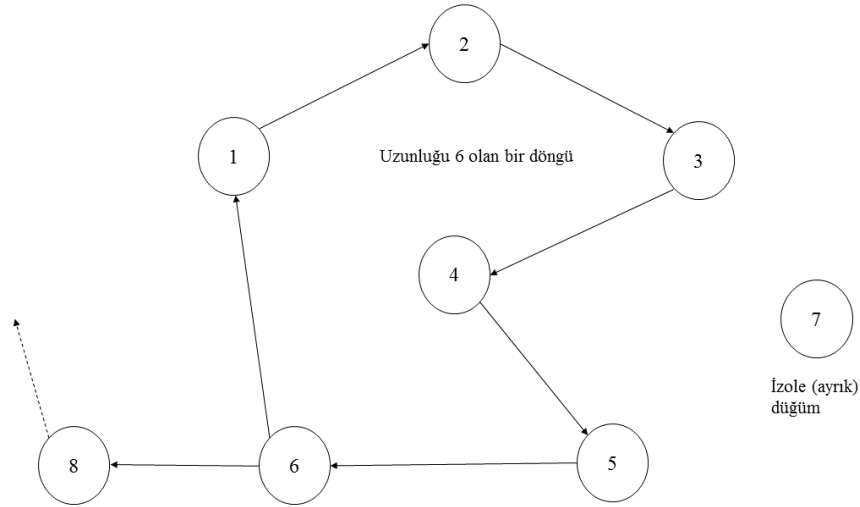
$$\sum \delta^-(v) = \sum \delta^+(v) \quad (2.1)$$

Döngü (Loop): Uzunluğu n olan yolun, yine başlangıç düğümünde son bulmasıyla oluşan yapıya **döngü (loop)** adı verilmektedir. Döngü de bir *yoldur (path)* ve n uzunluklu bir döngüde n adet düğüm ve n adet kenar bulunur. Şekil 2.7'deki örnekte, 6 uzunlukta döngüye sahip bir çizge kesimi gösterilmektedir. Bu döngü, uzunluğu ile özdeş sayıda düğüm ve kenar içermektedir.

İzole (Ayrık) düğüm (Isolated Node): Hiçbir kenar ile teması olmayan, çizge içindeki diğer düğümlerle bağlantısı bulunmayan düğümdür. Çeşitli nedenlerle bir çizge içerisinde bulunabilir ancak bağlantılarla oluşturulan anlam bütünlüğüne bir katkısı bulunmamaktadır. İzole düğümün derecesi, $deg(V)=0$ 'dır. Düğüm derecesi, $deg(V)=1$ olan düğümlere de **pendant** adı verilir.

Yol (Path): Çizge içerisinde bir kaynaktan bir hedefe ulaşmak için katedilen düğüm ve kenarlarla oluşan güzergaha **yol (path)** adı verilmektedir. Çizgenin kullanım amacına bağlı olarak, kaynaktan hedefe ulaştıran alternatif yollardan en kısası, en uzun, rastgele birisi seçilebilir (Jungnickel, 2005).

Burada çizgeler için ortaya konulmuş tanımların pek çoğu, sosyal ağlar konusunda da yer almaktadır. Nitelik olarak kapsamaları farklılaşsa da temelde ağlar da çizge kuramı üzerine dayandırılmış bir bilimsel yaklaşımdır ve birbiri ile örtüşen terminoloji kullanmaları, doğaldır.



Şekil 2.7: Bir çizgenin 6 düğümlü döngü kesimi ve izole bir düğüm örneği.

Komşuluk (Adjacency): Bir çizge içerisindeki iki düğüm birbirlerine bir ortak kenar ile bağlantılılar ise oluşan bu duruma **komşuluk** adı verilir. Diğer bir ifadeyle; iki düğüm bir kenarı ortak kullanıyorlarsa, birbirlerine komşudurlar.

2.3.2 Komşuluk Matrisleri

Bir çizgede sağlanan görsel sunumun arka planında genellikle sayısallaştırılmış ilişki verileri yer alır. Çizgenin mertebesi ve boyutu arttıkça daha da yüklü bir veri kümesinin değerlendirilmesi gerekecektir. Böyle bir karmaşıklık içinde nicelikler arasındaki bağıntıları klasik yöntemlerle görmek giderek zorlaşır ve imkânsız bir hale gelebilir.

Örneğin; bir şehirdeki telefon abonelerinin birbirleri ile etkileşiminin çizgesi oluşturulmak istendiğinde, yüzbinlerce hatta milyonlarca düğümün arasında gözle takip ve ayırt edilemeyecek kadar çok anlık temas sağlanabilir. Bu durumu analiz edebilmek için sistematik bir sayısal gösterim formuna ihtiyaç duyulur.

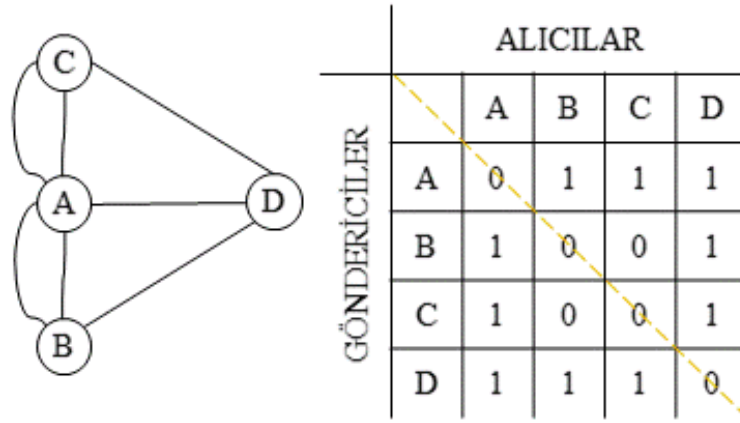
Matematiğin, mantıksal ilişkileri ifade edebilmek için geliştirdiği en güzel aletlerden birisi matrislerdir. Aynı hiyerarşiyi uygulayarak, birkaç öge arasındaki ilişkiden sayısız sayıda düğüm arasında kurulan bağları ve bu bağların ifade ettikleri anlamları tutabilmek, matrislerle mümkündür (Jungnickel, 2005).

Bir matrisin her bir hücresi, satır ve sütununda yer alan niceliklerin arasındaki durumu ifade eden bir değer alabilir. Dolayısıyla; satır ve sütunların kendileri düğümleri, kesişimlerinde oluşan hücre değeri ise aralarındaki bağlantıyı yani kenarı temsil eder.

Komşuluk Matrisi (Adjacency Matrix): Bir çizgedeki düğümler ve düğümler arasındaki bağlantıları gösteren matrislerdir (Wallis, 2007).

Yönsüz çizgelerde sonucu etkilemeseler de yönlü matrislerde, gönderici düğümler satırlarda, alıcı düğümler ise sütunlarda yerleştirilir. Çünkü yönsüz matrislerde, iki düğüm arasında bir kenarın bulunması; iki düğümün de karşılıklı olarak birbirleri ile temas halinde olduğu kabulüyle, yönü ihmal edilmiş bir bağlantı tarif eder. Bir düğümden diğerine geçiş yönü hakkında fikir vermeyen yönsüzlük, sadece iki düğüm arasında bir bağlantının olduğuna işaret eder.

Bu tanımdan anlaşılacağı gibi; yönsüz çizgelerin komşuluk matrisleri, içerikleri sadece 1 ve 0 değerlerinden oluşan hücrelerden meydana gelir. Ayrıca bir düğümün bir başka düğümle bağlantısının olması, karşıdaki düğümün de bu düğümle bağlantısı olması anlamına geleceğinden dolayı; simetrik bir yapı söz konusudur.



Şekil 2.8: Königsberg köprüleri sorusuna ait yönsüz ikili, simetrik komşuluk matrisi (Wallis, 2007).

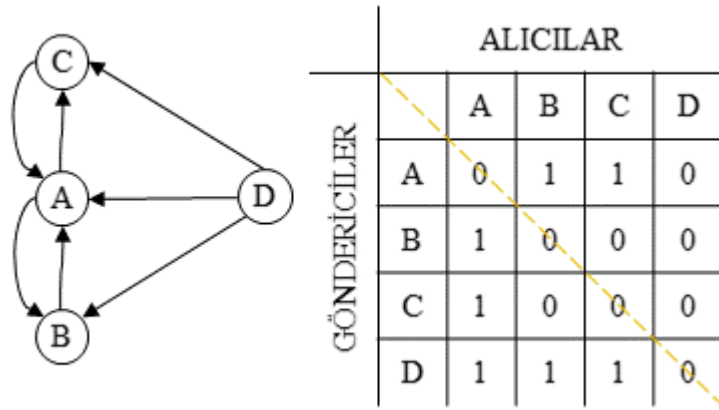
İkili Matris (Binary Matrix): Yönsüz çizgelerde 1 ve 0 değerleri ile sadece düğümler arası kenarların varlığı sorgulandığından, yönsüz çizgelerin komşuluk matrisine **ikili matris (binary matrix)** adı da verilmektedir.

Simetrik İkili Matris (Symmetric Binary Matrix): Bir bağıntı tanımının matris formu içerisinde i ve j birer düğüm olmak üzere, aralarındaki bağlantı durumunun $a(i,j)$ şeklinde gösterildiği düşünüldüğünde; $a(i,j) = 1$ ise i ve j düğümleri birbirine bağlı, $a(i,j) = 0$ ise aralarında bir temas olmadığı sonucuna varılır. Yönsüz çizgelerde, yukarıda açıklanan nedenle; aradaki bağlantının varlığı karşılıklı şekilde doğru olacağından; $a(i,j) = a(j,i)$ olacaktır. Bu durum simetriyi de doğurduğundan, yönsüz çizgelerin komşuluk matrisinin **simetrik ikili matris (symmetric binary matrix)** olması da doğal bir sonuçtur (Muhammed, 2015).

Ağırlıklı Matris (Valued Matrix): Yönlü veya ağırlıklı çizgelerde ise kenarların sadece varlıkları sorgulanmaz. Kenarın yönü, ağırlık katsayısı gibi değerlerin de komşuluk matrisinde tutulması gerekir. Bu durumda kenarları temsil eden hücre değerleri 0 ve 1 değerlerinden farklı içeriğe de sahip olabilirler. Dolayısıyla; ikili matris olma özellikleri ortadan kalkar. 0 ve 1 değerlerinden daha farklı sayısal büyüklükleri de barındırabilen bu tür matrislere **ağırlıklı matris (valued matrix)** adı verilir. Ağırlıklı matrislerde hücre değerleri, kenar ağırlık katsayılarından oluşur.

Asimetrik Matris (Asymmetric Matrix): Bir komşuluk matrisinin simetrik olup olmayacağını belirleyen faktör ise çizgenin yönlü olup olmadığıdır. Bir ilişkinin varlığı tek yönde doğru iken ters yönde doğru olmayabilir. Bu durum ise $a(i,j) < > a(j,i)$ olabileceği için, matrisin simetrisini bozar. Bu açıdan bakıldığında, elde edilen matris formu **asimetrik matris (asymmetric matrix)** olarak isimlendirilir. Çizgedeki kenarların tümünün yönsüz ya da çift yönlü olması durumunda simetri korunur, aksi halde el edilen komşuluk matrisi asimetrik olacaktır.

Şekil 2.9'da Euler'in kasabesindeki köprülerin tek yönlü trafik akışına izin verdiği kurgusuyla elde edilen bir yönlü çizge ve buna ait komşuluk matrisi yer almakta. Her köprüden istenen yönde geçilemiyor ve bu nedenle herhangi iki düğüm arasındaki bağlantı ters yönde var olmuyor. Bu kısıt ise komşuluk matrisini asimetrik yaparken ikili olmak özelliği muhafaza ediliyor.



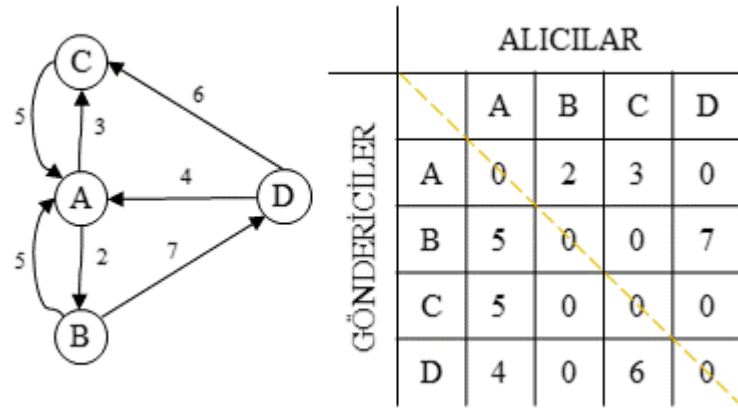
Şekil 2.9: Königsberg köprüleri sorusuna ait yönlü ikili, asimetrik komşuluk matrisi (Wallis, 2007).

Bu soruyu biraz daha detaylandırarak köprülerin uzunluk bilgileri de çizgeye yansıtıldığında şekil 2.10'daki gibi ağırlıklı bir çizge modeli elde edilecek. Eğer Euler'in sorusuna yanıt verebilen bir çizge olsaydı, bir noktadan diğerine gitmek için kat edilen yol bilgisini de üreten, ulaşım maliyeti hakkında fikir veren bir çizge elde edilmiş olacaktı (Wallis, 2007).

Şekil 2.10'daki çizgenin hem yönlü hem ağırlıklı olması nedeniyle, bu çizgenin matematik ifadesi olan matris ikili değil, ağırlıklı matris olacaktır. Aynı zamanda bu komşuluk matrisi tek yönlü bir çizgeye ait olduğundan, asimetric bir yapı sergileyecektir. Bu haliyle soru, yön ve uzunluk kriterleri ile sınırlandırılmış olmaktadır.

Simetrik matrislerde çizilecek **köşegen (diyagonal)** alt ve üst parçaları birbirine göre simetriktr. Bu simetrinin oluşması için kenarların yönsüz veya çift yönlü olması gerekir.

Köşegenin üzerindeki hücrelerin 1 olması, bazı düğümlerin kendilerinden çıkıp yine doğrudan kendilerine gelen *döngüsel kenarlara (loop)* sahip olduğunu gösterir. Bu durum, genel amaçlı bir modelleme aleti olan çizgenin bazı kullanım alanlarında mümkündür. Örneğin bir sayısal devre tasarımında, bazı durumlarda olayın kendisini tekrar etmesi istenebilir. Oysa sosyal ilişkileri modelleyen örneklerde, böyle bir döngü kişinin kendi kendisiyle arkadaş olması veya kendi kendinin amiri olması gibi anlamsız bir durum oluşturacağından dolayı, köşegenin 0 değerleri ile dolu olması beklenir (Prell, 2012).

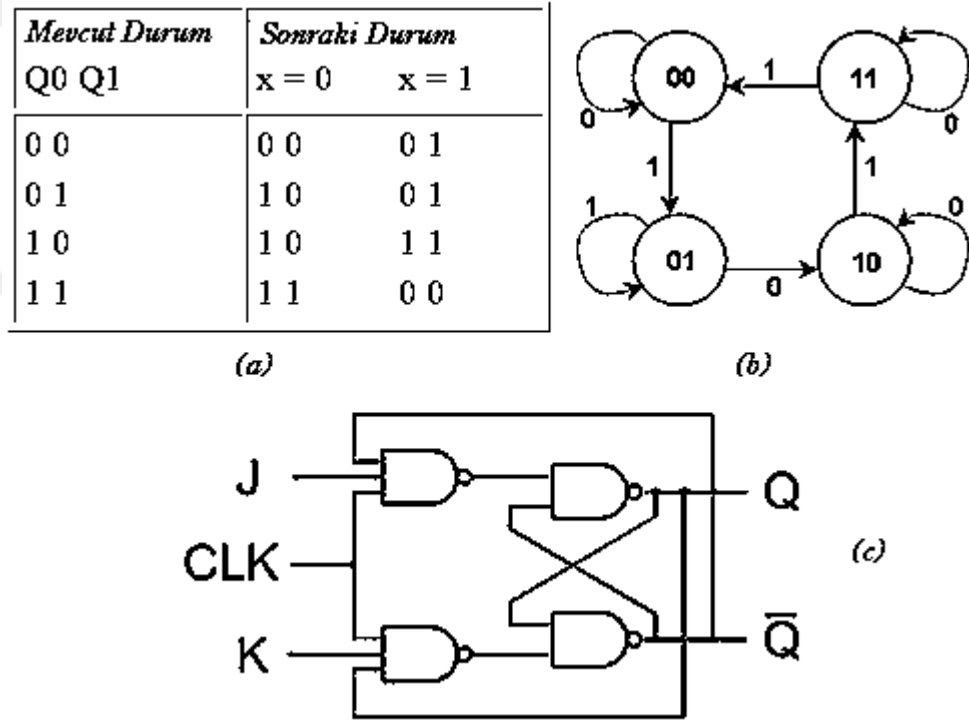


Şekil 2.10: Königsberg köprülerinin uzunluklarıyla üretilmiş ağırlıklı komşuluk matrisi (Wallis, 2007).

2.4 SOSYAL AĞLAR

Çizgeler daha çok nicel kavramlar üzerine kurgulanmış bir matematik modeldir. Bir takım durumlar ve nesneler arasındaki somut bağlantıların görselleştirilmesine ve matematik yöntemlerle analizine olanak verir.

Örneğin *sıralı mantıksal (sequential logic)* bir devre tasarımında, elde edilmek istenen devrenin çıktısının daha önceki durumlara dayalı olarak kurgulanması sırasında kullanılan durum diyagramları birer çizgedir. Devrenin durumlar karşısında tepkisini, tasarlayıcı bu çizgeler üzerine yansıtır ve değerlendirmeye dâhil edilmesi gereken tüm durumlar birer düğüm, bu durumlar arasındaki geçişler ise genellikle yönlü birer kenar olarak temsil edilir (Kime & Kaminski, 2008).



Şekil 2.11: JK flip flop (a) doğruluk tablosu, (b) çizge diyagramı, (c) mantıksal eşleniği (Mano, 1988).

Tipik bir örnek olarak, sayısal elektroniğin temel taşlarından olan flip flop devrelerinden JK tipinin tasarımında kullanılan diyagramlar yukarıda verilmiştir. Görüleceği gibi; flip flop devreleri önceki durum değerlerini dikkate alarak mevcut girişlerindeki sinyale göre farklı sonuçlar üretmektedir. Bu şartlar altında, tasarımcının arzu ettiği çıktıları istendiği

gibi alabilmesi için hem önceki durumları hem de anlık durumları değerlendirmesi gerekir. Sayısal elektronikte, önceki durumları değerlendiren bu tür devrelere **sıralı mantıksal devreler (sequential logic circuits)** adı verilir (Mano, 1988). Tasarımcının böyle bir devreyi kurgulayabilmesi için önceki durumlardan bir sonraki duruma geçişleri çizge üzerinde göstermesi, genel yöntemlerden birisidir.

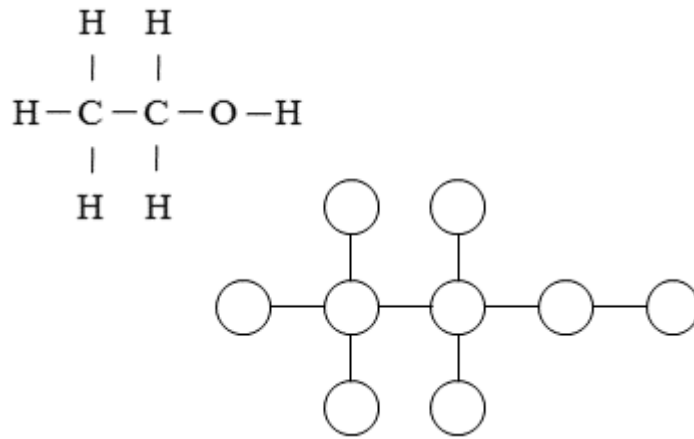
Sosyal ağ başlığında yeniden çizgenin örneklenmiş olunmasının temel nedeni, çizge ile sosyal veri ağı arasındaki farklılıkları gözle görünür şekilde ortaya koymaktır. Yukarıda verilen örnek, çizgenin tipik bir uygulama alanıdır. Bu örnekte,

- a. Her şey tasarımcının kontrolündedir ve çizgede tasarlanmıştır. Çizgede tasarımcı, devresinin duyarlı olmasını istediği girişlerle ilgilenmiş ve bunları değerlendirmiştir. Durumların, başka bir ifadeyle; durumları temsil eden düğümlerin sayısını belirleyen de tasarımcıdır. Gerekli hallerde, daha farklı durumları da değerlendirebilecek şekilde tasarımını genişletebilir veya daraltabilir. Bazı ilk durumlar değerlendirme dışı bırakılabilir ve dolayısıyla devre bu durumlara sabit bir reaksiyon gösterecek şekilde gerçekleştirilebilir.
- b. Düğümler belirlidir ve eş düzeylidir. Hepsi bir durumu ifade eder ve durumların neler olabileceği belirlidir. Düğümler arasındaki kenarlar da tasarımcı tarafından belirlenmiş oklardır. Bazı değerler yeniden bir *döngü (loop)* içinde aynı düğümde kalmaya veya bir başka düğüme ulaşmaya neden olur.
- c. Düğümlerin temsil ettiği durumlar, oldukça katı sınırlarla belirlenmiş ve birbirinden ayrılmıştır. Sosyal ve biyolojik yaşamdaki gibi çok çeşitli niteliklerle tanımlanmaya açık değildir. Hepsi nicel büyüklüklerdir.
- d. Öncelik ve asıl değerlendirilen durumlardır. Durumların temsilcisi olan düğümler arasındaki kenarlar iş akışını ifade eder. Tanımlanmış girdiler dışındaki her şey tanımsızdır; tasarım için anlamı yoktur.

Sonuç olarak; çizgeler genellikle nicel ve belirli durum ve değerler arasındaki ilişkiyi ortaya koymak üzere kullanılır. Euler'ın Königsberg köprüleri probleminde de dört kara parçası ve yedi köprü vardı. Çizge içeriği net ve nicel varlıklardan oluşmaktaydı. Herhangi bir anda çizgeye yeni köprülerin veya karaların girmesi beklenemezdi. Çizgeye konu olan sorun dinamik bileşenler içermiyordu. Bu nedenle, problem çizgeler için gösterilmeye uygun bir konuydu (Jungnickel, 2005).

Benzer bir görselleştirmeyi canlılar dünyasında kullanmak, oldukça hareketli olan ilişkiler topluluğunu çizge temelli olarak görselleştirebilmek oldukça cazip bir fikirdi. Daha önce de belki benzer düşünceler üretilmiş ve hatta görselleştirilmiş sosyal ilişki haritaları olabilir. Ancak eldeki modern, görsel ağ analiz çalışmalarının ilk örneklerinin üretimi 1930'lara dayanmaktadır. Sosyal ağ analizinin tarihi gelişim sürecine bölüm 2.2.1'de detaylı olarak yer verilmektedir.

Sosyal ağ ile çizge aynı kavramlar değildir. Sosyal ağ çizge teorisi temellerini kullanan ama kendisine göre çok farklı ve çeşitli disiplinleri olan, başka bir bilimsel çalışma alanıdır (Prell, 2012). Çizgeler gibi sadece nicel bilgiler arasındaki temel ilişkileri göstermekle kalmaz, her an değişen dinamik yapılar içindeki ilişkilerle de ilgilenir. Diğer bir ifadeyle; sosyal ağ analizinde asıl özne ilişkilerdir, ilişkiler durumların; kenarlar düğümlerin önemini belirler.



Şekil 2.12: Bir kimyasal bileşik ve onun ağ eşleniği.

Sosyal ağ ifadesi, pek çok insanın bilinçaltında internet ortamındaki içerik paylaşım siteleri ile özdeşleşmektedir. Oysa bu gibi yollarla kurulan sanal temaslar da olmak üzere, yaşamın her alanında sosyal ağ kavramı mevcuttur ve ağ bilimi bunların arasındaki ilişkileri çözümlemeyi de konu edinir. Canlı bir organizmayı meydana getiren hücrelerden uzaydaki gezegenlere, meteorolojik olaylardan trafiğe kadar dinamik yapıda olan her şey sosyal ağlar tarafından konu edinilebilir (Gürsakal, 2009).

SNA, konu edindiği varlıklar arasındaki ilişkileri görünür kılmak ve bazı sonuçlar sentezleyebilmek üzere geliştirilmiş, ilişkisel bir yaklaşım, bir perspektif sunar. Yeni bir bilgi veya metot değildir. Sadece ilişkileri görülebilir kılar. Ancak sağladığı bu fayda, oldukça önemli çıktıların üretilmesine yardımcı olabilir. Örneğin bir beyin içindeki nöronların birbirleri ile etkileşimi veya kimyasal bir tepkimenin çevresel koşullarla etkileşimini bu yolla analiz etmek, araştırmacıya yeni farkındalıklar sunabilmektedir.

Ağ bilimi hem nitel hem de nicel metotlar kullanabilir. “Sosyal” vasfını da buradan alır. Yaşamın içinde yer alan çok çeşitli faktörlerin, aynı varlıklar üzerindeki etkileri bu yolla değerlendirilebilir. Bu konuda çizgeler gibi katı ve sınırlı düğüm özelliği ile çalışmaz.

Büyük veri kümeleri ile çalışıldıkça ortaya çıkan bir ağ oldukça karmaşık olabilir. Ancak ilişkilerin yoğunluk, konum ve türleri önemli mesajları üretebilme potansiyeline sahiptir. Ağların çıktısı somut birer görsel haritadır.

Kişiler, organizasyonlar, kurumlar, topluluklar, hayvanlar, bitkiler, kelimeler, web sayfaları, hücreler, atomlar, mesajlar, dokümanlar ve hemen her şey bir sosyal ağda düğümleri oluşturabilir.

İlişkiler ise çok çeşitli olabilir. Düğümleri insanlardan oluşan bir sosyal ağ söz konusu olduğunda, gösterilebilecek ilişki bağlarından bazıları şöyle sıralanabilir (Borgatti, Everett, & Johnson, 2013):

- a. Kan bağı ve akrabalık ilişkileri (Babası, çocuğu, annesi, eşi vb.)
- b. Rol tanımlayan ilişkiler (Müdürü, öğretmeni, arkadaşı, patronu vb.)
- c. Algılama tanımlayan ilişkiler (Tanıyor, tanımıyor vb.)
- d. Duygu tabanlı ilişkiler (Sever, güvenir, önemser vb.)
- e. Eylem ifade eden ilişkiler (Konuşur, tartışır, birlikte çalışır, toplantı yapar vb.)
- f. Mensubiyet ilişkileri (Komşuluk, kulüp, taraftarlık, ortak iş, ortak hobi vb.)

Görülmektedir ki; sadece insanlarla ilgili ağlarda bile değerlendirilebilecek çok sayıda hiyerarşik etkileşim ve oluşan ağ katmanları bulunabilir. Benzeri şekilde; biyolojik ağlar, nöral ağlar, sismik ağlar, suç ağları, organizasyonel ağlar, atomik ağlar, galaktik ağlar gibi çok sayıda dinamik ağ konusu türetilir.

Bir sosyal ağın, statik bir çizgeden en temel farkı; sosyal ağın, herhangi bir olaya dâhil olan aktör grubuna veya bu aktörler ve aralarındaki ilişkilere ait ek bilgiler üzerine kurulan bir ilişkiler kümesi olmasıdır.

Dolayısıyla çizgedeki düğümler sosyal ağlarda birer **aktör (actor)** olarak işlev görürler ve böyle isimlendirilirler. Ağ, ilk aktör ve ilişkiden başlar, etrafına bu ilişkiden türetilmiş bir yapı kurar, yeni aktör ve ilişkiler eklenerek genişler. Bu genişleme öyle boyutlara ulaşabilir ki bütünün analizini yapmak çok güçleşebilir. Bu nedenle ağı sınırlandırmak gerekir. Bir veri ağının sınırlayan şey, başlığıdır. Ağın içerik çerçevesini başlığı belirler. Bu sınırlamaya gidilmezse içerik dağılabilir (Gürsakal, 2009).

2.4.1 Tarihsel Gelişim

SNA konusunda önemli çalışmalar yapan Linton C. Freeman, ağ analizinin şu dört özelliği içeren bir yaklaşım olduğunu ifade etmiştir (Freeman, The Development of Social Network Analysis: A Study in the Sociology of Science, 2004):

- a. Sosyal aktörler arasındaki bağların önemini öngörebilmesi,
- b. Aktörleri birbirine bağlayan bağlantıları oluşturan verilerin analizine ve organizasyonuna dayandırılmış olması,
- c. Ağırlıklı olarak, aktörler arasındaki bu bağlantıların karakteristiklerini açığa çıkaran görselleştirmelere sahip olması,
- d. Bu karakteristikleri açıklamak üzere matematik ve hesaplama temelli modeller üretmesi.

Nesneler, olaylar, kişiler arasındaki ilişkilerin farkına varmak ve bunları değerlendirmek insanlığın bilişsel tarihi kadar eskidir. Aslen bilim, bu ilişkilerin farkındalığı üzerine dayalı bir çalışma alanıdır ve bu bağlantıları kullanarak yaptığı çıkarımlarla yön bulmaya çalışır (Turkle, 2009).

Bu nedenle ilişkileri daha net ve anlaşılabilir şekilde ortaya koyma çabasının geçmiş oldukça eskilere dayanır. Örneğin on üçüncü yüzyıla ait bu alanda yapılmış çalışmalar vardır (Freeman, The Development of Social Network Analysis - with an Emphasis on Recent Events, 2011). Ancak Freeman'ın yukarıda ifade ettiği, dört karakteristik özelliğe sahip modern ağ analiz çalışmalarının yirminci yüzyıl ortalarına doğru başladığı

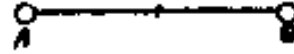
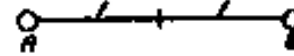
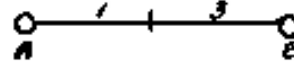
düşünülmektedir. Önceki çalışmalarda daha çok, kişisel sezgilere dayalı ifadelerle yer verildiği, ilişkilerin görselleştirilmesi ve önem derecelerinin tahmin edilmesine yönelik bir standartlaşmanın olmadığı görülür.

364

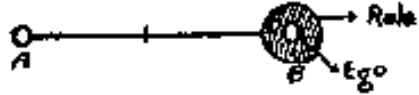
SOCIOMETRY

DIAGRAM V Tele Chart I

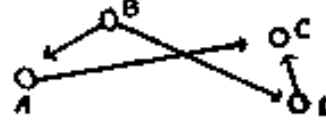
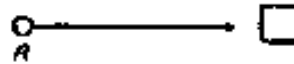
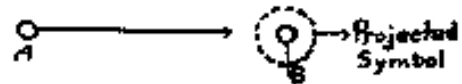
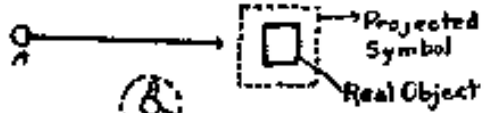
Simple Tele

Simple Tele
(Congruous)Simple Tele
(Incongruous)

Symbolic Tele



Object Tele

Infra Tele for persons
(Unreciprocated but positive
attractions toward a real ego
or a real role)Infra Tele for
an objectTransference to
personsTransference to
objectsTransference relations among
3 persons, belonging to a
group of insanes

Şekil 2.13: Moreno ve Jennings'in kitap orijinalinden alınmış sosyogram gösterimi (Moreno & Jennings, 1938).

Bu sebeple, modern SNA yaklaşımlarının başlangıcı olarak 1930'lar kabul edilmektedir. Psikiyatrist Jacob L. Moreno ve psikolog Helen Jennings'in hapisane tutukluları ile ilgili

yaptıkları çalışmadan doğan 1932 tarihli yayınları ile ilk kez *SNA* kavramıyla tanışıldı (Freeman, 2011). Moreno ve Jennings, çalışmaları sırasında ortaya koydukları bu disipline *sosyometri (sociometry)* adını verdiler (Moreno & Jennings, 1938).

Moreno, psikiyatri öğrenimi görmüştü ancak özellikle **Gestalt** psikoloji yaklaşımına ilgi duyuyordu. Alman psikologlar Max Wertheimer (1880-1943), Wolfgang Köhler (1887-1967) ve Kurt Koffka (1886-1941) tarafından geliştirilen bu yaklaşım, insan algısını belirleyen en önemli faktörün beyinde oluşan şartlara bağlı olduğunu savunuyorlardı. Diğer bir ifadeyle; şartlar (context) içeriğin (content) önündeydi ve bu söylem, dönemin kabul gören psikoloji öğretileri ile büyük oranda bağdaşmıyordu. Gestalt yaklaşımı adını da bu görüşten alıyordu ve Almanca'dan tercümesi kalıp, form anlamına gelmektedir. Moreno da insanların herhangi bir olayı algılayışlarının, o olayla ilgili durumların, ilişkilerin, şartların şekillendirdiği bir kalıba göre olgunlaştığına inanıyordu (Prell, 2012).

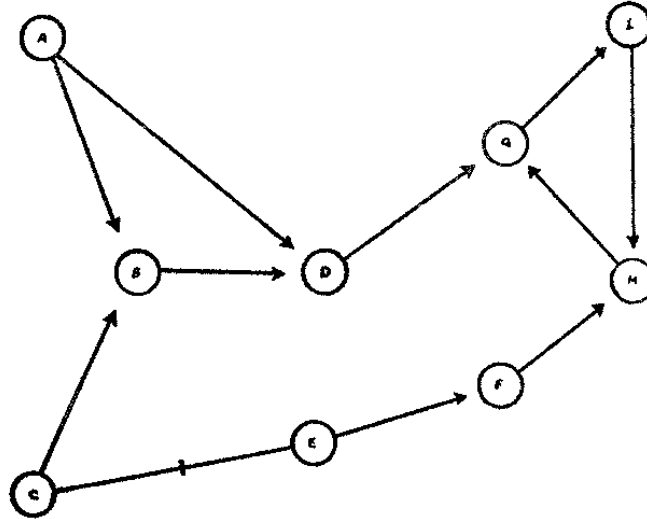
Moreno'nun odağındaki Gestalt yaklaşımının bugünkü ağ bilimi terminolojisindeki izdüşümü ise şöyle yorumlanabilir: Aktörler, ilintili oldukları bağlara göre anlamlandırılır ve öyle algılanır. Bağların temsil ettiği ilişkiler, aktörlerin nicel varlıklarından önce gelir çünkü o aktörün hiyerarşi içerisinde ifa ettiği rolü belirleyen bağların niteliği ve gücüdür. Moreno'nun da savunduğu Gestalt psikoloji yaklaşımı, insanın herhangi bir kavrama attığı anlamı oluşturan kuvvetin, o kavramı doğuran ve yaşatan durumsal etmenlerden kaynaklandığını söylemektedir. Moreno'nun bu irdelemeye en önemli katkısı ise bu formu sistemleştirerek görülebilir araçlarla ifade etmiş olmasıdır ki bunlar sosyal ağ bilimini olgunlaştırmıştır (Barabasi A. L., 2010).

Moreno ile yaklaşık aynı dönemde, yine Gestalt teorileri üzerine çalışan bir başka bilim insanı da Kurt Lewin'dir. Lewin'in Moreno ile 1935'te karşılaşması ise bu iki Gestalt düşünürü araştırmacıyı ortak bir yolda buluşturmuştur (Prell, 2012). Lewin matematiksel tekniklerin sosyogram (sociogram) adı verilen Moreno'nun ağ modellerine uygulanması konusunda önemli çalışmalar yapmıştır. Özellikle 1950'li yıllarda, Lewin'in ağ ilişkilerini açıklayan modellerini konu alan çok sayıda yayını dikkat çekicidir.

Aslında, tüm bu gelişmeleri tetikleyen bir başka olayı yeniden hatırlatmak gerekirse; ağların dayanağı olan çizgelerin ilham kaynağı, Euler'in 1736'daki Königsberg köprü problemi, matematiğin bir alt dalı olacak kadar önemi 1950'lere kadar görememiştir.

Bunun temel nedeni Euler'in makalesinin ancak 1956'da İngilizceye çevrilmiş olmasıdır. Çalışmanın tercüme edilmesi, onu bir anda dünya bilimsel yaşamına taşımış ve ilgi uyandırmıştır. Moreno ve Lewin'in de anlam ve durumlar arasındaki bağıntıları çizgelerle ifade etme fikrinin, dönemin bu sıcak gelişmesi ile ilgisi de olabilir.

1940'larda bir antropolog olan W. Lyod Warner, çalışmalarını sosyal ağ analizine uyarladı (Warner & Lunt, 1941). Benzer çalışmalar, takip eden on yıllar içinde tekrarlandıysa da ağ analizi, genel olarak bilim dünyasının yoğunlaştığı bir konu olmadı. Bu dönemde sınıflandırma ve öngörü oluşturmada klasik istatistik yöntemler daha fazla tercih edildi.



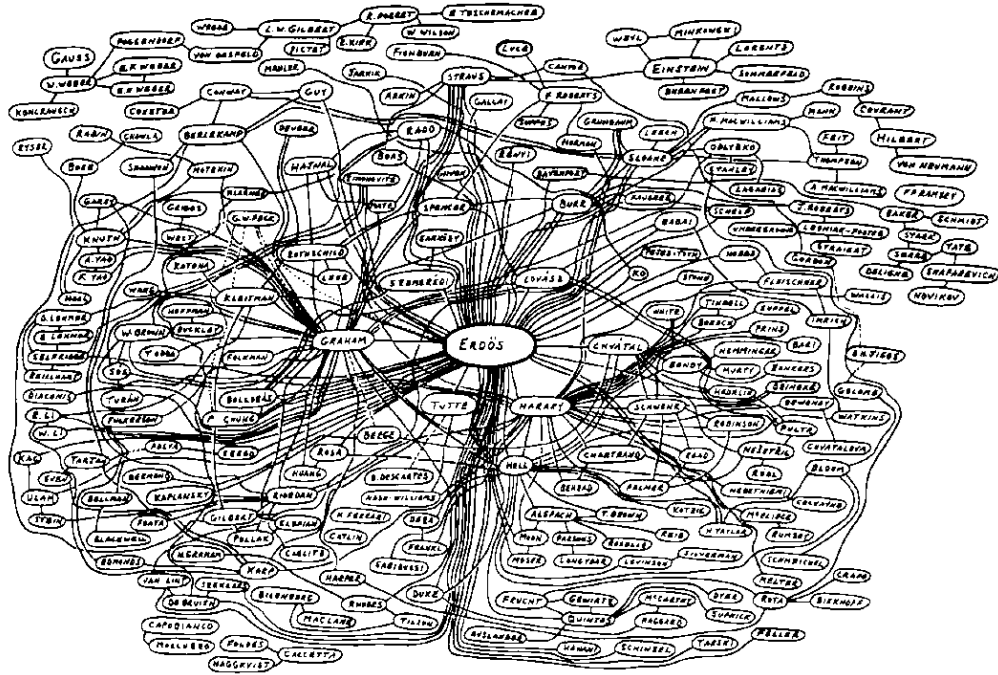
Şekil 2.14: Bir sosyogram (sociogram) örneği.

1990'ların sonu ise SNA açısından tam bir sıçrama oldu. Art arda, SNA ile ilgili makaleler yayınlanmaya başladı ve modern ağ analizinin yeni metrikleri tanımlandı. Bu dönemin başlangıcı olarak, *küçük dünya ağları (small world networks)* üzerine 1998 yılında yayımlanan, Duncan Watts ve Stevan H. Strogatz'ın makaleleri kabul edilebilir (Watts & Strogatz, 1998). Hemen arkasından Albert-László Barabási ve Réka Albert tarafından 1999 yılında kaleme alınan ve ağlarda *merkezlilik derece dağılımlarını (distribution of degree centrality)* inceleyen yayın gelmektedir (Barabasi & Albert, 1999).

İlginç bir şekilde, ağ analizi özellikle sosyal alanlarda ilgi gördü. Bu alanlardan sadece ağ bilimleri üzerine yoğunlaşan bilim insanları çıktı ve bu insanlar ağ biliminin standartlarının geliştirilmesinde önemli katkılar sağladılar. Freeman da öyleydi. Temel bilimlerin ve bilgisayar bilimlerinin konuyla ilgileri ise daha sonraki yıllara dayanır. Bir fizikçi olarak Albert-László Barabási, ağ bilimindeki önemli isimlerdendir.

Bu bilgiler ışığında, sosyal ağ analizinin tarihi gelişim sürecini üç evrede toplamak yerinde olacaktır:

- Birinci evre (Euler- Königsberg Köprüleri-17.yy)
- İkinci evre (Erdős-Rényi Rassal Ağ Modeli-1959)
- Üçüncü evre (Albert-László Barabási -Ölçekten Bağımsız Ağlar-1999)



Şekil 2.15: Erdős sayısı ile kurulan, bilimsel yayın ortaklığı ağı.

Euler’ın Königsberg’in yedi köprüsünden ilham alarak sorduğu, “Her köprüden bir defa geçerek bütün köprüleri kapsayan bir patika oluşturulabilir mi?” sorusu ile başlayan ağ kavramı düğüm, kenar, derece gibi kavramlar üzerine inşa edilmeye başladı. Euler’ın sorusuna yine Euler’ın verdiği “Bir ağıdaki düğümlerin ikiden fazla tek sayıda dereceye sahip bağlantıları varsa, böyle bir patika mümkün değildir.” yanıtı, yüzyıllar içinde ağ

konusunda yeni açıklama arayışlarının zeminini oluşturdu (Gürsaka, 2009). Erdős, kişiler ya da nesneler arasında kurulun köprülerin rastlantılara dayalı olabileceğini savundu ve Rassal Ağ Modeli'ni ortaya atan kişi oldu. Ona göre, her düğümün herhangi bir başka düğümle bağ kurması ihtimali eşitti ve bu bağlar rastlantılara dayalı gibi gözüküyordu.

Uzun bir dönem kabul gören bu yaklaşım, Erdős sayısı kavramını da üretti. Dünyadaki pek çok bilim insanı Erdős ile bilimsel yayın yakınlıklarını bu sayı ile hesaplayarak ağda yerlerini aldılar. Erdős'ün kendisi 0, onunla doğrudan bir yayını olanlar 1, onunla doğrudan yayını olanlarla yayını olanlar 2... şeklinde elde edilen katsayılarla oluşturulmuş Erdős ağı, Einstein'dan Bill Gates'e kadar çok sayıda ismi de kapsayabilecek kadar genişlemeyi başardı.

1990'lı yılların sonunda, o güne kadar Euler'den Erdős'e kadar matematikçilerin yön verdiği ağ kavrayışında bu kez bir fizikçi yorumu, yeni bir kırılma noktası oluşturdu: Fiziğin temel öğretisi gibi; hiçbir şey sebepsiz var olamazdı, yok da olamazdı. Albert-László Barabási dünyadaki karmaşık ağların da fizik kuralları gibi disiplinleri ve bu ağları şekillendiren ilkelerin olması gerektiğini yayın yoluyla söyleyen kişi oldu (Barabasi A. L., 2010).

Bilim dünyasının sosyal ağ analizine ilgi ivmesini anlayabilmenin bir yöntemi de SNA üzerine yayınlanmış yayınların sayısına bakmak olabilir. Yıllar içinde ve özellikle son yıllarda, SNA üzerine çıkan yayın sayılarındaki radikal artış, konunun öneminin yeni yeni kavrandığının ve her bilim alanı için önemli katkılar sağlayabilecek bir alet olabileceğinin göstergesi gibidir. Aşağıda akademik yayınların derlendiği, Google Scholar arama robotunda “*Social Network Analysis*” ifadesi ile yapılan aramaların, seçilmiş dönemlere göre sonucu verilmektedir.

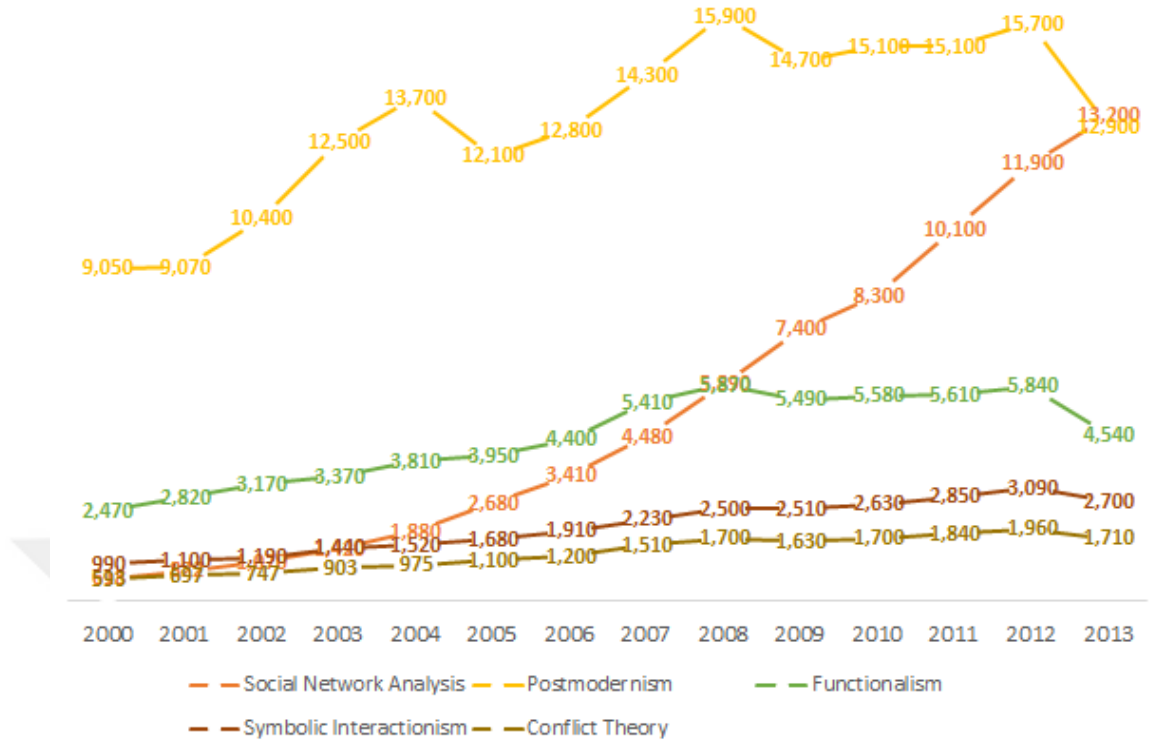
Görülmektedir ki; 2015 yılında SNA üzerine yapılan yayınların sayısı, neredeyse önceki dört yıl (2011-2014) veya ondan önceki 10 yıl (2001-2010) toplamına yakındır. 2000 yılı ve öncesi yapılan SNA yayınlarının toplam sayısı ise sadece 2015 yılında yapılan yayınların dörtte birinden daha azdır.

Tablo 2.2: "Social Network Analysis" ifadesinin akademik yayın tarama sonuçları.

Dönemi	Yayın Sayısı
1931-1950 (10 yıl)	7
1951-1970 (20 yıl)	27
1971-1980 (10 yıl)	231
1981-1990 (10 yıl)	882
1991-2000 (10 yıl)	3.070
2001-2010 (10 yıl)	24.600
2011-2014 (4 yıl)	20.200
2015 (1 yıl)	16.500
2016 (1 yıl)	16.900

Bu tablo, bilim dünyasının giderek artan bir ilgiyle, sosyal ağ analizine yönelmekte olduğunun açık bir göstergesidir. Beklenti, bu artış eğiliminin katlanarak devam edeceği yönündedir. Bu kaçınılmazdır çünkü bilim dünyasının geldiği nokta ve bilişim alanındaki çalışmaların gündemine oturan **büyük veri (big data)** kavramının getirdiği karmaşık ilişkiler yumağı, ağ biliminde derinleşmeyi ve yeni yaklaşımlar ortaya koymayı zorunlu kılmaktadır.

Özellikle son yıllarda **makina öğrenmesi (machine learning)**, **yapay zekâ (artificial intelligence)** gibi bilgisayar bilimlerinin önemli alanlarının ağ bilimleri ile teması, **bağlantı tahmini (link prediction)**, **web etkinlik analizi (PageRank)**, **aktif öğrenme (active learning)** gibi çok sayıda uygulama sahasının doğmalarına ve gelişmelerine öncülük etmiştir. Bugünün ağ bilimlerine yüklediği diğer bir özellik ise çok disiplinli bir çalışma zemini oluşudur. Yaşamdaki gerçeklerin her bilimsel disiplinin açısından elde edilmiş parametrelerinin bir araya getirilerek çok boyutlu, gerçek bir resmin üretilmesi ve bu şekilde analizlerin yapılabilmesi, ağ biliminin temel dinamiğini oluşturur. Ağ bilimi bu beklentiye yanıt vermek üzere, yeni analiz metrikleri üretme sürecini halen yaşamaktadır.



Şekil 2.16: Google Scholar veritabanında bazı ifadelerin arama sayıları (Cook, 2015).

2.4.2 Ağ Çeşitleri

Yaşamın içindeki hemen her alanı veri ağları ile ilişkili hale getirmek, ağlara yansıtarak analizlerde bulunmak olasıdır. Özellikle son yıllarda gündeme gelen büyük veri (big data) kavramının da işaret ettiği büyük veri dağlarının anlamlı, değerlendirilebilir, yönlendirebilir bilgilere dönüşmesi için umut vaat eden, ideal araçlardan biridir.

Mikro ölçekten makroya, cansız nesnelerden ve olaylardan canlılara kadar, hayatta var olan hemen her varlığın bir ağ modeli içine aktör olarak girebilirliği, yine gruplandırılarak sınırlandırılması gereken ağ çeşitliliği doğurur. Çok çeşitli olmakla birlikte, genellikle ağlar şu gruplardan birine dâhil olabilirler (Gürsakal, 2009):

- a. **İletim Ağları:** Genellikle aktör rolü oynayan düğümler bir yer veya kişidir. Aralarındaki kenar bağlantıları ise bir akışı ifade ederler. Bir şehrin su şebekesi, elektrik ve gaz şebekeleri, trafik ve yol ağları, para transferleri ve bankacılık operasyonları, haber akışları, kurum organizasyon yapıları, telefon şebekeleri, bazı biyolojik dolaşım ve iletişim sistemleri bu gruba örnek gösterilebilirler. Bu tür ağlarda

ilgi odağı, akışkan ve kesilebilir bilgidir. Bağlantı kesildiği zaman iletim biter, bağlantı sağlandığında ise devam eder. Geçmişten daha çok o ana ait veriler içerirler.

- b. Etkileşim Ağları:** Sürekli olmayan, nicel, belirli bir zaman süresince yapılan eylemleri konu alan ağ modelleridir. Aktörler yine kişiler, yerler gibi çeşitli varlıklardan oluşabilir. Gerçekleşen eylemler ise aktörler arasındaki kenar bağlantılarını oluşturur. Elektronik posta veya mesaj göndermek, alışveriş yapmak, telefonla aramak gibi fiiller aktörler bu sınıfa girerler. Bir iş yapıldıktan sonra tamamlanmıştır, artık geriye dönüşü yoktur; bir nicelik büyüklük olarak ait olduğu gruba dâhil olur. İş, aktörlerin teması anında gerçekleşir ve biter.
- c. Atfetme Ağları:** Bu tür biraz daha canlıların sosyal yaşamına uygun bir ağ modelidir. Düğümler genellikle canlı veya canlıların oluşturduğu sosyal yapıları içerebilir. Bağlantılar ise bir ilişkinin ifade biçimini gösterirler. Beğenmek, sevmek, arkadaş olmak gibi insani ifadeler olabileceği gibi bir kanun maddesinin diğerini kendine dayandırması, bir yayına atıfta bulunmak, bir ülkenin müttefikleri listesi gibi örnekler bu sınıfa dâhildirler. Bir duygunun veya katılımın söz konusu olduğu ilişkilerdir.
- d. Üyelik Ağları:** Aktörler muhteliftir; canlı ve cansız varlıklardan oluşabilir ancak bağlantılar aidiyeti; bir gruba, sınıfa, kategoriye dâhil olma durumunu ifade ederler. Aktörler, dâhil oldukları grupların benzerlik veya farklılıkları üzerinden irdelenebilirler. İnsanlar için mezun olunan okullar, hobiler, dernek üyelikleri, çalışılan kurumlar gibi pek çok aidiyet ilişkisi kurulabilir. Ancak insan dışı varlıklar için de en az insanlar kadar çok üyelik ağları türetilir: Asitler ve bazlar, proteinler, hastalık türleri, astronomik sınıflandırmalar, tüketim maddeleri türleri, genetik gruplar, coğrafi konumlar, edebi gruplar, dilbilim kümeleri gibi çok sayıda üyelik ağı düşünülebilir.

Görüleceği gibi; ağlara özellik kazandıran temel olgu, düğümler arasındaki bağların neyi ifade ettiği ile ilgilidir. Düğümler arasındaki ilişkiyi ortaya koyan kenarların yön ve ağırlıkları şu konularda belirleyicidir (Borgatti, Everett, & Johnson, 2013):

- a.** Bağlantının kuvvetliliği (strength)
- b.** Derece olarak, diğer bağlantılara üstünlüğü (rank)
- c.** Oluşma veya görülme sıklığı (frequency)
- d.** Meydana gelme ihtimali (probability)

Ego Ağları: Eğer çevrede bütün olup bitenin ilgilenilen bir özne etrafında olup bittiği düşünülüyor ve araştırmacı için bu olayların veya kişilerin özneye etkisi öncelikli konu ise ağ biliminde bu türlere özel bir isim verilir ve *ego ağı (ego network)* olarak isimlendirilir (Prell, 2012).

Ego ağının daha iyi anlaşılabilmesi için, bir örnek vermek faydalı olacaktır:

Bir şirketin diğer rakiplerinin de içinde olduğu, sektörel bir analizi yapıldığında; önemli olan şirketin diğerlerine göre konumu, gücü, etkinliği gibi konulardır. Eğer şirket kendi adına bu tür bir araştırma yapıyorsa, özne olarak kendisini görür. Kendisi dışındaki tüm unsurlar tali, ikinci önceliklidir. Bu örnekte *ego* üye şirkettir. Ağ üzerinde şirketle ilintili görünen diğer tüm öğeler ise *diğer (alter)* olarak değerlendirilir.

Egonun mutlaka bir insan olması gerekmez. Bir kimyasal elementin diğer elementlerle reaksiyonu, bir enzimin diğer biyokimyasal varlıklarla ilişkisi, bir tarihi olayın diğer tarihi gelişimlerle olan teması gibi farklı tür ve nitelikte ego-alter ilişkileri kurulabilir.

Ego ağları büyük oranda genel ağ bilimleri disiplinlerine bağlıdırlar. Temel olarak farklı olan, araştırmacının üyelere yönelimidir.

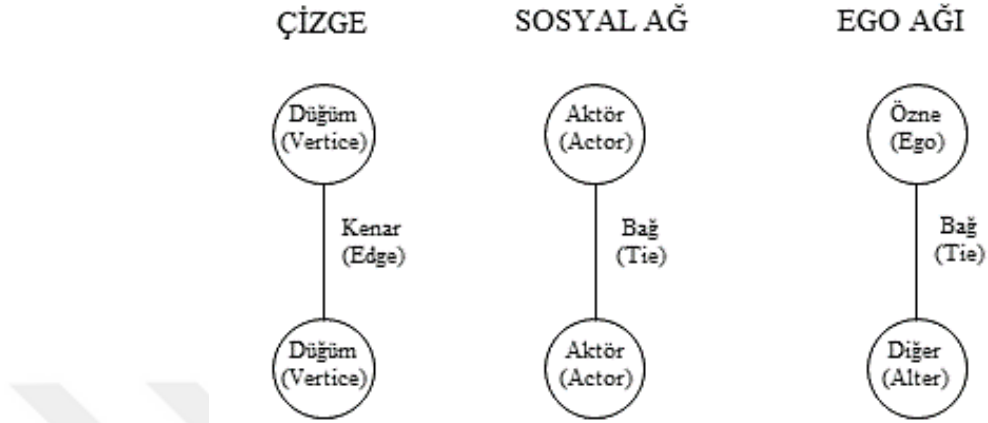
2.4.3 Temel Terimler

Temel olarak çizgilerdeki felsefe korunmakla birlikte, **SNA** ilgi alanına giren konuların genişliği ve nitel zenginliği, ek pek çok metriğin kullanımını zorunlu kılmaktadır. Sosyal ağlar dinamik yapılardır ve bileşenlerin aralarındaki ilişkilerin türü ve gücü belirleyicidir. Bu gereksinimi karşılamak üzere veri ağlarına özgü bir terminoloji, yıllar içerisinde yapılan çalışmalara paralel olarak gelişmiştir.

Çizgelerde *düğüm (vertex, vertice, node)* ve *kenar (edge)* olarak ifade edilen ağların temel bileşenleri sosyal ağ analizinde, ifadesel bir farklılığa uğrarlar: Düğümler *aktör (actor)* ve kenarlar *bağ (tie)* adını alırlar.

Bu ifadesel değişiklik, işlevsellikleri açısından bir fark oluşturmaz ancak sosyal ağ analizinin dinamik yapısına uygun şekilde, biraz daha kişiselleştirilmiş bir etiket

bilgisinden öteye gitmez. Çizge ve sosyal ağ türevleri arasında bu temel bileşenlerdeki ifade yansımaları Şekil 2.17’de gösterilmiştir.

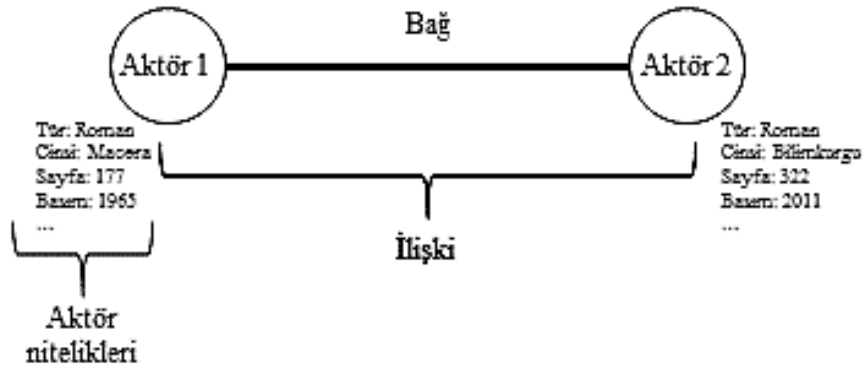


Şekil 2.17: Çizge, sosyal ağ ve ego ağlarında düğüm ve kenarların adlandırılması.

Buna göre bazı temel sosyal ağ metrikleri aşağıda verilmiştir:

Aktör (Actor): Bir ağın en küçük, anlamlı yapı taşı, ağın atomu veya hücresi. Tek başına da varlık olan ancak ağdaki bağlantılarıyla ağa destek olan temel bileşen.

Bağ (Tie): Ağ içerisinde konumlanmış aktörlere, bağımsız özelliklerinden başka ek nitelikler kazandıran ve oluşan sosyal birlikteliklerin yapı taşı, ilişki ve bağlantı göstergesi.



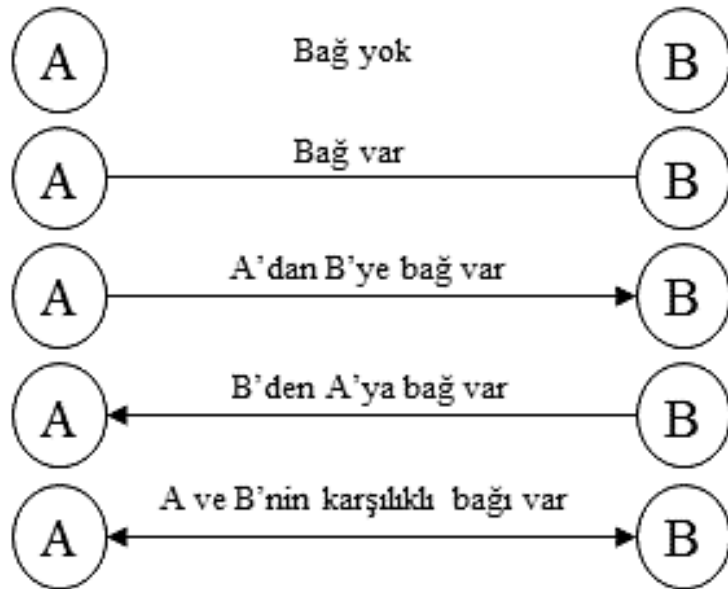
Şekil 2.18: Aktör, bağ, ilişki (ikili) ve aktör niteliği kavramları.

İlişki (Relation): Aktörler arasında bağlarla kurulan bir veya daha fazla bağdan oluşan anlamlı bağlaşıklık.

Aktör Niteliği (Actor Attribute): Sosyal ağların en büyük zenginliklerinden birisi, aynı (aktör, bağ) seti üzerinde farklı nitelik katmanlarında çalışabilmeyi amaçlamasıdır. Bir aktörün taşıdığı farklı nitelikler olabilir. Yaş, boyut, yapıldığı malzeme gibi.

Aktör Çifti (Dyad): SNA, en az iki aktör arasında geçen etkileşimleri inceler. Bu durum, sosyalliğin gereğidir. Bir etkileşimden söz edilebilmesi için asgari iki düğüme ihtiyaç vardır. Bir ağın içeriğinden aktör çiftleri halinde alınarak değerlendirilebilecek en küçük etkileşim birimine, *aktör çifti (dyad)* adı verilmektedir.

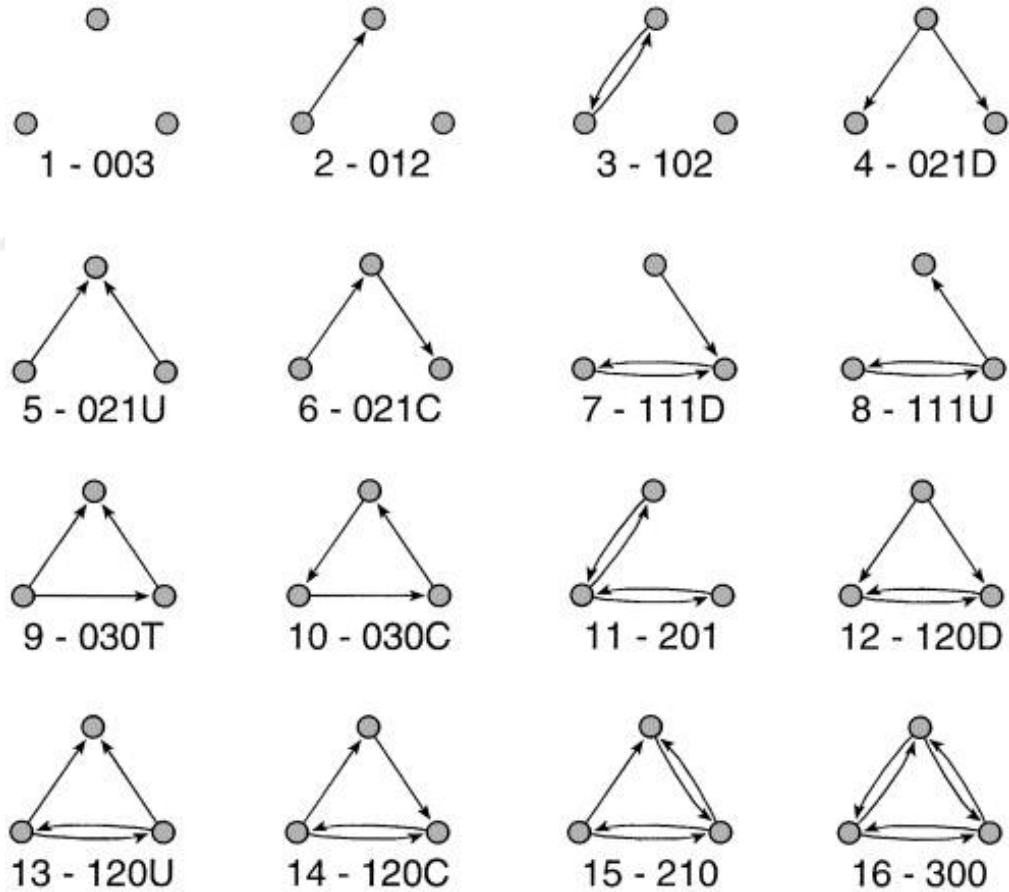
Temel olarak bir aktör çiftinin arasındaki bağlantı, varlık veya yokluk şeklinde anlamlandırılır. Bu nedenle *ikili bağlantı* özelliklerini taşıyarak komşuluk matrisinde 1 ve 0 değerleri ile ifade edilebilirler. Bu bilgiye ek olarak bağlantı yönü veya bağlantı ağırlık değeri gibi kriterler atanabilse de bu verileri yorumlayabilmek için alındıkları ağdaki konumları, dereceleri gibi parametreleri de değerlendirmeye ihtiyaç bulunmaktadır.



Şekil 2.19: Bir aktör çifti (dyad) arasındaki bağlantı olasılıkları.

A ve B gibi iki aktör arasındaki bağlantı ya yoktur ya yönsüz olarak vardır ki sadece aralarında bir temas olduğunu gösterir. Eğer bağ yönü de değerlendirilirse; A'dan B'ye veya B'den A'ya ya da karşılıklı olarak birbirileri ile iletişim durumundan söz edilebilir. Aktör sayısının ikiden fazla olması durumu ise bu alternatiflerin çok daha ötesinde başka değerlendirme yapılabilecek alanları doğurur (Kadushin, 2012).

Dyad'lar tekil olarak bakıldığında sadece *Boş*, *Asimetrik (tek yönlü)* veya *Karşılıklı* olmak üzere üç ihtimalli bir durumu ortaya koyan, ağın en küçük metabolik yapıtaşı gibi görünseler de, bir ağda boş *dyad*'ların fazlalığı ağın da içerik olarak zayıf ve boşluğunun bir göstergesidir. Ağdaki dolu *dyad* sayısı arttıkça, ağın da güçlendiği görülmektedir (Prell, 2012). Şekil 2.19'da bir *aktör çifti* arasındaki temel bağlantı olasılıkları görülmektedir.

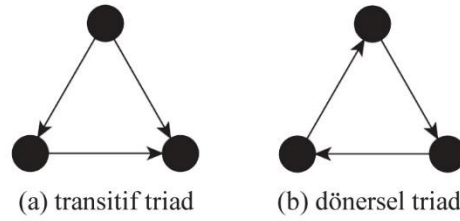


Şekil 2.20: Üç aktörlü yapı (triad) ile kurulması muhtemel 16 değişik durum kombinasyonu.

Aktör Üçlüsü (Triad): Diad'lar ancak iki aktör arasında bir bağlantının varlığı üzerine fikir verebilirler. Ancak bu ikilinin oluşturduğu ağ hücresinden anlamlı (*heuristic*) bir yorum çıkarmak olası değildir. Ağdan alınan düğüm sayısı üçe çıkarıldığında, birden yorum alanı çeşitlenir ve zenginleşir. Üçlünün birbirleri ile olan etkileşimleri ve yönleri, daha genele yatkın işaretler verebilir.

Bu nedenle ağ bilimciler üçlü aktör gruplarına bir önem atfederek sınıflandırmışlar ve standart bir metrik oluşturmuşlardır (Holland & Leinhardt, 1970). Üç aktörün birbirleri arasında olabilecek 16 farklı etkileşim, bağlantıların fiziki varlıkları kadar semantik çıkarımlarda da bulunmaya olanak sağladığı görülmüştür. Bunlardan en belirginlerinden, *Geçişlilik (Transitivity)* ve *Dönersellik (Cyclicity)* örnek verilebilir.

Aktör üçlüsü (triad), üç adet düğüm ve aralarındaki bağlantılardan oluşan yapı olarak tanımlanabilir. *Triad*'lar dyad'ların bir araya gelmesi ile oluşur ve analizinde de bu gerçekten yararlanır. Şekil 2.20'de standart olarak kabul görmüş bir *triad* analiz tablosu bulunmaktadır.



Şekil 2.21: Triad'da geçişlilik ve dönersellik.

Bu tabloda her bir *triad* kombinasyonunu tanımlayan kodlama, figür altlarında yazılmıştır. Kodlama sistematığının ilk bloğu sıra numarası ve ikinci bloğu ait olduğu triad'ı tanımlayan bir dizilimdir. İkinci bloğun ilk hanesi *triad* içindeki *çift yönlü dyad* sayısını göstermektedir. İkinci hane *triad*'ın içerdiği *tek yönlü (asimetrik) dyad* sayısını, üçüncü hane ise *boş (null) dyad* adedini belirtir. Bu üç haneli kod bloğunun rakamları toplamı, doğal olarak 3'tür çünkü bir *triad* üç adet *dyad*'ın birleşmesinden oluşur. Bazı kodların sonunda çeşitli harfler bulunmaktadır. **T** harfi *triad*'ın *geçişli (transitive)* olduğunu, **C** harfi *dönersel (cyclical)*, **D** harfi tepe düğümden (aktör) alt düğümlere doğru aşağı yönde bir bağ (*downward arrow*) bulunduğunu ve **U** harfi de alt düğümlerden üst

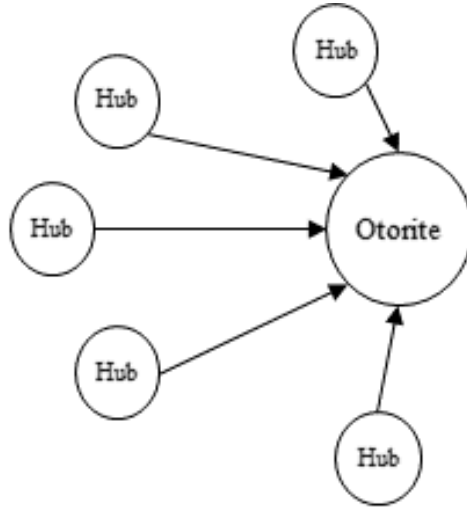
düğümüne doğru bir bağlantının (upward arrow) varlığını göstermektedir. Triad'ların geçişlilik (transitivity) ve dönersellik (cyclicality) motiflerine dair gösterim şekil 2.21'de verilmiştir.

Yarıçap (Diameter): Bir ağın yarıçapı, o ağdaki her bir düğüm çifti arasında bulunacak *en kısa yol (the shortest path, geodesic)* listesindeki en uzun olandır. Ağdaki her düğüm çifti için *geodesic* değerleri hesaplanır ve bu değerler arasından en büyük olan *yarıçap* olarak seçilir.

Yarıçap bir ağın etkinlik, iletişim hızı göstergesi olarak kabul edilmektedir. Bir ağın yarıçapı ne kadar küçük olursa o ağda bilginin dolaşım ve aktörden aktöre ulaşımı o denli hızlı yayılır (Gürsaka, 2009).

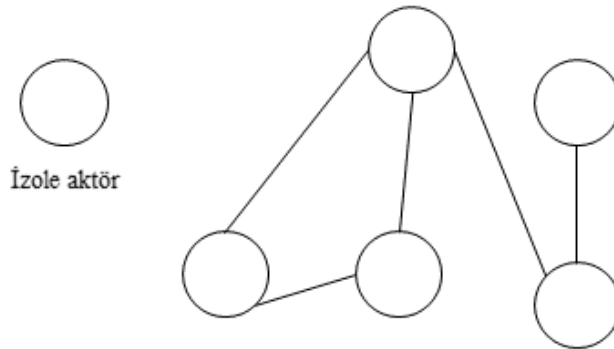
Hub ve Otorite (Hub and Authority): Ağ içindeki fonksiyonlarına göre aktörler farklı sıfatlar alabilirler. Bu sıfatlardan birisi de ağa bağlantılı hemen her aktör için seçilebilecek *hub* veya *otorite* olma vasıflarıdır.

Giden bağlantıları çok olan, *gönderici (sender)* durumundaki aktörlere **hub** adı verilir. Gelen bağlantıları çok olan, genel olarak *alıcı (receiver)* durumundaki aktörler de **otorite (Authority)** adını alır. Ağlar genellikle hub ve otoritelerin karmasıdır. Eğer bir ağda hub'ların sayısı fazla ise bu aktörlerden çıkan bağlantıların ulaştığı aktörlerin de çok olduğu düşünülebilir ancak otoriteliği paylaşan aktörlerin fazlalığı her bir otoritenin gücünü zayıflatacaktır. Otorite sayısı aynı kalmak kaydıyla, hub'ların sayısının artması ise otoritelerin gücünün artması anlamına gelir. Bu eğilimler sadece insanları konu alan ağlar için geçerli değildir. Biyolojik, kimyasal, astronomik bir ağda da benzer yönelimler görülebilir. Sözgelimi; kimyasal bir reaksiyona katılan elementlerden bazıları elektron verirken bazıları diğer elementlerden elektronlar alır. Bu işlevleri açısından elektron verenler birer *hub*, elektronları kendisine bağlayanlar ise bu tepkimede *otorite* vasfına sahip olurlar. Herhangi bir ekonomik hareketlilik analizinde finansman kaynakları *hub*, finansman kullananlar ise *otorite* kabul edilebilir. Bir bilgisayar ağında veri gönderen bilgisayar ve çeşitli sensörler *hub*, veriyi toplayan bir sunucu ise *otorite* görevini üstlenmiş olur. Bu örnekler yaşamın her alanı için çoğaltılabilir. Şekil 2.22'de *hub* ve *otorite* etkileşimi örneği verilmiştir.



Şekil 2.22: Hub'lar ve otorite.

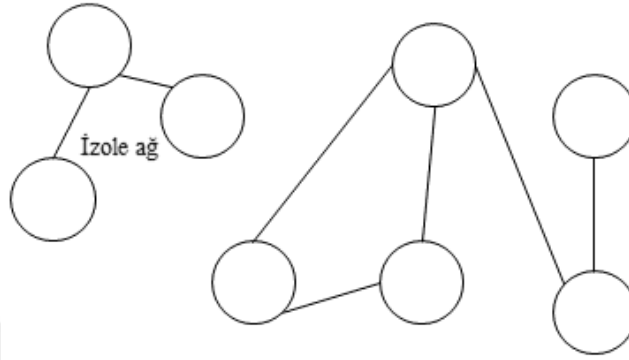
İzole Aktör (Isolated Actor): Kimi zaman ağın dayandırıldığı veri seti içindeki bazı aktörler, diğer hiçbir aktörle bağlantı kuramaz ve ağdan kopuk kalırlar. Ağdaki başka hiçbir aktörle bağlantısı olmayan bu düğümlere *izole aktör (isolated actor)* adı verilir. Genellikle bu aktörler ağdan temizlenir çünkü ağın temel karakteristiğine herhangi bir katkıları yoktur.



Şekil 2.23: İzole bir aktörün ağa göre durumu.

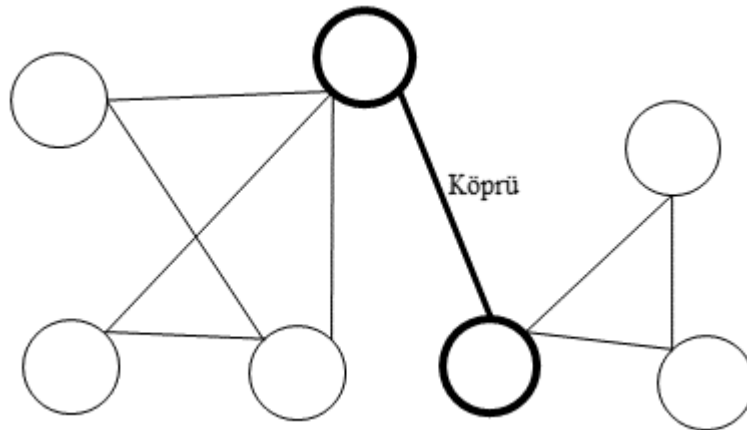
İzole Ağ (Isolated Network): Ağın tamamına ulaşamayan, kendi içinde kapalı kalmış ve ağın diğer bölümüyle bağlantısı bulunmayan aktörler grubudur.

Boyutuna ve niteliğine göre bazen ihmal edilebilir veya ayrıca değerlendirilebilir. İzole ağları bir nedenle ana ağa bağlamayı başaran aktörler stratejik öneme sahip olurlar çünkü kitleler arasında köprü görevi görürler.



Şekil 2.24: Ağdan izole olmuş bir ağ parçası.

Sınır (Boundary): Bir sosyal ağda ne tür aktörlerle ilgilenildiğini ortaya koyan sınırlama tanımıdır. Aktörler arasındaki bağların sayıları ve çeşitliliklerinin gerçek yaşamda fazla sayıda olması, bir analiz problemini oldukça karmaşıktır. Bu nedenle analist, ağı belirli kriterler koyarak sınırlandırmalıdır. Birbirini tanıyanlar, okul arkadaşları, aynı maddeden üretilenler, aynı ortamda kullanılanlar gibi.



Şekil 2.25: İki ağ kümesini birbirine bağlayan köprü.

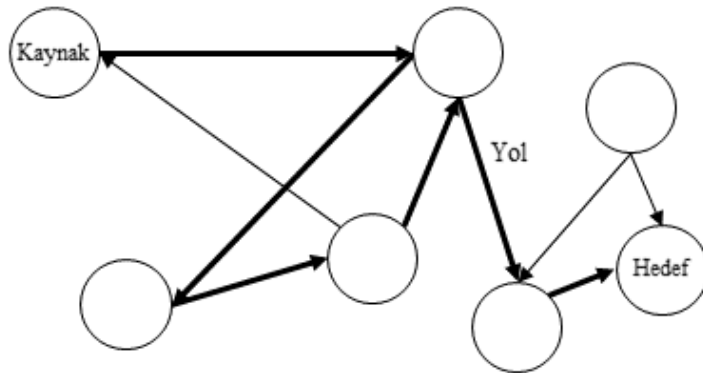
Köprü (Bridge): Sahip olunan bağın olmaması durumunda ağı iki izole ağa parçalayan ve bu nedenle iki kesim arasında ana taşıyıcı rolü üstlenmiş aktörlerdir. Stratejik öneme sahiptirler ve çoğunlukla ağın yapısını etkilerler.

Yol (Path): Bağlantıların yönlerini gözeterek, bir aktörden diğerine götüren ve her bir bağdan sadece bir kez geçmeye izin verilen rotalardır. Yürüyüşten farkı, tekrarlı bağ geçişlerine izin vermemesidir.

Yarı Yol (Semipath): Yönleri ihmal edilmiş bağlar üzerinden ve her bağdan en fazla bir kez geçmek kaydıyla, bir aktörden diğerine giden yoldur. Yoldan farkı, bağ yönlerinin dikkate alınmamasıdır.

Yürüyüş (Walk): Bağlantıların yönlerinin de dikkate alınarak, bir aktörden diğerine ulaşabilmek için çizilebilen rotadır. Tekrarlı geçişleri yani; geçilen bir bağlantıdan birden fazla kez geçmeyi de içerebilir. İki aktör arasında birden fazla yürüyüş rotası bulunabilir. Bunların hangisinin seçileceği, analizin amacına ve niteliğine göre değişir.

Yarı Yürüyüş (Semiwalk): Aktörler arasındaki bağların yönleri ihmal edilerek yapılan yürüyüşlerdir. Bir aktörden diğerine ulaşırken güzergâh üzerinde bağın olması yeterlidir, yönler ihmal edilir (Prell, 2012).



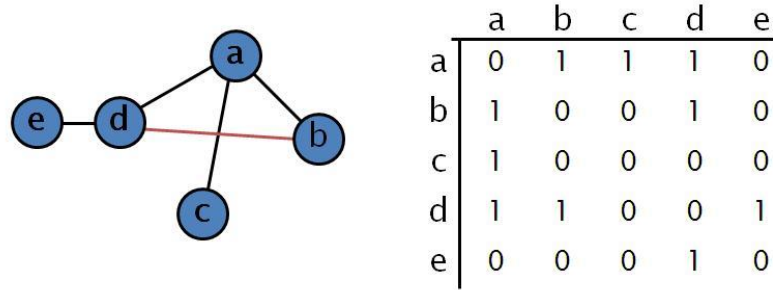
Şekil 2.26: Bir aktörden diğerine ulaşan bir yol.

Tek Modlu ve İki Modlu Ağ (One-Mode and Two-Mode Network): Bir ağı, katılımcılarının niteliği açısından da iki türe ayırmak mümkündür. Gerçek yaşamda tek

bir tür arasındaki etkileşimlerin görülebileceği gibi birden fazla farklı türün birbirilerine olan etkilerini de karşılaştırma ihtiyacı bulunur. Ağlarda mod kavramı, ağın katılımcı aktörlerinin niteliği ile ilgili bir ölçüdür.

Nitelik açısından, birbirleri ile aynı türde olan ve dolayısıyla; bu açıdan tek bir küme oluşturan aktörlerden oluşan ağlara **Tek Modlu Ağ (One-Mode Network)** adı verilir (Kouznetsov & Tsvetovat, 2011). Bir örnek olarak; yerel bir telefon şebekesindeki abonelerin birbirleri ile karşılıklı iletişiminin görselleştirildiği bir ağ düşünülebilir. Bu örnekte tüm aktörler telefon abonesidir, birer telefon numarasıdır ve bu özelliğe uymayan herhangi bir başka aktör ağda bulunmamaktadır. Aralarındaki ilişki abone olma vasıflarından ileri gelmemekte, bu altyapıyı kullanarak sağladıkları karşılıklı etkileşimleri incelenmektedir.

Benzer şekilde; ulaşım ağları, bazı biyokimyasal ağlar, doğal dil işleme ağları, beyin nöronları arası etkileşimleri değerlendiren enformatik ağlar *tek modlu ağ* örneği olarak verilebilir. Müzikal bir beste bile kendi içerisinde bir ağdır ve aktörleri sadece notalardan oluşur. Bir resim de kendine münhasır bir ağdır ve aktörleri renklerden oluşur.

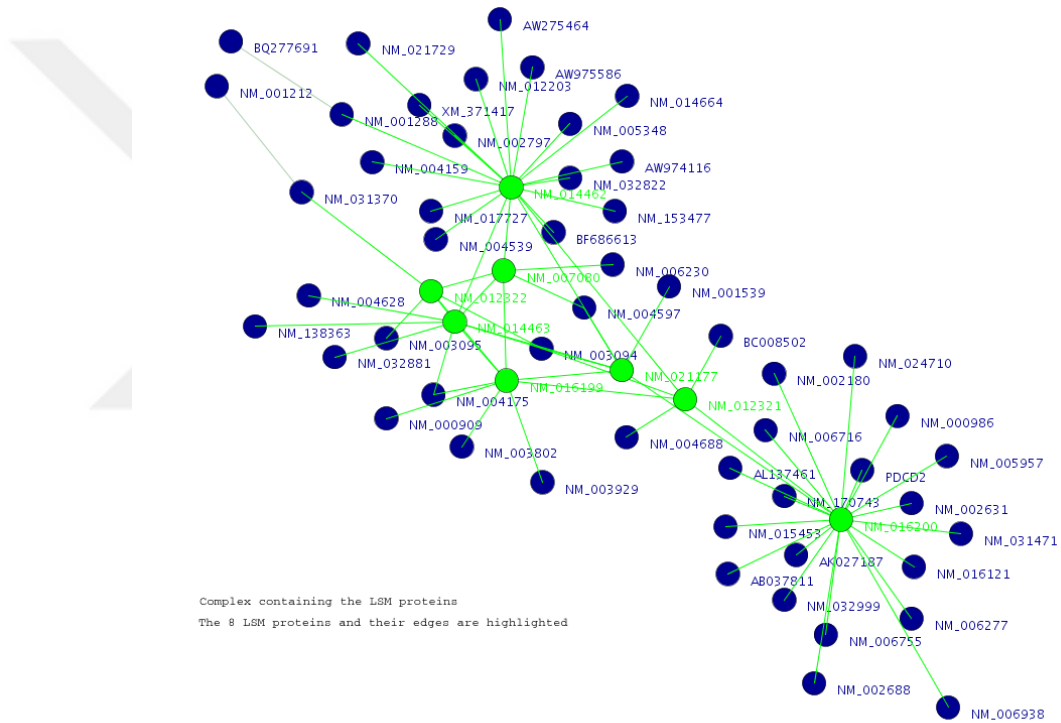


Şekil 2.27: Tek modlu ağa bir örnek.

Kitap bir ağdır ve harfler kelime ağlarını, kelimeler cümle ağlarını, cümleler de kitap ağını meydana getirir. O halde kelimeler cümlelerin, cümleler ise kitabın alt ağları (subgraph) durumundadır. Bu uzayı genişletmek mümkündür: Kitap ağları kütüphane ağlarını, kütüphane ağları yazılı edebiyat ağını meydana getirir ve bu şekilde genele yolculuk devam etmektedir. O halde hayatın hemen her kesiti, bu şekilde alt ağlara ayrıştırılarak değerlendirilebilir. *Yapay Zekâ (Artificial Intelligence)*, *Makina Öğrenmesi (Machine Learning)*, *Doğal Dil İşleme (Natural Language Processing, NLP)* ve

Biyoenformatik, Nöroenformatik gibi pek çok *enformatik* alt alanı bu yaklaşımları barındıran disiplinlerle çalışır.

Şekil 2.27’de görüldüğü gibi; tek modlu bir ağın matematik veritabanını oluşturan komşuluk matrisinin satır ve sütunları aynı aktörlerden oluşmakta ve ağ bu tek boyutlu aktörler dizgesi içindeki ilişkilere odaklanmaktadır. Eğer yönsüz, basit tip bir ağ söz konusu ise komşuluk matrisinin köşegenine göre simetrik olması beklenir çünkü her bir aktörün diğer aktörlerle arasında kurduğu bağ, aynı zamanda diğer aktörlerin de onunla kurduğu bağ anlamına gelmektedir.

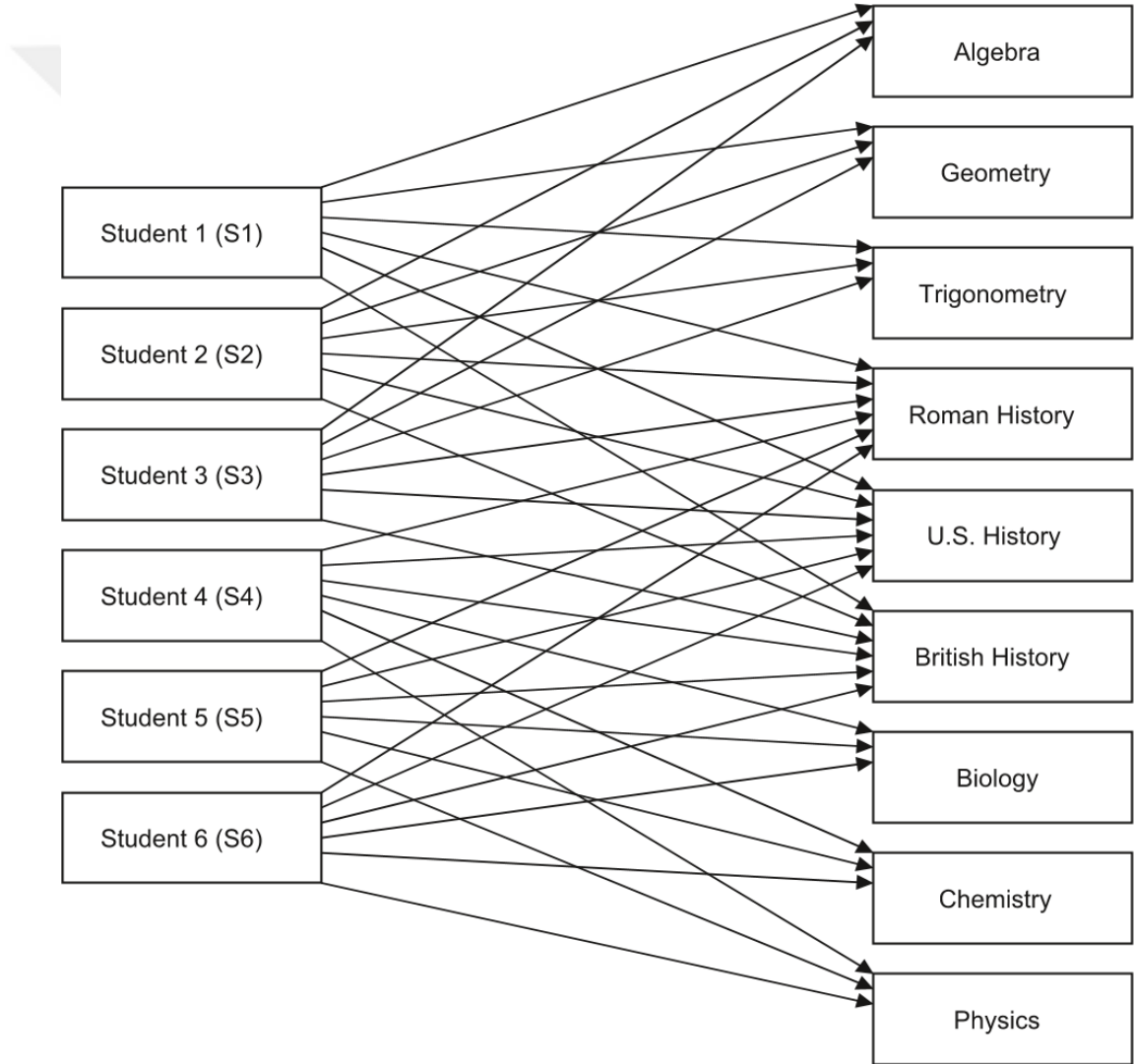


Şekil 2.28: Proteinler arası etkileşimi gösteren bir biyoenformatik ağ (Dunn, Dudbridge, & Sanderson, 2005).

Bununla birlikte çoğu zaman, farklı nitelikler taşıyan aktörlerin birbirleri ile olan ilişkilerini de değerlendirmek gerekir. Yukarıdaki kitap örneği yeniden ele alınırsa; kitaplar ve okuyucular arasındaki etkileşim buna bir örnektir. Bu ilişki yumağının iki katılımcı boyutu vardır: Kitaplar ve insanlar. Bu durumda, kimlerin hangi kitabı okuduğunu görselleştiren bir ağ çalışmasına ihtiyaç vardır ve tek modlu ağlar bunu

sağlayamaz. *İki modlu ağlar* bu tür farklı türdeki aktörleri buluşturan yapılardır. Teknik ifadeyle; aktörleri, birbirinden bağımsız ve kesişimi olmayan iki ayrı kümeye ayrılabilen ağlara **İki Modlu Ağ (Two-Mode Network)** adı verilir.

Canlılar ve besin kaynakları, hastalıklar ve ülkeler, uçaklar ve havalimanları, elektronik mesajlar ve insanlar, bilimsel yayınlar ve yazarlar, gıdalar ve vitaminler, genler ve çevresel faktörler, tümör belirteçleri (CA markers) ve biyokimyasal veriler, tüketiciler ve mallar, web siteleri ve internet kullanıcıları gibi pek çok konuda, kümelerin birbirlerine olan karşılıklı etkisini gösterebilmek için iki modlu ağlar kullanılabilir.



Şekil 2.29: Bir sınıfta öğrenciler ve aldıkları derslere yönelik iki modlu ağ örneği (Brusco, 2011).

İki modlu ağlarda, aynı türden olan aktörlerin birbirleri ile aralarında olan bağlantıların bir anlamı yoktur (Gürsaka, 2009). Bir marketteki mallar ve tüketiciler arasındaki ilişkisel bağıntıyı ortaya koyan iki modlu bir ağda, tüketicilerin birbirleri ile olan veya malların kendi aralarındaki bağlar önemli değildir. Bunun yerine, tüketiciler grubu ile mallar grubu aktörlerinin karşılıklı etkileşimlerini anlayabilmek; analiz çalışmasının asli amacıdır.

Bir modlu ağlar bir *komşuluk matrisi* (*adjacency matrix*) ile organize edilebilirler. Bu matris, sadece bağlantı VAR veya YOK durumlarını değerlendirmek üzere 1 veya 0 değerlerini içeren *ikili* verileri barındırabileceği gibi bağlantı ağırlık değerleri de içerebilir. Bu nedenle *bir modlu ağ* için bir veri seti matrisi yeterlidir. Ancak *iki modlu ağ* ise iki farklı veri setine gereksinim duyar. *Olaylar* ve bu olaylara *dahil olma* (*affiliation*) durumları bu matrislerde tutulur (de Nooy, Mrvar, & Batagelj, 2005).

İki modlu ağlarda sözü edilen iki gruptan birisinin **olaylar**, diğerinin bu olaylara katılan **aktörler** olduğu kabulü genelleştirildiğinden dolayı; iki modlu ağlar arasındaki bağ tanımlarını tutan matrislere **katılım** (*affiliation*) **matrisi** adı verilmiştir. Bu nitel bir isimlendirmedir, genel olarak bir komşuluk matrisidir.

İki modlu ağların *merkezilik ölçüleri* üzerine ilk makaleyi yazan Katherine Faust (Faust, 1997), şu önemli tespitleri ortaya koymuştur:

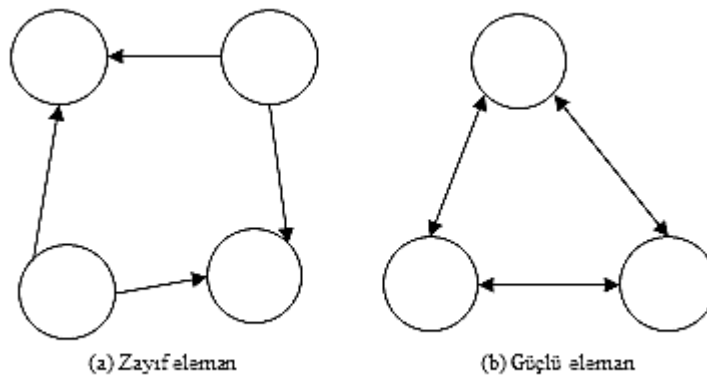
- *Aktör* ve *olay* kümelerinin her ikisi için de *merkezilik skorları* olmalıdır ve bu iki grup arasındaki bağlantılar çok net olarak tanımlanmış olmalıdır.
- Bir aktörün merkeziliği, bağlantısının bulunduğu olaylar kümesine bağlı olmalıdır. Benzer şekilde; olay kümesinin merkeziliği de aktörlerin (olaylara dahil olan üyelerin) merkezilik skorlarına bağlı olmalıdır. Dolayısıyla; üyeler (aktörler) ve olaylar arasında sıkı bir denge vardır.
- Aktörler iki olay arasında bir temas (link) oluştururlar. Bu kabulün tersi de doğrudur: Her bir olay, kendisine katılan iki aktörü birbirine bağlar. Diğer bir ifadeyle; bir kümenin her bir aktörü, bağlantılı olduğu diğer kümenin her iki aktörünü birbirine bağlayan bir aracıdır ve aralarında yer alır. Bu nedenle, *arasındalık merkeziliği* (*betweenness centrality*) türevlerinin çoğu iki modlu, *katılım ağları* (*affiliation networks*) için uygundur.

- Katılım ağlarında, aktörler ve olaylar kendi aralarında alt kümeler oluşturma eğilimindedir. Merkezilik ölçüleri, aktör ve olayların alt kümelerinin şekillenip geliştirilmelerine olanak vermelidir. Daha merkezi aktörlerin bağlandığı olaylara bağlı, daha az merkezi aktörlerin tercih ettiği olaylar bir alt küme oluşturur. Bu önermenin tersi de doğrudur (Faust, 1997).

Karşılıklık (Reciprocity): Bir ağı meydana getiren aktörler arasındaki bağların iki yönlü olması, *karşılıklık (reciprocity)* olarak adlandırılır. Bu durum, aradaki bağın varlığını, bağ uçlarındaki her iki aktörün de teyit ettiğinin göstergesidir.

Karşılıklık parametresi, bütün ağ merkezilik ölçüleri ile anlamlı bir korelasyon halinde olan tek ağ değişkenidir ve aktörler arasında iki yönlü bilgi akışı arttıkça merkezilik ölçüleri arasındaki fark giderek azalır (Valente, Coronges, Lakon, & Costenbader, 2008). Bu durum, karşılıklı sağlanmış bağların ağa kararlılık, denge kazandırdığının ve daha net bir merkezi sonuca yaklaştırdığının göstergesidir.

Zayıf ve Güçlü Eleman (Weak and Strong Component): Bir ağda, anlamlı bir varlık oluşturabilecek asgari seviyedeki yapıya *eleman (component)* adı verilir (Moody & White, 2003). *Eleman* bir tek *aktör (düğüm)* olabileceği gibi bir alt ağ grubunu oluşturan aktörler bütünü de olabilir. Elemanın bir tek aktörden oluşması, bir *izole edilmiş (isolated) aktörü* işaret eder.

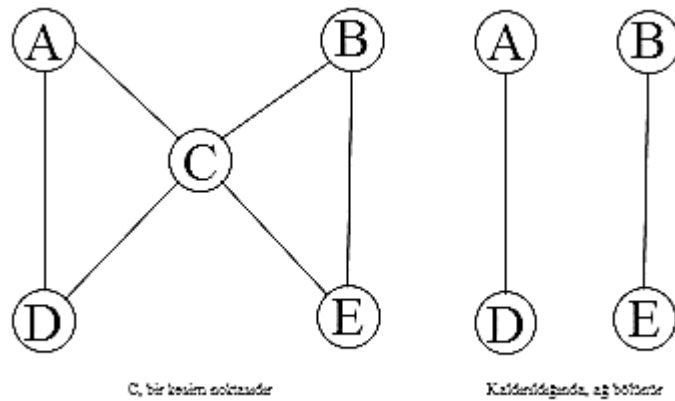


Şekil 2.30: Zayıf ve güçlü eleman örnekleri (Prell, 2012).

Eleman kavramının bir alt ağ grubu için kullanılması durumunda, bağların özellikleri elemanın zayıf ya da güçlü olduğunu niteler. Yönleri değerlendirilmeksizin bağlı olan aktörlerden oluşan gruplara **zayıf eleman (weak component)** adı verilirken, **güçlü eleman (strong component)** oluşturan gruplarda aktörler birbirine doğrudan veya dolaylı olarak bağlıdır. Diğer bir ifadeyle; zayıf elemanın yönleri ihmal edilirken güçlü eleman üyelerinin bağlantılarının yönleri dikkate alınır.

Bir aktörden diğerine giden *yol (path)* üzerindeki bağlantıların yönleri ihmal edilirse, bu güzergâha **zayıf yol (weak path)** adı verilir. Zayıf yol üzerindeki aktörlerin bir araya gelmesiyle meydana gelen grup da *zayıf eleman* oluşturur. Ok yönleri dikkate alınarak kat edilen bağlantılar yolu ise **güçlü yol (strong path)** olarak tanımlanır ve *güçlü eleman güçlü yol* üzerindeki aktörlerden oluşur. Yapılan çalışmalar, *kapalılık merkeziliği (closeness centrality)* hesabının en isabetli sonucu, güçlü şekilde bağlı olan ağlarda verdiği görülmüştür (Prell, 2012).

Kesim Noktası (Cut Point, Cut Vertex, Articulation Point): Ağdaki konumu gereği, ağdan kaldırıldığında ağı birbirinden ayrı alt gruplara, *elemanlara (components)* parçalayan, stratejik aktörlere **kesim noktası, eklem (cut point, cut vertex, articulation point)** adı verilir. Kesim noktasının kaldırılmasıyla birden fazla eleman birbirleri için ulaşılmaz hale gelir.



Şekil 2.31: Kesim noktasının örnek bir ağda gösterimi.

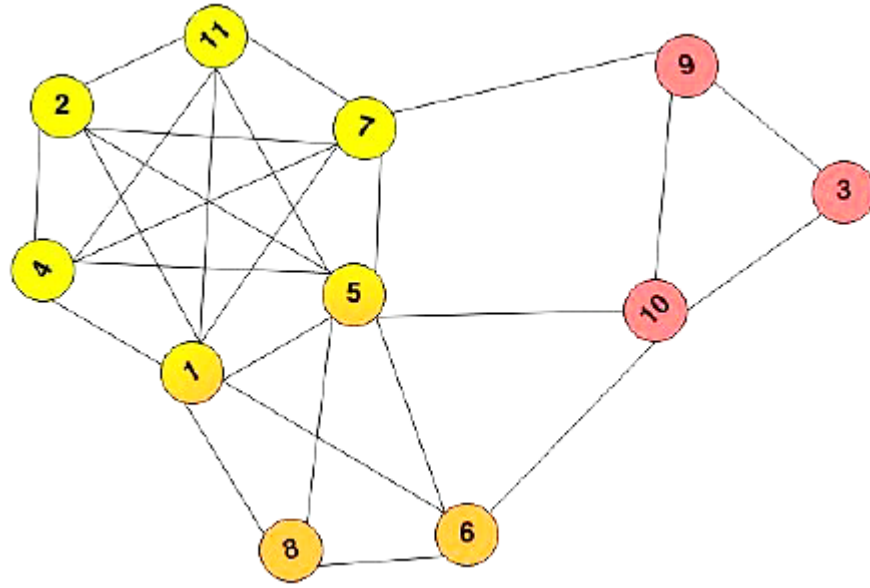
Klik ve N-Klik (Clique and N-Cliques): Bir ağ içinde yer alan, en az üç düğüme sahip ve *tam ağ (complete network)* görünümü veren alt ağlara **klik (clique)** adı verilir. Tam ağ tanımının gereği olarak; bu grup içindeki tüm aktörler birbirine doğrudan, karşılıklı olarak bağlıdırlar. Dolayısıyla *klik* olarak tanımlanan alt ağın *yoğunluğu (density)* en üst seviyededir. Bir klik'in boyutu, içerdiği düğüm sayısı toplamıdır. "Klik'ler bir ağın kemikleridir ve birbirine tutturularak ağın iskeletini oluştururlar" (de Nooy, Mrvar, & Batagelj, 2005).

Klik ağın yapısal özelliklerine bağlıdır ve aktörlerin temsil ettiği nitel bilgilere göre değişmez (Wasserman & Faust, 1994). *Klik*'leri tespit etmek, sınırlarını belirlemek özellikle büyük ağlarda çok güç olabilir çünkü bu gruplar diğer gruplar ile bir veya daha fazla üyeleri üzerinden bağlantılıdırlar. *Klik*'lerin birbirlerine bağlantılar yoluyla tutunmaları için en az bir ortak aktöre sahip olmaları gerekir. Birden fazla gruba dahil aktörler, klikler arasında önemli ve stratejik bir *köprü (bridge)* rolü oynamaktadırlar (Granovetter, 1973). *Klik*'ler arasındaki ilişki ve onları tanımlamak, halen bilim dünyasında tartışılan önemli bir konudur.

N-klik (n-cliques) kavramı konuyu biraz daha derinleştirmektedir. Geçmiş 1949'a dayanan bu kavrama göre; bir klik içinde bulunan her aktörün yine klik içindeki diğer aktörle en az n ile ifade uzunlukta yollarla bağlantıları bulunmaktadır (Luce & Perry, 1949).

Klik olarak tanımlanan yukarıdaki metrik, *n yol uzunluğunun (path length) 1* olması durumudur ki grup içinde her aktörün birbirine 1 adımda ulaşabileceği, doğrudan bağlantılara sahip olması gerektiğini işaret eder. Eğer örnek ağ, sosyal bilimcilerin insanlar arasındaki ilişkileri konu alan bir zemin kabul edilirse; *herkes birbiri ile arkadaşır*. Eğer $n=2$ kriteri ile 2-klik durumu söz konusu ise; gruptaki her bir aktör diğer aktörlerin *arkadaşının arkadaşıdır* (Prell, 2012).

Bu yaklaşımın sadece sosyoloji için kullanılabilecek olduğu düşünülmemelidir. Bir kimyasal reaksiyona giren moleküller ve onların tepkimeye girebileceği diğer moleküller veya genler, bir hastalıkla ilgili genler, başka hastalık grupları ile ilgili genler gibi silsile halinde derinleşen diğer ilişkileri de gözetken çok sayıda analiz her alanda kurgulanabilir.

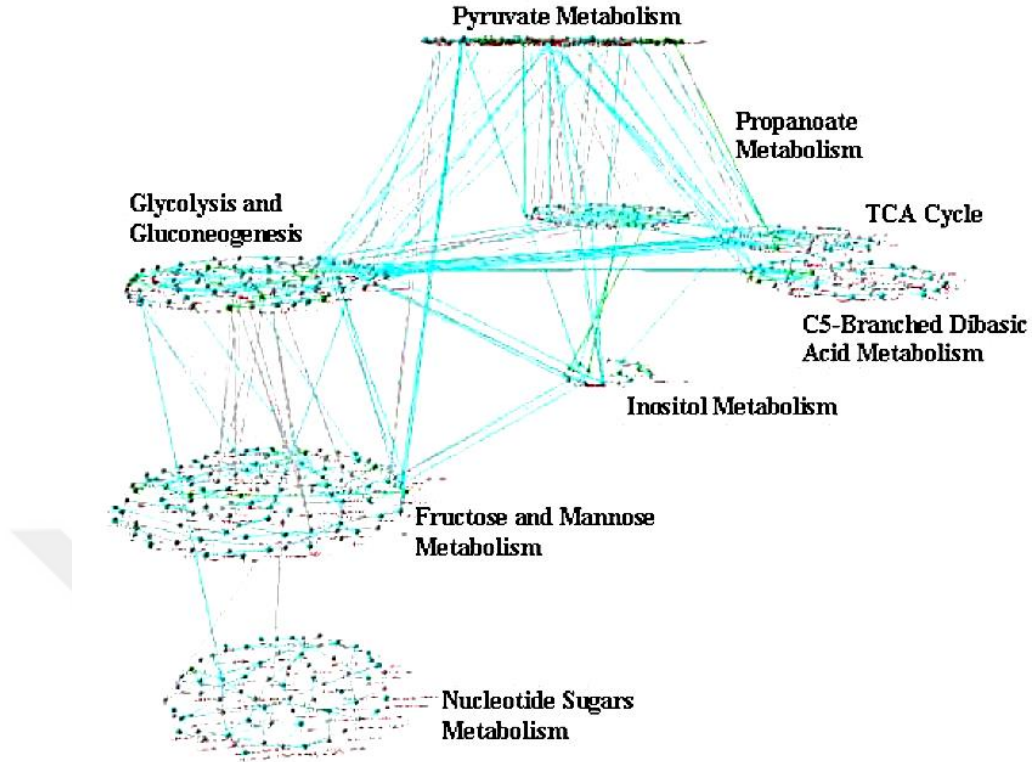


Şekil 2.32: Birbirleri ile ilişkili üç klik grubu.

Şekil 2.32 incelendiğinde, yukarıdaki tanımlara uygun şekilde üç *klik* grubunun iç içe girdiği görülmektedir. A (1, 2, 4, 5, 7, 11), B (1, 5, 6, 8) ve C (3, 9, 10) grupları birer *klik*'tir ve bazı *köprü aktörleri* sayesinde karşılıklı bağlantılar sağlamışlardır.

Kümelenme (Cluster): Çok sayıda düğümden oluşan bir ağda, bazı düğümler kendi aralarında çok yüksek yoğunlukta bağlantıya sahip olabilirler ama bir grup görünümü veren bu yapıları dışında kalan diğer aktörlerle çok zayıf bir ilişkileri vardır. Bu tarife uygun şekilde oluşmuş aktör yapılanmalarına **kümelenme (cluster)** adı verilir (Gürsaka, 2009). Tabaka içinde aktörlerin hiyerarşik konumları, genellikle oldukça net sınıflandırılabilir. Çoğu analizlerde görülmektedir ki tabakalar birbirleri ile yapışık değildir, aralarındaki bağlantının gücü oldukça zayıftır ve dolayısıyla; bir tabakada bulunan herhangi bir üyenin başka bir tabakanın da üyesi olmaması beklenir. (Kadushin, 2012).

Şekil 2.33'de, 13. Uluslararası Graf Çizimi Sempozyumu'nda (GD 2005 International Graph Drawing Symposium, Limerick, Ireland) sunulan bir bildirinin çalışmasına yer verilmiştir. Oluşturulan matematik modeller neticesinde, bir bütün moleküler ağ *kümelenmelere* ayrılarak hiyerarşik yapı ortaya çıkarıldığı ve görsel anlaşılabilirliğin ağ görüntüsünde sağlandığı görülmektedir (Ho & Hong, 2005).



Şekil 2.33: Kümelenmelere ayrıştırılmış bir moleküler biyoloji ağı (Ho & Hong, 2005).

2.4.4 Matrisler

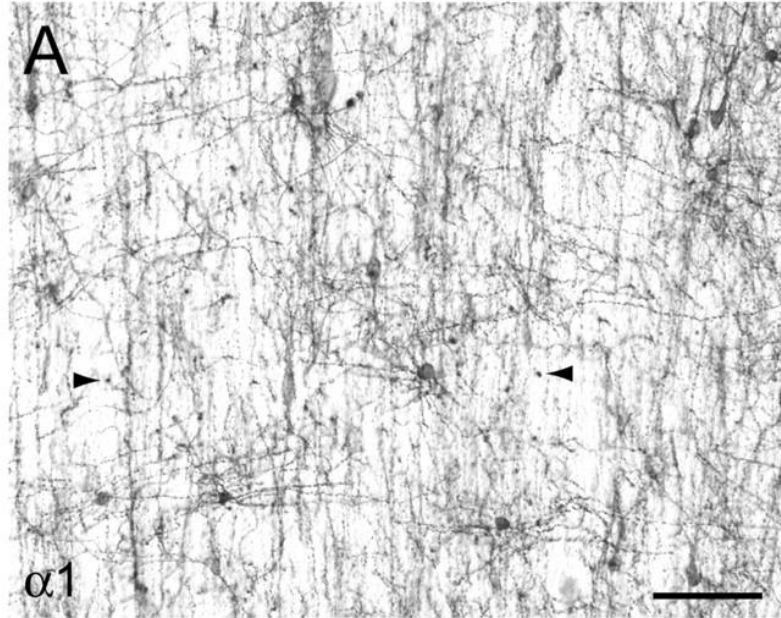
Ağ analizinde görsel çıktılar genellikle analizi teyit eden çıktılardır. Bu çizgelere bakarak da bir ağ bilimcisi, ağın temel karakteristiği hakkında fikir edinebilir, zayıf ve güçlü bağlantıları, ağın can alıcı aktörlerini, ağdaki muhtemel genişlemenin hangi aktörler üzerinden olabileceğini kestirebilir. Gözleme dayalı bu analiz pratik olduğu kadar çeşitli gözlemsel yanılsamaları da beraberinde getirebilir. Ağı meydana getiren veri miktarı arttıkça, bağ ve aktör sayısı kalabalıklaştıkça görsel analiz daha az kararlı olabilir.

Büyük veri (big data) konusunun bu denli yoğun olarak işlendiği günümüzde veri ağlarına atfedilecek bilgi miktarının büyüklüğü, ortaya çıkacak ağ resmi üzerinden görsel analiz yapılmasına imkân veremeyecek seviyede olabilir; gerçek yaşama ait veriler de bu türdendir: Bir beyinde ortalama 100 milyar nöron olduğu düşünüldüğünde; nöronlar arasındaki etkileşim ağının karmaşıklığını tahmin etmek, güç değildir.

Benzeri pek çok alanda da büyük veri setleri ile çalışılmak durumunda olduğu düşünüldüğünde, gözleme dayalı bir analiz yerine, üretilen matematik modellere dayalı hesaplamalarla ağ varlığının temel özelliklerini ortaya koymak daha akılcı bir yaklaşımdır.

Bir veri ağı denildiğinde, genellikle görsel bir çizge çıktısı düşünülse de böylesine dinamik ve yoğun veri içeren alanlarda görsel sunumlar üretmek ve sürekli yenilemek hantal ve değişimin hızıyla orantılı olmayan sonuçlar üretecektir veya kimi zaman üretilemeyecektir. Bu nedenle gerçek veriler üzerinden yapılan ağ analizinde görsel öğelerden daha çok verilerin matrisler halinde organize edilmiş formları kullanılır.

Matrisler, sistematik bir şekilde veriler ve veriler arasındaki ilişkilerin kurgulanabildiği bir düzeni araştırmacıya sağlayan matematiksel kalıplardır. İteratif çalışan, döngülerle çatıştı oluşturulmuş programatik işlemlere de uygundur. Kullanılan indis değişkenleri ile matris kümesinin herhangi bir hücreğine erişmek mümkündür. İyi şekilde tasarlanmış bir matris aritmetiği, bilgisayar mimarisinde bellek organizasyonunun da benzer bir modeli kullanması nedeniyle hızlı bellek erişimi ve işlem zamanı anlamına gelecek çözümler sunabilir.



Şekil 2.34: Beyin nöronlarına ve aralarındaki bağlantılara ait gerçek görüntü (Loup, Picard, Yonekawa, Wieser, & Fritschy, 2009).

Matrisler de dinamik bir yapıyı destekleyebilirler. Tek, iki veya daha çok boyutlu tasarlanarak veri küpü oluşturabilirler. Matrisler üzerindeki yazılımsal işlemlerin verimliğinde, matris tasarımı ve indis optimizasyonu önemli bir yer tutar. Program içerisinde yapılacak algoritmik iyileştirmeler iterasyon sayısını ve buna bağlı matris hücresi erişimini azaltabilir. Tüm değişkenler gibi, bilgisayar ortamında işlenmek üzere oluşturulan matrisler de bir bellek bölgesinin temsilcileridir. Bundan dolayı, gereksiz ve indirgenebilir matris hücre erişimlerinin birer hafıza yanıt süresi maliyeti vardır. Bu maliyetler bir ağ görüntüsü çizmenin yanında, çok daha ihmal edilebilir seviyelerde de olsa iyileştirilmiş algoritmik yaklaşımların, kısıtlı kaynaklarla daha fazla verinin daha kısa sürede analizine imkân vereceği kesindir.

Sosyal ağ analizinde, fonksiyonel yapıları itibarıyla iki tür matrisin varlığından söz edilebilir: **Denklik matrisi (incidence matrix)** ve **katılım matrisi (affiliation matrix)**. Hangi matrisin kullanılacağını belirleyen faktör, araştırmacının elinde bulunan veri setinin niteliğidir. Analiz yapılacak konunun içeriğine göre, eldeki veriler ya bir denklik matrisi ya da katılım matrisi oluşturacak şekilde organize edilir.

Denklik Matrisi (Incidence Matrix): İlk defa Alman fizikçi, Gustav Kirchoff tarafından 1847’de kullanılmıştır (Weisstein, 2006). Matematikteki kullanımında, satırlar bir çizgenin düğümlerini ve sütunlar kenarları temsil eder. Ağ analizindeki kullanım şekliyle, satır ve sütunlar aktörlerden oluşur. Bu nedenle, birer **komşuluk matrisi (adjacency matrix)** olan denklik matrislerine **tek durumlu matris (One-mode-matrix)** adı da verilmektedir çünkü matris hücrelerindeki değerler tek tür cinsindendir ve hepsi birer aktöre bağlantıyı işaret eder.

Tablo 2.3’deki matris özellikleri itibarıyla ikili yönsüz ilişkileri barındıran, simetrik, tek durumlu bir denklik matrisidir. Beş aktörün (A, B, C, D ve E) bir fakülteedeki beş öğretim üyesini temsil ettiği düşünölsün. Matrise yüklenmiş olan ikili verilerin ise bu öğretim üyeleri arasında, bir yıl içindeki ortak yayınları işaret ettiği kabul edilsin.

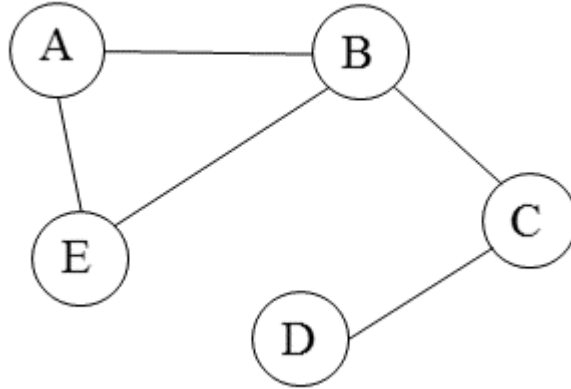
İçeriğı mantıksal-1 olan her bir hücre, satır ve sütununda bulunan aktörlerin en az bir bilimsel yayın oluşturmak üzere birlikte çalıştığını temsil etmektedir. Matris köşegeni, her bir öğretim üyesinin kendisiyle işbirliği yapma durumu değerlendirilmediğı için

sıfırlanmıştır. Tarif edilen bu kurgu, tek durumlu bir ağı temsil etmektedir çünkü varlığı aranan ilişkinin her iki yönünde de aktörler yani; öğretim üyeleri yer almaktadır.

Tablo 2.3: Beş aktör için tasarlanmış bir denklik matrisi.

	A	B	C	D	E
A	0	1	0	0	1
B	1	0	1	0	1
C	1	0	0	1	0
D	0	0	1	0	0
E	1	1	0	0	0

Söz konusu matris değerleri kullanılarak bir ağ üretildiğinde, elde edilecek sonuç Şekil 2.35'deki gibi olacaktır. Eldeki veri aynı olmasına karşın ilişkilerin görselleşmesi, araştırmacıya daha anlamlı sonuçları hemen taşımaktadır.



Şekil 2.35: Örnek matriste (Tablo 2.3) yüklü veri ile elde edilmiş ağ.

Örneğin hangi öğretim üyesinin bilimsel taşıyıcılığı daha yüksek olmuştur sorusuna (B) yanıtını vermek kolaylaşmıştır. (D) akademisyeninin aynı dönemde bölüm içi ortak yayınlara daha az katıldığı ağda net olarak görülmektedir. Ayrıca (A,B,E) üyeleri kendi

aralarında bir **kapalı çevre (click)** oluşturmuşlardır. (B) bu dönem bilimsel yayın aktivitesinin merkezi durumundadır. Bunlar gibi pek çok yorum getirmek, bu görsel resimle kolaylaşmıştır. İşte bu sosyal ağ analizinin gücüdür.

Ağ analizi sınırları içinde, denklik matrislerinin simetrik olması yani; ilişkinin çift yönlü olması zorunluluğu yoktur. Sözelimi; matrisin satır ve sütun etiketlerini oluşturan öğretim üyelerinin aynı dönemde birbirlerine yaptıkları atıfları tuttuğu varsayıldığında bağın hemen yönlü olması gerekliliği kendisini gösterir çünkü bir akademisyenin bir diğerinin çalışmasına, yayınında referans vermesi bu eylemin tersinin de doğru olacağı anlamını taşımaz. Bu durum simetriyi bozar ve ortaya asimetric bir matrise dayalı başka bir ağ çıkar.

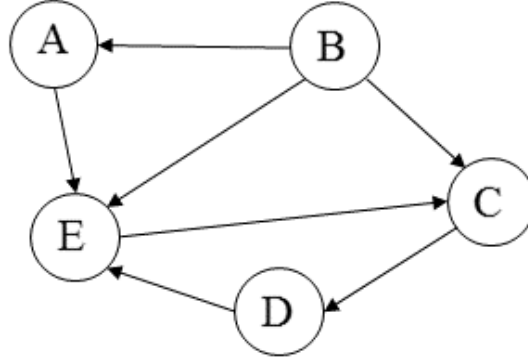
Aynı kişiler için ele alınan bu ikinci durum kıstasına göre Tablo 2.4'teki verilerin sağlandığı varsayıldığında ortaya çıkan sonuç belki de şaşırtıcı olabilir. Çünkü kullanılan matrisler ve ağ, **tek durumlu (one-mode)** yapıya sahiptir. Bu ifadeden anlaşılması gereken; aynı aktör uzayında çalışılıyor olsa bile farklı durumları değerlendirmeye katmaksızın, tek düzlemin görülebilir olduğu gerçeğidir.

Tablo 2.4: Akademik atıflar örneği için bir denklik matrisi.

	A	B	C	D	E
A	0	0	0	0	1
B	1	0	1	0	1
C	0	0	0	1	0
D	0	0	0	0	1
E	0	0	1	0	0

Şekil 2.35 ve Şekil 2.36'daki ağlar değerlendirildiğinde; birbirinden bağımsız verilerle beslenen bu iki resmin farklı şeyler söyledikleri hemen görülebilir. Her ikisi de tek bir durum verisi üzerinden, aynı aktörleri kullanarak oluşmuş farklı ağlardır. Birisi yapılan

ortak yayın verisi, ikincisi ise akademisyenlerin birbirlerine yaptıkları atıflar verisi kullanılarak çizilmiştir. Buna göre birinci ağın merkezi ile ikinci ağın merkezi farklıdır.



Şekil 2.36: Örnek matristeki (Tablo 2.4) yüklü veri ile elde edilmiş yönlü ağ.

Hatta birinci ağa bakılarak, bölüme en çok katkı sağlayan akademisyeni (B) ilan etmişken, ikinci ağ (E) araştırmacısının bölümden en fazla atıf alan kişi olduğunu ortaya koymaktadır çünkü her iki örnekte de analizler *tek durumlu ağ (one-mode-network)* temelinde yapılmaktadır ve her biri sadece kendisiyle ilgili durumu gösteren gözlük gibi işlev gören katmanlardır (Prell, 2012).

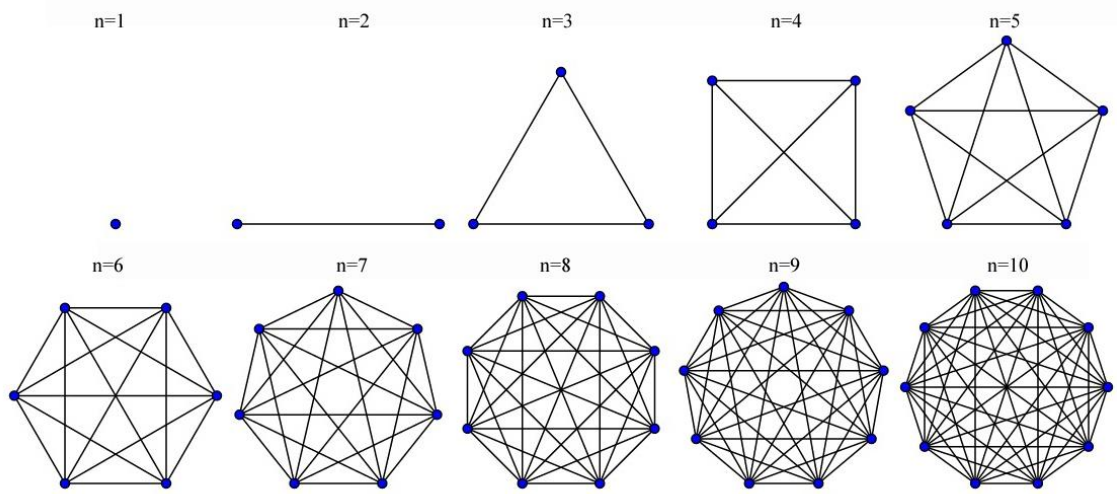
2.4.5 Ağ Ölçütleri

Bir ağın değerlendirilmesindeki en önemli güçlüklerden birisi; durumunun benzer farklı bir ağa göre veya bir ağ içindeki aktörlerin diğerlerine göre değerlendirilmesidir. Görsel izlenimler bu konuda araştırmacıya önemli destek sunabilse de matematik yoluyla benzer fikirleri elde edebilmenin yöntemleri aranmaktadır.

Bu karşılaştırmaları objektif olarak yapabilmek için standart kabul edilen bazı kriterlere ihtiyaç vardır. Bu ölçüt niceliklerin matematik yolla ifade edilmesi konusundaki çalışmaların geçmişi oldukça yenidir ve halen bir ağın sağladığı verilerin güvenilirliği, analize yardımcı daha fazla bilginin anlamlandırılabilmesi konusunda çalışmalar yoğun şekilde devam etmektedir.

Örneğin bir ağı meydana getiren aktörlerin hangilerinin vazgeçilmez olduğu, hangilerinin ağı parçalama potansiyeline sahip bulunduğu, hangilerinin ağı büyütücü etkisinin daha fazla olduğu gibi sorulara yanıt bulabilmek, her zaman kolay olamayabilmektedir. Bu nedenle genellikle ağın **tam ağ** olduğu kabul edilir.

Tam Ağ (Complete Network): Sosyal ağ analizinde **tam ağ** ifadesi, ağdaki aktörlerin her birinin diğer aktörlerle ilişkilerinin bütününe ortaya koyduğu varsayımı ile elde edilen ağ modelidir. Gerçek yaşamda ise ilişkiler dinamiktir. Pek çok alanda oluşturulacak ağların sürekli değişim içinde olması kaçınılmazdır. Bir telefon şebekesindeki görüşme trafiğini gösterenden hücreler veya biyokimyasallar arasındaki ilişkileri gösteren etkileşim ağlarına kadar çoğu ağ öznesi dinamik ve her an değişen olayları konu edinir. Bu nedenle anlık değerlendirmelerin geçerli kabul edilemeyeceği örnekler de söz konusu olduğundan iteratif ve dinamik analiz yöntemlerine başvurulması gerekebilir (Kadushin, 2012).

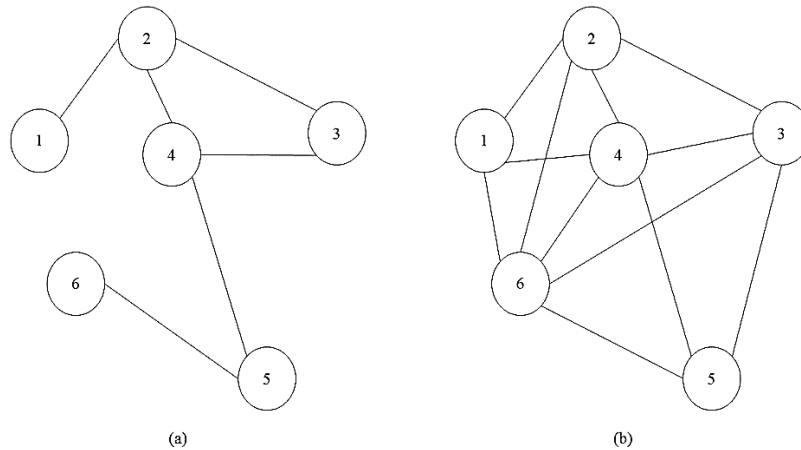


Şekil 2.37: Düğüm sayısı, $n=1$ ile $n=10$ arasındaki tam ağ görünümleri.

Bir tam ağda, düğüm (aktör) sayısı, n ile aralarındaki bağlantı sayısı arasında $n(n-1)/2$ oranında bir ilişki bulunmaktadır. Buna göre; $n=3$ olduğunda 3 bağlantı varken $n=10$ adet düğümün tam ağ normlarına göre bağlanması 45 bağ ile sağlanır. Bunun yanı sıra, Robert Meltcalfe tarafından ortaya konulan teoreme göre, **ağ etkisi (network effect, network externality)** n^2 ile doğru orantılıdır. David Reed'in kabul gören yasası, n sayıda aktörden

oluşan bir ağın 2^n sayıda alt gruba parçalanabileceğini söylemektedir. Bu yaklaşımların tamamı, eldeki bir ağın kullanılabilir gücünü hesaplamalı bir yöntemle ortaya koyma girişimlerinden bazılarıdır.

Yoğunluk (Density): Bir ağ üzerinde yürütülecek çalışmaları belirleyecek faktörlerden birisi de ağın **yoğunluk** özelliğidir. Sahip olduğu aktörlerin sayısına göre azami bağlantı sayısına yakın sayıda bağlantı içeren ağa **yoğun (dense)**, nispeten daha az bağlantı içeren ağa ise **seyrek (sparse)** ağ adı verilir (Gürsaka, 2009). Görsel ağ haritalarının matematik boyutunda kullanılan komşuluk matrislerinin boyutlarını belirleyenler genellikle aktörler olmasına rağmen; bağlantıların yoğunluğu, sıfırdan farklı değere sahip matris hücresi sayısını arttıracığından dolayı; daha karmaşık görüntülü bir matematik izdüşüm algısı üretecektir. Ağların yoğunluk ve seyreklik durumlarına görsel bir örnek, şekil 2.38’de verilmiştir.



Şekil 2.38: Ağ yoğunluk örnekleri: **(a)** Seyrek bağlantılı ağ, **(b)** Yoğun bağlantılı ağ.

Yoğunluk, bir veri ağının analizinde önemli bir parametre olabilir. Bir ağın, sahip olduğu aktörlerle erişebileceği etkinlik kapasitesinin ne kadarını kullandığına dair bir göstergedir. Diğer bir ifadeyle; ağın etkileşim verimliliğinin barometresidir. Yoğunluk, oransal bir büyüklüktür ve bağlantı sayısının olabilecek azami bağlantı sayısına bölünmesi ile elde edilir.

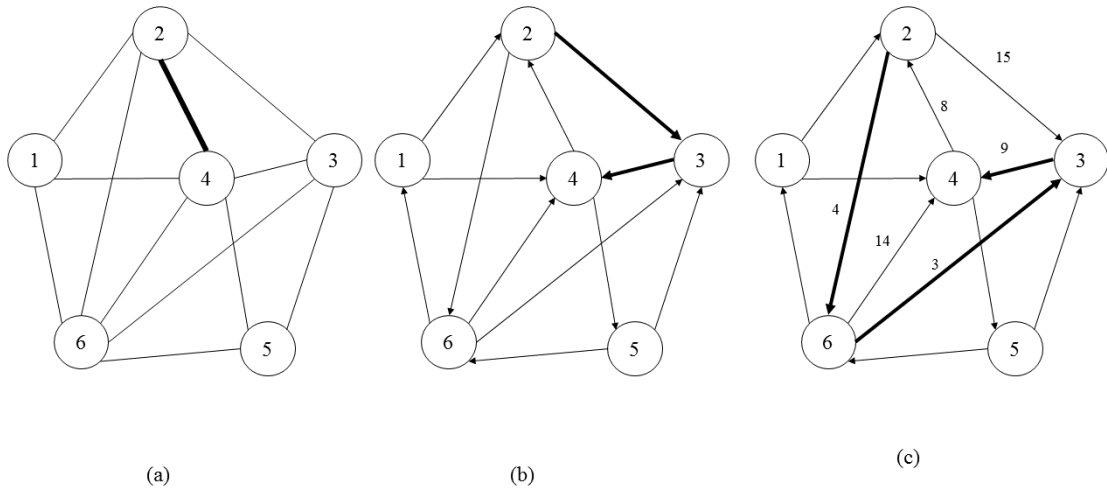
$$Yoğunluk = \frac{Toplam\ bağlantı\ sayısı}{Olası\ azami\ bağlantı\ sayısı} \quad (2.2)$$

Denklem 2.2'nin paydasında yer alan, olası azami bağlantı sayısı; ağın tam ağ olması yani, tüm aktörlerin birbirleri ile doğrudan irtibatlı olması için gerekli bağlantı sayısını ifade eder. Şekil 2.37'de verilen tam ağ örneklerinde olduğu gibi, bir tam ağda aktör sayısı, n ve bağlantı sayısı, l arasındaki ilişki şöyledir:

$$l = \frac{n(n-1)}{2} \quad (2.3)$$

Buna göre şekil 2.38'deki her iki ağda da 6 adet aktör bulunmakta ve bu nedenle olası azami bağlantı sayısı, denklem 2.3 çalışıldığında 15 olarak bulunacaktır. Denklem 2.2'deki 6 bağa sahip (a) ve 12 bağa sahip (b) ağları için yoğunluk hesaplandığında yoğunluklar, (a) için %40 ve (b) için %80 bulunacaktır. Sözlü ifadeyle; (b) ağı (a) ağına göre iki kat daha yoğundur, ağ potansiyelinin çok büyük bir kısmını kullanmaktadır.

En Kısa Yol (The Shortest Path, Geodesic): Ulaştırma, maliyet analizi, telekomünikasyon gibi alanları konu alan ağlarda, seçilen iki aktör arasındaki en kısa ve maliyetsiz yolun tespiti stratejik önem taşır. Seçilen iki aktör arasında belirlenebilen en kısa, üzerinde en az sayıda aktörün bulunarak aracılık ettiği yola literatürdeki karşılığıyla, **en kısa yol (patika), geodesic** adı verilir (Cook, 2015).



Şekil 2.39: Düşüm 2'den 4'e en kısa yol: (a) Yönsüz (b) Yönlü (c) Yönlü ağırlıklı ağda.

Ağın niteliğine ve özelliklerine göre en kısa yol tanımı değişebilir: Eğer bağlantıları yönsüz ve ağırlıksız bir ağdan söz ediliyorsa, *geodesic* kaynak ve hedef aktörler arasında en az aktöre uğranarak çizilen güzergâh iken, yönlü bağlantılar barındıran bir ağda bu yolun bağlantı yönleri dikkate alınarak belirlenmesi gerekir. Bünyelerinde ağırlık, maliyet değerleri barındıran bağlantılar mevcut ise bunlar açısından en maliyetsiz olan yolun *geodesic* olarak belirlenmesi gerekebilir.

Bu özelliklerin en kısa yol tanımını ne kadar değiştirebileceğine dair tipik bir örnek, şekil 2.39’da verilmiş ve 2 numaralı aktörden 4 numaralı aktöre doğru en kısa erişim güzergâhının belirlenmesine çalışılmıştır. Şekil incelendiğinde, yalın haldeki (a) ağında en kısa yolu bulmanın tek kriterinin alternatif rotalar üzerindeki aktör sayıları olduğu görülür. Bu açıdan değerlendirme kolayca sonuç verir ve 2 ile 4 numaralı aktörler arasındaki doğrudan, aracısız bağın “*en kısa yol*” olduğu yorumuna ulaşılabilir.

Şeklin (b) bölümünde aynı ağın tüm bağları, yön bilgisini de taşıyacak şekilde yapılandırılmıştır. Buna göre 2 aktöründen 4 aktörüne ulaşabilmek için aralarındaki doğrudan bağlantı ters yönlüdür ve kullanılamaz. Bu nedenle, en iyimser alternatif olarak 2-3-4 yolu gösterilmiştir. Eldeki bilgiler ışığında bu tercih, haklı görünmektedir.

Şekil 2.39’un (c) şikkına bakıldığında ise varlık ve yön bilgilerine ek olarak bağlara ağırlık değerleri verildiği görülür. Bağların yönleri (b)’deki ile aynıdır ancak bir maliyeti ifade eden değerler, bağlantılara atanmıştır ve dikkate alınmalıdır. Buna göre (a) ve (b) çözümlerinin ikisi de geçersizdir: (a) çözümü ters yönlü olmaktan, (b) çözümü ise yüksek maliyetinden ötürü, doğru yanıt vermemektedir. (c) ağında, 2 aktöründen 4 aktörüne muhtemel 3 rota çizilebilir:

1. *Maliyet(2-3-4 yolu) = 15 + 9 = 24*
2. *Maliyet(2-6-4 yolu) = 4 + 14 = 18*
3. *Maliyet(2-6-3-4 yolu) = 4 + 3 + 9 = 16*

Alternatiflerden sonuncusu, daha uzun görünmesine rağmen maliyetler değerlendirildiğinde, optimum *en kısa yol* çözümüdür.

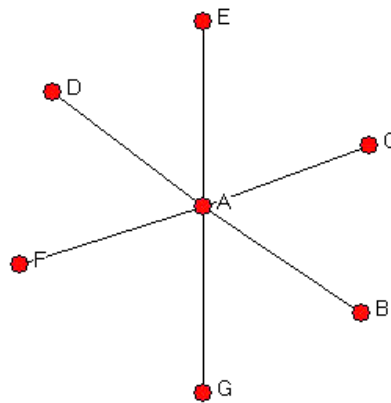
Ağın bireyler arası iletişimi konu aldığı ve aktörlerin (düğümlerin) bireyler, (c) ağındaki bağ ağırlık değerlerinin de bireylerin birbirine güven endeksi olduğu varsayıldığında, az

önce ilan edilen değerlere göre en iyi çözümü bir kez daha manipüle etmek mümkündür. Eğer aktörlerin arasındaki bağ ağırlık değerleri, bağın bağladığı iki aktörün arasındaki güveni gösteriyor ise bu durumda; ilk maliyet rakamı olan 24 en iyi çözüm olacaktır zira daha büyük sayı daha büyük güven ilişkisi anlamına gelmektedir.

Kolay anlaşılabilirliği sağlamak üzere genellikle insanlar arası ilişkilerden örnekler verilmektedir. Sosyal ağların bireylerle sınırlı olmadığı ve hemen her türlü etkileşimi analiz ve görselleştirme gücüne sahip olduklarını yeniden hatırlatmak gerekir. Tepkimelere girecek kimyasal elementler, ilaç etken maddeleri, hücreler, nöronlar, atomlar, olaylar, kurumlar gibi aralarında etkileşim olan hemen her yaşam bileşeni ağlara konu kılınabilir. Yukarıdaki örnek, ağ analizini yaparken ağın bu yönden taşıdığı özelliklerin de önemle dikkate alınması gerektiğinin somut bir göstergesidir.

2.4.6 Merkezilik Ölçüleri

Bir ağ söz konusu olduğunda, ilk akla gelen kavramlardan birisi **merkezilik (centrality)** olabilir. Belki de normal bir şehir yaşamına benzetimle, en merkezi konumda olan aktörün en değerli, vazgeçilmez olduğu kabul edilebilir. Merkezi olunamıyorsa bile mümkün olduğunca merkeze yakın olmak, merkezdekilerle ilişkili olmak şüphesiz her aktöre bazı avantajlar sağlayabilir.



Şekil 2.40: Yıldız çizge.

Ancak sözlü olarak bu şekilde önemi vurgulanabilen bir kavramın şehir içindeki konumunu belirlemek biraz daha teknik bir çalışma alanıdır ve bazı kriterlere bakılmasına ihtiyaç duyar. Aslında hemen herkes, yaşadığı şehrin merkezini yazılı olmayan, matematiğe gerek bırakmayan sezgisel, sosyal ve gözleme dayalı bazı kriterler ışığında söyleyebilir. Fakat yabancı olunan bir şehre gelindiğinde ve duyular kapatıldığında da o şehrin en merkezi noktasını söyleyebilecek bir yöntem gereksinim olduğu açıktır.

Şekil 2.40 ile verilen yıldız çizge incelendiğinde, görsel yöntemlerle merkezi aktörün A olduğu hemen görülebilmektedir. A aktörünü en merkezi ağ üyesi olarak ilan ederken *derecesinin (degree)* en yüksek olduğu, diğer tüm aktörler *arasında (betweenness)* olduğu, tüm aktörlere en rahat ulaşan, en kısa yollara sahip olduğu (shortest path) ve en *yakın (closeness)* olduğu dikkat çekmektedir. Bu gibi kriterler açısından tüm aktörler değerlendirildiğinde, en merkezi üyenin A olduğunu tespit etmek kolaylıkla mümkün olabilmektedir (Kadushin, 2012).

Bir ağda **merkezilik (centrality)** kavramı ilk olarak, Linton Freeman tarafından 1979 yılında bir yıldız çizge çizimi ile gösterilerek tanımlanmıştır. Bu geometri rastgele seçilmemiştir. Yıldız topoloji, merkezilik kavramının en açık ve gözle görülebilir sunumuna olanak vermektedir. Ortada bulunan A düğümü, hem ağın en yüksek **derecesi (degree)** ile diğer düğümlere bağlıdır hem konum olarak hepsinin **ortasında (betweenness)** hem de **en yakın (closest)** durumdadır. Hiç şüphe yoktur ki ortadaki düğüm, merkeziliğin bütün özelliklerini üzerinde taşımaktadır.

Bir ağdaki aktör sayısı arttıkça merkeziliğin nerede olduğu sorusuna yanıt vermek güçleşir. Bağlantıların sayısının artması, karmaşık bir görüntü oluşturacağından dolayı ağ haritasına bakarak merkezi düğüm ya da düğümlerin bulunması mümkün olmayabilir. Bu nedenle ağ bilimcileri tarafından hesaplamalı matematik yaklaşımlar geliştirilmeye çalışılmaktadır. Halen bir ağ üzerindeki belirleyici kriterlerin daha kesin tespitine yönelik arayışlar sürmektedir.

Derece Merkeziliği (Degree Centrality): Ağ bilimciler tarafından bir ağın merkezi aktörlerini belirlemenin en çok başvurulan yöntemi, derece merkeziliğini hesaplamaktır. Basit bir ifadeyle; her aktörün ağda sahip olduğu doğrudan bağlantı sayısına, o aktör için *derece merkeziliği* denir ve C_D sembolü ile gösterilir. Bu nedenle derece merkeziliği,

aktörlerin ağdaki bağlılık, bağımlılık ve etkinlik düzeyleri hakkında önemli fikir veren bir parametre olarak kabul edilir.

Bu değerin hesaplanmasında, bağlar yönsüz ve ağırlıksız kabul edilir. Bu tür bilgiler eğer varsa, ihmal edilir. Dolayısıyla; derece merkeziliği bir aktörün diğer aktörler üzerindeki nüfuzunu ve baskınlığını, belirleyiciliğini ortaya koyan bir büyüklük olarak değerlendirilmez. Örneğin; bir telefon şebekesinde derece merkeziliği yüksek olan aktörler, akan bilgiden diğerlerine nazaran daha çok haberdar olabilirler, yeni bir bilgiyi çok daha hızlı edinebilirler ama bilginin çıkış noktası ve üreterek ağı manipüle eden olmayabilirler (Prell, 2012).

$$C_D(i) = \sum_{j=1}^n X_{ij} \quad (2.4)$$

Yukarıdaki formülde;

n = Ağdaki toplam aktör (düğüm) sayısı;

X_{ij} = i indisli aktör ile j aktör arasında bağın varlığını gösteren *ikili* katsayı.

İndislerden i gönderici (*sender*), j ise alıcı (*receiver*) tarafını temsil eder. Eğer i aktörü ile j aktörü arasında bir bağ bulunuyorsa mantıksal-1, bulunmuyorsa mantıksal-0 değerini alır. Derece merkeziliği hesaplanırken bağların yönleri ve ağırlıkları ihmal edildiğinden, X_{ij} veya X_{ji} bağlarının her ikisi de mevcutsa (*digraph*) yani; i indisli aktör ile j indisli aktör arasında çift yönlü bir bağ var ise, bu bağ 1 değeri ile toplama girecektir. Derece merkeziliği hesaplanan i indisli aktörden j indisli komşu aktöre doğru bir bağlantı olmamasına rağmen, ters yönde; j indisli aktörden i indisli aktöre yönelik bir bağ tanımlı ise yine $X_{ij} = 1$ olarak kabul edilir. Bunun nedeni; yine yönlerin ihmal edilerek bağlantılara bakılması zaruretidir. Derece merkeziliği aktörlerin ağdaki bağlantı trafiğini yönetme ve etkileme kabiliyetini değil, bu iletişimden etkilenme potansiyelini ortaya koyan bir niceliktir (Freeman L. C., 1979).

Bu şekilde elde edilen her bir aktöre ait derece merkeziliğinin, ağ ölçeğine oransal bir büyüklük olarak ölçeklendirilmesi gerekir. Aksi halde, birbirinden bağımsız olarak elde edilen aktörlerin bağ sayıları toplamını, diğer aktörler ve ağın tamamı için göreceli olarak değerlendirme imkânı bulunamaz. Benzer şekilde; farklı ağlardaki aktörlerin birbirleri ile

karşılaştırılabilmesi için *ağ boyutlarının (network size)* yani; içerdikleri aktör sayılarının eşit olması gerekir. Gerçek yaşamda bu mümkün değildir. Dolayısıyla; bir aktörün merkezilik ölçütü, dahil olduğu ağın boyutu ile bağıntılı olmalıdır (Freeman, 2004). Freeman 1979 yılında, aktörlerin merkezilik skorlarını ağ boyutu ile oransal bir ifadeye dönüştüren bir çözüm geliştirdi ve bu yeni forma “**normalize edilmiş merkezilik (normalized centrality)**” adı verildi. Buna göre; elde edilen derece merkezilik sayıları, her bir aktör için aşağıdaki formül ile normalize edilerek ağın tamamı için karşılaştırılabilir bir gösterge haline getirilir:

$$C'_D(i) = \frac{C_D(i)}{n-1} \quad (2.5)$$

Boyutları farklı ağlardaki aktörlerin merkezilik skorları karşılaştırılamaz. Bu tür bir karşılaştırmanın anlamlı olabilmesi için mutlaka merkezilik değerlerinin normalize edilmesi gerekir. Bu dönüşüm, bağlantı yönlerinin dikkate alınmadığı *derece merkeziliği (degree centrality)*, *girdi merkeziliği (indegree centrality)* ve *çıktı merkeziliği (outdegree centrality)* karşılaştırmaları için her birinde yapılmalıdır.

Her aktör, kendisi ile ilişkili bağın yönüne göre **alıcı (receiver)** veya **gönderici (sender)** görevlerinden birisini üstlenir. *Derece merkeziliği (degree centrality)* bir aktöre nötr bağlar itibarıyla, yönsüz olarak bakarken, özel durumlarda bir aktörün sadece alıcı veya gönderici rolü ile ilgili merkezilik sınaması da yapılmak istenebilir. Ancak bu değerlerin hesaplanarak yorumlanması dikkatli olmayı gerektirir çünkü elde edilen değer ağda ne anlama geleceği mutlak olmayıp yoruma bağlıdır ve halen tartışılan konular arasındadır.

Genel olarak; bir aktörün **girdi merkeziliği (indegree centrality)** değeri, onun “*alabilme*” potansiyelini, **çıktı merkeziliği (outdegree centrality)** ise “*gönderebilme*” potansiyelinin bir göstergesi olarak yorumlanabilir. Genellikle; alıcı merkeziliği bir ağ içinde aktörün itibar veya popülerlik ölçüsü olarak kullanılırken, gönderici merkeziliği ise katılımcılık veya genişleme istekliliği olarak yorumlanır (Prell, 2012).

Ancak bu yorumları yaparken dikkatli olunması gereken, ağın nitelik açısından kapsamıdır. Örneğin; bir kurumdaki çalışanlar arasındaki iletişimi konu alan bir ağda, alıcı ve verici yönündeki merkezilik kavramı daha farklı yorumlanabilir çünkü merkeziliği yüksek olan popüler verici, üst düzey bir yönetici olabilirken alıcı sıfatıyla

daha merkezde bulunan bir alıcı aktör, talimatlar alan bir alt kademe çalışanı temsil edebilir.

Derece merkeziliğinin hesaplanabilmesi için, ağ verilerinin simetrik ve ikili sayı sistemdeki *mantıksal-0* veya *mantıksal-1* ifadelerinden oluşması gerekir. Böylece bağların yönsüzlüğü garanti altına alınmış olur. Alıcı ve verici işlevi açısından merkezilik hesabında da kullanılacak veri matrislerinde değerler ikili sayı sisteminde olmalı ama asimetrik olarak yerleşmelidirler. Başka bir ifadeyle; alıcı ve verici merkezilik hesaplarında X_{ij} ile X_{ji} değerleri özdeş değillerdir, farklıdır (Freeman L. C., 1979).

Özvektör Merkeziliği (Eigenvector Centrality): Derece merkeziliği, aktörleri nicel ve birbirinden bağımsız olarak değerlendirir. Her bir aktörün sahip olduğu bağlantı sayısına göre kıyaslama yaparak, aktörlerin ağ içindeki merkeziliği hakkında fikir edinmeyi amaçlar. Çıkarımlarını sadece, bir aktöre doğrudan bağlı olan aktörlerin sayısına bakarak elde eder.

Ancak gerçek yaşam ağlarında, bir aktörün sahip olduğu doğrudan bağlantı sayısına bakarak ona önem atfetmek doğru sonuçlar vermeyebilir çünkü ağın derinlerinde yatan ikinci ve sonraki seviyedeki bağlantıların da dereceleri, odaklanılmış olan aktörün merkeziliğini anlamlandıracak, önemini hakkında belirleyici olacaktır. *Özvektör merkeziliği*, bir aktörün bulunduğu ağdaki önemini ortaya koymaya çalışan bir ölçüdür (Gürsakaç, 2009). Bir aktör, komşularının önemi kadar önemlidir. *Özvektör merkeziliği* ölçüsü ise, *derece merkeziliğinin* daha çok damıtılarak anlamlandırılmış halidir (Borgatti, 1995).

Özvektör merkeziliği bir formüle dayalı olarak tek iterasyonda hesaplanan bir büyüklük değildir. Algoritmik olarak komşuluk matrisi değerlendirilerek üretilir. Bir aktörün komşularının derece merkezilikleri yüksekse o aktörün özvektör merkeziliğinin de yüksek olduğu düşünülür (Bonacich, 2007). Bu değer bir ağda bakılabilmesi için aktörler arasındaki bağlar ağırlıklı, değer atanmış olabilir ama yönsüz ve simetrik olmaları beklenir.

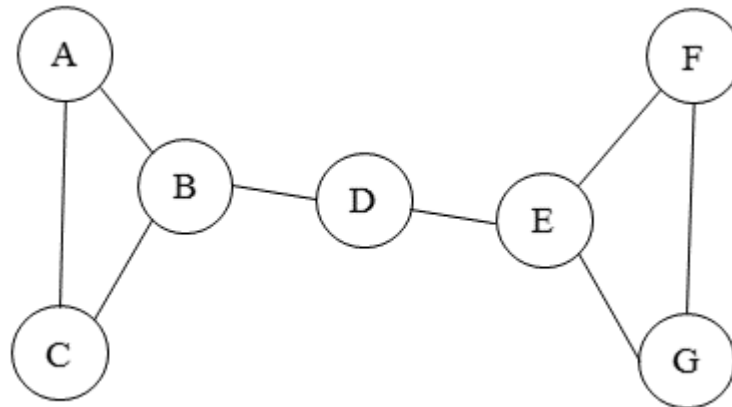
Ağdaki aktörlerin derece merkezilikleri aynı ise özvektör merkeziliğini hesaplamak gereksizleşir çünkü o da aynı olacaktır. Aktörlerin derece merkezilikleri arasında farkların bulunması, özvektör merkeziliğinin temel dayanağıdır. Bir aktör için özvektör

merkeziliği $C_E(i)$ ile gösterilir. Her bir aktörün özvektör merkezilik skoru, o aktörün bağlı bulunduğu komşu aktörlerin derece merkezilik skorları toplamı ile elde edilir (Bonacich & Lloyd, 2001).

Arasındalık Merkeziliği (Betweenness Centrality): Derece tabanlı merkezilik hesabı, diğer ağ ölçütlerine göre nispeten kolay olduklarından oldukça popülerdir. Derece, girdi ve çıktı merkezilikleri aktöre odaklı olarak hesaplanır ve aktörün sahip olduğu bağ sayıları ile ilgilidir. Ancak bu değerler, ağ biliminin elinde bulunan en güçlü merkezilik ölçütleri değildir. Bunun temel nedeni; sadece aktöre odaklıdır ve ağın geriye kalan kısmını dikkate almazlar.

Bir ağda herhangi bir aktörün ne kadar çok bağlantısının olduğu önemlidir ama kimi zaman ondan daha da önemli olan, aktörün nerede bulunduğudır (Prell, 2012). **Arasındalık (betweenness)**, aktörün bulunduğu yerin bir stratejik önem ölçüsüdür. Eğer bir aktör, birbirleri ile bağlantısı olmayan iki aktörün arasında bulunuyor ve her ikisiyle ayrı ayrı bağa sahipse yani bu aktör kopuk iki aktörü bağlayan bir yol oluşturuyorsa, büyük bir avantaja sahip olabilir. Bu aktörün bağladığı sadece iki aktör olmayabilir. Bağladığı iki aktörle birlikte, onların dahil olduğu *kümelenmeleri* de birbirine bağlayarak ağda yüksek önemde bir koordinasyon gücüne sahip olabilir.

Kesim noktası (cut-point) özelliğine sahip düğümler bu türde aktörlerdir zira kaldırıldıkları anda ağ en az iki parçaya bölerler.



Şekil 2.41: Arasındalık (betweenness) merkeziliği D aktöründe yüksektir.

İletişim ağlarında arasındalık merkeziliği ölçüsü, bir aktörün bilgi akışı üzerinde ne kadar kontrol gücünün olduğunu bir göstergesidir.

Arasındalık merkeziliği, yönlü ve yönsüz ağlarda analiz edilebilir ancak komşuluk matrisinin *ikili* değerlerden oluşması gerekir. Ağırlıklı bağlantıların olduğu ağlarda, öncelikle bağlantıların 1 ve 0 değerlerinden oluşan *ikili* forma dönüştürülmesi önerilmektedir (Prell, 2012). Düğümlerin kendilerine giden *döngü bağlar (self-loops)* değerlendirmeye girmez.

Bir k düğümünün *arasındalık merkeziliğini (betweenness centrality)* hesaplamak için formül aşağıdaki gibidir:

$$C_B(k) = \sum \frac{\partial_{ikj}}{\partial_{ij}} \quad i \neq j \neq k \quad (2.6)$$

$\partial_{ikj} = i$ düğümünden j düğümüne ulaşan ve üzerinde k düğümünden geçen *en kısa yol* yani; *geodesic*'lerin sayısı;

$\partial_{ij} = i$ ve j düğümleri arasındaki tüm *geodesic*'lerin sayısı.

Derece merkeziliği konusunda anlatıldığı gibi, elde edilen arasındalık merkeziliği değerinin ağ ölçeğine orantılı bir normalizasyona tabii tutulması gerekir. Normalize edilmiş *arasındalık merkeziliği (betweenness centrality)* ise aşağıdaki şekilde bulunur:

$$C'_B = \frac{C_B(k)}{\frac{(n-1)(n-2)}{2}} \quad (2.7)$$

Arasındalık merkeziliği, bir ağdaki en önemli ve stratejik aktörleri belirlemek için henüz bilinen en iyi yöntemdir ve “*hangi üye önemli?*” sorusuna diğer merkezilik ölçütlerinden çok daha net yanıt verir (Freeman L. C., 1979). Bu sorunun yanıtını veren yüksek arasındalık merkeziliğine sahip aktörler, ağın *kilit oyuncularıdır (key players)* (Estrada, Higham, & Hatano, 2009).

Derece merkeziliği ağdaki aktörlerin *etkinlik* göstergesi olarak kabul edilirken *arasındalık merkeziliği* ağdaki *bilgi akışı üzerinde, aktörlerin potansiyel kontrol gücünü* ortaya koymayı amaçlar.

Yakınlık Merkeziliği (Closeness Centrality): Merkezilik ölçüleri görüldüğü gibi birbirlerinin alternatifi olmaktan daha çok, tamamlayıcı durumundadırlar. **Yakınlık merkeziliği (closeness centrality)** diğer ölçütlerden farklı olarak; bir aktörün ağda ne oranda *bağımsız* olduğu ile ilgilenir. Eğer bir aktör merkezi değil ise ağın diğer üyelerinin sağladığı bilgilere güvenme ihtiyacı duyar (Freeman L. C., 1979). İletişim açısından bakıldığında; bir aktör fazla sayıda diğer aktörlerle yakın bağlara sahipse, aktörün *bağımsız (independent)* olduğu söylenebilir çünkü akan bilgiye hızla ulaşmak ve sağladığı bilgileri teyit etmek için fazlaca iletişim kanalı alternatifi bulunmaktadır, sadece bir aktörden gelen bilgiye bağlı değildir. Dolayısıyla **yakınlık merkeziliği**, bir aktörün ağda akan bilgiye kolayca erişebilme yeteneğinin bir göstergesi kabul edilir (Prell, 2012).

Yakınlık, bir aktörün diğer komşuları ile olan *uzaklık (distance)* verilerine bakılarak değerlendirilir. **Uzaklık (distance)**, bir aktörün diğer bir aktöre erişmek için kullanabileceği *en kısa yol (geodesic)* uzunluğudur. Toplamda, komşularıyla en küçük geodesic uzaklığına sahip olan aktör için ağın en yüksek *yakınlık merkeziliğine* sahip olduğu söylenebilir.

Yakınlık merkeziliğinin anlamlı hesaplanabilmesi için şu hazırlıkların yapılması gereklidir: *Komşuluk matrisi*, *ikili* veriler türünden düzenlenmiş olmalıdır. *Yakınlık merkeziliği* sadece bütünüyle bağlı aktörlerden oluşan ağlar için anlamlı sonuçlar üretebileceğinden, ağdan *izole (isolated)* olmuş, kopuk aktörler temizlenmelidir. Tümüyle bağlantılı aktörlere sahip olması kadar, ağın aktörlerinin güçlü bağlar taşıması da önemlidir. Bu nedenle yönlü bir ağ çok daha tatminkâr sonuçlar verecektir. *Yakınlık ölçüsü*, aktörler arasında doğrudan bağlantılar yerine dolaylı bağlantıları değerlendiren bir ölçüdür (Gürsakaç, 2009).

Herhangi bir aktörü *i* indisi ile temsil ederek, onun için yakınlık merkeziliğini elde edecek formül aşağıdaki gibidir:

$$C_c(i) = \frac{1}{\sum_{j=1}^n d(i,j)} \quad (2.8)$$

$d(i,j)$ = Yakınlık merkeziliği incelenmekte olan *i* aktörü ile *j* aktörü arasındaki uzaklık.

Bu formül sonucunun normalize edilerek ağ geneline atfedilmiş, göreceli yakınlık merkeziliği (relative closeness centrality) değeri ise şöyledir:

$$C'_C(i) = (n - 1) C_C(i) \quad (2.9)$$

Yakınlık merkeziliği, bir aktörün bağımsızlığının ölçüsü olarak değerlendirildiği gibi; “bir ağ, içerdiği bir grubun kendisine sağladıklarına nasıl hızlı ve etkin bir şekilde güvenebilir?” sorusuna da yanıt aramaktadır (Prell, 2012).

Diğer Ağ Ölçüleri: Yukarıda adı geçen merkezilik ölçüleri dışında yaklaşımlar da bulunmaktadır ve halen yeni yöntemler üzerinde çalışılmakta olduğundan bu listeye eklenmektedirler. Ancak bu ölçülerden bazıları alana özgü olabilmektedir. Bu tezde amaçlanan, genel hatlarıyla ağ bilimini ve onun kabul görmüş temel amaçlarını ortaya koymaktır. Tanıtılan yöntemler, fen bilimleri veya sosyal bilimler alanlarında da çeşitli verilerle uygulanabilecek türdendir.

Bu ölçülerin bazıları, araştırmacılara fikir vermek üzere aşağıda listelenmiştir (Gürsaka, 2009) ama listede bulunmayan daha çok sayıda ölçme yaklaşımının olduğunun altını çizmek gerekmektedir. Günümüzde özellikle kimya ve eczacılık, biyoloji ve özellikle biyogenetik alanlarda, telekomünikasyon ve şehir planlama, ulaşım koordinasyonu, lojistik gibi pek çok uygulama alanına özgü ağ bilimi analiz ve ölçme yaklaşımları bulunmaktadır.

Beta Göstergesi: Ağda bulunan düğümlerin sayısı ile bağlantı sayıları arasında bir korelasyon kurmayı amaçlar.

Gama Göstergesi: Ağda sahip olunabilecek azami bağlantı sayısı ile fiili olarak kullanılabilen, aktif bağlantı sayılarını karşılaştırır.

Alfa Göstergesi: Ağdaki aktif kapalı yol sayısı ile olabilecek en fazla kapalı yol sayısı arasında bir ilişki kurmaya çalışır.

Koenig Göstergesi: İki düğüm arasındaki en uzak yolla erişebilirliği, bağlantı sayısı cinsinden ölçer.

Shimbel Göstergesi: Ölçülen düğümün içinde olduğu, maksimum sayıda düğümü minimum sayıda bağ ile bağlamak için gerekli bağlantı sayısını yorumlar.

Zagreb Grup Göstergesi (M1): Moleküler bir yapıda, atomların birbirleri ile bağlanabilirliğini değerlendirmek üzere ortaya konulmuş bir yaklaşımdır. Dürümlerin derecelerinin kareleri ile buna yatkınlıkları arasında bir korelasyon kurmuştur.

2.4.7 Ağ Veritabanı

Veriler üzerinde analiz yapmanın bilinen klasik yöntemi, istatistik çalışmalar yapmaktır. İstatistikte genellikle bilgilerin kime ait olduğunun bir önemi yoktur, toplanan bilgiler anonimdir (Gürsaka, 2009). Sağlanan verilerden elde edilen kümelerin bütünü üzerinde istatistik yöntemlerle çalışılarak bir yargıya varmak üzere süreçler işletilir ve ortak bir eğilimin tespitine çalışılır.

Ağ biliminde ise her bir aktör, analiz süreci boyunca varlığını korur ve dolayısıyla kimlik tanımı önemlidir. Başka ifadeyle; istatistikte veriler genellikle bir sepete doldurulur ve o sepetin tamamı için yorum yapılırken ağ analizinde sepetteki her bir aktör özel olarak değerlendirilir ve diğerlerine göre farkı, önemi, stratejik durumu gibi kriterleri değerlendirilir; aktör kimliğini yitirmez.

Ağ analizinin bu bakış ve süreç farklılığı, özellikle verilerin hazırlık süreçlerinde, istatistiğe oranla biraz daha ağır ve güç görülebilecek, dikkat gerektiren bir aşamadır. Ancak analist bu çabasının karşılığını, sonuçta elde ettiği görsel ağ ile alır ve bu istatistiğin sonuç tablolarından çok farklı bir getiridir.

Evrende her geçen gün devasa varlığının farkına varılan *büyük veri kümeleri (Big Data)* ile başa çıkabilmek ve onlardan anlamlı sonuçlar üretebilmek için bilimin, sahip olunan konvansiyonel alet ve yaklaşımlardan daha fazlasına ihtiyacı bulunmaktadır. Astronomiden mikrobiyolojiye kadar her ölçekte bulunan *büyük veri*, insanların günlük yaşamda kullanageldikleri ticari, bireysel üretilen kayıtlarla karşılaştırılamayacak kadar büyük, yapısal olmayan (unstructured) ve ayrık kitleler halindedir. Bu nedenle analiz yöntemleri gibi veritabanı sistematığının de bütünüyle yeniden şekillendiğini ve büyük veriyle çalışılabileceği düşünülen *SNA* ile uyumlu yeni bir form kazandığı görülmektedir.

Geliştirilen bu yeni veritabanı formuna **ağ veritabanı (graph database)** adı verilmektedir ve özellikle *hareketlere (transactions)* dayandırılmış OLTP (Online Transaction Processing) yapılar ile uyumlu çalışacak şekilde tasarlanmıştır.

Klasik *ilişkisel veritabanı yönetim sistemi (relational database management system, RDBMS)* ile bir *ağ veritabanı yönetim sistemi (graph database)* arasındaki farkı, büyük veri kümelerinin analizinde önem kazanan yüksek derinlikli sorgulamalardaki başarımlar açısından yapılmış bir inceleme örneği ortaya koyacaktır. Örnekte, anlaşılabilirliği arttırmak için arkadaş ilişkileri verilmiş olsa da mikro dünyadan makro dünyaya kadar her türlü varlıklar arası ilişki bu yapıda değerlendirilebilir.

Kişiler birer aktör (düğüm), kişiler arasındaki tanınırlık ilişkisi bağ (kenar) olarak düşünüldüğünde, seçilmiş bir popülasyonun içindeki kişilerin bu ilişkilerine göre bir ağ yapısı (tree structure) veya ağ (network) oluşturulabilir. Böyle bir yapıda herhangi bir aktöre 1 bağ mesafedeki aktörlere erişim için derinlik (depth) 1 olarak kabul edilir. Başka ifadeyle; derinliğin 1 olması aktörlerin doğrudan birbirini tanıdığını, *arkadaş (friends)* olduğunu gösterir. Derinliğin 2'ye yükseltilerek analiz yapılması ise, bir aktörden iki adım mesafedeki diğer aktörler üzerinde bir sorgulama yapılacağını ifade eder. Diğer ifadeyle; 2 derinlikli bir sorgulamada bir aktörün *arkadaşlarının arkadaşları (friends-of-friends)* ile ilgilenilmektedir. Analiz aşamaları bu şekilde devam eder: Derinlik 3 ise bir aktörün arkadaşlarının arkadaşlarının arkadaşları, derinlik 4 ise onların da arkadaşlarının üzerinde... Bu durum giderek yoğunlaşan ve karmaşılaşan bir kaotik harmana analizi sürükler.

Klasik ilişkisel veritabanları bu karmaşık, bağlar üzerinden veri ilişkilendirmeleri üzerine kurgulanmamışlardır ve bu nedenle derinlik arttıkça bir çözümsüzlüğe doğru giderler. Tablo 2.4, her birinin yaklaşık 50 arkadaş bağı bulunan yaklaşık 1.000.000 adet aktörün oluşturduğu örnek bir ağda, sadece 5 derinliğine inildiğinde bile klasik veritabanı yönetim sistemlerinin sonuçsuzluğa sürüklendiğini göstermektedir. Örnek incelendiğinde, RDBMS'in başarımlarının derinliğe bağlı olarak, geometrik bir şekilde yükseldiği ve 2 derinlik seviyesinde 1.000.000 kayıt arasından seçilen aktöre arkadaş olan diğer düğümleri döndürmek için 0,016 saniye yeterliyken, 4 derinlik seviyesinde bu sürenin 1.543,505 saniye (yaklaşık 26 dakika) uzadığı görülmektedir. Derinlik 5 olarak

seçildiğinde ise klasik veritabanı yönetim sisteminin sorguyu sonlandıramama duruma geldiği gözlemlenmiştir.

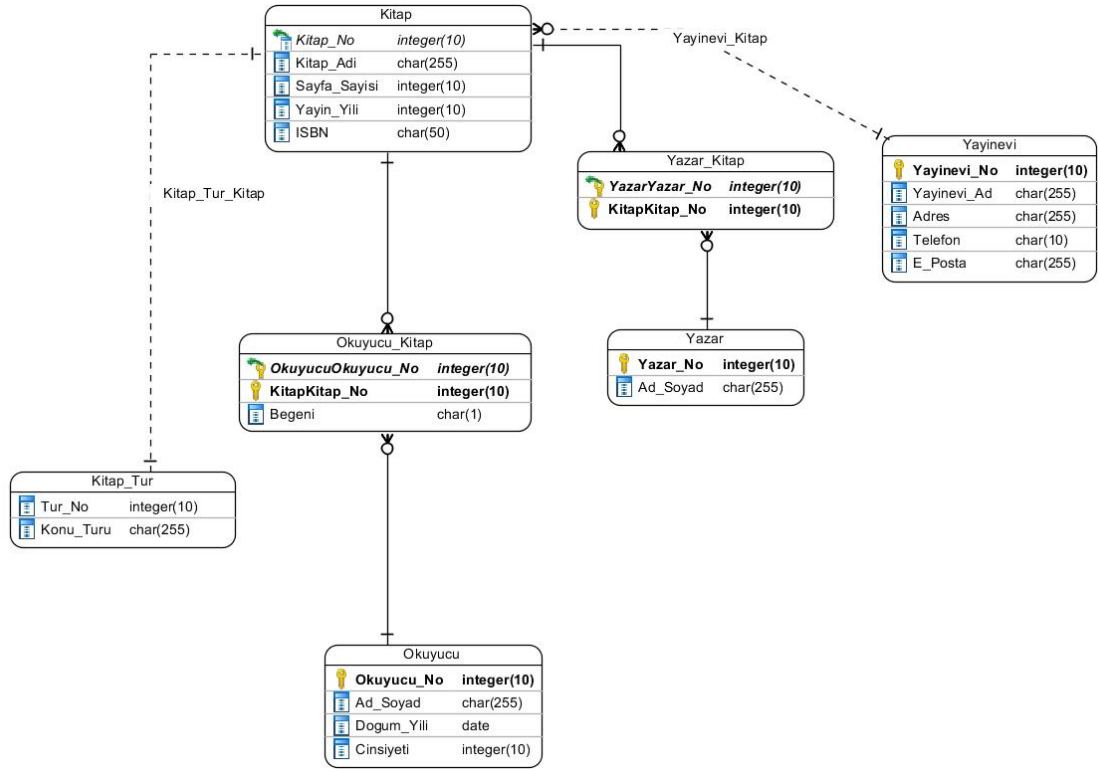
Tablo 2.5: Farklı derinlikli VT ağaçlarında ilişkisel ve ağ VT performans karşılaştırması (Robinson, Webber, & Eifrem, 2015).

Derinlik	RDBMS Çalışma zamanı(s)	Neo4j Çalışma zamanı (s)	Kayıt sayısı
2	0,016	0,01	2500
3	30,267	0,168	110.000
4	1.543,505	1,359	600.000
5	Bitirilemedi	2,132	800.000

İlişkisel veritabanlarının ismi her ne kadar “ilişkisel” olsa da bu yapılarda kayıtlar arasında *anahtar (key)* alanlara göre tablolar arasındaki nicel bir bağıntı kurulumundan söz edilebilir. Tablolardaki kayıtlar arasında herhangi bir *anlamsal (semantic)* bağ bulunmamaktadır. Tablolar ön tanımlı yapılarına göre veriyi sistematik olarak tutarlar. Bu tablolardaki veriler, aynı alanda aynı tür ve nicelik ortak paydasında buluşurlar. “İsim” alanında yer alan veri, her kayıt için isim olabilir ancak bu isimler arasında anlamsal bir bağıntı işlenerek tutulmamaktadır. Dolayısıyla, bu tür konvansiyonel bir veritabanı modelinde kayıtlar üzerinde bir anlamsal ilişki zincirine göre sorgulama üretmek, uygulayıcının girişimiyle yapılan zor, zaman alan ve karmaşık bir operasyon süreci sonunda elde edilmeye çalışılmaktadır.

Şekil 2.42’de yaygın olarak kullanılan klasik ilişkisel veritabanına ait *varlık-ilişki (entity relationship, E-R)* diyagramı verilmiştir. Diyagramda kitaplar, okuyucular, yazarlar ve yayınevleri arasında nicel etiket ilişkilerine dayalı anahtar alan ortaklıkları kurulmuştur. *Kitap* ile *kitap türü (Kitap_Tur)* tabloları arasında *bire-bir ilişki (one-to-one relationship)* varken *yayınevi* ve *kitap* tabloları arasında *bire-çok ilişki (one-to-many relationship)*, *yazar* ve *kitap* tabloları arasında *çok-çok ilişki (many-to-many relationship)* bulunmaktadır.

Bu basit *veri alanı (data domain)* kurgusunda bile birkaç varlık arası ilişkileri göstermek, yeterince karmaşık bir görüntü oluşturmuşken, burada *anlamsal ilişkilerin (semantic relations)* varlığından söz edilemez (Robinson, Webber, & Eifrem, 2015).

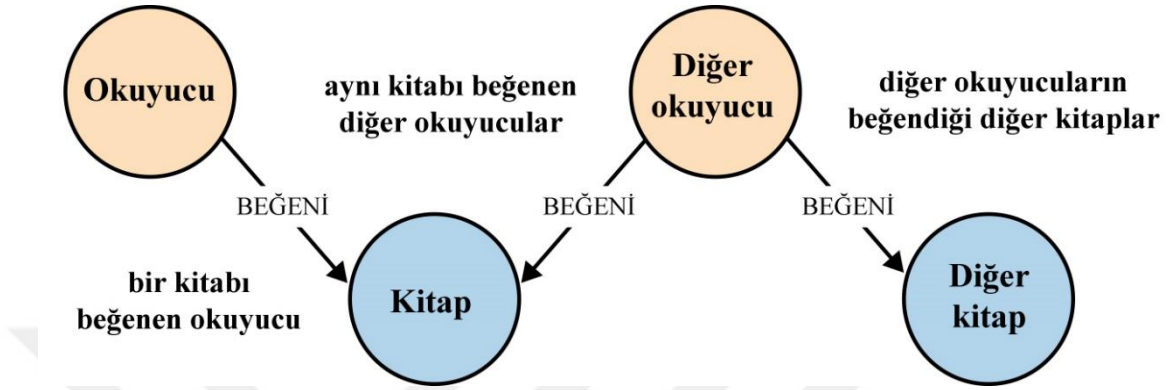


Şekil 2.42: Klasik bir ilişkisel veritabanı modeli tasarımı.

Bir örnek olarak; bir okuyucunun, okuyacak yeni isabetli kitaplar bulmak için, kendisinin okuyup beğendiği kitabı okuyanların beğendikleri diğer kitapları öğrenme talebini hemen karşılayacak, böyle bir anlamsal ilişki sentezini gerçekleştirebilecek bir çözüm hazır olarak bulunmamaktadır.

Ağ veritabanı (graph database) modeli ise verinin varlık nedeni olarak, sahip olduğu ilişkileri görür ve doğrudan verinin diğer verilerle sahip olduğu bağlar üzerinden güncellemelerle büyür (Hunger, Boyd, & Lyon, 2016). Dolayısıyla; aynı örnekte bir kitabın nicel bilgilerle bir veri kaydı olmasından daha önemli olan, bu kitabın kimler

tarafından okunduğu ve beğenildiği gibi bilgilerdir. Bu tamamlayıcı bilgiler, kitap kaydına eşlik ederler.



Şekil 2.43: Okuyucu beğenileri ve kitaplar için veri modeli (Robinson, Webber, & Eifrem, 2015).

Bu örnekte aranan yanıtı üretecek sorgunun *Neo4J* ağ veritabanında tanımlı kod karşılığı (Robinson, Webber, & Eifrem, 2015) kaynağından, değişkenler Türkçeye uyarlanarak aşağıda verilmiştir:

```
MATCH (:Okuyucu {isim:'Sevinç'})-[:LIKES]->(:Kitap {baslik:'Endüstri 4.0'})
```

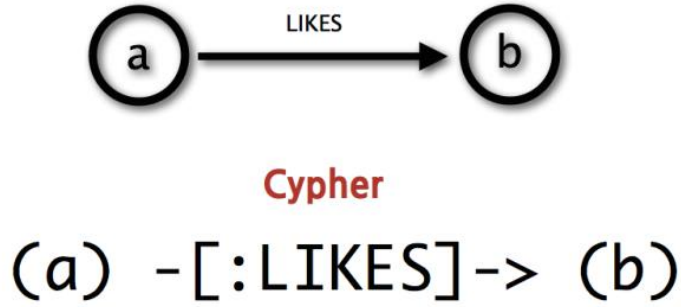
```
<-[:LIKES]-(:Okuyucu)-[:LIKES]->(kitaplar:Kitap)
```

```
RETURN kitaplar.baslik
```

Geleneksel veritabanı yönetim sistemlerinde kullanılan **SQL** sorgulama dilinin formatını andıran yukarıdaki ifadeler **Cypher** ağ sorgulama diline aittir. Ağ veritabanı sorgulama dili olan Cypher, Neo4J ağ veritabanı projesinin açık kaynaklı dil bileşenidir (Cypher Query Language, 2017). Henüz çok yeni bir proje olarak, Ekim 2015'ten bu yana açık bir platform olarak geliştirilmeye çalışılan proje, ağ veritabanı sorgulamaları için ortak bir dilbilgisi yapısına sahip standartlaşmış bir dili ortaya koymayı amaçlamaktadır.

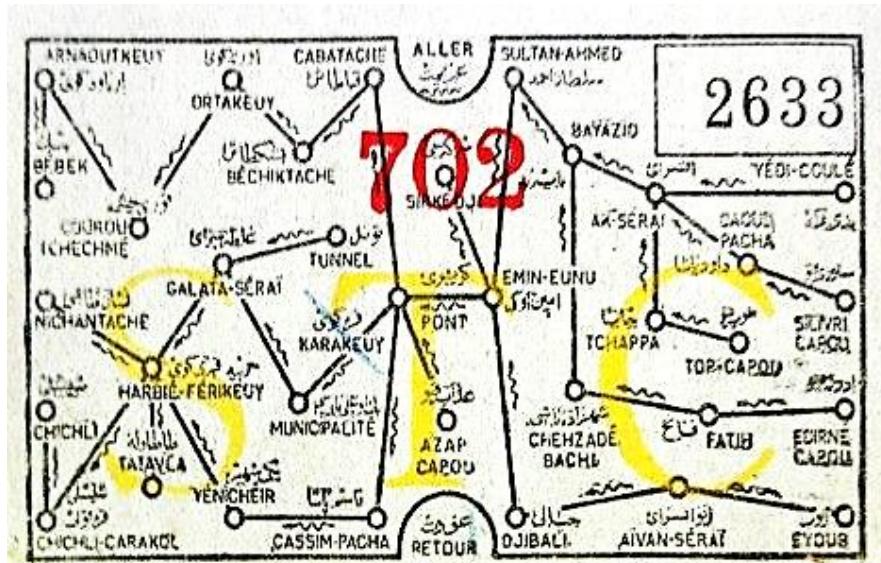
İlişkisel bir veritabanında bir sorguya ulaşmak için tablolar arasında kurulan bağlantıların sayısı arttıkça karmaşıklaşan ve uzayan SQL ifadelerinin yerine, anlamsal ilişki temelli

ve SQL'e göre çok daha yalın bir söz dizilimi vaat eden **Cypher** dili, statik verileri düğüm ve aralarındaki ilişkileri bağ kabul eden özgün bir formata sahiptir.



Şekil 2.44: Cypher sorgulama dilinde, veriler arasındaki bağ gösterimi (Cypher Query Language, 2017).

Bu dilde statik veriler arasındaki bağlar, **LIKES** veya **KNOWS** fiilleri ile ifade edilir. Bu yaklaşım, yaşam içindeki nesne tabanlı hiyerarşik etkileşimle de uyumludur. Bu nedenle **LIKES** ve **KNOWS** terimleri kelime anlamları dışında, canlı ve cansız her türlü nesneye işaret eden veri kümeleri arasındaki bağlantıları ifade etmekle birlikte; sorgulama yapan veritabanı analisti için günlük dile yakın bir kullanım imkânını sunmayı amaçlamaktadır.



Şekil 2.45: 1935 yılına ait İstanbul ili tramvay bileti ve üzerindeki ağ (Bilgin, Çağman, & Bıyıklı, 2012).

3. MALZEME VE YÖNTEM

Ağ analizinde değerlendirilecek verilerin toplanması, sınıflandırılması, matrislere yüklenmesi ağ görsellerinin elde edilmesi için verinin toplanma yöntemi büyük önem taşımaktadır. Eğer insanlar arasındaki davranış ortaklıklarına yönelik bir analiz öngörülmekteyse ve bu durumun tespiti için bir anket yöntemine başvurulacak ise bu amaca uygun verinin sağlanabileceği türde soruların hazırlanmış olması gerekmektedir.

Tezin yazılış amacı, temel olarak ağ metriklerini ve çıktılarını göstermek olduğundan dolayı somut nicelikler içeren şu üç örnek seçilmiştir:

- Mayıs 2017 itibarıyla, İstanbul raylı sistemleri
- İstanbul Üniversitesi yayınları 1933-2016 kitap bibliyografyası
- İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi 1980-2010 bilimsel yayınlar bibliyografyası

Bu örneklerin ortak özelliği, ilgili kurumlar tarafından yayınlanmış ve kamuya açık veriler içermesidir. İstanbul raylı sistemleri bir harita, bibliyografyalar ise kendilerine özgü formatta yayınlar halindedir. Bu nedenle veriler, bir ağ analizi uygulamasına uygun şekilde tasarlanmamışlardır. Bu basılı materyallerdeki bilgilerden yola çıkarak ağ analizi ve görselleştirmesi için gerekli veri dönüşümleri yapılmış, standart bir yapıya sahip olmadığından yazılım kodu yardımıyla otomatik olarak yapılamayan dönüşümler elle ve dikkatle gerçekleştirilmiştir.

Bu süreç sonucunda, konuya özgü veri matrisleri üretilmesi amaçlanmıştır. İki tür veri matrisi kurgulanmıştır:

1. Komşuluk matrisi (adjacency matrix): Bu matris modeli ile *tek durumlu ağ (one-mode network)* kurgulaması yapılarak ağ düğümleri arasındaki temasların varlığı irdelenmiştir. Komşuluk matrisleri, ağa analizinde *denklik (incidence) matrisleri* olarak da anılır. Örneğin türüne göre bu düğümler ya raylı sistem istasyonlarını ya da bilimsel yayın yapan kurumları ve zaman dilimlerini temsil etmektedirler.

Komşuluk matrisleri kullanılarak yapılan ağ görselleştirmesi ve analizinde elde edilmeye çalışılan, düğümlerle temsil edilen öğelerle ilgili olarak söz konusu olayda, içlerinden

hangilerinin diğerlerine göre daha ağırlıklı katılımının olduğu ve yapısal baskınlıklarını irdelemektir. Bir raylı sistemde en büyük yükü hangi istasyon muhataptır, şebekenin ana taşıyıcı noktaları nereleridir? Üniversitenin bilimsel yayın kültürüne hangi bölümler ağırlığını koymaktadır ve bu katılımların zaman göre değişimi nasıldır? Bölümlerin yayın performansındaki değişimler hangi parametrelerden etkilenmiştir? Motive eden veya olumsuz etkileyen faktörler neler olabilir?... Bu ve benzeri pek çok soruya, yeterli veri sağlanmak koşuluyla ağ analizi yöntemleriyle erişilebilir.

2. Katılım matrisi (affiliation matrix): Bazı durumlarda olayın öznelere, kendilerinden farklı paydalar altında toplanarak değerlendirilmesi önemlidir. Sözgelimi, yukarıdaki örneklerden bilimsel yayınlara ait olan çalışmalarda elde edilen veriler ışığında, yayını yapan bölümler yayınların yapıldığı yıllara göre gruplandırılabilir. Bu yolla birbirinden farklı nitelikteki düğümlerin birbirlerini etkileyen yönleri görülebilir. İstanbul raylı sistemlerine ait çalışmada da, istasyonlar analizin bir yönü iken istasyonlardan geçirilen hatlar ikinci grupta ele alınabilir. Böylece *iki durumlu ağ (two-mode network)* kurgulanmış olur.

Bu tez, ağ analizinin metrikleri üzerine derinleşmeyi amaçladığından dolayı örnekler belirli bir seviyede bırakılmıştır. Buna rağmen, kamuya açık olmayan verilerle desteklenerek daha özelleşmiş çıktılar üretilmek için İETT Coğrafi Bilgi Sistemleri Müdürlüğü ve İstanbul Üniversitesi Rektörlüğü Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı ile temasa geçilmiş ancak istenen yapıda veri setleri temin edilememiştir. Bu nedenle, kamuya açık yayınlar üzerindeki verilerle ağ analizi pratikleri gerçekleştirilmiştir. Bu seviyedeki bir pratik çalışma ağ analizinin örneklendirilmesi için yeterli olsa da bir toplu taşıma sisteminde durakların yolcu profilleri ve inen binen kişi yoğunlukları, zamana göre dağılımları gibi parametreler çok daha anlamlı ve kamu için faydalı sonuçların üretilmesini temin edecektir. Bir şehrin toplu taşıma trafiği içinde sosyokültürel ve sosyoekonomik hareketlilik haritalarının elde edilebilmesi de mümkündür. Örneğin üniversite öğrencilerinin gün içinde şehrin hangi arterlerinde akış sağladıkları, kadın ve erkeklerin sosyal yapılarına göre toplu taşıma ağına ne zaman ve hangi bölgelerden katılımda bulundukları da irdelenebilir. İETT İşletmeleri Genel Müdürlüğü, Coğrafi Bilgi Sistemleri Müdürlüğü ile yapılan temaslarda bu bilgilerin temini için önerilen yöntemlerin kişisel bilgilerin gizliliğine yönelik hukuki

düzenlemelerle çelişebileceği ifade edilmiştir. Bu tür bir çalışma için ilerleyen dönemde, doktora seviyesinde yeniden girişimde bulunulması planlanmaktadır.

Yine aynı şekilde, yazar seviyesinde bilimsel yayınların irdelenmesi ve yazarların mensup olduğu bölümler üzerinden bir üniversitenin bölümleri arasında yayın işbirlikleri üzerine çıktılar üreten ağ analizlerinin yapılmasına olanak tanıyacaktır. Ancak Ek 2’de kapak görüntüsü sunulan bibliyografya çalışmasını hazırlayan İstanbul Üniversitesi Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı yetkilileri ile yapılan görüşmede, üniversite mensupları bilimsel yayınlarının künye bilgilerinin analiz edilebilir bir elektronik ortam materyali şeklinde tutulmadığı bilgisi edinilmiştir (Aksoy, 2016). Bu nedenle sözü edilen kitap bibliyografyası üzerinden sayısal veriler üretmek için sentezleme çalışması yapılmış ve bu tarama çalışması sonrasında 1933 yılından itibaren olan kitapları kapsadığı bilgisine başlığında yer verilen bibliyografyada 1924-2016 tarihleri arasında, bu çalışma için değerlendirilebilir 8920 yayın kaydı tespit edilerek ağ matrislerine taşınmıştır.

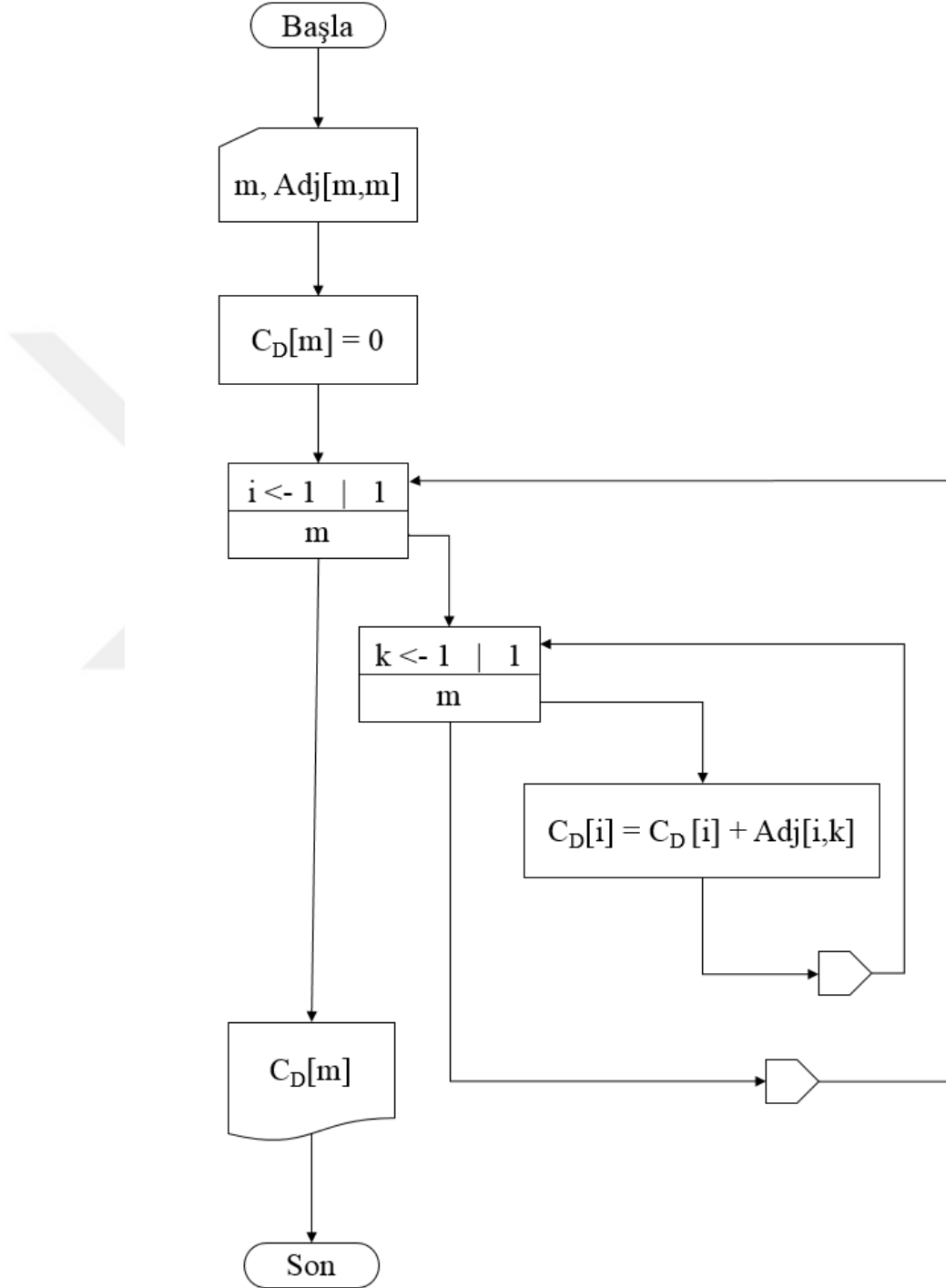
Üçüncü pratik çalışma, İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi’nin Ocak 1980 ile Aralık 2010 tarihleri arasındaki yayınlarını konu alan bir makaleden alınmış veri seti üzerinde gerçekleştirilmiştir (Tefik, ve diğerleri, 2013). Bu makalede sunulan veriler, İstanbul Tıp Fakültesi’ne ait bölümlerin ifade edilen zaman aralığındaki yayınlanmış ulusal ve uluslararası yayınlarını kapsamaktadır. Bu bilgilerin ağ ortamında görselleştirilmesi ve temel metriklerle analizlerinin yapılması, ilgili döneme ait verilere göre fakülte genelindeki bilimsel yayın etkinliklerinin karakteristik eğilimlerini ortaya koyabilir.

Bulgular bölümünde bu pratiklere yönelik detaylı bilgiler sunulmaktadır. Tezin pratik bölümünde amaçlanan, bu çalışmalarla çeşitli veri analizlerinde sosyal ağ analizinin alternatif bir yaklaşım olarak tamamlayıcı olabileceğini vurgulamaktır.

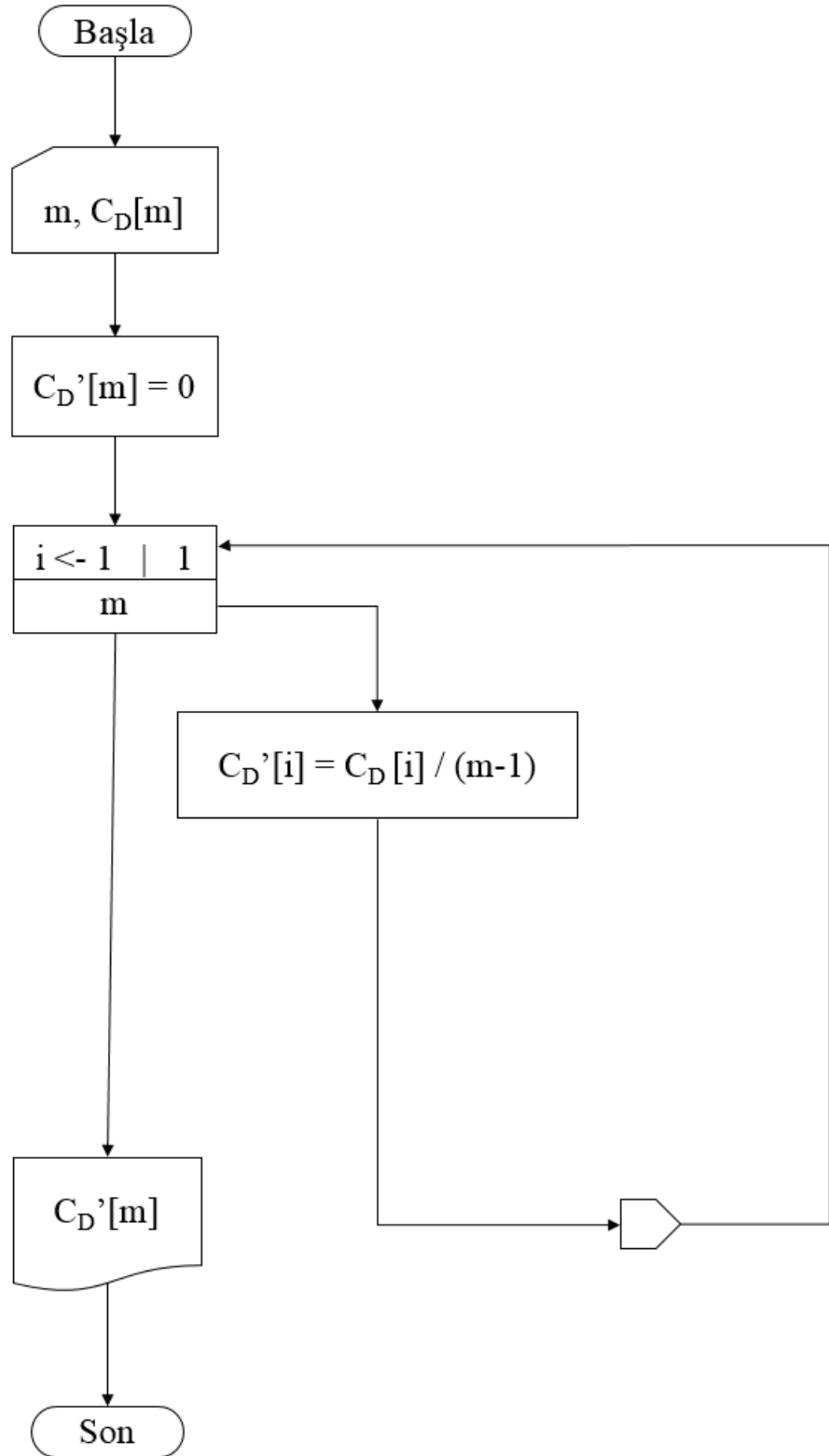
Analiz çalışmalarında muhtelif SNA yazılımları denenmiş olmakla birlikte, ana çalışmalar *UCINET versiyon 6 (Windows sürümü)* kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Metriklerin hesaplanmalarında bu yazılımlardan yararlanılmasının yanında bazı yazılım modülleri üretilerek sonuçlar test edilmiştir.

Ağ merkezilik metriklerinin tespiti için gerekli algoritmalar oluşturulmuştur. Bu algoritmalar, programatik olarak ağ kriterlerinin üretilmesini sağlamaktadır. Derece

merkeziliği ve normalize edilmiş derece merkeziliği ile ilgili algoritmalar aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.1: Bir ağın komşuluk matrisinden derece merkezlik değerlerini üreten algoritma.



Şekil 3.2: Bir ağa ait elde edilmiş derece merkezilik değerlerini normalize eden (ağ boyutu ile ölçekli hale getiren) algoritma.

4. BULGULAR

Tez kapsamında yapılan çalışmalar sonucunda el edilen bulgular ve çıktılar aşağıda anlatılmıştır:

4.1 İSTANBUL RAYLI SİSTEMLERİ ANALİZİ

Mayıs 2017 tarihi itibarıyla, İstanbul dahilinde İBB ve TCDD tarafından işletilmekte olan raylı sistemleri gösteren harita Ek 1’de verilmiştir.

Tablo 4.1: Raylı sistemlerin türlerine göre tasnifi.

SIRA	TÜR	AÇIKLAMA
1	MET	Metro hattı
2	TRA	Tramvay hattı
3	MAR	Marmaray hattı
4	FIN	Füniküler hattı

Bu genel türlere göre İstanbul’da incelemeye dahil edilen 6 metro, 3 tramvay, 2 funiküler ve 1 TCDD Marmaray hattı bulunmaktadır.

Tablo 4.2: İstanbul raylı sistemlerinin fiziki durum tanımları.

HAT	AÇIKLAMA	TÜRÜ	İSTASYON SAYISI
M1A	Yenikapı – Atatürk Havalimanı Metrosu	MET	18
M1B	Yenikapı – Kirazlı Metrosu	MET	13
M2	Yenikapı – Hacıosman Metrosu	MET	15
M3	Kirazlı – Metrokent Metrosu	MET	9
M4	Kadıköy – Tavşantepe Metrosu	MET	19
M6	Levent – Boğaziçi Ü. / Hisarüstü Metrosu	MET	4
F1	Taksim – Kabataş Füniküler	FIN	2
F2	Karaköy – Beyoğlu Tarihi Tünel	FIN	2
T1	Bağcılar – Kabataş Tramvayı	TRA	31
T2	Taksim – Tünel Nostaljik Tramvayı	TRA	Kaldırıldı
T3	Kadıköy – Moda Tramvayı	TRA	Ağ ile entegre değil
T4	Topkapı – Mescidi Selam Tramvayı	TRA	22
MA	Marmaray (TCDD)	MAR	6

Şebekeye entegre olmayan hatlar değerlendirmeye alınmamıştır. Kendi içinde kapalı devre çalışan *Kadıköy – Moda* tramvay hattı bu türdendir. Raylı sistemler tanımına uymadıkları için *Metrobüs*, *TF1 Maçka – Taşkışla* ve *TF2 Eyüp – Piyer Loti* teleferik hatları da ağ dışında bırakılmışlardır.

Bu sistemlerin hepsi kendi içinde belirli sayıda istasyon düğümlerinin uç uca bağlanmalarıyla oluşmaktadırlar. Bazı istasyonlar sistemdeki diğerlerine göre daha fazla sayıda hattın kesişim noktalarıdır ve sistemler arasında geçişe olanak tanırırlar. Bu özellikleri, aktarma istasyonlarının önemini arttırmakta ve daha fazla sayıda araca ve yolcuya ev sahipliği yapmalarına neden olmaktadır.

Bazı hatlarda oluşan çatallaşmalar nedeniyle oluşan tali istasyonlarla ana hat arasında bağlantıyı sağlayan özel seferler yapılmaktadır. Sözgelimi *M2 Yenikapı – Hacıosman* metro hattının *Levent* istasyonunda bir kırılım oluşmakta ve buradan *Boğaziçi Üniversitesi / Hisarüstü* yönüne ayrı bir metro hattı işletilmektedir ve İBB tarafından bu ek hat *M6* olarak kodlanmıştır. Benzer durum, başka metro hatlarında da bulunmaktadır ve ana hat güzergâh tanımları bu tali uzantıları kapsamamaktadır. Yolcular bu kırılım istasyonlarında inerek aktarma yaparak diğer çatal uzantısı boyunca ulaşımına devam etmektedirler. Ancak görülmüştür ki İBB *Levent – Hisarüstü* arasındaki ek *M6* tanımı uygulamasını diğer tali rotalarda uygulamamış ve bu ek güzergâhları, ana hat tarafından kapsanmamalarına rağmen ana hat koduna dahil etmiştir. Analizin sağlıklı olabilmesi için bu durumun düzeltilerek sistematik bir hat tanımı elde etmek gereklidir. Bu sebeple, ana hatların ayrıştıkları yan yol kesimleri bağımsız birer hat olarak tanımlanmıştır. Buna göre oluşan ve İBB raylı sistemler haritasından farklı olarak tanımlanan yan hatlar aşağıdaki tabloda çıkarılmıştır:

Tablo 4.3: Ana metro hat tanımları dışında kalan tali rota tanımları.

HAT	AÇIKLAMA	TÜRÜ	ANA HAT	İSTASYON SAYISI
M2B	Sanayi Mah. - Seyrantepe	MET	M2	2
M3B	İkitelli Sanayi - Olimpiyat	MET	M3	3
M6	Levent - Hisarüstü	MET	M2	4

İnşaatı devam eden ve planlanan yeni hatlarla birlikte giderek karmaşılaşan bir görüntü oluşturan raylı sistemler şebekesinde hatlardan birbirine geçişi sağlayan aktarma noktaları kritik önem taşımaktadırlar. Yolcu hareketliliğinin diğer istasyonlara göre çok yoğun yaşandığı bu transfer noktaları, raylı sistemler toplu taşımacılığının kavşakları olarak görev yapmaktadırlar. Şehrin toplu taşıma kullanan nüfusunun nereden nereye ne zaman aktığı konusunda önemli ipuçları verebilecek bu yolcu akışını değerlendirebilmek hatta yolcuların sosyokültürel, sosyoekonomik demografileri hakkında bilgiler eşliğinde bu akışı anlamlandırmak da mümkündür. İBB yetkililerinden alınan bilgiye göre henüz bu konuda bir çalışma bulunmamakta, sadece turnikeleri kullanan yolcu sayıları üzerinden bazı yaklaşımlara gidilmektedir ki bu rakamların bile yüzde 30-40 hata paylarının olduğu tahmin edilmektedir. Gelecek dönemde, kişisel bilgilerin güvenliği sağlanarak RF-ID, görüntü tanıma gibi kimlik tabanlı sensör uygulamalar kullanılarak şehrin nüfus trafiği hakkında daha somut, düşük hata toleranslı veriler elde edilerek karar vericilere çok önemli yeni görüş açıları kazandırılması kaçınılmaz görünmektedir.

Tablo 4.4: İstanbul raylı sistemindeki transfer istasyonları bağlantıları.

HAT	İSTASYON	TÜRÜ	KOMŞU	KOMŞU TÜRÜ	KOMŞU
M1A/M1B	Otogar	MET	M1A/M1B	MET	Otogar
M1A/M1B	Kocatepe	MET	M1A/M1B	MET	Kocatepe
M1A/M1B	Sağmalcılar	MET	M1A/M1B	MET	Sağmalcılar
M1A/M1B	B.Paşa-Maltepe	MET	M1A/M1B	MET	Otogar
M1A/M1B	Topk.-Ulubatlı	MET	M1A/M1B	MET	Topk.-Ulubatlı
M1A/M1B	Emniyet-Fatih	MET	M1A/M1B	MET	Emniyet-Fatih
M1A/M1B	Aksaray	MET	M1A/M1B	MET	Aksaray
M1A/M1B	Aksaray	MET	T1	TRA	Yusufpaşa
M1A/M1B	Yenikapı	MET	M1A/M1B	MET	Yenikapı
M1A/M1B	Yenikapı	MET	M2	MET	Yenikapı
M1A/M1B	Yenikapı	MET	MARMARAY	MAR	Yenikapı
M1B/M1B	Topk.- Ulubatlı	MET	T4	TRA	Vatan
M1A	Zeytinburnu	MET	T1	TRA	Zeytinburnu
M1B	Kirazlı	MET	M3	MET	Kirazlı
M1B	Bağcılar Meyd.	MET	T1	TRA	Bağcılar

Tablo 4.4 (devam): İstanbul raylı sistemindeki transfer istasyonları bağlantıları.

HAT	İSTASYON	TÜRÜ	KOMŞU	KOMŞU TÜRÜ	KOMŞU
M2	Sanayi Mah.	MET	M2A	MET	Sanayi Mah.
M2	Yenikapı	MET	MARMARAY	MAR	Yenikapı
M2	Levent	MET	M6	MET	Levent
M2	Taksim	MET	F1	FIN	Taksim
M2	Şişhane	MET	F2	FIN	Beyoğlu
M3	İkitelli Sanayi	MET	M3B	MET	İkitelli Sanayi
M4	Ayrılık Çeşme	MET	MARMARAY	MAR	Ayrılık Çeşme
T1	Topkapı	TRA	T4	TRA	Topkapı
T1	Kabataş	TRA	F1	FIN	Kabataş
T1	Karaköy	TRA	F2	FIN	Karaköy

Yukarıdaki tabloda, İstanbul'un raylı toplu ulaşım şebekesi üzerinde tespit edilmiş 25 adet transfer noktasının tek yönlü tanımları verilmiştir. Aynı istasyonlarda ters yönlü hareketlerin de mümkün olduğu düşünüldüğünde, simetrikleriyle birlikte 50 adet transfer noktasından söz edilebilir. Örneğin; tablonun son tanımında geçen *T1* tramvayından *F2* füniküler sistemine veya *F2* füniküler sisteminden *T1* tramvayına aktarım yönlerinin her ikisi de “Karaköy” istasyon düğümünden gerçekleşebilmektedir.

Raylı sistemin ağ analizinin gerçekleştirilebilmesi için bazı kabullere ihtiyaç bulunmaktadır. Sistemde sabit bulunan öğeler istasyonlardır. Hareketli unsurlar ise bu istasyonları kullanan ve istasyonlarla kurulu bir güzergâh izleyen metro seferleridir. Bu nedenle sistem ağ ortamına yansıtılırken, istasyonların ağda birer düğüm ve istasyonlar arasındaki bağlantı yollarının ise kenarlar olduğu kabul edilmiştir. Sistemin raylı bir toplu taşıma şebekesi olması, istasyonların katı kurallarla bir sıra dahilinde birbirine bağlı olması zorunluluğunu getirmektedir. Eğer bu analiz İETT belediye otobüsleri ve otobüs durakları arasında bir zaman ve kaynak iyileştirme amacıyla gerçekleştirilseydi, farklı hatların bazı durakları kullanıp bazılarını kullanmamaları gibi daha esnek ve bundan ötürü karmaşık bir yapı ile karşılaşılması muhtemeldi.

Sistem iki açıdan ele alınmıştır: İstasyonların birbirine göre bağlantı durumları ve hatların bu istasyonları kullanma durumları. Birinci çalışmanın yapılabilmesi için, raylı sabit

sistem haritasının komşuluk matrisine, ikinci çalışmanın gerçekleştirilmesi için ise katılım matrisine yüklenmesi gerekir.

Ek 3'te İstanbul'un raylı toplu taşıma şebekesinin katılım matrisine yüklenmiş hali verilmiştir. İki durumlu (two-mode) bu matris yapısında istasyonlar satırlar boyunca, şebeke üzerinde çalışan hatlar ise sütunlar boyunca sıralanmışlardır.

Oluşan ağın bütününe ait bazı temel parametreler aşağıda hesaplanarak verilmiştir. Bu değerler ağın geneliyle ilgili yorumlar yapabilmeyi mümkün kılar. Örneğin *parçalanmışlık (fragmentation)* değerinin sıfırdan büyük olması, ağda bağlantısız ögelerin bulunduğu yorumlanabilir.

Tablo 4.5: İBB raylı sistem ağının bütünsel değerlendirme parametreleri.

Density	Avg. Dist.	Radius	Diameter	Fragmentation	Transitivity	Norm. Dist.
0.016	17.328	25.000	49.000	0.000	0.668	0.086

Bu tablodaki *yoğunluk (density)* ağdaki *bağ (tie)* sayısının ağ matrisinin satır ve sütun sayı çarpımlarına ($n*m$) oranıyla elde edilen bir büyüklüktür.

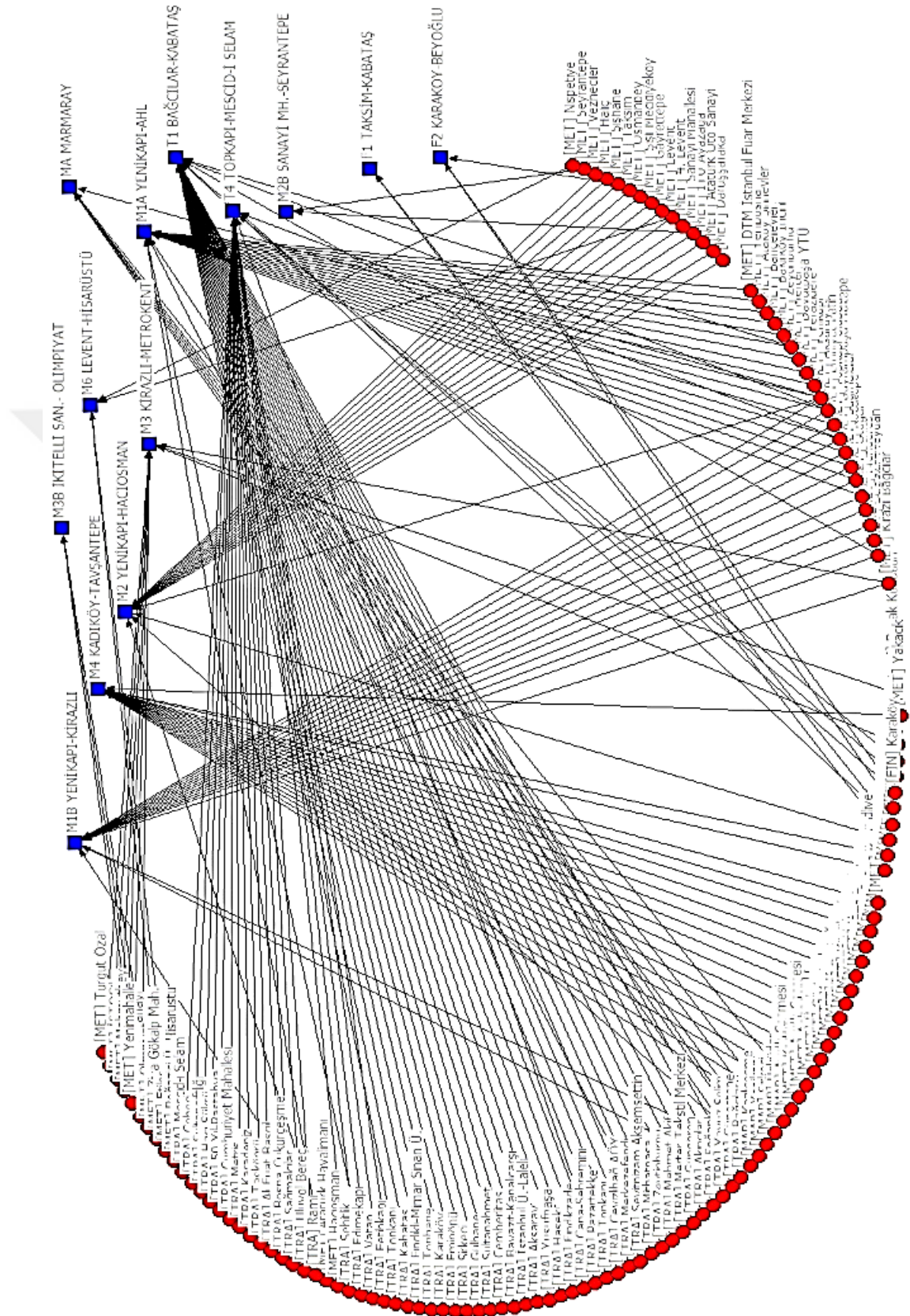
Ortalama uzaklık (average distance) aktörler arasındaki *çift yönlü (bipartite)* en kısa yol (*geodesic*) uzunluklarının ortalamasıdır.

Yarıçap (radius), *çift yönlü (bipartite)* ağın ana yapısındaki en kısa mesafedir.

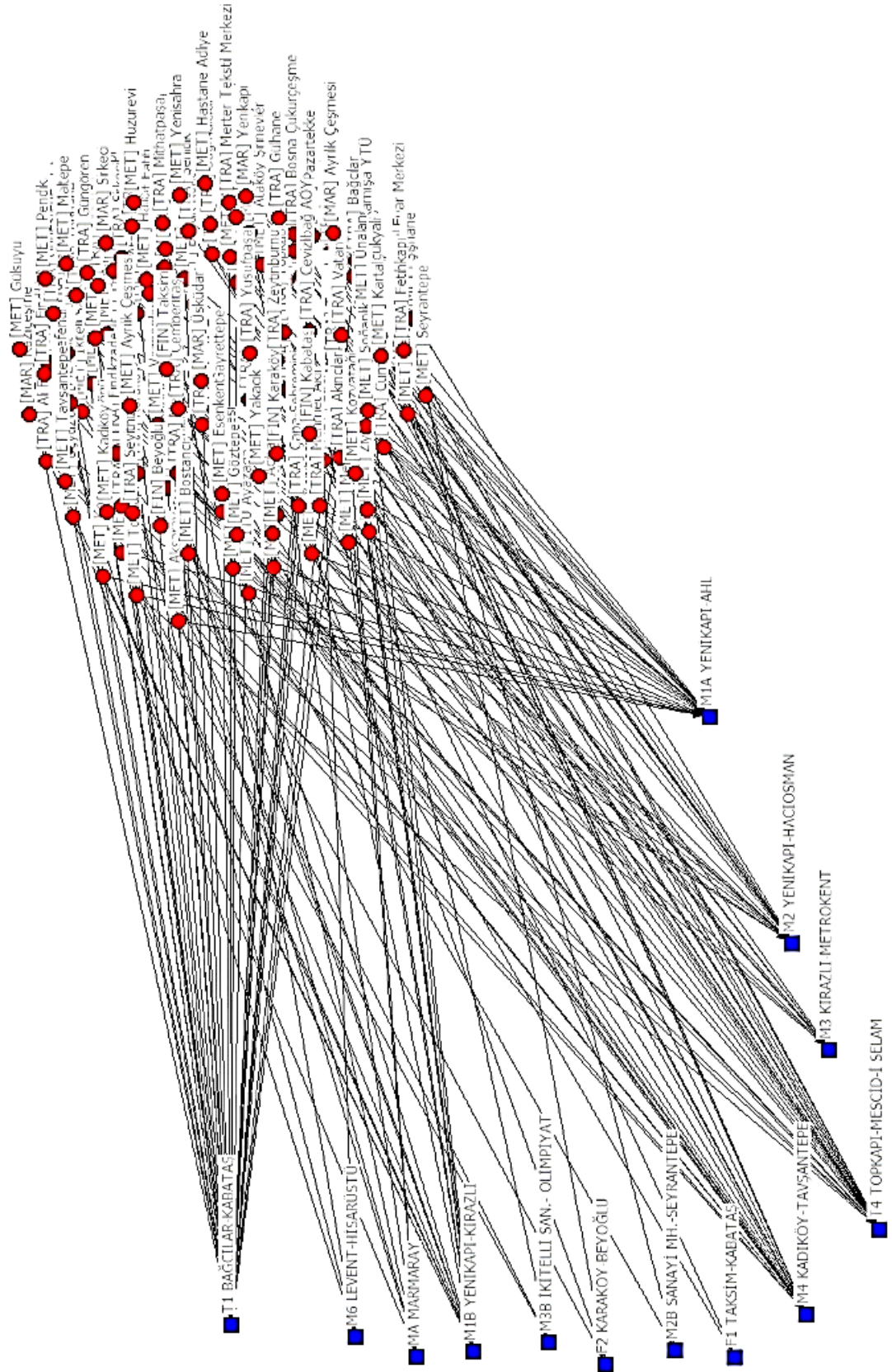
Çap (diameter), *çift yönlü (bipartite)* ağdaki en kısa yolların (*geodesic*) içinde en uzun olanıdır.

Geçişlilik (transitivity), dörtlü aktör grupları sayısının üç ya da daha fazla sayıda aktör içeren grup sayılarına bölünmesiyle elde edilir. Ağın çift yönlülüğü değerlendirilir.

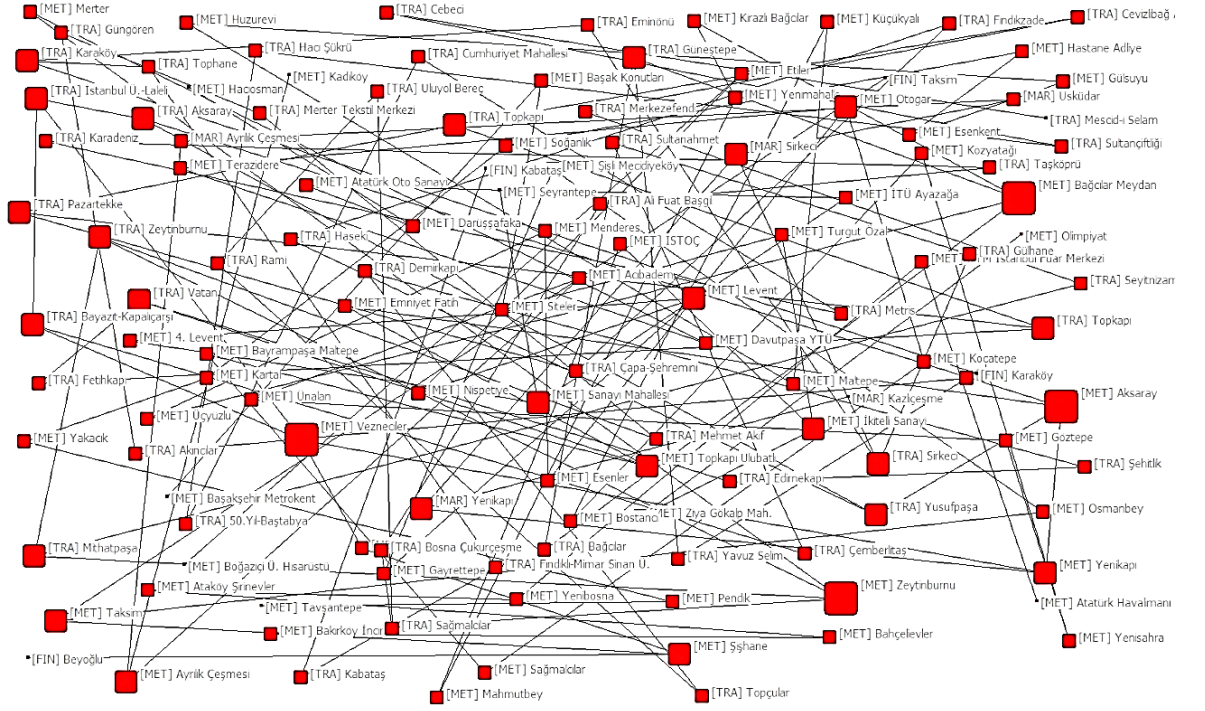
Normalize edilmiş uzaklık (normalized distance), ortalama uzaklığın *çift yönlü (bipartite)* ağdaki mümkün olan en küçük düğüm çifti sabitine bölünmesiyle elde edilir. Mesafe bilgilerini kullanarak elde edilen değerlerin normalize edilmesi, değer ağ ölçeğine orantılı bir gösterge olabilmesi için gerçekleştirilen bir iyileştirme.



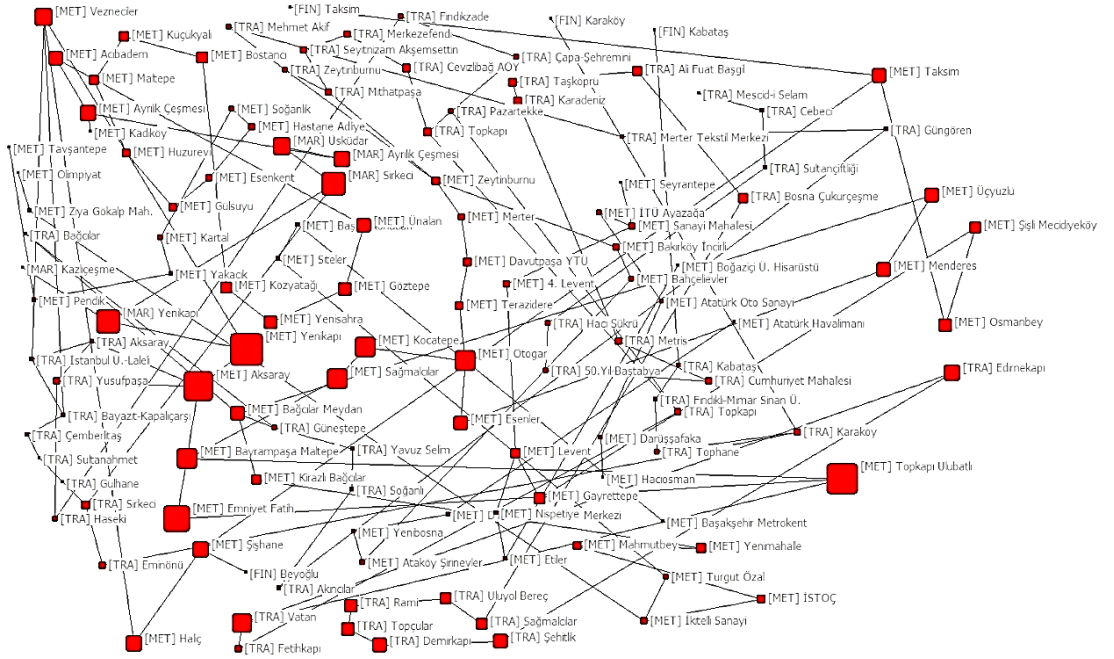
Şekil 4.2: Aynı katılım matrisinden elde edilmiş dairesel istasyon-hat dağılım ağı.



Şekil 4.3: İstanbul raylı sistemindeki ortak istasyon varlığının hatlara göre ağırlıkları.



Şekil 4.5: İstanbul raylı sistem şebeke ağında istasyonların *derece merkeziliği (degree centrality)*.



Şekil 4.6: Raylı sistem şebekesinin *araslıksızlık (betweenness)* ölçütü açısından değerlendirilmesi.

Şekil 4.4'te yer alan matriste, taşıma sistemine tez tarihi itibariyle ekli bulunan 131 adet istasyonun birbirileri ile etkileşimlerine yer verilmiştir. Dolayısıyla 131 satır ve 131 sütundan oluşan bir kare, ikili matris elde edilmiştir. Geniş bir matris olması nedeniyle okunabilirliği düşük olan matris görüntüsünde işaretlenmiş komşulukların geometrisi görülebilmektedir. İstasyonlar bir demiryolu boyunca sıralanmış olmaları sebebiyle, komşulukları genellikle matris köşegeni boyunca yoğunlaşmıştır. Bununla birlikte; köşegenden açık alanlardaki işaretlemeler farklı raylı sistemler arasındaki geçiş noktalarıdır.

Ek 4'te verilen tabloda İstanbul ili genelindeki raylı ulaşım sistemi şebekesindeki düğüm konumundaki istasyonların ağ dereceleri verilmiştir. Tablodaki derece değerlerine bakarak herhangi bir istasyonun bazı özellikleri ve ağ içindeki önemleri hakkında fikir sahibi olunabilir. Bir düğümün derecesi, o düğümün bağlantı sayısına eşittir. Derecesi 1 olan istasyonların terminal düğümler yani; hattın son istasyonları olduğunu söylemek mümkündür. Benzer şekilde; 2 derecesine sahip istasyonların ara istasyonlar olduğu, 3 ve üzerinde dereceye sahip istasyonların ise aktarma noktaları olduğu öngörülebilir. Bundan hareketle; derecesi yüksek olan bir istasyonun raylı ulaşım şebekesi için kritik öneminin arttığı düşünülebilir.

Eldeki veriler sadece fiziki şebeke yapısına dayalı bir analize olanak vermektedir. Yolcu akımına dair bilgiler eşliğinde yapılacak bir analiz, istasyon yolcu trafiğine göre değerlendirmeler ve bunlara dayalı tesis yatırımları yapılabilmesini mümkün kılabilir.

Tezin teorik bölümlerinde anlatılan konulardan birisi de ağı meydana getiren düğümlerden bazılarının diğerlerine göre önemli sayıda aktörü etkileyebilme özellikleridir. Bu güce sahip aktörlere **otorite (authority)**, otoritelere fonksiyonları itibariyle bağımlı olan aktörlere ise **hub** adı verilir. İstanbul raylı sistem şebekesinin otorite ve bağımlı hub üyelerini tespit etmek üzere yapılan analiz sonucu Ek 5'te verilmiştir. Bu tabloda görülmektedir ki otoritelik katsayısı yüksek bir düğüme yakın olmak, komşu düğümün de diğerlerine yönelik otoritesini etkilemekte ve bu etki ana otoriteden uzaklaştıkça azalmaktadır.

Bu ulaşım şebekesinin istasyonlar ve sefer hatlarından oluşan iki durumlu (two-mode) ağ modelinin analizi sonucu elde edilen temel merkezilik ölçütleri aşağıda çıkarılmıştır:

Tablo 4.6: İBB raylı ulaşım şebekesi güzergâh-hat iki durumlu merkezilik ölçütleri.

Raylı Hatlar	Degree	Eigenvector	Closeness	Betweenness
M1A YENİKAPI-AHL	0.160	0.349	0.870	0.085
M1B YENİKAPI-KİRAZLI	0.122	0.295	0.897	0.109
M2 YENİKAPI-HACIOSMAN	0.130	0.067	0.725	0.080
M6 LEVENT-HİSARÜSTÜ	0.031	0.002	0.487	0.012
M2B SANAYİ MH.-SEYRANTEPE	0.015	0.002	0.483	0.004
M3 KİRAZLI-METROKENT	0.069	0.010	0.585	0.043
M3B İKİTELLİ SAN.- OLİMPİYAT	0.023	0.000	0.418	0.008
M4 KADIKÖY-TAVŞANTEPE	0.153	0.005	0.524	0.068
MA MARMARAY	0.053	0.046	0.720	0.083
T1 BAĞCILAR-KABATAŞ	0.275	0.874	0.779	0.115
T4 TOPKAPI-MESCİD-İ SELAM	0.176	0.140	0.728	0.077
F1 TAKSİM-KABATAŞ	0.015	0.026	0.610	0.003
F2 KARAKÖY-BEYOĞLU	0.023	0.027	0.614	0.007

4.2 İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ KİTAP BİBLİYOGRAFYASI ANALİZİ

Ek 2’de İstanbul Üniversitesi Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı tarafından 2016 yılında güncellenmiş, üniversite mensubu akademisyenlerin 1933 ila 2016 yılları arasında yayınlanmış olan kitap bibliyografyası kapağı verilmiştir (Aksoy, 2016). Bu bibliyografyayı konu alan bir ağ çalışması ile zaman göre yayın performansının görünür kılınması amaçlanmıştır.

Benzer bir çalışma akademisyenlerin bireysel yayın performansının değerlendirilmesi için de yapılabilir. Ancak bu çalışma, yazarların tasnif edilmiş bir elektronik veritabanına erişilemediği için konu dışında bırakılmıştır.

Her ne kadar ilgili yayın 1933 ila 2016 yılları arasındaki kitap yayınlarını kapsadığını ifade eden bir başlık taşısa da yapılan veri analizi çalışmaları sırasında bibliyografya kayıtlarının 1924 yılına kadar geriye gittiği görülmüştür. Kitap formatındaki yayından verilerin elektronik ortama tasnif edilerek taşınması işlemi sırasında, eksik bilgiler nedeniyle değerlendirmeye giremeyecek az sayıdaki kayıt elenmiş ve gerekli veri tutarlılığı sağlandıktan sonra elde edilen 8920 adet kitap kaydı ağ analizi çalışmasına dahil edilmiştir.

Bibliyografyanın konu edindiği 93 yıllık zaman diliminde, yayın künyelerinde yer alan bazı fakültelerin kapandığı, isminin değiştiği veya birleştirildiği gözlemlenmiştir. Bu kitapların da değerlendirmeye alınabilmesi için ilgili yayınlar eski akademik kurumların

güncel eşleniklerine kaydedilmiştir. Buna göre bibliyografyanın, yayınların ait olduğu kurumlar açısından istatistiki bilgileri aşağıdaki gibidir:

Tablo 4.7: 1924-2016 arası İÜ kitap bibliyografyası bölümlere göre dağılımı.

SIRA	YAYINI YAPAN FAKÜLTE VEYA BİRİM	TOPLAM
1	Açık ve Uzaktan Eğitim F.	2
2	Adalet MYO	4
3	Adli Tıp Enst.	1
4	Atatürk Devrimleri Araştırma Enst.	9
5	Avrasya Enst.	12
6	Basın Yayın Yüksekokulu	1
7	Beden Eğitimi ve Spor YO	1
8	Bilim Tarihi Müzesi ve Dokümantasyon Merkezi	2
9	Cerrahpaşa Tıp F.	796
10	Çevre Sorunları Araştırma Merkezi	3
11	Çocuk Eğitimi Uygulama ve Araştırma Merkezi (Çocuk Üniversitesi)	2
12	Deneysel Tıp Araştırma Enst.	4
13	Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enst.	18
14	Devlet Konservatuvarı	2
15	Dil Merkezi	5
16	Diş Hekimliği F.	136
17	Eczacılık F.	149
18	Edebiyat F.	1864
19	Enformatik Bölümü	5
20	Fen Bilimleri Enst.	23
21	Fen F.	524
22	Florence Nightingale Hemşirelik F.	63
23	Hasan Ali Yücel Eğitim F.	26
24	Hukuk F.	1368
25	İktisat F.	865
26	İlahiyat F.	84
27	İletişim F.	72
28	İstanbul Fetih Cemiyeti	1
29	İstanbul Tıp F.	1036
30	İşletme F.	405
31	Kadın Sorunları Araştırma ve Uygulama Merkezi	2
32	Kariyer Geliştirme Uygulama ve Araştırma Merkezi (KAGEM)	1
33	Kimya F.	52
34	Mediko Sosyal Merkezi	4
35	Mühendislik F.	129
36	Orman F.	562
37	Rektörlük	302
38	Sağlık Bilimleri Enst.	4
39	Sağlık Bilimleri F.	1
40	Sağlık Hizmetleri MYO	2
41	Siyasal Bilgiler F.	127
42	Sosyal Bilimler Enst.	3
43	Sosyal Bilimler MYO	25
44	Stratejik Araştırmalar Merkezi	1
45	Su Ürünleri F.	59

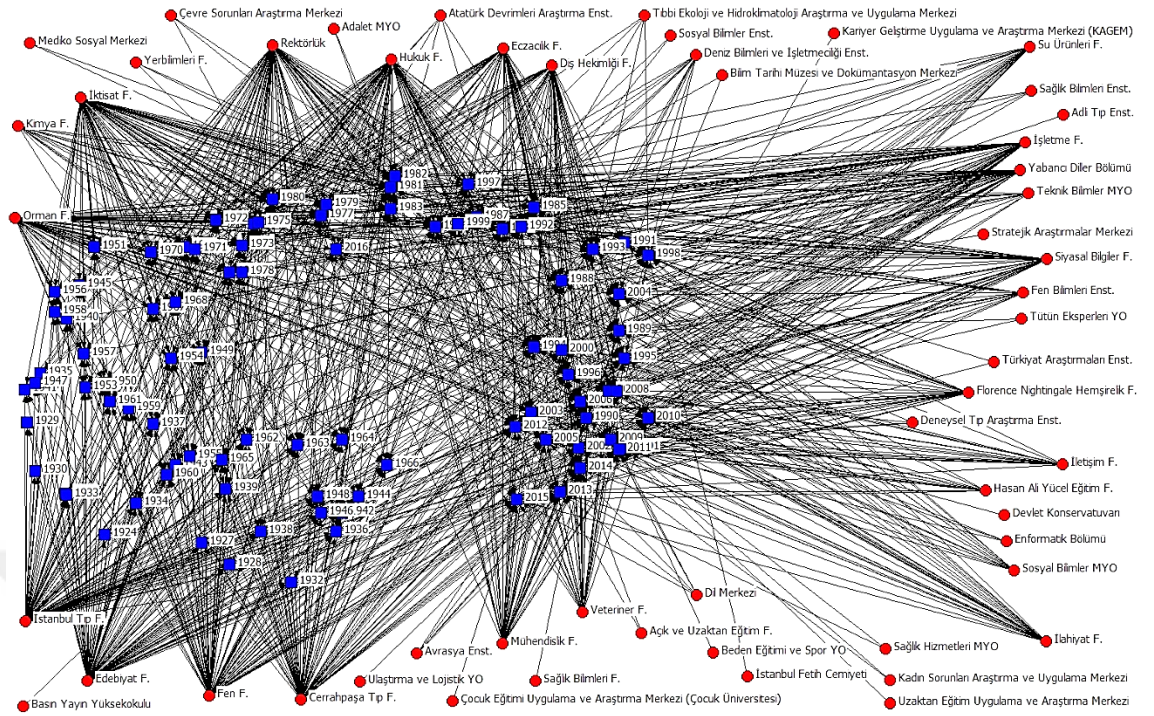
Tablo 4.6 (devam): 1924-2016 arası İstanbul Üniversitesi kitap bibliyografyasının bölümlere göre açılımı.

SIRA	YAYINI YAPAN FAKÜLTE VEYA BİRİM	TOPLAM
46	Teknik Bilimler MYO	11
47	Tıbbi Ekoloji ve Hidroklimatoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi	5
48	Türkiyat Araştırmaları Enst.	3
49	Tütün Eksperleri YO	3
50	Ulaştırma ve Lojistik YO	1
51	Uzaktan Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi	3
52	Veteriner F.	59
53	Yabancı Diller Bölümü	72
54	Yerbilimleri F.	6
TOPLAM		8920

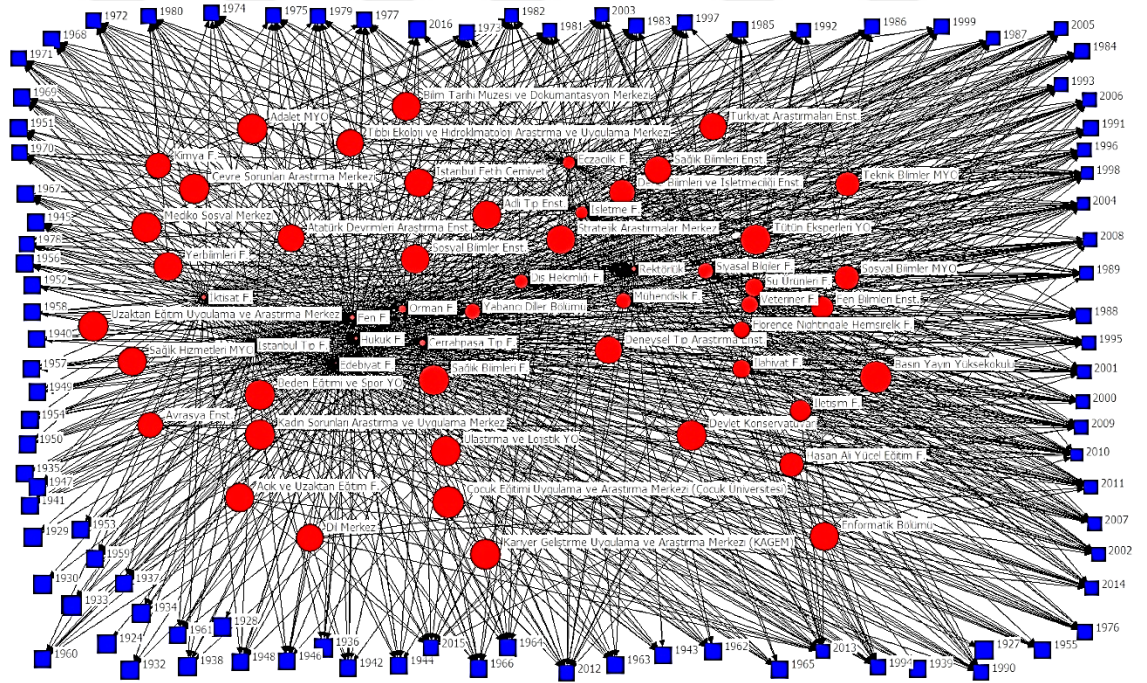
Bu çalışmanın sonucu olarak, zamana göre yayın dağılımı aşağıdaki tabloya işlenmiştir:

Tablo 4.8: Yıllara göre İstanbul Üniversitesi akademisyen kitap yayın sayıları.

YIL	YAYIN SAYISI	YIL	YAYIN SAYISI	YIL	YAYIN SAYISI	YIL	YAYIN SAYISI
1924	1	1950	64	1974	140	1998	153
1927	5	1951	63	1975	141	1999	123
1928	8	1952	61	1976	165	2000	155
1929	7	1953	71	1977	145	2001	124
1930	12	1954	59	1978	171	2002	133
1931	7	1955	66	1979	182	2003	170
1932	6	1956	63	1980	148	2004	195
1933	5	1957	65	1981	158	2005	122
1934	24	1958	80	1982	264	2006	140
1935	23	1959	53	1983	174	2007	173
1936	41	1960	65	1984	206	2008	149
1937	44	1961	69	1985	142	2009	123
1938	42	1962	89	1986	122	2010	179
1939	44	1963	81	1987	138	2011	217
1940	63	1964	72	1988	86	2012	146
1941	48	1965	69	1989	123	2013	104
1942	44	1966	84	1990	110	2014	64
1943	62	1967	104	1991	83	2015	49
1944	60	1968	121	1992	109	2016	34
1945	67	1969	121	1993	119	TOPLAM	8920
1946	78	1970	131	1994	104		
1947	70	1971	144	1995	113		
1948	82	1972	137	1996	102		
1949	93	1973	122	1997	132		



Şekil 4.8: İstanbul Üniversitesi 1924-2016 kitap bibliyografyasına göre bölüm yayın ağı.



Şekil 4.9: Derece merkeziliği (degree centrality) kriterine göre bölümlerin yıllara göre yayını.

54 sütun (yıllar) ve 91 veri satırı (bölümler) bulunan bir katılım matrisi kullanılmıştır.

Tablo 4.9: İÜ 1924-2016 bibliyografyasına göre yayın-yıl merkezilik ölçütleri.

Yıllar	Degree	Eigen	Close	Between	Yıllar	Degree	Eigen	Close	Between
1924	0.019	0.011	0.688	0.000	1972	0.241	0.113	0.741	0.001
1927	0.037	0.021	0.692	0.000	1973	0.241	0.113	0.741	0.001
1928	0.019	0.011	0.688	0.000	1974	0.241	0.108	0.741	0.003
1929	0.037	0.022	0.692	0.000	1975	0.241	0.108	0.741	0.003
1930	0.037	0.022	0.692	0.000	1976	0.241	0.113	0.741	0.001
1931	0.037	0.022	0.692	0.000	1977	0.259	0.118	0.745	0.002
1932	0.056	0.029	0.696	0.000	1978	0.241	0.113	0.741	0.001
1933	0.056	0.032	0.696	0.000	1979	0.259	0.111	0.745	0.003
1934	0.093	0.053	0.705	0.000	1980	0.296	0.115	0.755	0.012
1935	0.111	0.063	0.709	0.000	1981	0.352	0.124	0.770	0.017
1936	0.093	0.053	0.705	0.000	1982	0.352	0.123	0.770	0.021
1937	0.130	0.070	0.713	0.000	1983	0.333	0.132	0.765	0.011
1938	0.093	0.053	0.705	0.000	1984	0.315	0.129	0.760	0.007
1939	0.130	0.073	0.713	0.000	1985	0.333	0.125	0.765	0.017
1940	0.130	0.070	0.713	0.000	1986	0.333	0.130	0.765	0.005
1941	0.111	0.064	0.709	0.000	1987	0.370	0.133	0.775	0.016
1942	0.130	0.073	0.713	0.000	1988	0.315	0.129	0.760	0.004
1943	0.130	0.073	0.713	0.000	1989	0.389	0.136	0.780	0.015
1944	0.148	0.079	0.718	0.000	1990	0.315	0.126	0.760	0.015
1945	0.130	0.070	0.713	0.000	1991	0.259	0.110	0.745	0.002
1946	0.130	0.073	0.713	0.000	1992	0.426	0.141	0.791	0.019
1947	0.111	0.064	0.709	0.000	1993	0.370	0.136	0.775	0.007
1948	0.148	0.083	0.718	0.000	1994	0.315	0.130	0.760	0.003
1949	0.167	0.089	0.722	0.000	1995	0.352	0.135	0.770	0.005
1950	0.130	0.073	0.713	0.000	1996	0.352	0.133	0.770	0.005
1951	0.148	0.075	0.718	0.001	1997	0.333	0.127	0.765	0.009
1952	0.130	0.073	0.713	0.000	1998	0.519	0.150	0.818	0.056
1953	0.130	0.073	0.713	0.000	1999	0.315	0.129	0.760	0.008
1954	0.167	0.089	0.722	0.000	2000	0.370	0.144	0.775	0.004
1955	0.167	0.089	0.722	0.000	2001	0.389	0.137	0.780	0.013
1956	0.130	0.073	0.713	0.000	2002	0.389	0.139	0.780	0.014
1957	0.148	0.079	0.718	0.000	2003	0.370	0.144	0.775	0.004
1958	0.130	0.073	0.713	0.000	2004	0.481	0.148	0.807	0.029
1959	0.167	0.089	0.722	0.000	2005	0.352	0.125	0.770	0.007
1960	0.148	0.083	0.718	0.000	2006	0.370	0.142	0.775	0.005
1961	0.130	0.073	0.713	0.000	2007	0.389	0.139	0.780	0.008
1962	0.185	0.096	0.727	0.000	2008	0.407	0.143	0.785	0.011
1963	0.185	0.096	0.727	0.000	2009	0.426	0.138	0.791	0.013
1964	0.204	0.103	0.731	0.001	2010	0.463	0.149	0.801	0.028
1965	0.167	0.091	0.722	0.000	2011	0.426	0.143	0.791	0.038
1966	0.185	0.097	0.727	0.000	2012	0.315	0.131	0.760	0.002
1967	0.185	0.096	0.727	0.000	2013	0.407	0.126	0.785	0.036
1968	0.204	0.103	0.731	0.001	2014	0.389	0.128	0.780	0.045
1969	0.204	0.100	0.731	0.001	2015	0.296	0.104	0.755	0.020
1970	0.222	0.106	0.736	0.001	2016	0.185	0.086	0.727	0.001
1971	0.222	0.107	0.736	0.001					

Tablo 4.10: İÜ 1924-2016 bibliyografyasına göre yayın-kurum merkezilik ölçütleri.

Kurumlar	Degree	Eigenvect	Close	Between
Açık ve Uzaktan Eğitim F.	0.022	0.009	0.461	0.000
Adalet MYO	0.022	0.009	0.447	0.000
Adli Tıp Enst.	0.011	0.005	0.459	0.000
Atatürk Devrimleri Araştırma Enst.	0.077	0.030	0.479	0.000
Avrasya Enst.	0.066	0.028	0.486	0.001
Basın Yayın Yüksekokulu	0.011	0.004	0.439	0.000
Beden Eğitimi ve Spor YO	0.011	0.005	0.449	0.000
Bilim Tarihi Müzesi ve Dokümantasyon Merkezi	0.022	0.010	0.461	0.000
Cerrahpaşa Tıp F.	0.758	0.273	0.817	0.057
Çevre Sorunları Araştırma Merkezi	0.033	0.013	0.453	0.000
Çocuk Eğitimi Uygulama ve Araştırma Merkezi (ÇÜ)	0.011	0.004	0.435	0.000
Deneyisel Tıp Araştırma Enst.	0.044	0.020	0.470	0.000
Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enst.	0.132	0.056	0.494	0.001
Devlet Konservatuvarı	0.011	0.005	0.453	0.000
Dil Merkezi	0.055	0.022	0.477	0.000
Dış Hekimliği F.	0.484	0.193	0.654	0.020
Eczacılık F.	0.549	0.216	0.696	0.025
Edebiyat F.	1.000	0.315	1.000	0.146
Enformatik Bölümü	0.033	0.015	0.466	0.000
Fen Bilimleri Enst.	0.154	0.067	0.528	0.002
Fen F.	0.879	0.299	0.900	0.074
Florence Nightingale Hemşirelik F.	0.275	0.117	0.595	0.008
Hasan Ali Yücel Eğitim F.	0.132	0.057	0.509	0.001
Hukuk F.	0.912	0.309	0.925	0.080
İktisat F.	0.868	0.300	0.891	0.071
İlahiyat F.	0.297	0.126	0.588	0.008
İletişim F.	0.187	0.083	0.537	0.003
İstanbul Fetih Cemiyeti	0.011	0.005	0.459	0.000
İstanbul Tıp F.	0.967	0.313	0.970	0.110
İşletme F.	0.538	0.216	0.701	0.026
Kadın Sorunları Araştırma ve Uygulama Merkezi	0.022	0.009	0.449	0.000
Kariyer Geliştirme Uyg. ve Araştırma Merkezi (KAGEM)	0.011	0.004	0.447	0.000
Kimya F.	0.165	0.058	0.484	0.001
Mediko Sosyal Merkezi	0.022	0.009	0.449	0.000
Mühendislik F.	0.385	0.164	0.638	0.014
Orman F.	0.747	0.272	0.804	0.049
Rektörlük	0.857	0.287	0.868	0.071
Sağlık Bilimleri Enst.	0.044	0.019	0.475	0.000
Sağlık Bilimleri F.	0.011	0.004	0.445	0.000
Sağlık Hizmetleri MYO	0.022	0.009	0.457	0.000
Siyasal Bilgiler F.	0.374	0.159	0.629	0.013
Sosyal Bilimler Enst.	0.022	0.010	0.457	0.000
Sosyal Bilimler MYO	0.132	0.058	0.509	0.001
Stratejik Araştırmalar Merkezi	0.011	0.005	0.455	0.000
Su Ürünleri F.	0.231	0.102	0.574	0.005
Teknik Bilimler MYO	0.099	0.044	0.504	0.001
Tıbbi Ekoloji ve Hidroklimatoloji Araşt. ve Uyg. Merkezi	0.055	0.024	0.479	0.000
Türkiyat Araştırmaları Enst.	0.022	0.010	0.470	0.000
Tütün Ekspertleri YO	0.022	0.009	0.449	0.000
Ulaştırma ve Lojistik YO	0.011	0.004	0.445	0.000

Tablo 4.9 (devam): İÜ 1924-2016 bibliyografyasına göre yayın-kurum merkezilik ölçütleri.

Kurumlar	Degree	Eigenvect	Close	Between
Uzaktan Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi	0.011	0.005	0.449	0.000
Veteriner F.	0.319	0.134	0.606	0.009
Yabancı Diller Bölümü	0.440	0.161	0.629	0.017
Yerbilimleri F.	0.033	0.013	0.455	0.000

Bu veri seti ile oluşturulan iki durumlu katılım matrisindeki değerler ile hesaplanan ağ bütünselliğine yönelik parametreler ise şu şekildedir:

Tablo 4.11: İÜ 1924-2016 kitap bibliyografyası ağının bütünsellik değerleri.

Density	Avg. Dist.	Radius	Diameter	Fragmentation	Transitivity	Norm. Dist.
0.234	2.343	2.000	4.000	0.000	0.695	0.653

Tablodaki değerlerin ne anlama geldikleri ve nasıl hesaplandıkları konusunda gerekli bilgi tezin teorik bölümünde ve bir önceki, İBB raylı sistemler şebekesi örneğinde verilmiştir. Buradaki değerler, ağ analizcisine ağın nitelikleri hakkında çeşitli yorumlarda bulunma imkânı sağlar. Ağın büyüklüğü, yoğunluğu, bağlantısız ağ parçalarının olup olmadığı konusunda araştırmacıya bilgi sunan bu değerler, ağın genelinin yapısal durumu hakkında aydınlatıcıdır.

İncelenmekte olan ağın *çapının (diameter)*, farklı şekillerde hesaplanıyor olmakla birlikte ağın *yarıçapının (radius)* yaklaşık iki katı seviyesinde olması beklenir. *Parçalanmışlık (fragmentation)*, ağın birbiri ile bağlantısı olmayan alt ağlar içerip içermediğinin göstergesidir. Bu değerın sıfırdan büyük olması, genellikle ayrıık ağların varlığına işaret eder. Milyonlarca aktörü olan bir ağda gözlem yoluyla tespiti çok zor olan bir gerçeğin hesaplamalı yolla farkına varılabilmesi, önemli bir aşamadır. Ağ metrikleri üzerindeki çalışmalar bu nedenle önemlidir.

İki düğüm arasındaki en kısa yolu oluşturan güzergâha patika (geodesic) adı verilir ve yukarıdaki değerlerin üretilmesinde düğümler arasındaki patika uzunlukları kullanılır. Bu uzunluklar her düğüm için hesaplanır.

4.3 İSTANBUL TIP FAKÜLTESİ 1980-2010 YAYINLARI ANALİZİ

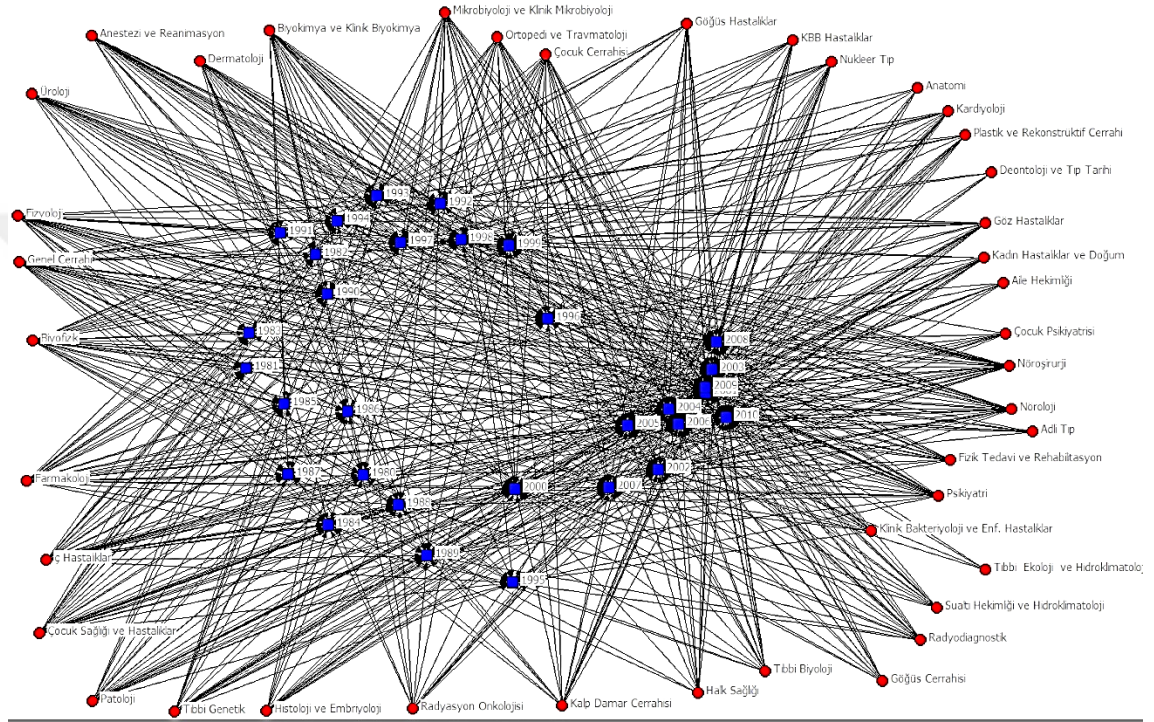
2013 tarihli Yükseköğretim Dergisi'nde İTF'nin bilimsel yayın istatistiklerine yönelik aşağıdaki matrisi içeren makale yayınlanmıştır.

Tablo 4.12: İTF bölümleri (1980-2010) SCI ve SCI-E dergilerinde makale dağılımı (Tefik, ve diğerleri, 2013).

Anabilim dalları	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010		
Adli Tıp																						8	8	2	2		3				2	3	
Aile Hekimliği																	1	1				7		1						1	1	3	
Anatomi														1			3									4	1				1	1	
Anestezi ve Reanimasyon	1						1				1	1	3	2			12	4	1	4	4	6	11	13	9	13	5	6	4	5	4		
Biyokimya ve Klinik Biyokimya	1	1				3	1	2	5	13	3	1	2	5	5	4	5	4	10	10	11	18	14	24	25	9	13	13	15	14	20	29	
Biyofizik	3	1	6	4	2	2	1	4	2	1	3	4	3	4	3	4	1	8	2	2	1	2	2	2	4	5	4	6	1	2	1		
Çocuk Cerrahisi						1			2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	3	3	4	3	1	1	3			
Çocuk Psikiyatrisi																				4				3	4	4	4	4	4	13	6		
Çocuk Sağlığı ve Hastalıklar	2	5	3	3	1	1	9	5	6	9	3	10	5	9	13	19	9	10	16	14	16	12	18	19	18	24	30	30	15	23	37		
Deontoloji ve Tıp Tarihi																																	
Dermatoloji	1		1		1		4		1	1		1	2	1	2	3	3	7	4	5	5	6	17	5	2	4	6	7	4	6	6		
Farmakoloji	4	4	4	6	1	6	3	3	3	4	6	3	2	1	1	3	3	3	3	3	1	2	2	3	5	4	3	1	1	6	4		
Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon									1				2					2						2	6	7	5	4	1	4	9	6	
Fizyoloji			1	3	2	1	3	3	3	4	3	3	4	3	1	4	1	1	10	5	8	18	16	6	10	8	10	18	7	12	8		
Genel Cerrahi	2	1	5		5	1	3	3	5	2	6	4	2	4	1	11	7	6	12	7	24	13	22	12	17	23	31	23	26	28	29		
Göğüs Cerrahisi																					1	3	2	3	3	3	3	5	3	5	3	5	
Göğüs Hastalıkları												1	2	1	1						2	3	10	10	3	2	5	3	6	5	7		
Göz Hastalıklar						1			1	1			1	3	2	2	2	4	6	1	4	3	5	5	6	5	4	4	4	9	7		
Halk Sağlığı							1														1	5	3	9	8	7	9	16	11	14			
Histoloji ve Embriyoloji	1			1	1	1	3	2						1							2	6	6		6	2	4	5	7	12			
İç Hastalıklar	1	2	2	1	6	5	3	2	6	5	1	2		7	5	5	16	15	29	19	30	32	45	34	40	32	51	39	43	64	53		
Kadın Hastalıklar ve Doğum									1							1	4	2	5	1	6	2	4	3	5	4		6	4	12	13		
Kalp Damar Cerrahisi	2			1	1	1	1	2								3		1	2	6	6	4	3	4	4	4	3	14	28	7			
Kardiyoloji					1					1			1		3	2	2	2	1	1		6	10	11	8	16	17	13	14	17	23		
Klinik Bakteriyoloji ve Enf. Hastalıklar																1					5	6	15	8	5	3	5	4	4	1	1		
KBB Hastalıklar				1									1	2			1		5	3		5	4	3	4	6	3		1	3	6		
Mikrobiyoloji ve Klinik Mikrobiyoloji	1			1	1	1	1	2	1		1		1	6		2	2	3		4	5	6	15	8	14	20	9	8	11	16	12		
Nöroloji	1						2		1					4	1	4	5	3	10	9	12	15	19	10	10	15	6	22	14	33	37		
Nöroşirürji			2	1	3		1			1	1	1	4	5	2		4	5	1	7	3	3	2	3	2	5	6	1	6	11	6		
Nükleer Tıp															1	5	8	2	2	1	3	2	2		3	3	3	10	6	5	4		
Ortopedi ve Travmatoloji	1			1	1						1		2	2				1	1	3	2	3	11	10	5	6	5	10	6	17	10		
Patoloji	1	1	1	2	1	1	1		2	1						1	2		3	1	15	17	17	14	24	22	35	16	27	25	22		
Plastik ve Rekonstrüktif Cerrahi														1			1	2	1	7	8	2	4	16	7	5		5	9	15			
Psikiyatri							1		1	1		1		1	3	2	3	1	4	2	5	2	12	5	8	8	11	10	11	11	11		
Radyasyon Onkolojisi						4	1	4	1	1					1					6	12	8	4	5	6	2	2	1		5			
Radyodiagnostik							2		1	1			2			2	1			9	21	13	11	12	20	12	15	23	19	17	14		
Suati Hekimliği ve Hidroklimatoloji																				2	1	1	3	4	2	8	1	6	1	2			
Tıbbi Biyoloji	1															1				1	4	4	9	3	2	5	2	7	5	6	4		
Tıbbi Ekoloji ve Hidroklimatoloji																							1										
Tıbbi Genetik						1	3	1	3	2	2			2	1	1	1	1			5	3	9	7	2	11	7	4	13	18	12		
Üroloji				1	2						1	6	1		3	5	3	3	1	6	7	4	5	4	5	5	9	7	9	15	4		
Toplam	23	14	37	22	47	20	45	22	49	54	28	40	42	67	55	77	87	89	128	142	233	248	349	274	305	320	352	326	337	479	443		

Bu matris de yıllara karşılık gelen ilgili tıp fakültesinin bölümlerinden oluşan bir katılım matrisidir. Bu matrisi girdi olarak kullanıp bölümlerin yıllara göre performansını ortaya koyabilecek bir ağ görseli üretilebilir.

Gerekli çalışmalar yapıldıktan sonra UCINET yazılımıyla elde edilen ağ görüntülerine aşağıda yer verilmiştir:



Şekil 4.10: İTF'nin 1980-2010 yayınlarının yıllara göre dağılımını gösteren ağ modeli.

İki durumlu (two-mode) bir yapıya sahip bu ağın bütünlüğüne özgü parametreler aşağıda verilmiştir:

Tablo 4.13: İTF ağının bütünsellik ölçüm değerleri.

Density	Avg. Dist.	Radius	Diameter	Fragmentation	Transitivity	Norm. Dist.
1.000	1.503	2.000	2.000	0.000	1.000	1.000

Bu değerlerin anlamları ilk uygulama örneğinde anlatılmıştır. Ağın merkezilik ölçütleri hesaplanmış ve aşağıdaki değerlere ulaşılmıştır:

Tablo 4.14: İTF 1980-2010 yayın sayılarına göre yılların merkezilik ölçütleri.

Yıllar	Degree	Eigenvector	Closeness	Betweenness
1980	0.366	0.116	0.660	0.004
1981	0.146	0.052	0.591	0.000
1982	0.268	0.092	0.627	0.001
1983	0.293	0.091	0.635	0.003
1984	0.439	0.132	0.687	0.006
1985	0.293	0.096	0.635	0.002
1986	0.415	0.130	0.678	0.005
1987	0.268	0.087	0.627	0.002
1988	0.415	0.130	0.678	0.005
1989	0.537	0.162	0.727	0.009
1990	0.317	0.104	0.643	0.002
1991	0.317	0.105	0.643	0.002
1992	0.463	0.139	0.697	0.007
1993	0.537	0.162	0.727	0.009
1994	0.463	0.145	0.697	0.006
1995	0.488	0.145	0.706	0.009
1996	0.659	0.192	0.783	0.017
1997	0.585	0.178	0.748	0.011
1998	0.585	0.174	0.748	0.013
1999	0.732	0.206	0.821	0.024
2000	0.756	0.216	0.835	0.021
2001	0.829	0.227	0.878	0.029
2002	0.854	0.228	0.894	0.034
2003	0.927	0.244	0.944	0.042
2004	0.927	0.247	0.944	0.039
2005	0.902	0.243	0.927	0.038
2006	0.902	0.242	0.927	0.036
2007	0.829	0.231	0.878	0.027
2008	0.902	0.241	0.927	0.039
2009	0.976	0.247	0.981	0.055
2010	0.951	0.247	0.962	0.047

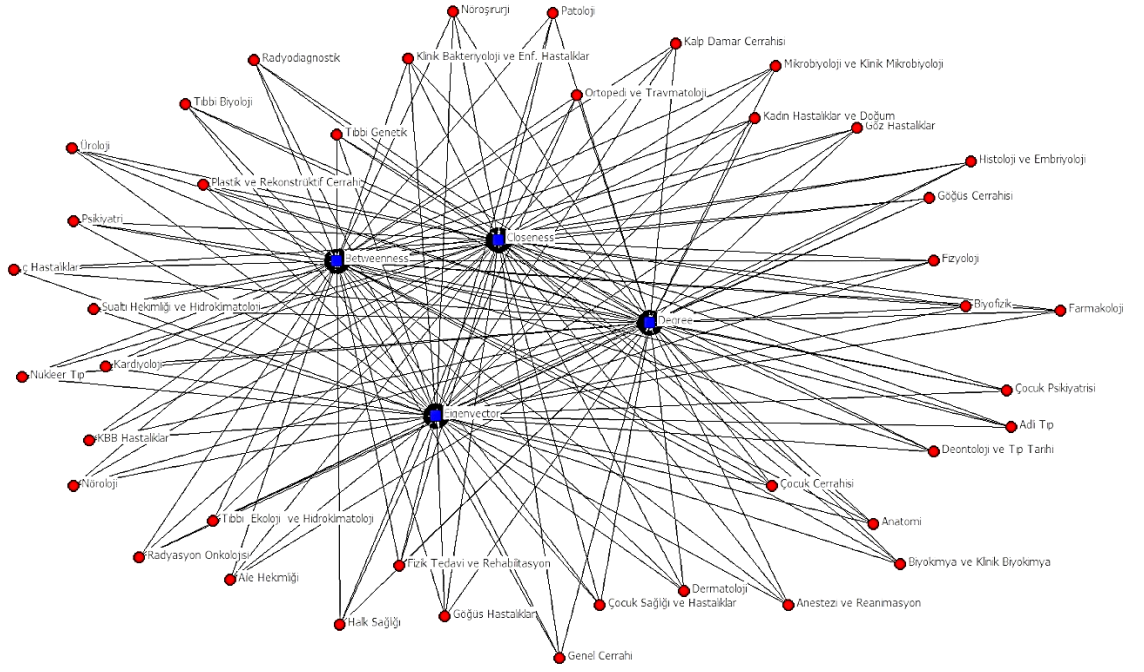
Tablo 4.15: İTF 1980-2010 yayın sayılarına göre bölümlerin merkezilik ölçütleri.

Bölümler	Degree	Eigenvector	Closeness	Betweenness
Adli Tıp	0.226	0.070	0.698	0.000
Aile Hekimliği	0.226	0.064	0.698	0.001
Anatomi	0.258	0.073	0.707	0.001
Anestezi ve Reanimasyon	0.677	0.172	0.847	0.010
Biyokimya ve Klinik Biyokimya	0.903	0.207	0.949	0.022
Biyofizik	0.968	0.209	0.982	0.029
Çocuk Cerrahisi	0.645	0.164	0.835	0.008
Çocuk Psikiyatrisi	0.258	0.079	0.707	0.001

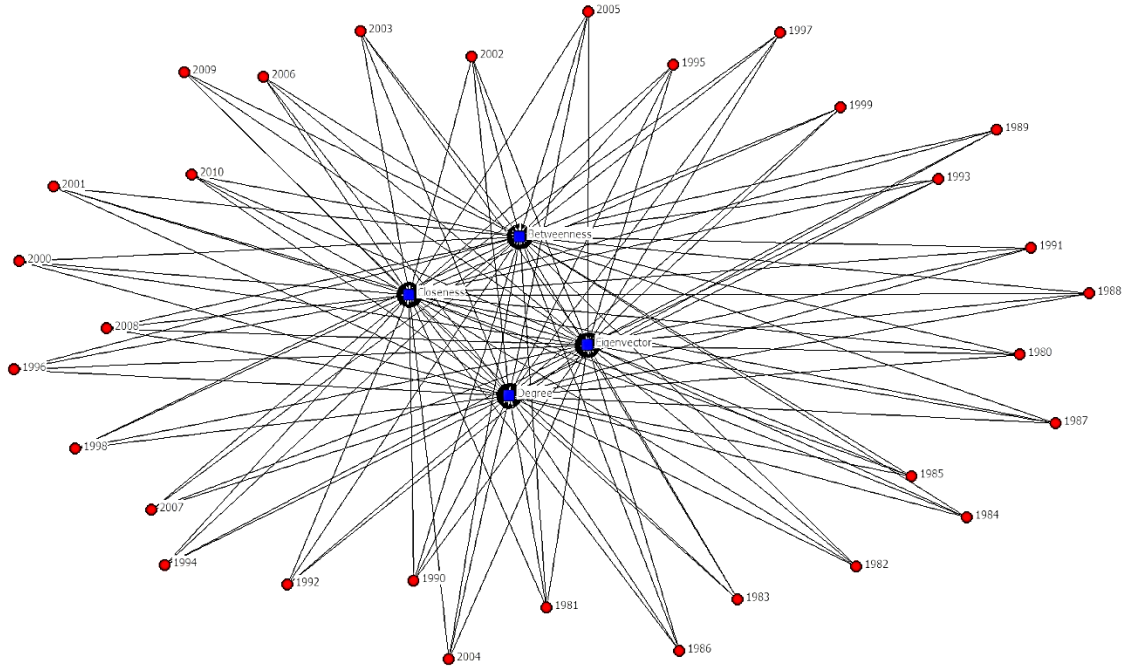
Tablo 4.14 (devam): İTF 1980-2010 yayın sayılarına göre bölümlerin merkezilik ölçütleri.

Çocuk Sağlığı ve Hastalıklar	1.000	0.219	1.000	0.031
Deontoloji ve Tıp Tarihi	0.161	0.046	0.681	0.000
Dermatoloji	0.806	0.195	0.902	0.015
Farmakoloji	0.935	0.203	0.965	0.028
Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon	0.419	0.121	0.755	0.002
Fizyoloji	0.871	0.203	0.933	0.020
Genel Cerrahi	0.968	0.215	0.982	0.028
Göğüs Cerrahisi	0.355	0.103	0.735	0.002
Göğüs Hastalıklar	0.516	0.139	0.787	0.005
Göz Hastalıklar	0.677	0.176	0.847	0.009
Halk Sağlığı	0.387	0.109	0.745	0.003
Histoloji ve Embriyoloji	0.516	0.133	0.787	0.005
İç Hastalıklar	0.968	0.213	0.982	0.029
Kadın Hastalıklar ve Doğum	0.516	0.143	0.787	0.004
Kalp Damar Cerrahisi	0.613	0.159	0.822	0.008
Kardiyoloji	0.581	0.155	0.810	0.006
Klinik Bakteriyoloji ve Enf. Hastalıklar	0.387	0.115	0.745	0.002
KBB Hastalıklar	0.484	0.130	0.776	0.004
Mikrobiyoloji ve Klinik Mikrobiyoloji	0.774	0.184	0.888	0.016
Nöroloji	0.742	0.185	0.874	0.012
Nöroşirurji	0.774	0.188	0.888	0.014
Nükleer Tıp	0.548	0.149	0.799	0.005
Ortopedi ve Travmatoloji	0.645	0.163	0.835	0.009
Patoloji	0.774	0.181	0.888	0.018
Plastik ve Rekonstrüktif Cerrahi	0.452	0.129	0.766	0.003
Psikiyatri	0.742	0.185	0.874	0.012
Radyasyon Onkolojisi	0.516	0.130	0.787	0.006
Radyodiagnostik	0.581	0.155	0.810	0.006
Sualtı Hekimliği ve Hidroklimatoloji	0.355	0.109	0.735	0.001
Tıbbi Biyoloji	0.484	0.134	0.776	0.004
Tıbbi Ekoloji ve Hidroklimatoloji	0.129	0.040	0.673	0.000
Tıbbi Genetik	0.710	0.173	0.860	0.012
Üroloji	0.710	0.176	0.860	0.012

Elde edilen bu verilere göre ağ katılım matrisinin satırlarını oluşturan İTF bölümlerinin bu merkezilik ölçütlerine göre konumları hesaplanmıştır. Bu düğümlerden hangilerinin hangi merkeziliğe daha yakın oldukları konusunda fikir verebilecek bu çalışmanın ağ görüntüsü aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Bazı ağlarda merkezilik ölçütlerine yakın değerlere sahip olmak, düğümlerin stratejik konumlarını açıklamak için önemli bir kriterdir. Sözelimi; yüksek bir derece merkeziliği (degree centrality) değerine sahip olmak, böyle bir yayın ağında fakülte bölümlerini temsil eden düğümlerin istikrarlı bir şekilde fakülte yayınlarına sürekli olarak katkı sunduğu şeklinde yorumlanabilir.



Şekil 4.11: İTF 1980-2010 bilimsel yayın sayılarına göre ağ merkezilik gösterimleri.



Şekil 4.12: İTF 1980-2010 yılları merkezilik ölçütlerine göre baskın yılları gösterir ağ.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Zamana bağlı olaylarda henüz yaşanmamış döneme ait öngörülerde bulunabilmek, insanlar için oldukça heyecan vericidir. Hangi hisse senedinin artacağı, hangi ürüne yatırım yapılacağı, hangi yatırım aracının daha çok kazandıracağı, bir seçimi kazananın kim olacağı gibi konular her zaman popülerliğini korumaktadır. Yakın bir geçmişe kadar, bu gibi sorulara inandırıcı yanıtlar verebilmenin en belirgin yolunun istatistiğin klasik yöntemleri olduğu düşünülmekteydi. Bu sebeple kurulan pek çok kamuoyu araştırma şirketi hatta Devlet İstatistik Enstitüsü'nün yayınladığı ve anonim yöntemlerle toplanan verilerden elde edilen raporlar, bireysel ve kurumsal olarak geleceğe yönelik kararların alınmasında temel girdiler olarak kullanılmaktadır. Devlet bu verilere bakarak yatırımlarını planlarken, bireylerin ve onlardan oluşan organizasyonların yönelimleri de bu değerlere göre şekillenmektedir.

17. yüzyıldan bu yana insanlığın devam eden teknolojik evrim süreci ve 1775 yılında kullanıma sunulan ilk buhar makinesi sonrasında hız kazanan Sanayi Devrimi ile başlayıp günümüzde Endüstri 4.0 ile devam eden süreç büyük veri yığınlarının daha yerel ve özel gerçeklere dayandırılarak analiz edilmesini ve bunun süratle gerçekleştirilmesini zorunlu kılmaktadır (Görçün, 2016). Akıllı teknolojiler ve cihazlar birbirine sürekli olarak bağlanırken, form değiştirerek giyilebilir boyutlara indirgenirken bu teknolojilerin kullanıcısı durumundaki insanın veya atomun, proteinin, hücrenin, molekülün, genin ve diğer varlıkların veya yapı taşlarının bağlantısız olmaları ve birbirlerini etkileyebilecek hiyerarşik ağlara üye olmadıkları düşünülemez.

Tezin başlığındaki Nesnelerin Ağı (NoT, Network of Things) ifadesi bu gerçeği vurgulamayı amaçlamaktadır. Nesnelerin birbirleri ile sayısal veri kanallarıyla bağlanarak oluşturdukları düşünülen Nesnelerin Bağlantısı (IoT, Internet of Things) yorumuna karşılık olarak, canlı ve cansız nesnelerin sayısallaşmamış ve henüz sınıflandırılmamış çok sayıda doğal yolla kazanılmış bağlantıları ve dahil oldukları ağları mevcuttur. Henüz yeterince fikir sahibi olunmayan bu ağların modellenmesi ve analizi, insanlığın yanıtını aramakta olduğu pek çok soruya ışık tutucu olabilir.

Bir örnek olarak kanser, yakın bir geçmişe kadar tıp bilimi içinde çözüm aranan ve anonim yöntemlerle toplanmış istatistiki verilere göre sebepleri üzerinde yorum yapılan

bir hastalık olarak görülmekteydi. Ülkemizde kanser için kullanılan istatistiklerin önemli bir kısmı ise yurtdışında yapılmış araştırma sonuçlarına dayanıyordu. Bunun sonucu olarak genetik faktörler, beslenme alışkanlıkları gibi gerekçeler hep temel nedenler arasında görülmekteydi. Oysa yerelleştirilmiş parametrelerin ve kişiye özel durumların analizlerine muhtaç olan kanser olgusunun bir hücre enformasyonu sorunu olduğu, yani hücrenin bağlı bulunduğu etkileşim ağlarındaki iletişimin buna neden olduğu konusu giderek kabul görmektedir. Günümüzün çözüm bekleyen önemli hastalıklarına karşı başarı elde edebilmek için çok disiplinli yaklaşımlara, daha önce değerlendirilmemiş ve ilgisiz gibi görünen çevresel parametrelerle hücrenin bağlantılarını ortaya koymaya ihtiyaç bulunmaktadır (Borgatti, Centrality and AIDS, 1995). Diğer pek çok alanda olduğu gibi ağ bilimleri ve SNA bu konuda da gerçek resme araştırmacıları yaklaştıracak bir alet olarak önemli bir alternatiftir.

Bu örneklerden anlaşılacağı üzere, SNA sadece insanlar arası iletişimi veya internet üzerindeki sanal paylaşım trafiğini anlamayı amaç edinmemektedir. SNA, tüm bilimsel çalışma alanlarında gerçeğe yakın ve kapsamlı resim üretmeye çalışan bir yaklaşımdır. Nesnelerin birbirleri ile bağlarının önem derecelerini, stratejik durumlarını tespit ederek karar vericiye yorum geliştirme şansı verir.

İnsan ve bilgisayar ortamında kullanılan sayısallaştırılmış veri arasındaki etkileşimin nitelik ve seviyesinin tarihsel gelişimi değerlendirildiğinde; nicelik tabanlı hareketliliğin yerini giderek nitel ve sezgisel çıkarımlara bırakma yönünde bir eğilimi olduğu görülmektedir. Sözelimi; sadece durağan ve tek yönlü veri sunumunu yeterli gören Web 1.0 teknolojilerinden sadece birkaç on yıl içinde çift yönlü, dinamik etkileşimi de kabul etmeyen ve hareketlerden semantik anlamlar üreten yapay zekâ, makine öğrenmesi, sosyal ağ analizleri tekniklerinin ön plana geçtiği bir döneme gelinmiştir.

Bu tekniklerin hemen hiçbirinin tarihi yeni değildir. On yıllardır yapay zekâ araştırmalarının varlığı, bu uğraşıya özgü programlama dilleri, Turing makineleri bilinmektedir. Ağ biliminin kökü yüzyıllar öncesine dayanmaktadır. Ancak insanların teknolojik algıları ve gereksinim farkındalık düzeyleri, belki de bu tür yaklaşımların uzun yıllar genele yayılmasını engelleyen faktörlerden olmuştur. SNA de uzun bir dönem özellikle sosyologlar tarafından sahiplenilmiş görülmektedir. Bunun temel nedeni, “sosyal” ifadesi olmalıdır. Bu yüzden SNA ifadesini bugün bile çoğu insanlar internetteki

sanal paylaşım sitelerine özgü bir çalışma olarak görmektedirler. Oysa sosyallikten anlaşılması gereken; özneler arasındaki etkileşimdir. Özneler ise yaşamın her alanından olabilir çünkü yaşam nesneler arasında iletişim ve etkileşim dokusudur. Bu sebeple ağ biliminin özneleri her şey olabilir: İnsanlar, hayvanlar, hücreler, atomlar, telefonlar, bilgisayarlar, fotonlar, genler, nöronlar, gezegenler, eşyalar ve daha fazlası.

Günümüzün bilgi dünyasında sık duyulan bir ifade olan “büyük veri” kavramı çok farklı türde ve miktarda veri kümeleriyle insanlığı karşı karşıya bırakmıştır. Her geçen gün gelişen teknoloji ile birlikte, insanlık zaten var olan ama ne denli etrafını saran büyük bir dev olduğunun yeni yeni farkına vardığı veri dağlarıyla başa çıkabilmek, veriyi anlamlandırıp bilgiye dönüştürebilmek konusunda klasik analiz ve veri yönetim sistemlerinin yetersizliğini hissetmektedir. Endüstri 4.0 yaklaşımları bilgiyi aktörlerin ötesine taşımaya kararlıdır. Bu dönemle birlikte insanın hariç bırakıldığı, her birinin veriyi üretme, tutma, ölçme, değerlendirme yetisine sahip olacağı öngörülen akıllı cihazlar devrinin başlaması, insanlık için önemli bir teknolojik eşiktir. Makineden makineye (Machine to Machine, M2M) etkileşimin ürettiği devasa boyuttaki veri dağlarıyla da başa çıkabilmek, bunları anlamlı ve kullanılabilir forma dönüştürebilmek, karar destek sistemlerine girdi olarak sunabilmek için farklı, semantik çıkarımları olan yaklaşımlara gereksinim duyulmaktadır. Yaşam içinde akıp giden ve onu şekillendiren veri kümelerinden anlamlı çıkarımlarda bulunmak için yeni tekniklere ihtiyaç duyuluyorken yüzyıllardır bilimin yakınında olan SNA özellikle 2000’li yıllardan sonra yeniden keşfedilmiştir.

Gelinen teknolojik seviyede verinin üretilmesi, transferi, saklanması konularında insanlığın önünü açan gelişmeler büyük bir hızla devam etmekte; yakın bir geçmişe kadar hayal gibi görünen iletişim hızı ve depolama kapasite birimleri günlük yaşamda telaffuz edilmektedir. Veri ile ilgili fiziki altyapı koşullarındaki bu büyük gelişim ivmesine uyum göstermesi beklenen ve halen oldukça geriden gelen bileşen ise bu ortamlarda tutulan veya bu altyapılardan geçirilen veriyi süratle anlamca sentezleyebilecek veri analiz yaklaşımlarıdır. Veri kullanıcıları teknolojilerin yükselttiği çitanın geleneksel veri analiz yaklaşımları ile aşılamayacağı açıktır.

Otonom sistemlerin giderek insan gücünü üretim alanında devre dışı bırakma eğilimleri, artan dünya nüfusunun işsizlik temelli mikro ve makroekonomik endişelerini

arttırmaktadır. Enformatik yeni dünya düzeninde yaşanan, aslında bir yer değiştirmedir. İnsan teknoloji etkisiyle, katma değeri düşük, dōngüsel üretim ve çalışma alanlarından uzaklaştırılmaktayken yeni bir alana sürüklenmektedir: Veri okuryazarı olan, veriden kullanışlı bilgiyi üretebilen, dahil olduğu kitleye projeksiyon sunabilen, yorum ve analiz yapabilen bir beyin gücü olarak, geğmişe göre daha karmaşık görülen mesleklerin mensubu insanlara iş dünyasının talebi yoğun olarak devam etmektedir. Ağ bilimleri bu açıdan, kol gücüne dayalı mesleklerin bilgi değerlendirme tabanlı yeni formlarına dönüşümlerini mümkün kılan açılımlar ortaya koyabilir.

Ağ bilimi, ağ veritabanları hemen her disiplin için veri anlamlandırmanın gelecek dönem temel yöntemlerinden birisi olarak gözükmemektedir çünkü veriyi anlamlı kılanın ve bilgiye dönüşerek önemli yapanın, verilerin nicel yapılarından daha çok onların dahil bulundukları uzayda diğerleri ile etkileşimleri olduğunu düşündüren çok fazla örnek mevcuttur.

KAYNAKLAR

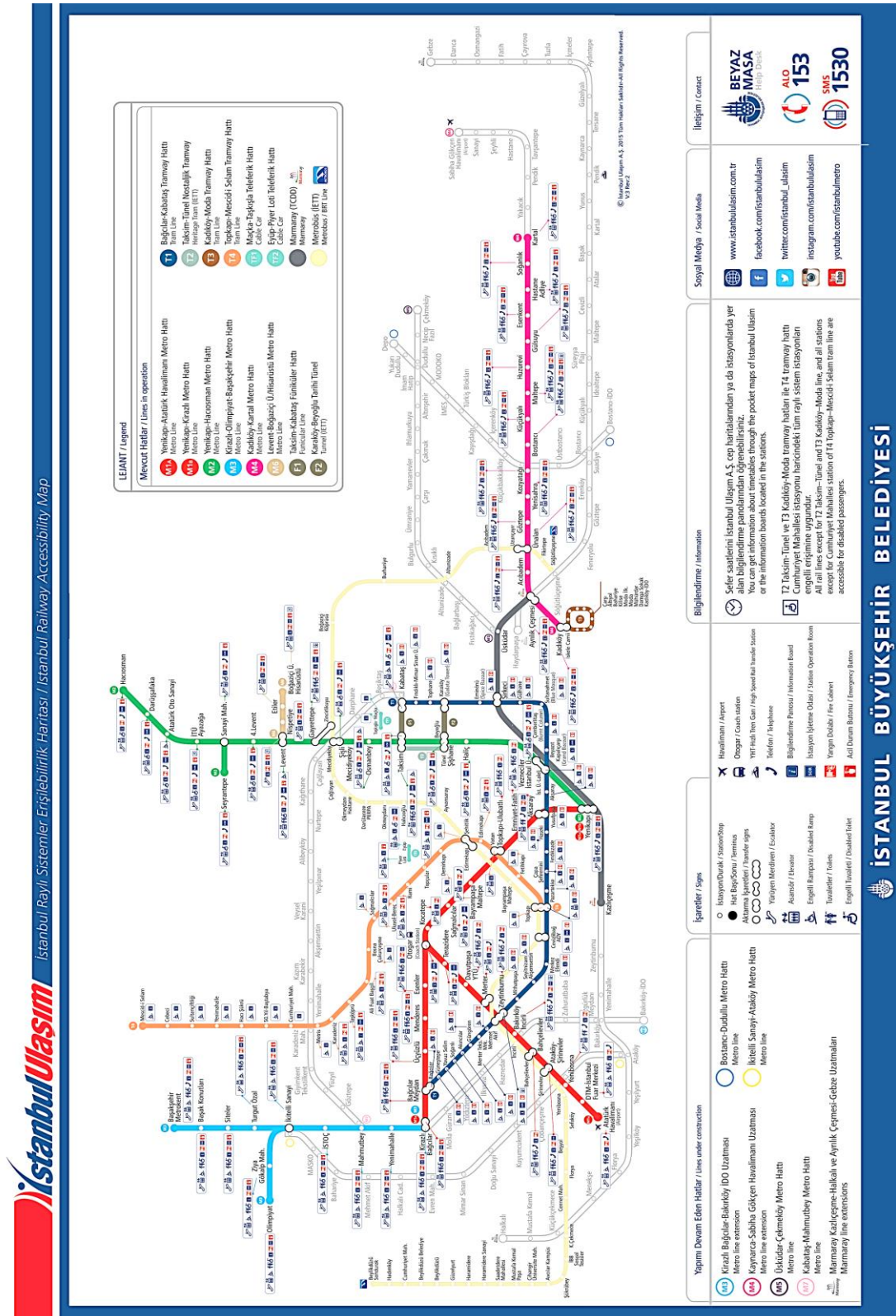
- Aksoy, S. (2016). İstanbul Üniversitesi Yayınları Bibliyografyası 1933-2016: Kitaplar. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı. 10 11, 2016 tarihinde alındı
- Barabasi, A. L. (2010). *Bağlantılar*. Optimist Yayınları.
- Barabasi, A.-L., & Albert, R. (1999). Emergence of Scaling in Random Networks. *Science*, 286:509-512.
- Beaty, H. W. (2006, 05 05). Units, Symbols, Constants, Definitions and Conversion Factors. H. W. Beaty, & D. G. Fink içinde, *Standard Handbook for Electrical Engineers*. McGraw-Hill. ScienceDefine: <http://sciencedefine.com/units-and-measurement/measurement-length/special-units-length> adresinden alındı
- Bilgin, A., Çağman, E., & Bıyıklı, Ş. (2012). *Dünden Bugüne Toplu Ulaşım Kültürü*. İstanbul: İETT İşletmeleri Genel Müdürlüğü.
- Bonacich, P. (2007). Some Unique Properties of Eigenvector Centrality . *Social Networks*, 555-564.
- Bonacich, P., & Llyod, P. (2001). Eigenvector-like Measures of Centrality for Assymmetric Relations. *Social Networks*, 191-201.
- Borgatti, S. P. (1995). Centrality and AIDS. *Techniques*, 112-113.
- Borgatti, S. P., Everett, M. G., & Johnson, J. C. (2013). *Analyzing Social Networks*. SAGE Publications Ltd.
- Brusco, M. (2011). Analysis of Two-Mode Network Data Using Nonnegative Matrix Factorization. *Social Networks*, 201-210.
- Cook, J. (2015, 09 01). *Social Networks Lecture Overview*. University of Maine at Augusta: <http://www.umasocialmedia.com/socialnetworks/lecture-week-2-fundamental-concepts/> adresinden alındı
- Cypher Query Language*. (2017, 1 6). Neo4J: <https://neo4j.com/developer/cypher/> adresinden alındı
- de Nooy, W., Mrvar, A., & Batagelj, V. (2005). *Exploratory Social Network Analysis with Pajek*. New York: Cambridge University Press.
- Dunn, R., Dudbridge, F., & Sanderson, C. M. (2005). The Use of Edge-Betweenness Clustering to Investigate Biological Function in Protein Interaction Networks. *BMC Bioinformatics*, 6-39.
- Estrada, E., Higham, D. J., & Hatano, N. (2009). Communicability Betweenness in Complex Networks. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 764-774.

- Faust, K. (1997). Centrality in Affiliation Networks. *Social Networks*, 157-191.
- Fothergill, J. (Yöneten). (2013). *The Age of Big Data* [Sinema Filmi].
- Freeman, L. C. (1979). Centrality in Social Networks. *Social Networks*, 215-239.
- Freeman, L. C. (2004). *The Development of Social Network Analysis: A Study in the Sociology of Science*. Vancouver: Empirical Press.
- Freeman, L. C. (2011). *The Development of Social Network Analysis - with an Emphasis on Recent Events*. University of California: <http://moreno.ss.uci.edu/91.pdf> adresinden alındı
- Görçün, Ö. F. (2016). *Endüstri 4.0*. İstanbul: Beta.
- Granovetter, M. (1973). The Strength of Weak Ties. *American Journal of Sociology*, 1360-1380.
- Gürsakar, N. (2009). *Sosyal Ağ Analizi*. Bursa: Dora Yayıncılık.
- Ho, J., & Hong, S.-H. (2005). Drawing Clustered Graphs in Three Dimensions. *International Symposium on Graph Drawing, GD 2005* (s. 492-502). Limerick: Springer.
- Holland, P., & Leinhardt, S. (1970). A Method for Detecting Structure in Sociometric Data. *American Journal of Sociology*, 492-513.
- Hunger, M., Boyd, R., & Lyon, W. (2016). The Definitive Guide to Graph Databases for the RDBMS Developer. 01 05, 2017 tarihinde <https://info.neo4j.com/rs/773-GON-065/images/Definitive-Guide-Graph-Databases-for-RDBMS-Developer.pdf> adresinden alındı
- Jungnickel, D. (2005). *Graphs, Networks and Algorithms*. New York: Springer.
- Kadushin, C. (2012). *Understanding Social Networks*. Oxford University Press.
- Kime, C., & Kaminski, T. (2008). *Logic and Computer Design Fundamentals*. Pearson Education, Inc.
- Kouznetsov, A., & Tsvetovat, M. (2011). *Social Network Analysis for Startups*. O'reilly.
- Loup, F., Picard, F., Yonekawa, Y., Wieser, H.-G., & Fritschy, J.-M. (2009). Selective changes in GABAA receptor subtypes in white matter neurons of patients with focal epilepsy. *Brain*, 2449-2463.
- Luce, R., & Perry, A. D. (1949). A Method of Matrix Analysis of Group Structure. *Psychometrika*, 14.
- Mano, M. M. (1988). *Computer Engineering: Hardware Design*. New Jersey: Prentice Hall.

- Moody, J., & White, D. R. (2003). Structural Cohesion and Embeddedness: A Hierarchical Concept of Social Groups. *Americal Sociological Review*, 103-127.
- Moreno, J. L., & Jennings, H. (1938). Statistics of Social Configurations. *Sociometry*, 1:342-374.
- Muhammed, R. B. (2015, 07 05). *Algorithmic Graph Theory*. Kent State University: <http://www.personal.kent.edu/~rmuhamma/GraphTheory/MyGraphTheory/graphIntro.htm> adresinden alındı
- National Institute of Standards and Technology. (2001, 05 11). Uzunluk Birimleri. B. N. Taylor içinde, *The International System of Units (SI)* (s. 5, 28). Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology. Vikipedi: https://tr.wikipedia.org/wiki/Uzunluk_birimleri adresinden alındı
- Prell, C. (2012). *Social Network Analysis*. SAGE Publications.
- Qin Wu, E. F.-Q. (2010). Graph Model for Pattern Recognition in Text. *Mining and Analyzing Social Networks* (s. 1-20). Berlin: Springer.
- Robinson, I., Webber, J., & Eifrem, E. (2015). *Graph Databases*. California: O'reilly.
- School of Mathematics and Statistics, University of St Andrews, Scotland. (2015, 05 14). *Leonhard Euler*. MacTutor History of Mathematics archive: <http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/history/Biographies/Euler.html> adresinden alındı
- Tefik, T., Varol, B., Edis, B. Ö., Tufan, F., Demirtürk, M., Kılınçaslan, A., . . . Saydam, M. B. (2013). İstanbul Tıp Fakültesinde 31 Yıllık Bilimsel Araştırma Sonuçları. *Yükseköğretim Dergisi*, 53-60.
- Turkle, S. (2009). *Bilime Sevdalanmak - Akılda Kalan Nesneler*. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Yayınları.
- Valente, T. W., Coronges, K., Lakon, C., & Costenbader, E. (2008). How Correlated are Networks Centrality Measures? *Connections*, 24.
- Wallis, W. D. (2007). *A Beginner's Guide to Graph Theory* (2. b.).
- Warner, W. L., & Lunt, P. S. (1941). *The Social Life of a Modern Community*. New Haven: Yale University Press.
- Wasserman, S., & Faust, F. (1994). *Social Network Analysis: Methods and Applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Watts, D. J., & Strogatz, S. H. (1998). Collective Dynamics of 'Small-World' Networks. *Nature*, 393(6684):440-442.
- Weisstein, E. W. (2006, 06 04). *Incidence Matrix*. 10 11, 2015 tarihinde MathWorld--A Wolfram Web Resource: <http://mathworld.wolfram.com/IncidenceMatrix.html> adresinden alındı

EKLER

Ek 1. İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2017 İstanbul Raylı Sistemler Haritası



Ek 2. İstanbul Üniversitesi 1933-2016 Kitap Bibliyografyası Kapağı

**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
KÜTÜPHANE VE DOKÜMANTASYON DAİRE BAŞKANLIĞI**

**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ YAYINLARI
BİBLİYOGRAFYASI 1933-2016: KİTAPLAR
(Üniversite Mensuplarının Kurum ve Kurum Dışı Yayınları)**

Hazırlayan: Sedat Aksoy
Kütüphaneci
İÜ Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı
e-posta: aksed@istanbul.edu.tr
eyayin3@istanbul.edu.tr
Telefon: 02124555783 Dahili tel.: 16783

Tam metin açık erişim adresi: <http://kutuphane.istanbul.edu.tr/?p=5539>

İstanbul- Aralık, 2014, 2015, 2016

Ek 3 (devam). İstanbul Raylı Sistem Şebekesi İstasyon ve Hatlar Katılım Matrisi

[TRA] Haseki	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
[TRA] Fındıkzade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
[TRA] Çapa-Şehremini	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
[TRA] Pazartekke	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
[TRA] Topkapı	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
[TRA] Cevizlibağ AÖY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
[TRA] Merkezefendi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
[TRA] Seyitnizam Akşemsettin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
[TRA] Mithatpaşa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
[TRA] Zeytinburnu	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
[TRA] Mehmet Akif	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
[TRA] Merter Tekstil Merkezi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
[TRA] Güngören	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
[TRA] Akıncılar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
[TRA] Soğanlı	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
[TRA] Yavuz Selim	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
[TRA] Güneştepe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
[TRA] Bağcılar	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
[MAR] Kazlıçeşme	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
[MAR] Yenikapı	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
[MAR] Sirkeci	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
[MAR] Üsküdar	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
[MAR] Ayrılık Çeşmesi	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
[MET] Kadıköy	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
[MET] Ayrılık Çeşmesi	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
[MET] Acıbadem	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
[MET] Ünalán	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
[MET] Göztepe	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
[MET] Yenısahra	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
[MET] Kozyatağı	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
[MET] Bostancı	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
[MET] Küçükalyalı	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
[MET] Maltepe	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
[MET] Huzurevi	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
[MET] Gülsuyu	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
[MET] Esenkent	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
[MET] Hastane Adliye	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
[MET] Soğanlık	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
[MET] Kartal	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
[MET] Yakacık	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
[MET] Pendik	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
[MET] Tavşantepe	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
[FIN] Taksim	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
[FIN] Kabataş	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
[FIN] Beyoğlu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
[FIN] Karaköy	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1

Ek 4. İBB Raylı Sistem Şebekesi Düzüm Derece ve Normalizasyon Değerleri

No	İstasyon	Deg	nDeg	No	İstasyon	Deg	nDeg
1	[MET] Başakşehir Metrokent	1.000	0.008	66	[TRA] Topçular	2.000	0.015
2	[MET] Başak Konutları	2.000	0.015	67	[TRA] Demirkapı	2.000	0.015
3	[MET] Siteler	2.000	0.015	68	[TRA] Şehitlik	2.000	0.015
4	[MET] Turgut Özal	2.000	0.015	69	[TRA] Edirnekapı	2.000	0.015
5	[MET] İkitelli Sanayi	3.000	0.023	70	[TRA] Vatan	3.000	0.023
6	[MET] İSTOÇ	2.000	0.015	71	[TRA] Fetihkapı	2.000	0.015
7	[MET] Mahmutbey	2.000	0.015	72	[TRA] Topkapı	3.000	0.023
8	[MET] Yenimahalle	2.000	0.015	73	[TRA] Kabataş	2.000	0.015
9	[MET] Kirazlı Bağcılar	2.000	0.015	74	[TRA] Fındıklı-Mimar Sinan Ü.	2.000	0.015
10	[MET] Olimpiyat	1.000	0.008	75	[TRA] Tophane	2.000	0.015
11	[MET] Ziya Gökalp Mah.	2.000	0.015	76	[TRA] Karaköy	3.000	0.023
12	[MET] Bağcılar Meydan	4.000	0.031	77	[TRA] Eminönü	2.000	0.015
13	[MET] Üçyüzlü	2.000	0.015	78	[TRA] Sirkeci	3.000	0.023
14	[MET] Menderes	2.000	0.015	79	[TRA] Gülhane	2.000	0.015
15	[MET] Esenler	2.000	0.015	80	[TRA] Sultanahmet	2.000	0.015
16	[MET] Otogar	3.000	0.023	81	[TRA] Çemberlitaş	2.000	0.015
17	[MET] Kocatepe	2.000	0.015	82	[TRA] Bayazıt-Kapalıçarşı	3.000	0.023
18	[MET] Sağmalcılar	2.000	0.015	83	[TRA] İstanbul Ü.-Laleli	3.000	0.023
19	[MET] Bayrampaşa Maltepe	2.000	0.015	84	[TRA] Aksaray	3.000	0.023
20	[MET] Topkapı Ulubatlı	3.000	0.023	85	[TRA] Yusufpaşa	3.000	0.023
21	[MET] Emniyet Fatih	2.000	0.015	86	[TRA] Haseki	2.000	0.015
22	[MET] Aksaray	4.000	0.031	87	[TRA] Fındıkzade	2.000	0.015
23	[MET] Yenikapı	3.000	0.023	88	[TRA] Çapa-Şehremini	2.000	0.015
24	[MET] Terazidere	2.000	0.015	89	[TRA] Pazartekke	3.000	0.023
25	[MET] Davutpaşa YTÜ	2.000	0.015	90	[TRA] Topkapı	3.000	0.023
26	[MET] Merter	2.000	0.015	91	[TRA] Cevizlibağ AÖY	2.000	0.015
27	[MET] Zeytinburnu	4.000	0.031	92	[TRA] Merkezefendi	2.000	0.015
28	[MET] Bakırköy İncirli	2.000	0.015	93	[TRA] Seyitnizam Akşemsettin	2.000	0.015
29	[MET] Bahçelievler	2.000	0.015	94	[TRA] Mithatpaşa	3.000	0.023
30	[MET] Ataköy Şirinevler	2.000	0.015	95	[TRA] Zeytinburnu	3.000	0.023
31	[MET] Yenibosna	2.000	0.015	96	[TRA] Mehmet Akif	2.000	0.015
32	[MET] DTM İstanbul Fuar Merkezi	2.000	0.015	97	[TRA] Merter Tekstil Merkezi	2.000	0.015

Ek 4 (devam). İBB Raylı Sistem Şebekesi Düğüm Derece ve Normalizasyon Değerleri

33	[MET] Atatürk Havalimanı	1.000	0.008	98	[TRA] Güngören	2.000	0.015
34	[MET] Hacıosman	1.000	0.008	99	[TRA] Akıncılar	2.000	0.015
35	[MET] Darüşşafaka	2.000	0.015	100	[TRA] Soğanlı	2.000	0.015
36	[MET] Atatürk Oto Sanayi	2.000	0.015	101	[TRA] Yavuz Selim	2.000	0.015
37	[MET] İTÜ Ayazağa	2.000	0.015	102	[TRA] Güneştepe	3.000	0.023
38	[MET] Sanayi Mahallesi	3.000	0.023	103	[TRA] Bağcılar	2.000	0.015
39	[MET] 4. Levent	2.000	0.015	104	[MAR] Kazlıçeşme	1.000	0.008
40	[MET] Levent	3.000	0.023	105	[MAR] Yenikapı	3.000	0.023
41	[MET] Gayrettepe	2.000	0.015	106	[MAR] Sirkeci	3.000	0.023
42	[MET] Şişli Mecidiyeköy	2.000	0.015	107	[MAR] Üsküdar	2.000	0.015
43	[MET] Osmanbey	2.000	0.015	108	[MAR] Ayrılık Çeşmesi	2.000	0.015
44	[MET] Taksim	3.000	0.023	109	[MET] Kadıköy	1.000	0.008
45	[MET] Şişhane	3.000	0.023	110	[MET] Ayrılık Çeşmesi	3.000	0.023
46	[MET] Haliç	2.000	0.015	111	[MET] Acıbadem	2.000	0.015
47	[MET] Vezneciler	4.000	0.031	112	[MET] Ünalán	2.000	0.015
48	[MET] Seyrantepe	1.000	0.008	113	[MET] Göztepe	2.000	0.015
49	[MET] Nispetiye	2.000	0.015	114	[MET] Yenısahra	2.000	0.015
50	[MET] Etiler	2.000	0.015	115	[MET] Kozyatağı	2.000	0.015
51	[MET] Boğaziçi Ü. Hisarüstü	1.000	0.008	116	[MET] Bostancı	2.000	0.015
52	[TRA] Mescid-i Selam	1.000	0.008	117	[MET] Küçükyalı	2.000	0.015
53	[TRA] Cebeci	2.000	0.015	118	[MET] Maltepe	2.000	0.015
54	[TRA] Sultançiftliği	2.000	0.015	119	[MET] Huzurevi	2.000	0.015
55	[TRA] Hacı Şükrü	2.000	0.015	120	[MET] Gülsuyu	2.000	0.015
56	[TRA] 50. Yıl-Baştabya	2.000	0.015	121	[MET] Esenkent	2.000	0.015
57	[TRA] Cumhuriyet Mahallesi	2.000	0.015	122	[MET] Hastane Adliye	2.000	0.015
58	[TRA] Metris	2.000	0.015	123	[MET] Soğanlık	2.000	0.015
59	[TRA] Karadeniz	2.000	0.015	124	[MET] Kartal	2.000	0.015
60	[TRA] Taşköprü	2.000	0.015	125	[MET] Yakacık	2.000	0.015
61	[TRA] Ali Fuat Başgil	2.000	0.015	126	[MET] Pendik	2.000	0.015
62	[TRA] Bosna Çukurçeşme	2.000	0.015	127	[MET] Tavşantepe	1.000	0.008
63	[TRA] Sağmalcılar	2.000	0.015	128	[FIN] Taksim	1.000	0.008
64	[TRA] Uluyol Bereç	2.000	0.015	129	[FIN] Kabataş	1.000	0.008
65	[TRA] Rami	2.000	0.015	130	[FIN] Beyoğlu	1.000	0.008
				131	[FIN] Karaköy	1.000	0.008

Ek 5. İBB Raylı Sistem Şebekesi Bağımlı (Hub) ve Otorite (Author) Aktör Analizi

No	İstasyon	Hub	Auth	No	İstasyon	Hub	Auth
1	[MET] Başakşehir Metrokent	0.000	0.000	66	[TRA] Topçular	0.001	0.001
2	[MET] Başak Konutları	0.000	0.000	67	[TRA] Demirkapı	0.002	0.002
3	[MET] Siteler	0.000	0.000	68	[TRA] Şehitlik	0.006	0.006
4	[MET] Turgut Özal	0.000	0.000	69	[TRA] Edirnekapı	0.016	0.016
5	[MET] İkitelli Sanayi	0.000	0.000	70	[TRA] Vatan	0.040	0.040
6	[MET] İSTOÇ	0.000	0.000	71	[TRA] Fetihkapı	0.020	0.020
7	[MET] Mahmutbey	0.000	0.000	72	[TRA] Topkapı	0.019	0.019
8	[MET] Yenimahalle	0.000	0.000	73	[TRA] Kabataş	0.001	0.001
9	[MET] Kirazlı Bağcılar	0.000	0.000	74	[TRA] Fındıklı-Mimar Sinan Ü.	0.001	0.001
10	[MET] Olimpiyat	0.000	0.000	75	[TRA] Tophane	0.003	0.003
11	[MET] Ziya Gökalp Mah.	0.000	0.000	76	[TRA] Karaköy	0.008	0.008
12	[MET] Bağcılar Meydan	0.000	0.000	77	[TRA] Eminönü	0.019	0.019
13	[MET] Üçyüzlü	0.000	0.000	78	[TRA] Sirkeci	0.045	0.045
14	[MET] Menderes	0.000	0.000	79	[TRA] Gülhane	0.034	0.034
15	[MET] Esenler	0.001	0.001	80	[TRA] Sultanahmet	0.053	0.053
16	[MET] Otogar	0.002	0.002	81	[TRA] Çemberlitaş	0.121	0.121
17	[MET] Kocatepe	0.005	0.005	82	[TRA] Bayazıt-Kapalıçarşı	0.300	0.300
18	[MET] Sağmalcılar	0.013	0.013	83	[TRA] İstanbul Ü.-Laleli	0.362	0.362
19	[MET] Bayrampaşa Maltepe	0.032	0.032	84	[TRA] Aksaray	0.362	0.362
20	[MET] Topkapı Ulubatlı	0.080	0.080	85	[TRA] Yusufpaşa	0.300	0.300
21	[MET] Emniyet Fatih	0.162	0.162	86	[TRA] Haseki	0.120	0.120
22	[MET] Aksaray	0.393	0.393	87	[TRA] Fındıkzade	0.049	0.049
23	[MET] Yenikapı	0.323	0.323	88	[TRA] Çapa-Şehremini	0.024	0.024
24	[MET] Terazidere	0.001	0.001	89	[TRA] Pazartekke	0.020	0.020
25	[MET] Davutpaşa YTÜ	0.001	0.001	90	[TRA] Topkapı	0.016	0.016
26	[MET] Merter	0.000	0.000	91	[TRA] Cevizlibağ AÖY	0.006	0.006
27	[MET] Zeytinburnu	0.001	0.001	92	[TRA] Merkezefendi	0.003	0.003
28	[MET] Bakırköy İncirli	0.000	0.000	93	[TRA] Seyitnizam Akşemsettin	0.001	0.001
29	[MET] Bahçelievler	0.000	0.000	94	[TRA] Mithatpaşa	0.001	0.001
30	[MET] Ataköy Şirinevler	0.000	0.000	95	[TRA] Zeytinburnu	0.001	0.001
31	[MET] Yenibosna	0.000	0.000	96	[TRA] Mehmet Akif	0.000	0.000
32	[MET] DTM İstanbul Fuar Merkezi	0.000	0.000	97	[TRA] Merter Tekstil Merkezi	0.000	0.000

Ek 5 (devam). İBB Raylı Sistem Şebekesi Bağımlı (Hub) ve Otorite (Author) Aktör Analizi

33	[MET] Atatürk Havalimanı	0.000	0.000	98	[TRA] Güngören	0.000	0.000
34	[MET] Hacıosman	0.000	0.000	99	[TRA] Akıncılar	0.000	0.000
35	[MET] Darüşşafaka	0.000	0.000	100	[TRA] Soğanlı	0.000	0.000
36	[MET] Atatürk Oto Sanayi	0.000	0.000	101	[TRA] Yavuz Selim	0.000	0.000
37	[MET] İTÜ Ayazağa	0.000	0.000	102	[TRA] Güneştepe	0.000	0.000
38	[MET] Sanayi Mahallesi	0.000	0.000	103	[TRA] Bağcılar	0.000	0.000
39	[MET] 4. Levent	0.000	0.000	104	[MAR] Kazlıçeşme	0.054	0.054
40	[MET] Levent	0.001	0.001	105	[MAR] Yenikapı	0.157	0.157
41	[MET] Gayrettepe	0.002	0.002	106	[MAR] Sirkeci	0.080	0.080
42	[MET] Şişli Mecidiyeköy	0.006	0.006	107	[MAR] Üsküdar	0.032	0.032
43	[MET] Osmanbey	0.014	0.014	108	[MAR] Ayrılık Çeşmesi	0.013	0.013
44	[MET] Taksim	0.035	0.035	109	[MET] Kadıköy	0.002	0.002
45	[MET] Şişhane	0.076	0.076	110	[MET] Ayrılık Çeşmesi	0.006	0.006
46	[MET] Haliç	0.161	0.161	111	[MET] Acıbadem	0.002	0.002
47	[MET] Vezneciler	0.393	0.393	112	[MET] Ünalán	0.001	0.001
48	[MET] Seyrantepe	0.000	0.000	113	[MET] Göztepe	0.000	0.000
49	[MET] Nispetiye	0.000	0.000	114	[MET] Yenısahra	0.000	0.000
50	[MET] Etiler	0.000	0.000	115	[MET] Kozyatağı	0.000	0.000
51	[MET] Boğaziçi Ü. Hisarüstü	0.000	0.000	116	[MET] Bostancı	0.000	0.000
52	[TRA] Mescid-i Selam	0.000	0.000	117	[MET] Küçükyalı	0.000	0.000
53	[TRA] Cebeci	0.000	0.000	118	[MET] Maltepe	0.000	0.000
54	[TRA] Sultançiftliği	0.000	0.000	119	[MET] Huzurevi	0.000	0.000
55	[TRA] Hacı Şükrü	0.000	0.000	120	[MET] Gülsuyu	0.000	0.000
56	[TRA] 50.Yıl-Baştabya	0.000	0.000	121	[MET] Esenkent	0.000	0.000
57	[TRA] Cumhuriyet Mahallesi	0.000	0.000	122	[MET] Hastane Adliye	0.000	0.000
58	[TRA] Metris	0.000	0.000	123	[MET] Soğanlık	0.000	0.000
59	[TRA] Karadeniz	0.000	0.000	124	[MET] Kartal	0.000	0.000
60	[TRA] Taşköprü	0.000	0.000	125	[MET] Yakacık	0.000	0.000
61	[TRA] Ali Fuat Başgil	0.000	0.000	126	[MET] Pendik	0.000	0.000
62	[TRA] Bosna Çukurçeşme	0.000	0.000	127	[MET] Tavşantepe	0.000	0.000
63	[TRA] Sağmalcılar	0.000	0.000	128	[FIN] Taksim	0.012	0.012
64	[TRA] Uluyol Bereç	0.000	0.000	129	[FIN] Kabataş	0.000	0.000
65	[TRA] Rami	0.000	0.000	130	[FIN] Beyoğlu	0.026	0.026
				131	[FIN] Karaköy	0.003	0.003

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Cem TURAN
Doğum Yeri	İstanbul, Bayrampaşa
Doğum Tarihi	30.11.1973
Uyruğu	☒ T.C. ☐ Diğer:
Telefon	(532) 326 11 04
E-Posta Adresi	turancem@windowsslive.com



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Yıldız Teknik Üniversitesi
Fakülte	Elektrik Elektronik Fakültesi
Bölümü	Bilgisayar Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	2013

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Enformatik
Programı	Enformatik
Mezuniyet Tarihi	22.06.2017

Makale ve Bildiriler	
Turan C., 2014, Which One Leads The Quality in Education: Technology by Mechanicity or Methodology by Humanity, International ISSEP Conference	
Turan C., 2014, Is Technology an Monster Killing the Civilization or a Hero Writing the Rest of History?, International ICSFT Technology and History Congress	
Turan C., Bayır A., 2014 Who does Want to Sit in History's Chair: Gamization As a Serious Alternative to Feel the Past, International ICSFT Technology and History Congress	
Turan C., 2015, Açıklığın Yanılsaması: Dezenformasyon Çağımızın Kitle İmha Silahı mı?, AB2015 Akademik Bilişim Konferansı	