

## Okul Arkadaşlık Ağlarında Karışım Örüntüleri

### ÖZET

Bu çalışmada, cinsiyet, aynı sınıfta olma ve yıl sonu başarı puanının öğrenci arkadaşlıkları üzerine etkileri ağ bilimi yaklaşımıyla araştırılmıştır. Söz konusu nitelikler ve arkadaşlık ilişkileri arasındaki korelasyon, altı farklı şubede okuyan onuncu sınıf öğrencilerinin bilgilerinden oluşan bir veri kümesi kullanılarak incelenmiştir. Çalışmalarımız, aynı cinsiyet veya sınıf arkadaşı olmanın, eğitim sistemindeki başarının aksine, arkadaş seçimiyle büyük oranda ilişkili olduğunu göstermektedir. Araştırmamız sosyal ağ analizi yaklaşımı ile sürdürülmüştür. Arkadaşlık ilişkilerinin altında yatan karışım örüntülerinin ölçülmesi için Pearson korelasyon katsayısı ile eşdeğer olan sınıflandırıcı karışım katsayısı kullanılmıştır. Öğrenciler arasındaki yakın arkadaşlık ilişkileri üzerinden modellenen bu ağın analizi, ağ bilimi ve yönetim bilimi ortaklığının, okul yöneticileri, danışmanlar ve öğretmenler için karar verme süreçlerinde değerli katkılar sunma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Okul Arkadaşlık Ağları, Karışım Örüntüleri, Sosyal Ağ Analizi, Ağ Bilimi.

### ABSTRACT

This study investigates the effects of gender, being in the same class, and year-end success grade on student friendships. The correlation between these attributes and friendship is examined in a data set containing tenth grade student information in six classrooms. The results show that to the extent that being the same gender or being classmate correlates highly with the choice of friends, in contrast to the success in the educational system. The research was carried out with a social network analysis approach. The coefficient of assortative mixing, equivalent to the Pearson measure of correlation between partner types, measures the mixing patterns underlying the friendship relations. The analysis of this social network, modeled through close friendship relationships among students, shows that the partnership of network science and management science has the potential to offer valuable contributions in the decision-making process for school administrators, consultants and teachers.

**Keywords:** School Friendship Networks, Mixing Patterns, Social Network Analysis, Network Science

**Ziya Nazım**

**Perdahçı**

nz.perdahci@msgu.edu.tr  
Mimar Sinan Güzel Sanatlar  
Üniversitesi

**Mehmet Nafiz**

**Aydın**

mehmet.aydin@khas.edu.tr  
Kadir Has Üniversitesi

**Kenan**

**Kafkas**

kenankafkas@gmail.com  
Kadir Has Üniversitesi

**Geliş Tarihi**

12.05.2017

**Kabul Tarihi**

25.07.2017

## 1. GİRİŞ

Eğitim kurumlarının Öğrenim Bilgi Sistemlerinde (ÖBS) veya Okul Yönetim Bilgi Sistemlerinde (OBYS) saklı öznitelik verileriyle öğrencilerin oluşturduğu ilişki verilerinin sosyal ağlar şeklinde birlikte incelenmesi, gelişen teknoloji ile beraber, yepyeni sonuçlar vadetmektedir. Önceden beri kullanılan standart istatistiksel analiz yöntemlerinden daha çok, benzer yöntemlerin karmaşık beşerî ilişkileri temsil eden ağlara uyarlanmış formlarının kullanılması sayesinde birçok bilimsel problemin çözümüne ulaşmak mümkündür (Aydın, Perdahçı, 2014).

“Ağ bilimi eklektik çoklu bilim alanı olarak araştırmacılar için yeni araştırma problemleri veya mevcut araştırma problemlerine yeni yaklaşımlar sunmasıyla öne çıkmaktadır.” (Aydın, Perdahçı, 2014). Göreceli olarak yeni bir bilim dalı olmasına rağmen ağ bilimi geniş bir etki alanına sahiptir. Ekonomi, sağlık, güvenlik, terörizmle mücadele, salgın hastalıklarla mücadele, yönetim bilimi gibi birçok alanda ağ bilimi yöntemleriyle değerli sonuçlar elde edilmiştir (Aydın, Perdahçı, 2014). Ancak, bu konudaki araştırmalar eldeki verileri incelemek için gerekli araçlar kısıtlı olduğundan, İnternet ve benzeri ileri teknolojilerin ortaya çıkışına kadar sınırlı kalmıştır (Barabasi, 2015). Bilişim teknolojilerinin son dönemde hızla ilerlemesiyle, veri görselleştirme ve analiz araçları da gelişmiş ve büyük miktarda veriden anlamlı sonuçlar elde edilmesi mümkün hale gelmiştir.

Öznitelik verileri ve ilişki verileri, unsurların içsel ve dışsal özelliklerini temsil eden iki temel veri türüdür. Öznitelik verileri varlıklara özgü tipik özellikleri tanımlarken, ilişki verileri unsurlar arasındaki etkileşimleri gösterir. Bu iki temel veri türü birbirinden ayrı olmakla birlikte, gayri değildirlir. Yani öznitelik ile ilişki arasında hem sıkı bir ilişki hem de ortak olan yön olabilir; örneğin her iki veri tipinin müşteri segmentasyonu ve topluluk tanımlaması araştırmalarında tamamlayıcı bilgiler taşıdığını gözlemek genel bir durumdur (Ge ve ark., 2008). İki veri tipinin birlikte irdelendiği bilimsel araştırmalar bilgisayar bilimleri ve matematik disiplinlerinde algoritma keşfi (Yang, McAuley, Leskovec, 2013) ve karşılaştırmalarına (Larremore, Clauset, A. 2017) odaklanırken, bilişim sistemleri araştırmaları daha ziyade karar destek sistemlerine odaklanmaktadır (Wang ve ark. 2017). Araştırmaların giderek

yoğunlaşmasının bir nedeni de her iki veri türünün güncel bilişim sistemlerinde giderek artan oranlarda bir arada saklanmaya başlamasından ötürü veriye erişimin kolaylaşmasıdır.

ÖBS/OBYS gibi pek çok bilgi sistemi arşiv niteliğindedir, salt öznitelik verisi ihtiva eder; ilişkisel veriden yoksundur. Bu tip bilişim sistemleri “bir örgütün yönetimiyle ilgili veri kaynaklarını bir dizge bütünlüğü içinde toplayıp örgütün gündelik işlerine bilgi iletim desteği sağlayan, özellikle türlü düzeylerdeki yönetim kademelerine taktik ve stratejik kararlarını başarılı kılacak nitelikte sürekli bilgi akıtmayı amaçlayan bilişim dizgesi” şeklinde tanımlandığı halde (Demirtaş, Güneş, 2002) bazı sistemlerde ilişkisel veriden yoksunluk dikkat çekicidir. Bu araştırmanın amacı, ÖBS/OBYS ve benzeri ilişkisel veriden yoksun ancak değerli öznitelik verileri ihtiva eden bilişim sistemlerinin yönetim kademelerinin ihtiyaç duyduğu bilgileri sağlayacak şekilde ilişki verileri ile nasıl birlikte değerlendirilebileceğini irdelemektir. Amacımıza ulaşmak için şu sorulara yanıt aranacaktır: Öznitelik verileri hangi ilişki verileri ile artırılabilir? Öznitelik verileri ile ilişki verileri arasındaki ilişkilerin tespiti için hangi ağ bilimi metrikleri kullanılabilir? Bu itibarla, ağ bilimi yaklaşımı ile bir eğitim kurumundaki öğrencilerin arkadaşlık ilişkilerinin (ilişkisel veri) hangi tipik özellikler (öz nitelik verileri) üzerinden doğmuş olabileceğinin anlaşılması amaçlanmıştır. Çalışmamız kapsamında öğrenciler arasındaki arkadaşlıkların oluşumunda başarı, şube, cinsiyet gibi faktörlerin hangilerinin ne oranda etkiye sahip olduğu etraflıca incelenmiştir.

Araştırma sorularımıza cevap vermek için istatistiksel analizde sıkça kullanılan Pearson korelasyon katsayısının ağ bilimine uyarlanmış şekli olan sınıflandırıcı karışım katsayısı kullanılmıştır (Newman, 2002), (Newman, 2003). Literatürde bu metrik kullanılarak yapılmış benzer araştırmalar bulunmaktadır (Bearman, 2004). Araştırma sorularıyla ilişkili nitel veya nicel verilerin korelasyon katsayıları sayesinde aynı veya yakın özelliklere sahip bireylerin beşerî münasebetlerde birbirini tercih edip etmediklerini sayısal olarak ifade etmek mümkündür. Öğrenciler arasındaki yakın arkadaşlık ilişkileri üzerinden modellenen bu ağın analizi, okul yöneticileri, danışmanlar ve öğretmenler için karar verme süreçlerinde değerli katkılar sunma potansiyeline sahiptir. Bu araştırmada, veri analizi

döngüsünde bulunan bütün basamaklar başından sonuna kadar takip edilmiştir.

## 2. İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

### 2.1. Ağ Bilimi ve Sosyal Ağ Analizi

Sosyal toplumdaki cep telefonu şebekelerine kadar her türlü karmaşık sistemle iç içe yaşamaktayız. Doğa, bilişim, eğitim, sosyal ve yönetim bilimlerinden beslenen ağ bilimi (network science), karmaşık sistemleri anlamak, dinamiklerini, davranışlarını ve matematiksel modellerini tanımlamak, tahmin etmek ve nihayetinde kontrol etmek için biçimsel bir yöntemler, araçlar ve teoriler dizisi sunan yepyeni bir akademik disiplindir (Barabási 2012; Börner, Sanyal, Vespignani, 2007). Hızla büyüyen bu yaklaşımlar bütünü sosyoloji ve yönetim biliminde Sosyal Ağ Analizi (SAA) kapsayıcı terimiyle anılmaktadır.

Ağ biliminde yaşanan hızlı gelişimin temelinde yatan esas neden, ilk bakışta birbirlerinden tamamen farklı görünen “gerçek-dünya” ağlarının (laboratuvar ortamında kontrollü deneylerle üretilmemiş) oluşum ve gelişim mekanizmalarının bir takım ortak temel yasalarla izah edilebilmeleri ve dolayısı ile benzer yaklaşımlarla incelenebilmeleridir (Aydın, Perdahçı, 2014).

Ağ bilimi yaklaşımıyla ele alınan araştırma problemi ve çözümü dört temel aşamada dikkate alınır: Ağ Verisinin Hazırlanması, Ağ Modellemesi, Ağ Analizi ve Yorumlama (Aydın, Perdahçı, 2014). Bu aşamaların mevcut araştırmamıza nasıl uygulandığı yöntem bölümünde anlatılmıştır.

Modern anlamda sosyal ağ analizi, psikiyatrist Jacob L. Moreno ve psikolog Helen Jennings tarafından 1930’lu yıllarda yapılan iki çalışmayla başlamıştır (Freeman, 2004). Sosyometri adını verdikleri bu çalışmalardan ilki bir hapisanede mahkûmlar arasında (Moreno, 1932), ikincisi ise bir kız okulunda yapılmıştır (Moreno, 1934). Araştırmacılar bu çalışmalarında bireyler arasındaki arkadaşlık ilişkilerini çizge kullanarak haritalamıştır. Sosyogram adını verdikleri bu haritalarda, öğrencileri dairelerle gösterip, birbiriyle arkadaş olan öğrenciler arasında oklar çizmişlerdir. Sosyal ağlarda insanlar arasındaki ilişkilerin bu yolla resmedilmesi, sosyogramları Sosyometri’nin önemli bir aracı haline getirmiştir.

Bu haritalar sayesinde ağlar görsel olarak incelenebilmiş ve zaman içinde, milyonlarca bileşeni olan karmaşık ağ haritalarının çıkarılmasıyla kavraması güç birçok olguyu çözümlenmek mümkün hale gelmiştir.

Ağlar, matematiksel olarak, yeterince soyut bir seviyede ele alındıklarında aralarındaki benzerlikler farklılıklardan çok daha fazladır. Örneğin kaynağı ne olursa olsun gerçek-dünya ağlarının derece dağılımları güç yasasına uyar. Barabási ve çalışma arkadaşları, “ölçek-bağımsız ağ” terimini, bir güç yasası dağılımına uyan ağları sınıflandırmak için kullanmıştır (Barabási, 2015). Yapısal olarak “ölçek-bağımsızlık” yüksek dereceli merkezi düğümlerle (hub, merkez) düşük dereceli uç düğümlerin (spoke, ispit) (hub-and-spoke, merkez-ve-uç ağ) bir arada bulunmasıdır.

### 2.2. Sınıflandırıcı Karışım

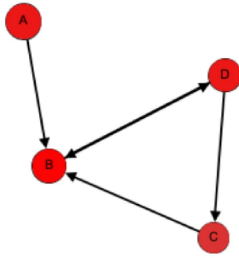
Kalıtıl biyolojide eşlerin rasgele değil de birbirine uygun seçilmesi durumunu, matematiksel olarak Karl Pearson, çiftlerin öznelikleri arasındaki korelasyon katsayısı ile ölçmüş ve bu tercihleri tanımlamak amacıyla sınıflandırıcı eşleşme deyimini kullanmıştır (Pearson, 1896). Bireyler arasındaki arkadaşlık modelleri de bu kapsamda dil, ırk, yaş gibi unsurlardan önemli ölçüde etkilenirler. Eğer insanların tercihleri kendileri gibi olanlardan yana olursa söz konusu ağ sınıflandırıcı karışım özelliği gösterir. Arkadaşlık ilişkileri genellikle birçok temel özellik bakımından sınıflandırıcıdır (Newman, 2003). Diğer bir deyişle, benzer özelliklere sahip düğümlerin birbiri ile bağlantı kurma oranları diğerlerine göre fazla olan ağlarda sınıflandırıcı karışım vardır. Bu karışımın büyüklüğünü gösteren sayıya sınıflandırıcılık katsayısı denir. Aslında bu katsayı istatistik biliminde kullanılan Pearson Korelasyon formülünün ağ düğümleri ve bağlantılarıyla hesaplanan bir formüdür. Yönsüz ağlarda formülün standart formu kullanılırken, Öğrenci Arkadaşlık ağı yönlü bir ağ olduğundan, söz konusu formülün özel bir formunu kullanmak gerekmektedir (Kolaczyk, 2014).

$$r = \frac{\sum_i f_{ii} - \sum_i f_{i+} + f_{+i}}{1 - \sum_i f_i + f_{+i}}$$

r ile ifade edilen bu katsayı -1 ile +1 arasında değerler alır. +1'e yakın değerler ağda düğümlerin kendilerine benzer düğümlerle bağlantı kurma eğiliminin yüksek olduğunu gösterir. -1'e yakın değerler ise düğümlerin kendilerine benzer olmayan düğümlerle bağlantı kurma eğiliminde olduğuna işaret eder. Sıfır değeri ise ağın incelenen konuda nötr olduğu anlamına gelir. Sınıflandırıcı karışım hesaplanırken ağdaki karışımın detaylı incelemesi için karışım matrisleri çıkarılır (Bearman, 2004). İncelenecek düğüm öznelikleri iki kategoriye ayrılırlar: Sayısal olanlar ve sayısal olmayanlar. Sayısal olmayan özneliklerin karışım matrisleri, tablolarla kolayca gösterilir. Ancak, sayısal olan özneliklerin karışım matrisleri, boyutları çok büyük olduğundan, sayısal değerler veri gruplama yöntemiyle uygun gruplara ayrıldıktan sonra grafik yardımıyla gösterilir.

### 3. ARAŞTIRMA BAĞLAMI VE YÖNTEM

#### 3.1. Veri Modeli



Şekil 1. Öğrenci Arkadaşlık Ağı modeli

Sosyal ağlar, iki basit bileşenden oluşurlar: sosyal aktörler ve bu aktörler arasındaki sosyal etkileşimler. Ağ biliminde bu aktörlere düğüm, aktörler arasındaki etkileşime ise bağlantı denir. Düğümün bağlantılı olduğu diğer düğümler komşu olarak adlandırılır ve komşularının sayısına o düğümün derecesi denir. Ağda bir düğümden diğer düğüme ulaşabilmek için takip edilecek yol seçenekleri birden fazla olabilir. Bu seçeneklerden en kısımda bulunan toplam bağlantı sayısına en kısa mesafe denir. Bir ağda bütün düğümler için hesaplanan en kısa mesafelerin en büyüğü ise o ağın çapını gösterir. Ağda mevcut bağlantıların sayısının, mümkün olan en fazla bağlantı sayısına oranına ağın yoğunluğu denir. Bir ağda bağlantılar, yönlü ya da yönsüz olabilirler. Örneğin, bireylerin aralarındaki e-posta trafiğini

modelleyen bir ağ, yönlü bağlantılarla gösterilebilir. Böyle ağlara yönlü ağlar denir.

Bu araştırmanın konusu olan sosyal ağda, düğümler öğrencileri temsil etmektedir. Eğer bir öğrenci diğerini yakın arkadaş olarak göstermişse onları temsil eden düğümler arasında bağlantı kurulmuştur. Bu bağlantı kenar olarak da adlandırılır. Şekil 1'de öğrenci arkadaşlık ağ modelini temsilen küçük bir ağ gösterilmiştir. Okların yönü arkadaşlık ilişkisinin yönünü gösterir. Cinsiyet ve şube nitel, yılsonu başarı ortalaması nicel düğüm öznelikleridir. Bağlantılara herhangi bir öznelik atanmamıştır.

Modelde görülen A öğrencisi B öğrencisini en yakın üç arkadaşı içinde göstermiş ancak B öğrencisi A'yı en yakın üç arkadaşı arasında göstermemiştir. B öğrencisi ile D öğrencisi arasında ise karşılıklı yakın arkadaşlık ilişkisi görülmektedir. Derecelerine baktığımızda, A öğrencisinin dış derecesi bir, B öğrencisinin toplam derecesi dörttür. Bu dört dereceden bir dış derece, B öğrencisinin en yakın arkadaş tercihini, üç iç derece ise B öğrencisine yönelmiş üç yakın arkadaşlık ilişkisini temsil etmektedir.

#### 3.2. Veri Toplama

Türk eğitim sisteminde Ortaöğretim, lise başlangıcı, dokuzuncu sınıfa tekabül etmektedir. 9. sınıf öğrencileri arasında henüz liseye yeni başladıkları için yakın seviyede arkadaşlık ilişkileri tam anlamıyla teşkil etmemiş olabileceği değerlendirildiğinden dokuzuncu sınıflar çalışma grubuna dahil edilmemiştir. 12. (son) sınıflarda iyi pekişmiş arkadaşlıklar daha yaygın görülmesine rağmen üniversiteye hazırlık gibi sebeplerden sınıf sayıları araştırma için yetersiz kalmaktadır. Böyle bir çalışmaya tüm sınıfların dahil edilmesinin en iyi tercih olacağı düşünülebilir, ancak bahsedilen nedenlerden ötürü, gerek yakın arkadaşlık ilişkileri için yeterli bir süre gerekse toplam öğrenci sayısı yeterliği açısından çalışma grubunun yılın 10. sınıfla sınırlandırılması tercih edilmiştir. 11. sınıf ta benzer bir şekilde çalışma grubu olarak seçilebilirdi, ancak farklı sınıflar arasında nadiren yakın arkadaşlık ilişkilerinin teşkil ettiği bilindiğinden her iki sınıfın birlikte analizi tercih edilmemiştir. Buna göre, çalışma grubumuzun tüm sınıflardan sadece 10. sınıfla sınırlandırılması ve ankete katılanlara üçer soru sorulması planlanarak, Sosyal Ağ Analizi örnekleme



yöntemlerinden sabit liste örnekleme yöntemi benimsenmiştir (Doreian, Woodard, 1992).

Okuldaki arkadaşlık yapısını ağ olarak modellemek için ihtiyacımız olan veri yalnızca kimin kiminle yakın arkadaş olduğu verisidir. Bu sebeple veri toplama aracı olarak anket yöntemi seçilmiştir. Hangi öğrencilerin birbirini yakın arkadaş olarak gördüğünü tespit etmek üzere, öğrencilere en yakın üç arkadaşı sorulmuştur. Yapılan ankette gönüllülük ve gizlilik esas alınmıştır. Katılımcılar altı farklı sınıftan toplam 209 öğrencidir. Yüz yüze yapılan görüşmeler sırasında bilgilerin gizli kalacağı öğrencilere bildirilmiştir. Hedef kitledeki tüm öğrenciler ankete katılmayı kabul etmiş ve yedi öğrenci dışında tamamı üç arkadaş ismi vermiştir.

Bu araştırmada kullanılan diğer bir veri, akademik başarı verisidir. Milli Eğitim Bakanlığına ait Okul Yönetim Bilgi Sistemi olan E-Okul platformundan, öğrencilerin sınav ve performans notları, cinsiyet ve şube bilgileri toplanmıştır. Öğrencinin başarı derecesi hesaplanırken bütün derslerden aldığı yazılı sınav ve performans notları eşit ağırlıkta ortalamaya katılmış, her öğrencinin başarısını gösteren tek bir puan elde edilmiştir. Hesaplamaların sonucunda en düşük puan 50, en yüksek puan 93 olarak tespit edilmiştir.

### 3.3. Veri Analizi

Toplanan verilerin ayıklanması, temizlenmesi, çözümlene programlarına uygun hale getirilmesi Python Programlama Dili'nin Pandas veri analiz kütüphanesi ile yapılmıştır. Hem görselleştirme hem de analiz programlarına aktarmaya uygun olan "CSV" (Comma-Separated Values) formatında kaydedilmiştir. SAA'nın yorumlama kısmında önemli bir aşama olan ağ görselleştirme için Gephi (Bastian, Heymann, Jacomy, 2009) yazılımı kullanılmıştır. Ağın temel özelliklerini ve gerekli ağ metriklerini hesaplamak için R programlama dilinin igraph kütüphanesi kullanılmıştır (Csardi, Nepusz, 2006). Karışım matrislerinin hesaplanmasında Python'un bir ağ analiz kütüphanesi olan Networkx kullanılmıştır (Hagberg, Schult, Swart, 2008). Son olarak toplanan veriler düğüm ve kenar listelerine dönüştürülmüştür.

## 4. BULGULAR

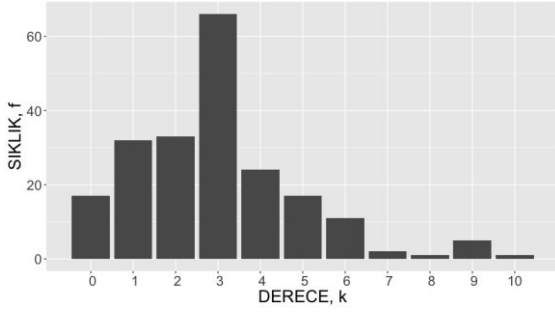
### 4.1. Temel Ağ Özellikleri

SAA'da incelecek ağın doğru modellenmesi yani ağda düğümlerin, bağlantıların ve bunlara ait özelliklerin neler olacağına karar verilmesi kritik öneme sahip, doğru sonuçlar elde etme açısından belirleyici bir aşamadır (Aydın, Perdahçı, 2014). Bu araştırmanın konusu olan Öğrenci Arkadaşlık Ağında (ÖAA) öğrenciler düğümler, arkadaşlık ilişkisi ise bağlantılar olarak modellenmiştir. Arkadaşlık ilişkilerinin genel olarak karşılıklı olmayabileceği varsayımından yola çıkarak, Şekil 1'de örneklediği üzere, bu ilişkilerin yönlü bir ağ ile temsil edilmesi özellikle tercih edilmiştir. SAA kapsamında hesaplanan temel ağ istatistikleri Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1. Ağın temel özellikleri

Düğüm Sayısı	209
Bağlantı Sayısı	620
Ortalama Derece	2,966
Yoğunluk	0,014
Ortalama Kümelenme	0,386

Hesaplanan ortalama derece yaklaşık olarak üç bulunmuştur. Her öğrenciden üçer yakın arkadaş ismi beyan etmesi istendiğinden ortalama derecenin üç olması beklenen bir değerdir. Tam olarak üç olmayışının sebebi ise yedi öğrencinin ikişer tane arkadaş bildirmiş olmasıdır. Ağ yoğunluğu yüzde bire yakın bir değer olarak hesaplanmıştır. Bu, olası bütün bağlantılardan yalnızca yüzde birinin gerçekleşmiş olduğu anlamına gelmektedir. Mevcut çalışmada üçer tercih sınırlamasından ötürü yapısal olarak ağ yoğunluğu çıkmış olsa da gerçek-dünya ağlarında düşük yoğunluk sık rastlanan bir durumdur (Barabasi, 2015). Ortalama kümelenme katsayısı, bir düğümün komşuları arasındaki bağlantı sayısının, mümkün olan bütün bağlantı sayısına oranıyla bulunur. Bizim örneğimizde bu katsayı, bir öğrencinin yakın arkadaşlarının aynı zamanda birbirlerinin de yakın arkadaşı olduğuna işaret eder. Elde edilen yüzde 38 gibi yüksek bir değer, lise öğrencileri arasında şaşırtıcı sayılmayacak bir değer olarak görülebilir.



Şekil 2. Gelen bağlantıları gösteren derece dağılımı

#### 4.2. Derece Dağılımı

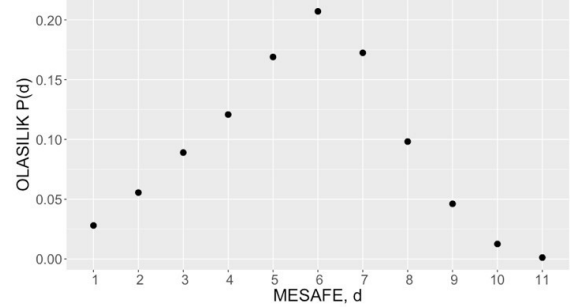
Derece dağılımı ağın temel özelliklerinden ortalama derecenin ileri düzeyde incelenmesini sağlar. Örneğin yalnızca ortalama dereceye bakarak ağda (merkez-ve-uç) yapısının varlığı incelenemez. Bu tür bir değerlendirme ancak derece dağılımı ve sınıflandırıcı karışım incelenerek yapılabilir.

Öğrencilere en yakın üç arkadaşı sorulmuştu, dolayısıyla giden bağlantılar bütün öğrencilerde üçtür. Bu dağılım sabit bir dağılım olduğundan gösterilmemiştir. Şekil 2’de öğrenci arkadaşlık ağının yalnızca gelen bağlantılarını gösteren derece dağılım grafiği görülmektedir. Dağılımda, yüksek dereceli düğümler az sayıdadır. Buna karşın, düşük dereceli düğümlerin çoğunlukta olduğu gözlemlenmektedir. Bu da merkez ve etrafındaki düğümler (merkez-ve-uç) yapısının varlığına işaret eder.

#### 4.3. Mesafe Dağılımı

Bir ağın yapısını makro düzeyde incelerken derece dağılımlarına ek olarak, mesafe dağılımlarına bakmak gerekir. Mesafe dağılımı ağda bulunan düğüm çiftleri arasındaki mesafelerin olasılıklarını gösteren bir histogramdır. Diğer bir deyişle, rastgele seçilen iki düğüm arasındaki mesafenin kaç olabileceğinin gösterimidir. Şekil 3. yönsüz ağa çevrildikten sonra Öğrenci Arkadaşlık Ağının mesafe dağılımını göstermektedir. Şekilde mesafenin altı değerinde yoğunlaştığını görüyoruz. Bu da Amerikalı psikolog Stanley Milgram’ın 1969’da yaptığı ve altı derecelik ayrılık olarak bilinen araştırmasının sonucuyla uyumludur (Travers, Milgram, 1969). Bu araştırmaya göre insanlar arasındaki tanıdıkları ağında ortalama mesafe altıdır. Başka bir deyişle,

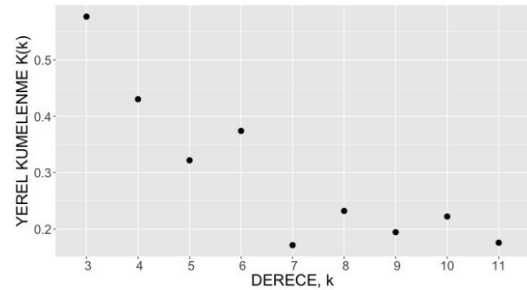
arkadaşımın arkadaşı yaklaşımıyla ortalama olarak altı tanıdık kişi aracılığı ile bütün insanlar birbirlerine ulaşabilirler.



Şekil 3. Öğrenci arkadaşlık ağının mesafe dağılımı

#### 4.4. Yerel Kümelendirme Dağılımı

Derece ve mesafe dağılımlarıyla ağdaki kümelendirme yapılarını gözlemleyemeyiz. Bunun için yerel kümelendirme dağılım grafiğinin incelenmesi gerekir. Yerel kümelendirme, ağda bir düğümün komşularının kendileri arasında ne kadar bağlantılı olduğunu ifade eden bir büyüklüktür.



Şekil 4. Yerel kümelendirme dağılımı

Bu öğrenci ağı için düşünülürse, bir öğrencinin arkadaşlarının birbirleri ile de arkadaş olma oranını ifade eder. Aynı dereceye sahip olan öğrencilerin yerel kümelendirme değerlerinin ortalamasını gösteren dağılım grafiğinde (bkz. Şekil 4), derecesi üç olan öğrencilerin yerel kümelendirmesinin 0,6 olduğu görülmektedir. Bu dağılım ağ yönsüz hale getirildikten sonra hesaplandığından, her düğümün üç tane giden bağlantısı olduğu düşünülürse, üç dereceli düğümlerin hiç gelen bağlantısı olmadığı anlaşılır.

#### 4.5. Görselleştirme

SAA'da görselleştirme, ağın genel yapısı hakkında diğer yöntemlerle elde edilemeyecek bilgiler sağlayabilir. Ağın haritasının genel veya detaylı olarak incelenmesi, araştırma sorularına cevaplar sunmasa da zihinde yeni araştırma soruları uyandırma potansiyeline sahiptir. Çalışmada bu aşamada, hazırlanan düğüm ve kenar listeleri Gephi görselleştirme yazılımına aktararak ağ haritası çıkarıldı (bkz. Şekil 5). Görselde renkler sınıfları, dairelerin büyüklüğü akademik başarıyı göstermektedir. Düğümlerin yerleşimi ise topluluklara göre düzenlenmiştir. Bir başka ifade ile kendi aralarında yakın arkadaşlık ilişkileri ve dolayısı ile daha çok bağlantı bulunan öğrenciler birbirlerine diğerlerinden daha yakın yerleştirilmiştir. Ağdaki toplulukları hesaplamak için Gephi'nin modülerlik optimizasyonu yöntemi ile topluluk tespiti özelliği kullanılmış ve 13 farklı topluluk bulunmuştur.

#### 4.6. Sınıflandırıcı Karışım Matrisi

Tablo 2 başarı, cinsiyet ve şube temel alınarak hesaplanan sınıflandırıcılık katsayılarını göstermektedir. Katsayılar üç farklı özneliğe ait değerlerdir. Arkadaş seçimi ile korelasyonu hesaplanan ilk öznelik olan başarının karışım katsayısı -0,004 bulunmuştur. Şube için hesaplanan katsayı 0,936 bulunmuştur.

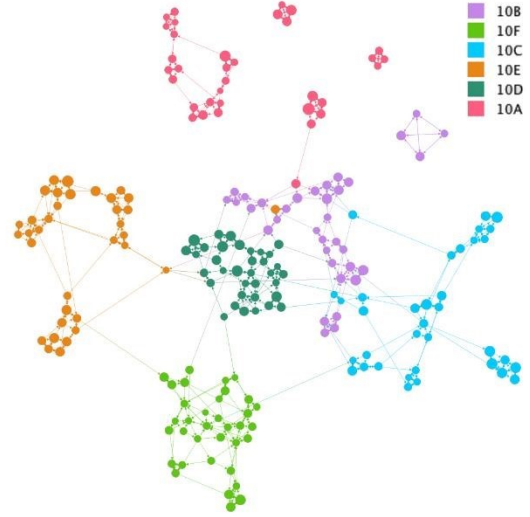
Tablo 2. Sınıflandırıcı karışım katsayıları

	Sınıflandırıcı Karışım Katsayısı (r)
Yılsonu Başarı Ortalaması	-0,004
Cinsiyet	0,699
Şube	0,936

Cinsiyet bazında hesaplanan katsayı ise 0,699 dur. Bu değer, arkadaşlık seçiminde aynı cinsiyetten olmanın büyük oranda etkili olduğuna işaret etmektedir. Şube bazındaki ölçüm ise 0,936 ile, sınıf arkadaşı olmanın çok daha belirleyici bir etken olduğuna işaret eder.

Tablo 3. Cinsiyete göre sınıflandırıcı karışım matrisi

	E	K
E	0,4548	0,0952
K	0,0548	0,3952



Şekil 5. Öğrenci Arkadaşlık Ağı. Düğümlerin renkleri sınıfları, büyüklükleri başarı puanını, yerleşimi toplulukları gösterir.

Tablo 2'de görülen cinsiyet ve şube özneliklerine bağlı toplam karışım katsayılarının detaylı incelemesini, bu katsayıların hesaplanmasında kullanılan karışım matrisleriyle yapmak mümkündür. Tablo 3'te cinsiyete göre hesaplanan sınıflandırıcı karışım katsayısı matrisi görülmektedir. Erkek öğrencilerin erkek öğrencilerle arkadaş olma oranını veren (E-E) matris terimi 0,4548 bulunmuştur. Kız öğrencilerin kız öğrencilerle arkadaş olma oranını veren (K-K) matris terimi ise 0,3952'dir. Kız öğrencilerden erkek öğrencilere (K-E) yönelen arkadaşlık oranı 0,0952, erkek öğrencilerden kız öğrencilere yönelen arkadaşlık (E-K) oranı ise 0,0548 bulunmuştur.

Şubelere göre hesaplanan sınıflandırıcı karışım matrisi Tablo 4'de verilmiştir. Toplamda ağda sıfıra yakın korelasyon olduğu görülmüştü; fakat birer birer bütün ilişkilere bakıldığında, ilginç değerler göze çarpmaktadır. Matrisin köşegeni üzerindeki değerler öğrencilerin kendi sınıflarından arkadaş tercih etme oranlarını gösteren katsayılardır. Bütün sınıflarda bu katsayının yüzde 15'e yakın bir değer olduğu ve

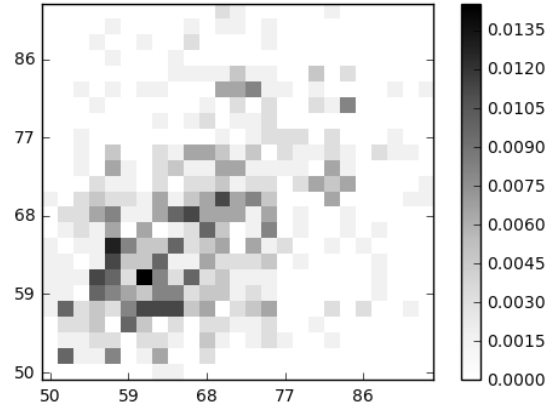
sınıf dışı arkadaş tercih etme değerlerine kıyasla çok daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Matriste arkadaşlıkların yönü sütunlardan satırlara doğrudur. Örneğin, ikinci satır birinci sütun değeri olan 0,0048, 10A sınıfının öğrencilerinin 10B sınıfı öğrencilerini arkadaş gösterme oranlarını göstermektedir. Üç öğrenciye tekabül eden bu değer, sınıf içi karışımlarla karşılaştırıldığında oldukça küçük olduğu söylenebilir. Şekil 5'te de görsel olarak inceleyebileceğimiz gibi sınıflar arasında bağlantıların zayıf bağlantılar olduğunu söyleyebiliriz. Bunlara ek olarak, bu sınıftan başka sınıfa veya başka sınıftan bu sınıfa karışım bulunmamaktadır. 10B sınıfına baktığımızda, bütün sınıflardan arkadaşlık bağlantısı aldığı ve ancak yalnızca 10E sınıfına arkadaşlık bağlantısı verdiği tabloda görülmektedir. 10C sınıfından 10B ve 10D sınıfına bağlantı gözlemlenirken, sınıf 10F dışında başka bir sınıftan bağlantı almamıştır. 10E sınıfı ise 10B sınıfından hem bağlantı almış hem de bağlantı vermiştir. Bunun dışında 10E sınıfı izole görünmektedir. Karışım matrisine genel olarak baktığımızda, bazı sınıflar üç sınıfla ilişki içindeyken bazıları iki sınıfla, bazıları ise yalnızca bir sınıfla arkadaşlık ilişkisi içindedir. Bazı sınıflar arası bağlantılar iki veya üç öğrenci üzerinden kurulurken bazı sınıflar çok sayıda öğrenci üzerinden diğer sınıflarla bağlantı kurmaktadır. Matristen elde edilen bu gözlemlerin görsel yansımalarını Şekil 5'te resmedilen büyük ağ haritasında görebiliriz. Bu sayede hangi sınıfların dışa dönük, hangi sınıfların içe kapanık davranış görüntüsü verdiğini hem karışım matrisinden hem de ağ görselinden tespit etmek mümkündür.

Tablo 4. Şubeye göre sınıflandırıcı karışım matrisi

	10A	10B	10C	10D	10E	10F
10A	0,1532	0	0	0	0	0
10B	0,0048	0,1645	0,0177	0,0081	0,0048	0,0016
10C	0	0	0,1484	0	0	0,0016
10D	0	0	0,0032	0,1597	0,0032	0
10E	0	0,0048	0	0	0,1597	0
10F	0	0	0	0,0016	0,0016	0,1613

Yılsonu başarı ortalamaları nicel bir öznetelik olduğundan, sınıflandırıcı karışım matrisi grafikte gösterilmiştir. Şekil 6 bu matrisin siyah ve beyaz arasındaki tonlarla ifade edilmiş görselidir. Öğrencilerin başarı puanları 50 ile 93 arasında değerler almaktadır. Kolayca okunabilmesi için bu puanlar veri gruplandırma yöntemiyle 25 eşit aralığa bölünmüştür. Grafikteki her bir piksel yaklaşık olarak 2 puanlık aralığa karşılık

gelmektedir. Örneğin, başarı puanı 59-60 aralığında olan öğrencilerin arkadaşlık ilişkisi içinde olma oranının, yandaki ölçekle okunduğunda yaklaşık olarak binde yedi olduğu görülmektedir. Matristeki karışım da değerleri küçük olanlar beyaza, büyük olanlar siyaha yakın tonlarla gösterilmiştir. En koyu piksel 0,0135 karışım değerini gösterirken bu değer yaklaşık olarak sekiz öğrenciye karşılık gelmektedir. En açık piksel ise sıfır karışım anlamına gelmektedir. Matrisin sol alt köşesi düşük başarılı öğrenciler arasındaki arkadaşlık oranlarını ifade ederken, sağ üst köşesi yüksek başarıya sahip öğrencilerin kendi aralarında yakın arkadaş olma oranlarını ifade eder.



Şekil 6. Başarı puanına göre sınıflandırıcı karışım matrisi

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu çalışmada elde edilen bulgular bazı kısıtlar göz önüne alınarak değerlendirilmelidir. Bunlardan bir tanesi, öğrencilerden alınan yakın arkadaş sayısının üç olmasıdır. Daha fazla öğrenciyi arkadaşlık ağına ekleyerek, daha derinlemesine bir çözümleme yapmak mümkün olacaktır. Sabit liste örnekleme yaklaşımından ziyade genişleyen (kartopu) örnekleme yaklaşımı benimsenerek böyle bir araştırma gerçekleştirilebilir (Doreian, Woodard, 1992).

Diğer bir kısıt ise okulun tamamı yerine yalnızca 10. sınıf öğrencilerinin araştırma kapsamına alınmasıdır. Bütün sınıf seviyelerinin veri setine eklenmesi, farklı seviyeler ve yaş gruplarında davranışların incelenmesine olanak sağlayacaktır. Bu çalışma, öğrenci arkadaşlık ağının statik analizini içermektedir. Bir başka ifade ile, belli bir zaman aralığı içindeki arkadaşlık yapısının sabit



resmini içermektedir. Ağdaki arkadaşlık ilişkilerinin zaman içindeki değişimini gözlemlemek için, periyodik aralıklarla araştırma yenilenebilir.

Şekil 2'deki derece dağılımı, yalnızca gelen dereceleri gösterdiğinden, bir anlamda ağda bireylerin popüler olma durumunu anlatmaktadır. Grafiği incelediğimizde, az sayıda popüler öğrencinin olduğunu görmekteyiz. Bu yüksek dereceli öğrenciler sosyal yapı içerisinde kilit roller almaya aday kabul edilebilirler. Diğer taraftan ağda yaklaşık yirmi öğrencinin hiç kimse tarafından en yakın üç arkadaş içinde gösterilmediğini görebiliriz. Bu durumla ilgili hemen bir yargıya varmak doğru olmayabilir. Aynı araştırmanın farklı öğrenci gruplarıyla yapılması ve sonuçların karşılaştırılması doğru bir yaklaşım olacaktır. 209 öğrenciden oluşan bir sosyal ağda en büyük gelen derece sayısının 10'u geçmemesinin, yakın arkadaş olma kavramından kaynaklanıyor olması olasıdır. Bu sayı, bir öğrencinin güçlü sosyal bağ kurma kapasitesi için bir çeşit üst limit ifade ediyor olabilir. Temel özelliklerine ve derece dağılımına bakıldığında hemen göze çarpan düşük yoğunluk ve merkez ve etrafındaki düğümler merkez-ve-uç (uluslararası literatürde yaygın tabirle "hub-and-spoke") yapısı, öğrenci arkadaşlık ağının gerçek dünya ağı olduğunun göstergesidir (Hagberg, Schult, Swart, 2008). Şekil 3'teki mesafe dağılımına bakıldığında ise altı derecelik ayrılık kavramıyla uyumlu bir grafik görülmektedir. Küçük bir gerçek dünya ağı örnekleme olan öğrenci arkadaşlık ağında da bu olgunun tekrar ettiği görülmektedir.

Şekil 4'teki yerel kümelenme dağılımında, küçük derece değerlerine büyük kümelenme değerlerinin karşılık geldiği görülmektedir. Buna karşılık, büyük dereceli düğümlerin kümelenmeleri ise görece olarak küçüktür. Buradan hareketle, popüler öğrencileri arkadaş gösterenlerin kendi aralarında arkadaş olmadıkları söylenebilir. Diğer yandan, popüler olmayan öğrencileri arkadaş gösterenler ise kendi aralarında da yakın arkadaşlık ilişkisi içindedirler. Yerel kümelenme katsayısı bilginin ağda yayılımını ölçmekte kullanıldığından, ağın hangi bölümlerinde kümelenmenin arttığını ya da azaldığını bilmek, okul idarecileri ve öğretmenler açısından, istenen mesajların yayılmasında kolaylık sağlayabilir.

Şekil 5'te görülen ağ haritasında ağın birtakım kopuk bileşenleri olduğu göze çarpmaktadır.

Haritada düğümler topluluklarına göre yerleştirilmiştir. Topluluklar tanımı gereği kendi içinde yoğun bağlantılı iken, birbirleri arasında seyrek bağlantılara sahip olurlar (Travers, Milgram, 1969). Ancak bu ağda topluluklar arasındaki bağlantıların zayıf olduğu görülmektedir. Bu durum daha derin bir analize ihtiyaç duymaktadır. Topluluk analizi araştırmanın kapsamına girmediğinden, bu yönde detaylı inceleme yapılmamıştır. İleride yapılacak böyle bir analiz önemli katkı sağlayacaktır.

Tablo 2'deki korelasyonun sifıra yakın bir değer çıkması, başarının arkadaş seçiminde olumlu ya da olumsuz bir rol oynamadığını işaret etmektedir. Diğer bir deyişle, öğrencilerin başarı açısından kendilerine benzeyen arkadaşları seçme eğiliminde olmadıkları söylenebilir. Aynı zamanda, sifıra yakın korelasyon, zıt başarı oranlarına sahip öğrenciler arasında da anlamlı bir yakın arkadaşlık ilişkisi olmadığı anlamına gelmektedir.

Cinsiyet bazında hesaplanan karışım katsayısı ise 0,699 dur. Bu değer, arkadaşlık seçiminde aynı cinsiyetten olmanın yüzde yetmiş oranında etkili olduğuna işaret etmektedir. Şube bazındaki ölçüm ise 0,936 ile, sınıf arkadaşı olmanın çok daha belirleyici bir etken olduğuna işaret eder. 1934'te Jacob Moreno'nun ilkökul öğrencileri arasında yaptığı çalışmada da buna benzer bir sonuç elde etmiş olması anlamlı görünmektedir (Moreno, 1934).

Tablo 3'deki bulgular arkadaşlık seçiminde cinsiyet etkisinin detaylı gösterimidir. Erkek öğrencilerin kendi aralarında karışıma yatkınlığı kız öğrencilerden biraz daha fazla görünmektedir. Bu matriste dikkati çeken diğer bir bulgu, genel karışıma kıyasla küçük olmasına rağmen, (K-E)'nin (E-K)'nin iki katına yakın bir değer çıkmış olmasıdır. Bu, araştırmaya değer bir durum sergilemektedir. Tablo 4'te gösterilen şubelerin karışım matrisinin asimetric oluşu bu yapının homojen olmadığına işaret eder. Nitekim, 10A sınıfının bir istisna dışında, diğer sınıflarla hiç karışmamış olmasına rağmen, 10B sınıfının öğrencilerinin diğer bütün sınıfların öğrencileri tarafından tercih edilmiş olduğu görülmektedir. Sadece bu karışım matrisine bakarak, 10B sınıfının öğrencilerinin diğer sınıflar arasında popüler olduğu sonucuna varabiliriz. Gerçekte de bu sınıfın okulda çok beğenilen bir tiyatro oyununu sahnelediği bilinmektedir. Dolayısıyla,

bulguların tutarlı olduğunu söyleyebiliriz. Buradan hareketle, derece dağılımları bireylerin, karışım matrisleri de sınıfların popülerliklerinin tespitinde bir göstergedir denebilir.

Şekil 6'da görülen başarı puanı karışım matrisi hangi not aralıklarındaki öğrencilerin birbirleriyle arkadaşlığı tercih ettiğini göstermektedir. Başarıya göre hesaplanan katsayının arkadaşlık tercihinde toplamda sıfıra yakın bir değer olmasına rağmen bu şekil, farklı not aralıklarının birbirleriyle karışımını detaylarıyla göstermektedir. Burada görüldüğü üzere, en büyük karışım değerleri, başarı puanı 60 ile 70 arasında olan öğrenciler arasında görülmektedir. Yüksek puana sahip olanlar arasında veya yüksek puanlılarla düşük puanlılar arasında karışımın neredeyse sıfır olduğu söylenebilir. Diğer bir deyişle, aynı başarı seviyesine sahip olmak arkadaşlık seçiminde belirleyici bir etken olarak görülmemektedir. Aynı şekilde, zıt başarı oranlarına sahip öğrenciler arasında da karışım sıfıra yakındır. Yalnızca orta başarı düzeyinde olanlar arasında az da olsa arkadaş olmaya daha fazla eğilim gözlemlenmektedir.

Sınıflar arası karışım aynı senede öğrenim gören öğrenciler için dahi yüzde yedi civarındadır. Buradan yola çıkarak farklı sınıflar arasında arkadaşlık ilişkileri bakımından karışımın son derecede düşük olacağı değerlendirilebilir. 10. cu ile 11. sınıf öğrencilerinin tamamını araştırmıza grubumuza dahil etmeyişimizin doğru bir seçim olduğunu değerlendiriyoruz. Bununla beraber 11. sınıf öğrencilerinde benzer bir çalışmanın gerçekleştirilmesi önemlidir yapısal ağ özellikleri açısından gerçek-dünya ağlarının ortak özelliklere sahip olduğu gerçeğinden yola çıkarak benzer çıkarımlar sağlanacağı öngörümüz olsa da ağ korelasyonları açısından farklı çıkarımlar sağlanabilir.

OAA doğrudan gözlem ile sağlanan ampirik bulgudur, araştırmamız istatistiksel olarak çalışma grubunda yer alan öğrencilerin Yılsonu Başarı Ortalamalarının OAA ile ilişkili olmadığı gerçeğini ortaya çıkarmıştır. OBS/OBYS salt arşivleme amaçlı tasarlanmaktadır. Dikkat edilirse bu tür arşiv bilgisi araştırmamıza temel teşkil eden OAA'da yer alan unsurların özneliliğinden ibarettir; unsurların kendi aralarında nasıl bir etkileşim içinde olduğu bilgisi kısmen dahi olsa mevcut değildir; tarafımızca keşfedilmiştir. Araştırmamız sırf arşiv niteliğinde olan

özneliliklerin değerli sonuçlar sağlamasını mümkün kılmıştır. Arkadaşlık ilişkilerini ve benzeri ilişkileri yansıtan ağların okul yönetimi açısından değeri elde edilen sonuçlar itibarıyla aşıkardır. Mevcut bilgi sistemlerine eklentiler yapılarak salt arşivleme amaçlı olmalarının ötesinde okul ortamında cereyan eden günlük olayların kayıtlarının tutulması veri güdümlü bilimsel araştırmalar kadar eğitim öğretim sistemleri açısından da önem arz etmektedir.

Öğrenci ağları ile ilgili SAA analizlerin meydana çıkardığı bu tür değerli bilgiler, okul idarecileri ve özellikle rehber öğretmenler için önemli karar destek materyali oluşturabilir. Örneğin, öğrencilerin etüt saatlerinde gruplara ayrılması, eğitsel kol çalışmalarında kaynaştırılması, disiplin sorunlarının üstesinden gelinmesi, öğrencilerin ders dışı yeteneklerinin geliştirilmesi ve bunların ışığında sınıfların düzenlenmesi, bina güçlendirme çalışmaları sırasında hangi öğrencilerin hangi komşu okullara transfer edilebileceği gibi birçok konuda, ağ bilimine dayalı SAA metriklerinden elde edilecek geri beslemelerin karar verme süreçlerinde etkili olması mümkündür.

Araştırmamızın disiplinlerarası çalışmalarında Ağ Bilimi ve özellikle eğitim alanında Sosyal Ağ Analizi teknikleri kullanan araştırma ekiplerine mevcut bilişim sistemlerini etkinlikle kullanma hususunda ışık tutacağına inanıyoruz.

## KAYNAKLAR

A. A. Hagberg, Daniel A. Schult and Pieter J. Swart, "Exploring network structure, dynamics, and function using NetworkX", Proceedings of the 7th Python in Science Conference (SciPy2008), G el Varoquaux, Travis Vaught, and Jarrod Millman (Eds), (Pasadena, CA USA), pp. 11-15, 2008

A. L. Barabási, Network Science, Cambridge University Press, Chapter 1, 2015

Barabási, A. L. (2012). The network takeover. Nature Physics, 8(1), 14-16.

Börner, K., Sanyal, S., & Vespignani, A. (2007). Network science. Annual review of information science and technology, 41(1), 537-607.

- Demirtaş, H., & Güneş, H. (2002). Eğitim yönetimi ve denetimi sözlüğü. Anı.
- Doreian, P., & Woodard, K. L. (1992). Fixed list versus snowball selection of social networks. *Social Science Research*, 21(2), 216-233.
- E. D. Kolaczyk, G. Csárdi, *Statistical analysis of network data with R*, Springer, 2014.
- G. Csardi, T. Nepusz The igraph software package for complex network research, *InterJournal, Complex Systems* 1695, 2006.
- Ge, R., Ester, M., Gao, B. J., Hu, Z., Bhattacharya, B., & Ben-Moshe, B. (2008). Joint cluster analysis of attribute data and relationship data: The connected k-center problem, algorithms and applications. *ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data (TKDD)*, 2(2), 7.
- J. L. Moreno, *Application of the group method to classification*, National Committee on Prisons and Prison Labor, New York, 1932.
- J. L. Moreno, *Who Shall Survive?*, New York, N.Y.: Beacon House, 1934.
- J. Travers, S. Milgram, *Sociometry* 32, 425, 1969.
- K. Pearson, "Mathematical contributions to the theory of evolution. III. Regression, heredity, and panmixia", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A*, containing papers of a mathematical or physical character, 187, 253-318. 1896.
- L. C. Freeman, "The Birth of Social Network Analysis I: Sociometry", *The Development of Social Network Analysis*, BookSurge, A.B.D. 31-42, 2004.
- M. Bastian, S. Heymann, M. Jacomy, "Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks", *International AAAI Conference on Weblogs and Social Media*, 2009.
- M. E. Newman, Assortative mixing in networks. *Physical review letters*, 89(20), 2002.
- M. E. Newman, The structure and function of complex networks. *SIAM review*, 45(2), 167-256, 2003.
- M. N. Aydın, N. Z. Perdahçı, "Ağ Bilimi Yaklaşımı Ve Çevrimiçi Etkileşimli Sağlık Platformunun Bir Örnek Olarak İncelenmesi", *Informa Yönetim Bilişim Sistemleri Dergisi*, 1(2), 60-80, 2014
- P. S. Bearman , J. Moody, K. Stovel, "Chains of affection: The structure of adolescent romantic and sexual networks", *Am. J. Sociol.* 110, 44-91 2004.
- Peel, L., Larremore, D. B., & Clauset, A. (2017). The ground truth about metadata and community detection in networks. *Science Advances*, 3(5), e1602548.
- Wang, D., Li, J., Xu, K., & Wu, Y. (2017). Sentiment community detection: exploring sentiments and relationships in social networks. *Electronic Commerce Research*, 17(1), 103-132.
- Yang, J., McAuley, J., & Leskovec, J. (2013). Community detection in networks with node attributes. In *Data Mining (ICDM)*, 2013 IEEE 13th international conference on (pp. 1151-1156). IEEE