

# TÜRKİYE'DE İLLER ARASI GÖÇ İLİŞKİLERİNİN TOPOLOJİK ÖZELLİKLERİ VE KÜÇÜK DÜNYALAR ÖZELLİĞİ

## SMALL WORDS FEATURE AND TOPOLOGICAL FEATURES OF INTER-PROVINCIAL MIGRATION RELATIONS IN TURKIYE

ÖMER BİLEN\*  
LEYLA BİLEN KAZANCIK\*\*

### ÖZET

Bu çalışma, Türkiye'de göç ağının genel görünümü, topolojik yapısı, ağ oluşumu, evrimi ve küçük dünyalar özelliğinin geçerliliği gibi konuları incelemektedir. Çalışma kapsamında birimler arası ağırlıklandırılmış ilişki matrisi üzerinden derece dağılımı elde edilerek birimlerin genel bir değerlendirmesi yapılmıştır. Analizler sonucunda göç ağının derece dağılımının, ölçekten bağımsız olup kuvvet yasası dağılımı özelliği gösterdiği tespit edilmiştir. Ağın kuvvet yasası dağılımı özelliği göstermesi nedeniyle küçük dünyalar özelliğini taşıma durumu ve yapısal etkinliğine yönelik analizler yapılmıştır. Geliştirilen testlere göre küçük dünyalar özelliği taşıdığı, Barabási ölçeğine göre de göç ağının ultra küçük dünya özelliği taşıdığı görülmüştür.

**ANAHTAR KELİMELER:** Ağ modelleri, göç, kuvvet yasası dağılımı, küçük dünyalar teorisi, ağ topolojisi

Bu çalışmada yer alan bulgular ve değerlendirmeler yazarların kendisine ait olup Sanayi ve Teknoloji Bakanlığını bağlamaz.

\* Dr., Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, omer1bilen@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9569-0504

\*\* Dr., Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, bilenleyla06@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6161-1871

Makale Gönderim Tarihi / Received on: 03 Kasım 2022/November 03, 2022.

Makale Kabul Tarihi / Accepted on: 11 December 2022/December 11, 2022.

## ABSTRACT

This study examines the general appearance of the migration network in Turkey, its topological structure, network formation, its evolution and validity of the small worlds feature. Within the scope of the study, a general evaluation of the units was made by obtaining the degree distribution over the weighted relationship matrix between the units. As a result of the analysis, it has been determined that the degree distribution of the migration network is independent of the scale and shows the power law distribution feature. Due to the power law distribution feature of the network, analyzes have been made regarding the small worlds feature and its structural efficiency. According to the developed tests, it was concluded that the migration network has the feature of small worlds, and according to the Barabási scale, the migration network has the characteristics of the ultra-small world.

**KEYWORDS:** Network models, migration, power law distribution, small worlds theory, network topology.

The findings and considerations expressed in this study are those of the authors and do not reflect the view of Ministry of Industry and Technology.

## GİRİŞ

Ağ analizleri, bilgisayar teknolojilerindeki ilerlemeler, büyük veri kullanımındaki artış ve analiz yöntemlerindeki gelişmeler sayesinde çok farklı alanlarda uygulanabilmektedir. Çok sayıda birim ve karmaşık ilişkilerin bulunduğu bir yapıyı görselleştirmek ve analiz edilmeden görülemeyen gömülü gizli bilgiyi ortaya koyma isteği, yeni yaklaşım ve modellemeleri gerekli kılmış ve geniş bir ağ terminolojisi ortaya çıkmıştır.

Ağ analizleri; merkezîlik ve modalite gibi ölçütlerden ağ topolojilerine, ağ oluşumu ve evrimi kuramlarına kadar uzanan geniş bir çalışma alanında gelişim göstermektedir (Goyal, 2012). Ağ modelleri üzerindeki teorik ve deneysel çalışmalarla birlikte uygulamaya dönük deneysel nitelikli çalışmalar da son yıllarda artmaktadır (Barabási, 2016). Yakın gelecekte ağ modellerinin birimlerin davranışlarını, ağların yapısal özelliklerini ve oluşum süreçlerini ortaya koyabilme özelliği sayesinde temel model olması beklenmektedir.

Göç dinamiklerinin analiz edilmesinde de ağ modelleri önemli bir yere sahiptir. Maier ve Vyborny (2008) göçü “mekânları birbirine bağlayan bir mekanizma” olarak tanımlamış; yerleşimler arası ilişkilerin analizinde, göç hareketlerinin kullanılmasının önünü açmıştır. Uluslararası göç alanında (Davis ve diğerleri, 2013; Tranos ve diğerleri, 2015; Danchev ve Porter, 2018) ve iç göç alanında (Örn: Maier ve Vyborny, 2008; Lemercier ve Rosental, 2010;

Charyyev ve Gunes, 2019) ağ modelleri ile gerçekleştirilen çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Charyyev ve Gunes (2019), Amerika Birleşik Devletleri'nde ilçe ve eyalet bazında iç göç hareketlerini yıllar itibariyle ele almıştır.

Göç, insanlar ve mekânlar arası etkileşime neden olan önemli bir olgudur. Göç teorilerine göre (Ravenstein, 1885; Sjaastad, 1962) savaş ya da olağanüstü haller dışında göçün temel sebebi ekonomik nedenlerdir. Bununla birlikte göçün nedenlerinin sadece ekonomik olduğu anlayışı geçmiş on yıllarda kalmış olup günümüzde psikolojik, sosyal, kültürel ve siyasi nedenler de gündemdedir. Örneğin Carling ve Collins (2018) "aspirations" kavramından söz ederken Sirkeci (2009) "perceived insecurity" kavramını vurgulamaktadır. Göçün sebebi her ne olursa olsun göçle birlikte iş gücü, her türlü sermaye, entelektüel ve kültürel birikim ve alışkanlıklar yer değiştirmektedir. Göç alan ve göç veren yerleşimlerde kalıcı etkiler ortaya çıkmaktadır. Ülkemizde 1950'li yıllardan beri iç göçler nedeniyle sosyolojik, ekonomik, coğrafi ve psikolojik pek çok dönüşüm yaşanmıştır. Hatta yerleşimler arası gelişmişlik farklılıklarına kadar uzanabilen yapısal sonuçlar da ortaya çıkmıştır.

Göç teorileri, karşılaştırmalar ve politika çıkarımları üzerine çok sayıda bilimsel çalışma yapılmış olmakla birlikte (Tekeli, 1975; Todaro, 1969; Massey ve diğerleri, 1993; de Haas, 2010; King, 2012), göç oluşum süreçleri, nedenleri ve sonuçlarının tespiti de üzerinde çalışılması gereken önemli konulardır.

Türkiye'de göç hareketlerinin ağ modelleri ile incelenmesinde Yakar ve Sert Eteman'ın (2017) çalışması önemli ve güncel çalışmalardandır. Bu çalışma kişilerin doğum yeri ve ikamet edilen yer verisi ile oluşturulan göç ilişkisini analiz etmektedir. Birinci (2017) tarafından Türkiye'de bölgeler arası göç hareketlerinin nüfus değişimini ne düzeyde etkilediği araştırılmıştır. Köroğlu ve diğerleri, (2014), bölgesel kalkınma alanında çekim modeli (Anderson, 2011) ve bölgesel ilişkileri dâhil ederek bir çalışma yürütmüştür. Akyazı ve Karadal (2017) ise sosyal ağ analizi yöntemini kullanarak girişimcilik haritası oluşturmuştur.

Bu alandaki diğer bir önemli çalışma Bilen (2020) tarafından yapılmıştır. Türkiye'de göç ilişkilerini esas alan bu çalışmada öncelikle ağ merkezilik ölçütleri ile illerin ağ içerisindeki konumları ve rolleri belirlenmiş, ardından illerin gelirleri göç ilişkileri ile modellenmiştir. Ayrıca Bilen Kazancık ve Bilen (2020) tarafından Türkiye'de illerin göç ilişkileri esas alınarak merkez ve etki alanlarına dayalı fonksiyonel bölgeler tespit edilmiştir.

Literatürde göç ilişkilerini inceleyen çalışmalar çoğunlukla birimlerin ağ içerisindeki rollerini farklı yönlerden değerlendiren merkezilik ölçütleri ve ağ ilişkilerinin görselleştirilmesi üzerine olup göç ağının topolojisine ilişkin çalışmalar henüz tam anlamıyla yaygınlaşmamıştır. Bir ağın yapısal özellikleri ağ topolojisi ile açıklanmaktadır. Bir sosyal ağın yapısı bilindiğinde

bir bilginin, bir davranışın ya da hastalığın yayılma sürecine ilişkin senaryolar konusunda da fikir verebilmektedir (Gencer, 2018). Ağın dirençliliği, dayanıklılığı ve etkinliği gibi konularda yine topolojik özelliklerinin tespiti ile değerlendirilebilmektedir.

Yerleşim sistemleri üzerine yapılan çalışmalar yerleşim birimlerinin mekân üzerinde rastgele dağılmadığını göstermektedir. Literatürde yerleşim sistemlerindeki dağılım yapısını ifade edebilmek için genel olarak hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan modeller kullanılmaktadır. En yaygın hiyerarşik model, merkezî yerler kuramı (central place theory) olurken en yaygın hiyerarşik olmayan model ise sıra-büyüklik dağılımı (rank-size distribution) olmuştur (Zeyneloğlu, 2008). İller arası göç ilişkisinin topolojik yapısının ortaya konması ve incelenmesi, yerleşim sistemleri çalışmalarında yeni bir açılım olarak değerlendirilebilir. Bu çalışmada iller arası göç ilişkilerinin topolojik yapısını ortaya koyması amacıyla göç ilişki yapısının, ağ oluşumu ve evrimi ile “küçük dünyalar olgusu”nun geçerliliği ve ağın etkinliği gibi konular ele alınmıştır.

Çalışmada öncelikle birimler arası ağırlıklandırılmış ilişki matrisi üzerinden derece dağılımı elde edilerek birimlerin genel bir değerlendirmesi yapılmıştır. Ardından göç ağı derece dağılımının özellikleri incelenerek; dağılımın kuvvet yasası dağılımı olma durumu, ağın küçük dünyalar özelliğini taşıma durumu ve yapısal etkinliğine yönelik analiz ve değerlendirmeler yapılmıştır.

## KAVRAMSAL ÇERÇEVE

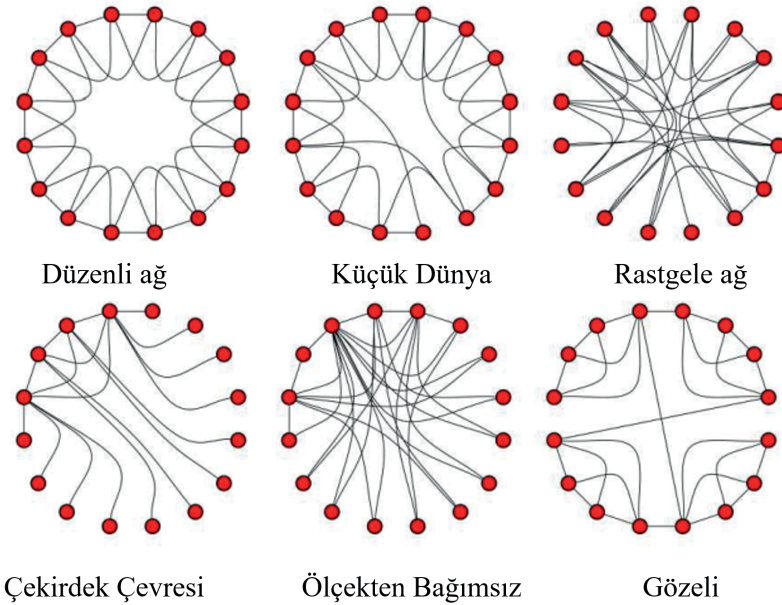
Ağlar, herhangi bir alandaki parçalar ve parçalar arası ilişkilerin bir bütünü olarak tanımlanabilir. Ağ modelleri ise parçalar arası ilişkileri analiz etmeye yarayan parçaların ve ağın yapısal özelliklerini ortaya koyan araçlardır.

Model ağ ve gerçek ağlar olmak üzere ağlar iki gruba ayrılabilir. Model ağlar, sentetik ağlar ya da idealize edilmiş ağlardır. Bu ağlar belli ölçüler üzerinden yapay bir şekilde oluştururlar, bazı özellikleri ile birbirinden ayrılmaktadır. Gerçek ağlar, bu özellikler bakımından incelendiğinde hangi modele benzediği belirlenebilir. Genel olarak ağ modeli tanımlanmasında ve topolojisinin belirlenmesinde derece dağılımı, kümeleme katsayısı, ortalama yol uzunluğu ve merkezilik ölçüleri kullanılmaktadır (Akal, 2014).

Literatürde birkaç temel ağ türüne (arı/saf topoloji) dayanan çok sayıda topoloji türü bulunmaktadır. Bu temel ağ türleri; düzenli ağ, küçük dünya, çekirdek çevresi, Erdős rassal, ölçekten bağımsız ve gözeli ağ olarak özetlenebilir (Tüzüntürk, 2012). Gerçek ağları yansıtmak için kullanılan bu model ağ türleri Şekil 1’de verilmiştir.

Düzenli ağ topolojisinde her düğüm kendi komşusuna bağlı olup bütün düğümler aynı dereceye sahiptir. Küçük dünya topolojisinde, her düğüm birçok kendi komşu düğüme ve birkaç uzak düğüme bağlıdır. Erdős rassal topolojisinde ise düğümler diğer düğümlerin bir rassal kümesine bağlıdır. Çekirdek çevresi topolojisinde, düğümler sadece çekirdek düğümlere ya da çevre düğümlere bağlıdır. Ölçekten bağımsız topolojide düğümlerin çoğunluğu birkaç düğüme bağlıdır. Gözeli topolojide ise düğümler hücrelere bölünmüştür (Airoldi ve Carley, 2005).

### Şekil 1. Arı/saf topoloji türleri



Kaynak: (Airoldi ve Carley, 2005: 15)

Bir ağın direnç ve durağanlığında, ağın oluşum süreci ve derece dağılımı arasında doğrudan bir ilişki bulunmaktadır. Oluşum süreci rastgele (Erdős ve Renyi, 1960) olan bir ağın dağılımı binom veya poissona yakınsar ve nispeten homojen bir yapıya sahiptir. Bu tür ağlarda bir birimin yok olması ya da bir etkiye maruz olması ağın geneli üzerinde sınırlı bir etki yaratmaktadır. Ancak ölçekten bağımsız ağlarda, büyük merkezlerde oluşacak bir etki ağ üzerinde hızla yayılabilecek ve ağda kopmalara bile neden olabilecektir.

Ağlar üzerinde “küçük dünyalar özelliği”nin incelenmesi (Watts ve Strogatz, 1998), bir ağın şoklara karşı dayanıklılığı, şokların ağ üzerinden

yayılımının analiz edilmesi gibi pek çok alanda çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu alanda Stephen ve Toubia'nın (2009) bir sosyal ticaret ağının evrimini çevrim içi ortamda incelemesi bir örnektir.

Literatürde derece dağılımlarının oluşumunu inceleyen modeller geliştirilmiştir. Bunlardan Barabási -Albert Modeli, yeni bir birimin doğması ve bu birimin diğer birimlerle tercihli bağlanım yapmasına göre kurgulanmıştır (Barabási, 2016). Bu tercihlerde yeni birimlerin, derecesi yüksek olan birimlere bağlanma olasılığı yüksek alınmıştır.

Küçük dünya olgusunu tespitiye yönelik ilk uygulamalı çalışma, 1967 yılında Milgram tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada, bir bilginin dünyadaki herhangi bir kişiye ulaşması için sanıldığı gibi çok sayıda bağ kurulması gerekmediği; çok az sayıda kişi aracılığı ile bu bağın kurulabildiği tespit edilmiş; herhangi bir kişiye ulaşmak için medyan ortalamasının 5,2 kişi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Böylece "altı derecelik ayrılma (six degrees of separation)" olgusu olarak bilinen kavram ortaya çıkarılmıştır.

İnternet, mobil görüşmeler, e-posta, akademik referanslar gibi alanlarda da benzer çalışmalar yapılmış ve geçiş sayısı ortalamalarının 4 ila 20 aralığında olduğu görülmüştür. Dolayısıyla çok büyük ağlarda da birimler arası mesafenin kısa olduğu ve "küçük dünya olgusu"nun gerçek ağların genel bir özelliği olduğu gösterilmiştir.

## YÖNTEM

### Ağ modelleri

Ağlar, birimler ve birimler arası ilişkiyi tanımlayan bağlardan oluşur. Birimler, grafik teorisinde düğüm veya dirsek, sosyal ağda aktör veya birey olarak; bağlar ise bağ, kenar veya ilişki olarak tanımlanmaktadır. Bağlar yönlü ya da yönsüz, ağırlıklandırılmış ya da ikili sistem (0-1) olan niteliklere sahip olabilmektedir.

### Tanımlar

Bir ağın yapısı  $G(N, \mathbf{g})$  ile gösterilir. Burada;

- $N = \{1, 2, 3, \dots, n\}$ ,  $n$  elemandan oluşan birim kümesini,
- $\mathbf{g}$ ,  $n \times n$  boyutlu,  $\mathbf{g} = [g_{ij}]$  ve  $i, j \in N$  olan bağlantı matrisini gösterir.  $g_{ij}$  ise  $i$  biriminden  $j$  birimine olan bağı gösterir.
- Bağlar ikili sistemde  $g_{ij} \in \{0, 1\}$  ile tanımlanırken, ağırlıklandırıldığında  $g_{ij} = w_{ij} \in \mathbb{R}$  olarak ağın gücü ya da ağırlığı şeklinde gösterilebilir.
- $g$  ağında  $i$  ve  $j$  arasında bir bağ var ise  $g_{ij} \neq 0$  olarak tanımlanır.

### Derece merkezîliği

Derece merkezîliği, birimlerin ağ içerisinde ilişki veya etkileşim boyutundaki önem derecesini belirlerken ağın yapısal özelliklerine ve oluşum sürecine ilişkin de önemli ipuçları vermektedir. Derece dağılımları aynı zamanda hub olma özelliği gösteren birimlerin tek ya da çok merkezli olma durumları hakkında da önemli bilgiler vermektedir.

Derece merkezîliği, birimlerin ağdaki ağırlıklarını ya da odak olma durumlarını gösterir. Bir birimin derecesi ya da gücü, kendisine doğrudan bağlanan bağ sayısı ya da ağırlıkların toplamı olarak hesaplanır. Yönlü ağlarda birime yönelen bağların sayısı ya da ağırlıklar toplamı iç dereceye, birimden diğer birimlere olan bağların sayısı veya ağırlıklar toplamı ise dış dereceye karşılık gelmektedir. Derece merkezîliği Eşitlik (1) ile hesaplanır:

$$C_d(i) = k_i = \sum_{j=1}^n g_{ij} \quad (1)$$

Bağların ağırlıkları üzerinden  $g_{ij} = w_{ij}$  alınarak güçleri  $C_D^W(i) = s_i = \sum_j^n g_{ij}$  eşitliğinde hesaplanır (Barrat vd., 2004; Opsahl vd., 2008).

### Ağ oluşum süreci

Topolojilerin tespit edilmesinde derece dağılımı kullanılmaktadır. Derece dağılımı herhangi bir birimin “k” dereceye sahip olabileme olasılığını  $p(d=k)$  veren bir dağılımdır. Bununla birlikte, “k ve üzeri” dereceye sahip olabileme olasılığı  $p(d \geq k)$  ise birikimli derece dağılımı olarak da tanımlanabilmektedir.

**Rastsal Ağlar:** Binom dağılıma yakınsayan, N birimden oluşan rastsal bir ağda herhangi iki birim arasında bağ oluşum olasılığı sabit ve p’ye eşittir ve  $G(N, p)$  ile gösterilir (Eşitlik (2)).

$$p(k) = \binom{N-1}{k} p^k (1-p)^{N-1-k} \quad (2)$$

Gerçek ağlarda bağ sayısı binom dağılımdan çok daha seyrektrir. Bu nedenle rastsal ağlar Poisson dağılıma yakınsamaktadır (Eşitlik (3)):

$$p(k) = e^{-\mu_k} \frac{\mu_k^k}{k!} \quad (3)$$

Bu ağlar Erdős-Rényi ağları olarak da bilinmektedir (Erdős ve Rényi, 1960). Bu tür ağlarda derece dağılımları homojen bir yapıdadır. Bu tür ağlarda büyük merkezlerin (hub) bulunma olasılığı düşüktür. Bu ağ yapısına daha çok fiziksel olayların oluşturduğu ağlarda rastlanmaktadır.

**Ölçekten Bağımsız Ağlar:** Rastsal ağlar ile birçok fiziksel olay açıklanabilirken sosyal bilimlerde gözlemlenen merkezler/hublar gibi özellikler,



tercihli bağlanımlar açıklanamamaktadır. Sosyal bilimlerde gerçek dağılımlar, normal dağılımdan ziyade kuvvet yasası dağılımına yakınsamaktadırlar (Gabaix, 2016).

Kuvvet yasası dağılımına uygun modellerde, dağılımların ikinci ve daha üst dereceden momentleri sonsuza yakınsamaktadır. Bu nedenle bu tür ağlara ölçekten bağımsız ağlar da denilmektedir. Kuvvet yasası dağılımları aykırı değer ve uzun kuyruk özelliğine sahiptirler. Pareto ya da kuvvet yasası dağılımı olarak bilinen bu dağılımların genel gösterimi Eşitlik (4) ile ifade edilebilir:

$$p(k) = C k^{-\gamma} \quad (4)$$

Burada, C sabit sayı olurken,  $\gamma$  ağın topolojik özelliğini içeren parametredir. Kuvvet sayısı " $\gamma$ ", modelin oluşum süreci altında yatan küçük derece doygunluğu, rekabet için yerel uygunluk ve ağın sınırlı genişliğinden dolayı yüksek derece kesimleri gibi mekanizmalar hakkında önemli bilgiler vermektedir (Serafino ve diğerleri, 2021). Dağılıma uygulanan normalizasyon sonucu C sabit sayısı ve dağılım Eşitlik (5) ile gösterilir:

$$p(k) = (\gamma - 1) k_{min}^{\gamma-1} k^{-\gamma} \quad (5)$$

Burada, kuvvet yasası dağılımının geçerli olabileceği ağın en küçük dereceli biriminin sahip olduğu değerdir. Kuvvet yasası ağlarında çok büyük dereceli birimlerin bulunması, rastsal ağlar ile arasındaki en önemli farktır. N birimli bir ağda en büyük birim derecesi ( $k_{max}, \infty$ ) aralığında olup Eşitlik (6) ile hesaplanır:

$$\int_{k_{max}}^{\infty} p(k)dk = \frac{1}{N} \Rightarrow k_{max} = k_{min} N^{\frac{1}{\gamma-1}} \quad (6)$$

En büyük birimin ulaşabileceği derece ( $k_{max}$ ),  $k_{min}$  ile doğru orantılı olurken ağ büyüklüğü (N) ile ilişkisi  $\gamma$ 'ya bağlıdır. En büyük birimin derecesi,  $\gamma < 1$  iken azalan,  $\gamma > 2$  iken yavaş artan ve  $1 < \gamma < 2$  iken hızlı artan bir özellik göstermektedir (Bilen, 2020).

### **Küçük Dünyalar Teorisi**

Ağ yapısının anlaşılmasında derece dağılımı gibi birimler arası ortalama uzaklık ile kümelenme ilişkisi de önemli göstergelerdir. Birimler arası mesafenin kısa olması ve kümelenme eğiliminin yüksek olması, birimler arası ilişkilerin etkili ve hızlı olduğu anlamına gelmektedir. Bu tür ağlarda bir bilgi ya da etki az sayıda ara birim üzerinden hızlı bir şekilde iletilir ve bu tür ağlar "küçük dünya olgusu" olarak adlandırılır.



Küçük dünya olgusu, bir ağın oluşum süreci ve yapılanmasıyla doğrudan ilişkilidir. Rastgele ağ oluşumunda (Barabási, 2016)  $N$ , birim sayısını;  $\langle k \rangle$ , ortalama derece sayısını göstermek üzere ağın çapı  $d_{\max} \approx \ln N / \ln(\langle k \rangle)$  olarak; düzenli ağlarda ise  $d$  düzenli ağın boyutunu göstermek üzere ağın çapı  $d_{\max} \sim \langle d \rangle \sim N^{1/d}$  olarak elde edilmiştir. Düzenli ağ modelinin kümelenme eğilimi ve en kısa mesafe ortalaması rastgele ağa göre yüksektir (Bilen, 2020).

Humphries ve Gurney (2008), rastgele ağı esas alarak küçük dünya ölçütü geliştirmişlerdir. Ağ için hesaplanan kümelenme katsayısı ve ortalama en kısa yol uzunlukları, aynı derece dağılımına sahip olan üretilmiş rastgele ağın değerlerine bölünerek küçük dünya endeksi Eşitlik (7) ile hesaplanmıştır:

$$\sigma = \frac{\frac{C}{C_{\text{rastgele}}}}{\frac{L}{L_{\text{rastgele}}}} \quad (7)$$

Burada,  $L$  ortalama en kısa yol uzunluğunu,  $C$  kümelenme katsayısını ve "rastgele" indisleri ise baz alınan üretilmiş rastgele ağın en kısa yol uzunluğu ve kümelenme değerlerini göstermektedir

Küçük dünya olgusunda en kısa yol uzunluğu rastgele ağa yakın olurken, kümelenme katsayısı rastgele ağdan çok daha yüksek olmaktadır. Bu durum,  $\sigma > 1$  olmasını yani  $L < L_{\text{rastgele}}$  ve  $C \gg C_{\text{rastgele}}$  olmasını gerektirmektedir. Bu hesaplama bazı ağlar için yanlış çıkarımlara götürebildiği için Teleford ve diğerleri (2011) yeni bir ölçüt geliştirmiştir. Teleford, rastgele ağın kısa yol uzunluğu ile düzenli ağın kümelenme değerini kullanarak aşağıdaki ölçütü geliştirmiştir (Eşitlik (8)):

$$\omega = \frac{L_{\text{rastgele}}}{L} - \frac{C}{C_{\text{düzenli}}} \quad (8)$$

Teleford tarafından geliştirilen ölçütün değerleri;  $\omega \sim 0$  (sıfıra) yaklaştığında ağın küçük dünyalar ağına,  $\omega > 0$  olduğunda rastgele ağlara ve  $\omega < 0$  olduğunda ise ağ, düzenli ağlara benzemektedir.

Küçük dünya eğilimini değerlendirmek üzere Muldoon ve diğerleri (2016) tarafından  $\phi$  ölçütü geliştirilmiş olup ölçüt Eşitlik (9)'da verilmiştir.

$$\phi = 1 - \frac{\sqrt{(\Delta_C^2 + \Delta_L^2)}}{2} \quad (9)$$

Burada;  $\Delta_C = \frac{C_{\text{düzenli}} - C}{C_{\text{düzenli}} - C_{\text{rastgele}}}$  ve  $\Delta_L = \frac{L - L_{\text{rastgele}}}{L_{\text{düzenli}} - L_{\text{rastgele}}}$  iken  $\Delta_C, \Delta_L \in [0,1]$  aralığındadır. Bu değerın aşılması durumunda negatif olanlar 0'a (sıfıra),

pozitif olanlar ise 1'e (bire) eşitlenerek hesaplanmaktadır.  $\Phi$ , 1'e yaklaştıkça küçük dünyalar özelliği artmaktadır. Bununla birlikte küçük dünyalar özelliği için  $0,4 < \phi < 1$  ya da  $\phi > 0,6$  değerleri uygun aralık olarak kabul edilmektedir. Bu ölçüt ağırlıklandırılmış mekânsal kısıtlı modellere de uyarlanabilmektedir.

Latora ve Marchiori (2003) ağırlıklandırılmış ağlar için etkinlik ve maliyet kavramlarını geliştirmişlerdir. Etkinlik; birimler arası akışın ne kadar etkin ya da verimli olduğunu, maliyet ise bağ maliyetlerini yansıtmaktadır.

En kısa yol kullanılarak Etkinlik (E), Eşitlik (10) ile hesaplanmaktadır. Burada i ile j arasındaki akışın etkinliği en kısa yol ile ters orantılıdır ( $\epsilon_{ij} = 1/d_{ij}$ ).

$$E(G) = \frac{\sum_{i \neq j \in G} \epsilon_{ij}}{N(N-1)} = \frac{\sum_{i \neq j \in G} 1/d_{ij}}{N(N-1)} \quad (10)$$

$E(G^{ideal})$ , tüm birimlerin doğrudan birbirine bağlı olduğu idealize ağıın etkinlik değeri olmak üzere, ağıın genel etkinliği  $E_{glob} = \frac{E(G)}{E(G^{ideal})}$  ile hesaplanır ve global etkinlik değeri olarak da adlandırılır.

Ağıın maliyeti ise en kısa yolların ortalaması üzerinden tanımlanarak  $C(G) = \frac{\sum_{i \neq j \in G} d_{ij}}{N(N-1)}$  olarak hesaplanır. Global maliyet değeri normalizasyon edilerek  $C_{glob} = \frac{C(G)}{C(G^{ideal})}$  olarak elde edilir. Ağırlıklandırılmış ağların küçük dünya özelliği, etkinlik (E) ve maliyet (C) ölçütleri ile tanımlanmakta olup farklı ağlar için kıyaslama amaçlı kullanılabilir.

Ağı türlerinin yapısal özelliklerini derece dağılımı, ortalama yol uzunluğu ve kümeleme katsayıları üzerinden karşılaştırmak amacıyla Mitchell (2006) tarafından hazırlanan tablo, Akal'ın çalışmasından yararlanılarak (2014) Tablo 1 ile verilmiştir.

**Tablo 1. Ağı Modellerinin Yapısal Özellikleri**

Ağı Modelleri	Derece Dağılımı	Ortalama Yol Uzunluğu	Kümeleme Katsayısına
Gerçek Ağlar	Kuvvet Yasası (genellikle)	Yüksek	Düşük
Düzenli ağlar	Sabit	Yüksek	Yüksek
Rastgele Ağlar	Poisson-Binom	Düşük	Düşük
Küçük Dünya Ağları	P Olasığına Bağlı	Yüksek	Düşük
Ölçek bağımsız Ağlar	Kuvvet Yasası	Yüksek	Düşük

Ağlar büyük ve karmaşık yapılar olduğundan çoğu özellikleri için özetleme ve genelleme yapmak uygun olamamaktadır. Uzun yıllar devam

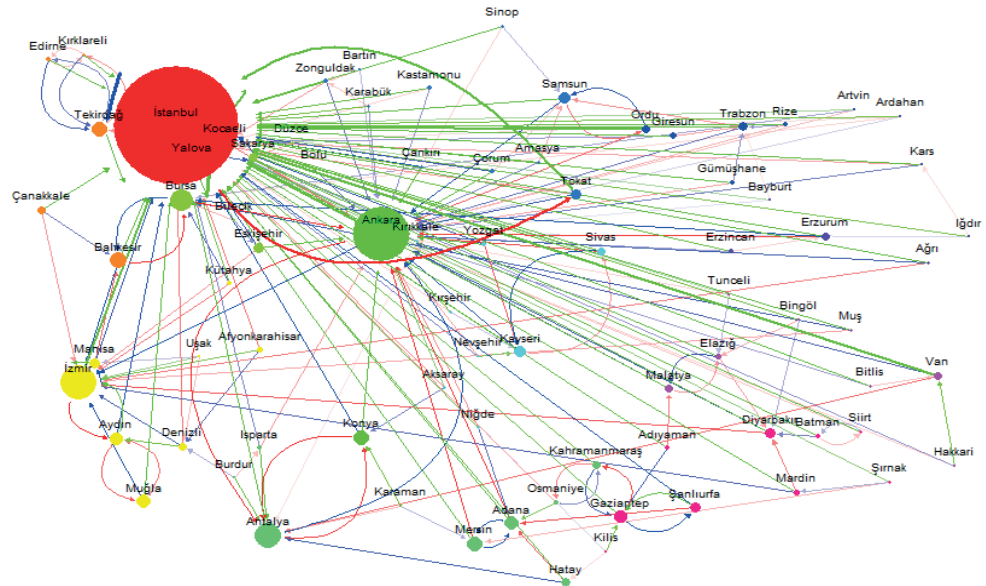
eden çalışmalar neticesinde ortaya konulan bu üç karakteristik özelliğin de bazı ağları tanımlamakta yetersiz kalabildiği görülmektedir.

## UYGULAMA VE BULGULAR

Çalışma kapsamında Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'nun 2014 yılı iller arası göç verileri kullanılmıştır. İller arası göç verileriyle göç ağının derece dağılımları, göç oluşum süreci, küçük dünyalar özelliği gibi konuları incelenmiştir. Burada birimleri iller, bağ ağırlıklarını ise iller arası göç sayıları oluşturmuştur  $G(N=iller, W_{81 \times 81} = \text{iller arası göç matrisi})$ .

**R** programında **qgraph** paketi ile tüm göç verileri kullanılarak illerin iç dereceleri hesaplanmış; en fazla göç verdiği ilk 3 il verisi ile birlikte Şekil 2'ye yansıtılmıştır. Dairelerin büyüklüğü iç dereceleri büyüklüğü ile orantılı olurken; bağ kalınlıkları, göç miktarıyla orantılı olup ilk bağ yeşil, ikinci bağ mavi ve üçüncü bağ kırmızı ile gösterilmiştir.

**Şekil 2 İllerin İç Derece Merkeziliği ve En Fazla Göç Verilen İlk Üç İl**



Şekil 2 incelendiğinde en fazla okun büyük farkla İstanbul'a yöneldiği, bunu Ankara ve İzmir'in ve ardından birkaç ilin takip ettiği görülmektedir. Bu durum ağın iç derece dağılımının homojen olmadığını ve içerisinde büyük merkezlerin bulunduğu bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca şekilde birbirine yakın bazı illerde karşılıklı güçlü göç ilişkilerinin bulunduğu ikili yapıların bulunması dikkat çekmektedir. Bunlardan Aydın-Muğla,

Adana-Mersin, Gaziantep-Şanlıurfa, Kayseri-Sivas ve Samsun-Giresun gibi karşılıklı güçlü ilişkiler şekle yansımıştır. Devlet Planlama Teşkilatı (DPT)'nin, Yerleşme Merkezlerinin Kademelenmesi: Ülke Yerleşme Merkezleri Sistemi (1982) çalışmasında (YERMEK) da İstanbul 7. kademe en üst ulusal merkez olarak elde edilmiş, Ankara ve İzmir 6. kademe merkezler olarak tespit edilmiştir.

### Derece Dağılımları

Bir ağın topolojisi ve oluşum süreçleri hakkında en önemli bulgular derece dağılımı kullanılarak elde edilir. Ağ topolojisinde rastsal ya da tercihli olmak üzere iki ana dağılım öne çıkmaktadır. Göç ağının derece dağılımları da bu oluşum sürecine ilişkin önemli ipuçları vermektedir. İller arası göç ilişkisinden elde edilen illere ait iç ve dış derece skorları Tablo 2'de yer almaktadır.

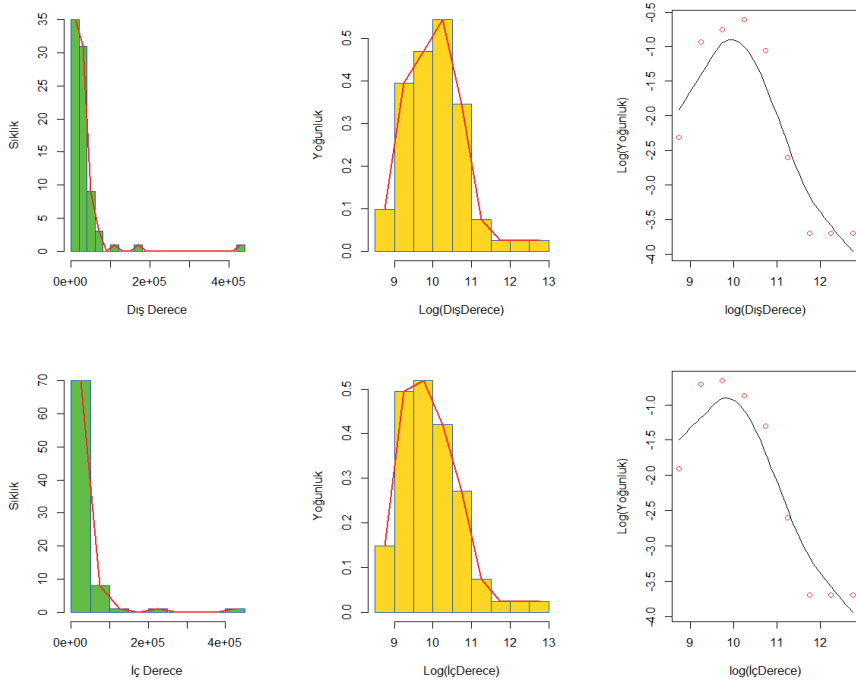
**Tablo 2. İller Arası Göçün İç ve Dış Derece Dağılımı**

İÇ DERECE SKORLARI				DIŞ DERECE SKORLARI			
İstanbul	438998	Osmaniye	17880	İstanbul	424662	Muş	22688
Ankara	203621	Kastamonu	17539	Ankara	163612	Kütahya	21860
İzmir	124439	Rize	17311	İzmir	101447	Batman	21515
Antalya	93057	Adıyaman	16578	Bursa	65027	Çanakkale	20540
Bursa	80717	Edirne	16431	Antalya	64631	Kars	20020
Kocaeli	79697	Yozgat	16200	Adana	63181	Isparta	19930
Balıkesir	57551	Çorum	15875	Konya	55453	Kırıkkale	18744
Konya	55798	Erzincan	15450	Kocaeli	55060	Osmaniye	18214
Mersin	55598	Yalova	14680	Mersin	54843	Kastamonu	18163
Tekirdağ	52994	Kırklareli	14553	Şanlıurfa	49030	Niğde	17946
Adana	51562	Çankırı	14519	Diyarbakır	48019	Rize	17932
Muğla	48219	Ağrı	14480	Erzurum	45209	Bitlis	17470
Gaziantep	46438	Niğde	13785	Samsun	44519	Edirne	17108
Aydın	45842	Karabük	13438	Van	44435	Şırnak	16142
Samsun	41057	Kırıkkale	13306	Gaziantep	44415	Gümüşhane	16071
Kayseri	40957	Bolu	13264	Ordu	39937	Amasya	14817
Diyarbakır	36920	Amasya	12970	Balıkesir	39918	Aksaray	14577
Eskişehir	35927	Şırnak	12749	Hatay	39181	Siirt	14366
Tokat	35891	Muş	12077	Tokat	38737	Kırklareli	13678
Şanlıurfa	35670	Düzce	11980	Manisa	38432	Erzincan	13641
Manisa	35570	Aksaray	11936	Sivas	34855	Karabük	13195
Sakarya	32701	Bitlis	11447	Kayseri	33374	Nevşehir	13165
Hatay	32678	Sinop	10783	Aydın	32396	Bolu	13065
Trabzon	31847	Kırşehir	10648	Malatya	31476	Bingöl	12852
Sivas	29726	Siirt	10551	Tekirdağ	31266	Burdur	12271
Malatya	29285	Kars	10280	Ağrı	30995	Düzce	12249
Ordu	28555	Burdur	10235	Kahramanmaraş	30903	Kırşehir	12199
Denizli	28279	Uşak	10190	Mardin	30796	Sinop	11950

Erzurum	27994	Nevşehir	10164	Trabzon	29741	Yalova	11064
Kahramanmaraş	27619	Bilecik	10090	Muğla	29671	Hakkari	10897
Van	27587	Artvin	9551	Sakarya	28311	Uşak	10895
Çanakkale	27429	Bingöl	9400	Eskişehir	27977	Artvin	10187
Giresun	26857	Bayburt	8912	Yozgat	27722	Bilecik	10114
Mardin	22207	Karaman	8673	Afyonkarahisar	27100	Karaman	9788
Afyonkarahisar	21414	Bartın	7794	Zonguldak	24783	Iğdır	9453
Elazığ	19724	Iğdır	7407	Denizli	24771	Bartın	8903
Gümüşhane	18811	Tunceli	7286	Çorum	24652	Ardahan	8033
Kütahya	18734	Hakkari	7187	Adıyaman	24330	Kilis	7451
Batman	18543	Kilis	5759	Elazığ	24162	Tunceli	6810
Zonguldak	18115	Ardahan	5323	Giresun	23620	Bayburt	5583
Isparta	17966			Çankırı	23080		

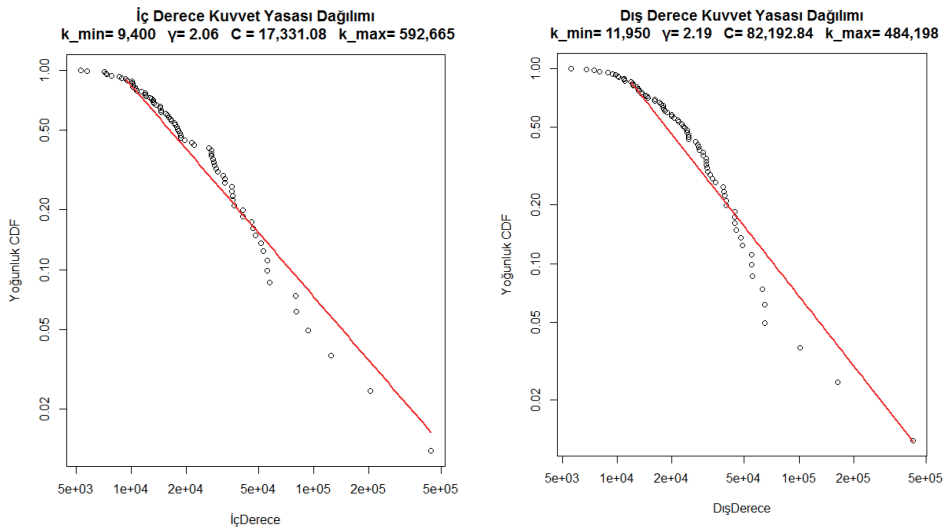
Tablo 2 incelendiğinde illerin iç ve dış derece skorlarında aykırı değerlerin olduğu normal dağılıma yakınsamadığı ve Zipf Yasası dağılımı ile benzerlik gösterdiği söylenebilir. İç ve dış derece dağılımlarının sıklık ve logaritmalar üzerinden yoğunluğuna ilişkin grafikler Şekil 3'te verilmiştir. İç ve dış derecenin dağılım grafiklerinin benzer yapı sergilediği görülmektedir.

**Şekil 3. Göç Ağının İç ve Dış Derece Dağılımları**



Şekil incelendiğinde, sıklık dağılımlarının kuvvet yasası dağılımına benzediği, derecelerin logaritmaları alındığında yoğunluk grafiğinin normale yakınsadığı görülmektedir. Bu durum, derece dağılımlarının kuvvet yasası dağılımına benzediği izlenimi vermektedir. Kuvvet yasası dağılımıyla uyumunu görebilmek için öncelikle  $k_{\min}$  ve  $\alpha$  değerlerinin bulunması gerekmektedir. Bunun için “**powerLaw**” R paket programı ile elde edilen sonuçlar Şekil 4’te verilmiştir.

**Şekil 4. Göç Ağının Dış ve İç Derece Ölçütlerinin Kuvvet Yasası Dağılımı**



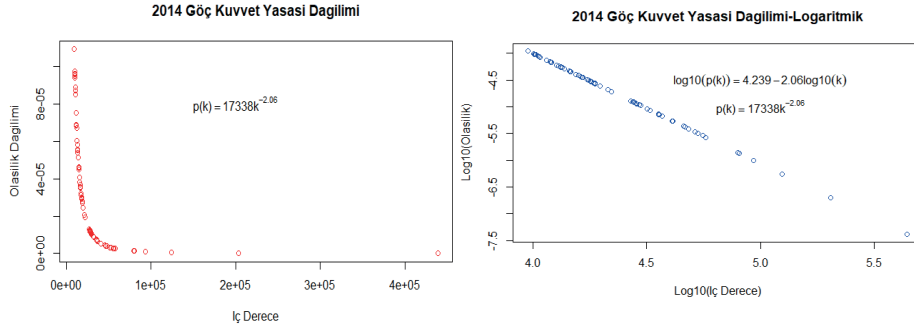
Göç ağının topolojik özelliğini içeren parametre  $\gamma$ , iç derecede 2,06; dış derecede 2,19 olarak bulunmuş olup bu değerler  $2 < \gamma < 3$  aralığındadır. Bu sonuca göre göç ağı, kuvvet yasası dağılımı ile uyumlu olup ölçekten bağımsız bir ağıdır.

Analiz sonucu kuvvet yasası katsayısı (C), iç ve dış dereceler için sırasıyla 17.331 ve 82.192 olarak; büyük merkezler (hub) için yapılan  $k_{\max}$  tahminleri de sırasıyla 592.665 ve 484.198 olarak elde edilmiştir. Elde edilen bu değerler, dağılımın maksimum değerlerinin bir miktar üzerinde olmakla birlikte gerçek değerlere oldukça yakın elde edilmiştir.

İç ve dış derece dağılımlarının korelasyonunun yüksek olması nedeniyle, iç derece için elde edilecek sonuçların, dış derece için de geçerli olacağı düşünüldüğünden çalışmada iç derece dağılımları kullanılacaktır.

İç derece dağılımları üzerinden kuvvet yasası dağılımına ilişkin sonuçlar Şekil 5'te verilmektedir. Logaritmik eksenler üzerindeki doğrusal ilişki kuramsal çerçeve ile uyumludur.

**Şekil 5. Göç Ağı Kuvvet Yasası Olasılık Dağılımı**



Bu doğrusal ilişki ile göç ağı iç derece dağılımı, Eşitlik (11)'deki olasılık dağılım fonksiyonuna dönüşmüştür.

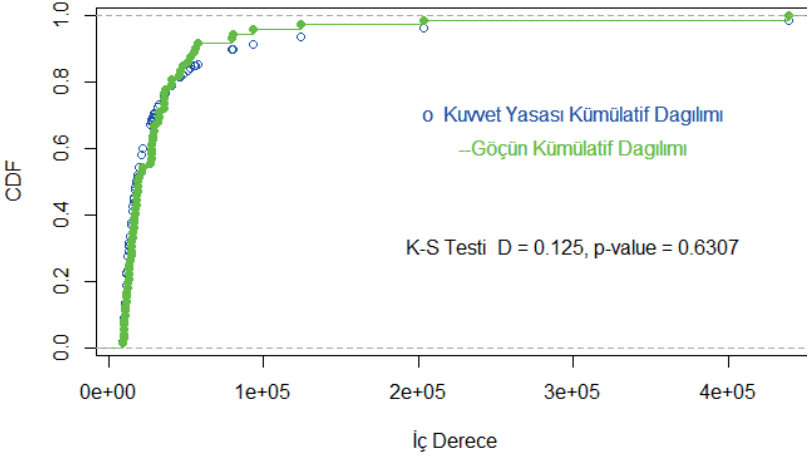
$$P(k) = 17338 k^{-2,06} \quad (11)$$

Bu dağılımdan katsayı 2,06 olarak elde edilmiştir. Pareto dağılım için  $1 + \gamma$  eşitliğinden  $\gamma = 1,06$  olarak elde edilir. Bu değer, Zipf Yasası dağılımı ( $E(\gamma) \approx 1$ ) ile uyumludur.

Göç ağının derece dağılımının, kuvvet yasası dağılımı ile uyumu Kolmogorov-Smirnov (KS) ile test edilmiştir. İç derece ve tahmin edilen kuvvet yasası dağılımları Şekil 6'da gösterilmiştir.



**Şekil 6. Göçün İç Derecelerine İlişkin Birikimli Dağılım ve Kuvvet Yasası Dağılımları**



Göç ağı derece dağılımının kuvvet yasası dağılımıyla uyumlu olması, iller arası göçün homojen olmayan karakteristiğe sahip olduğunu göstermektedir. Esasen göç ve ekonomi yönüyle büyük olan illerin ağıın yapılanmasındaki önemi de büyüktür. Her iki özelliğin, yerleşim sistemleri yapısı ile ilişkisi söz konusudur. Normal dağılım varsayımları gereği aykırı değer olarak analiz dışı bırakılabilecek bu büyük merkezler, kuvvet yasası dağılımı sayesinde göçün ana merkezleri olarak önem düzeylerini ortaya koyabilmektedir.

KS test sonuçları ( $D=0,125$  ve  $p$ -değeri  $=0,63$ ) olarak elde edilmiştir. Bu durumda  $H_0$  hipotezi (göç iç derece değerleri  $= 2,06$  olan kuvvet yasası dağılımıdır) kabul edilir ve göç ağının iç derece dağılımı, kuvvet yasası dağılımı ile uyumludur. Göç ağları da pek çok sosyal ağlar gibi rastgele ağ özelliğine sahip olmayıp tercihli bağlantımlar ile oluşmuştur.

Kuvvet yasası dağılımında derece değeri yükseldikçe herhangi bir birimin bu derece değerini alma olasılığı düşmektedir. Bu durum, iç derece dağılımın  $k$ 'ya göre türevlerinden de görülmektedir.

$$\frac{d(P(k))}{dk} = -17.338 * 2,06 k^{-3,06} = - 35.716 k^{-3,06} \quad (12)$$

$$\frac{d^2(P(k))}{dk^2} = 35.716 * 3,06 k^{-4,06} = 109.291 k^{-4,06} \quad (13)$$

Burada Eşitlik 12'nin sağ tarafı negatiftir. "k" arttıkça herhangi bir ilin  $k$  iç derece değerine sahip olma olasılığı azalmaktadır. Eşitlik 13 ise  $k$  arttıkça bu azalmanın azalan bir hızla gerçekleştiğini göstermektedir. İç göç olasılık

değerinin asimptotik olarak birinci ve ikinci türevleri sırasıyla;  $k \rightarrow 0$  için  $\infty$  ve  $k \rightarrow \infty$  için her iki türev için de 0 (sıfır) olmaktadır.

Bu durum, kuvvet yasası dağılımının genel bir özelliği olup, bu yönüyle poisson veya binom dağılımdan ayrılmaktadır. Bu özellik, poisson, binom veya normal dağılımın açıklayamayacağı heterojen yapılar için önemli bir özelliktir.

Şekil 6 incelendiğinde; düşük  $k$  değerleri için  $k$  arttıkça olasılık değerlerinin hızlı azaldığı, yüksek  $k$  değerleri için ise değişimin neredeyse 0 (sıfır)'a yakın olduğu görülmektedir. Dağılımın kırılma noktaları,  $k$ 'nın 30.000 kişi civarında olduğu nokta ile 90.000 kişi civarında olduğu, doğrusallığın kaybolduğu noktalardır. Buna göre; alınan göç 30.000'den aşağı inerken olasılık değerleri de hızlı inmektedir. Ancak 90.000'den yukarı çıkarken göç alma olasılığı çok daha düşüktür. Sadece 3 ilin aldığı göç bu değer üzerinde. Bu iller YERMEK çalışmasında 7. kademe olan İstanbul ve 6. kademe illerinden Ankara ve İzmir'dir. Şekilde kırılma noktaları arasındaki bölge, geçiş bölgesi olarak tanımlanabilir. İlk bölümdeki (30.000 kişiye kadar olan) olasılık değerlerindeki hızlı düşüş (bu bölümdeki illerin çoğunluğunu YERMEK 5. kademe illeri oluşturmaktadır), geçiş bölgesinde daha durağan hale dönüşmektedir. Bu bölgedeki iller iki grup arasında geçişkenlik gösterebilen iller olarak değerlendirilebilir.

İllerin,  $k$  (alınan göç sayısı) arttıkça göç alma olasılığının azalması, pek çok sosyo-ekonomik faktörden etkilenmektedir. En başta göç arttıkça ildeki dengeler değişecektir. Göçün özümsemesi ve tekrar dengeye gelmesi yeni bir süreci başlatır. Ardından yeni göçlerin gelmesi ile bir direnç oluşur. Bu süreç neoklasik ekonomi yaklaşımıyla da uyumludur. Göç edenlerin istihdam edilebilecekleri alanların geleneksel sektörlerle uygun olması ve açık iş pozisyonlarındaki taleplerin eşleşmemesi, işsizliğin artmasına neden olacaktır. Bu da yeni göçlerin alınmasında olumsuz faktörler olacak ve direnç oluşacaktır.

Bu direnç bilinçli bir karar alma şeklinden ziyade, göç alan illerdeki işsizlik, hayat pahalılığı, trafik, çevrenin bozulması gibi ağırlaşan yaşam koşulları yoluyla olmaktadır. Bununla birlikte farklı toplumsal kimliklerin bir araya gelmesi entegrasyonunda yaşanan sorunlar da bu direncin oluşmasında önemli unsurlar olabilmektedir.

Bu direnç ilde yaşayanların başka illere göç etme eğilimini de tetikleyebilmektedir. Bu durum; her göç, karşıt göçünü yaratır savı ile de uyumludur. Nitekim en çok göç alan il İstanbul olmakla birlikte net göç sıralaması değerlendirildiğinde Ankara, İzmir, Kocaeli, Antalya ve Tekirdağ'dan daha sonra gelmektedir.

Ayrıca göç veren illerde sosyo-ekonomik gelişmişlik farklarının azaltılması amacıyla alınan politika tedbirleri ve uygulanan teşvikler de göç alan illerde göç alma olasılığının düşürülmesinde etkili olabilir.

### Küçük Dünya Özelliği

İller arası göç ağının küçük dünya özelliği, **R programı** ile **NetworkToolbox** paketi ile test edilmek istenmiştir. Kullanılan paket, göç akım verisi gibi ağırlıklandırılmış ağlar için geliştirilmiş olup ağırlıkların tersini kullanarak en kısa mesafeyi hesaplamaktadır.

Göç akım verisinde tüm birimler birbirleri ile bağlantılı olduğundan göç ağı topolojik olarak tam ağıdır. Kullanılan algoritmada hesaplamalar rastgele ve düzenli ağ üzerinden yapılmaktadır. Tam ağların küçük dünya özelliğini tespit etmek amacıyla bağ ağırlık değerleri üzerinden çeşitli filtreleme işlemleri uygulanabilmektedir. Bu çerçevede; göçün tüm değerleri kullanılarak ve birimden birime göç eden kişi sayısının 100 kişinin altında ve 1000 kişinin altında olduğu değerler ihmal edilmek üzere üç grup için analizler yapılmıştır.

Üç durum için de hesaplanmış göç ağının küçük dünyalar özelliği ve elde edilen sonuçlar Tablo 3'te verilmektedir. Bir ağın küçük dünya özelliği taşıması için  $\sigma_{\text{rastgele}} > 1$ ,  $\sigma_{\text{HG}} > 3$ ,  $w \sim 0$  ve  $\varphi > 0.6$  koşullarını sağlaması gerekmektedir.

**Tablo 3. Göç Ağının Küçük Dünya Özelliğine İlişkin Değerleri**

Veriler	Tam Göç	Göç>100	Göç>1000
$C_{\text{Ağ}}$	1	0.82	0.75
$L_{\text{Ağ}}$	1	1.52	1.99
$C_{\text{düzenli}}$	0.49	0.49	0.47
$L_{\text{düzenli}}$	7.14	7.14	11.70
$L_{\text{rastgele}}$	1	1.52	2.46
$C_{\text{rastgele}}$	1	0.48	0.08
$T_{\text{rastgele}}$	1	0.48	0.09
$WS \sigma_{\text{rastgele}} > 1$	1	1.69	10.94
H ve G 2008 $\sigma_{\text{HG}} > 3$	1	1.37	3.32
Teleford 2011 $w \sim 0$	-1.05	-0.68	-0.37
Muldoon $\varphi > 0.6$	0.5	1	1

Tablo 3 incelendiğinde ihmal edilen göç miktarı arttıkça göç ağının kümelenme katsayılarının azaldığı, en kısa yol uzunluklarının ise arttığı görülmektedir.

Göç ağının tam ağ olması nedeniyle en kısa ortalama mesafe ve kümeleme katsayısı 1 olarak elde edilmiştir. Bu durumda geliştirilen hiçbir model küçük dünyalar özelliğine işaret etmemektedir.

Göç ağında 100'den az göç akımı olan bağların ihmal edilmesi durumunda; en kısa yol uzunluğu rastgele ağ ile aynı olurken kümelenme katsayısı daha büyük olmuştur. Bu durumda göç ağı küçük dünyalar özelliğine yaklaşırken H ve G (Humphries ve Gurney) ve Teleford tarafından geliştirilen parametrelere göre küçük dünyalar özelliği desteklenmemektedir.

Göç ağının 1000'den küçük değerli akışları ihmal edildiğinde; Teleford'un eşik değerine yaklaşıırken, diğer kriterlerin hepsinin sağlandığı görülmektedir. Bununla birlikte, kümelenme katsayısının literatürde üst sınır olan düzenli ağ değerinin üzerinde olması ve en kısa yol uzunluğunun rastgele ağdan daha düşük çıkması bir çelişkidir.

Çalışma kapsamında kullanılan algoritmanın bağların yönünü dikkate alamaması, çelişkinin oluşmasında etkili olabileceğini düşündürmektedir. Bu nedenle literatürde yönlü ağların küçük dünya özelliğini hesaplamaya yönelik algoritmaların geliştirilmesine ihtiyaç bulunmaktadır. Bununla birlikte küçük dünyalar özelliği test edilirken düzenli ve rastgele ağlarla birlikte alternatif ağların kullanılması da faydalı olacaktır.

Küçük dünyalar özelliği Latora ve Marchiori (2003) tarafından etkinlik ve maliyet üzerinden hesaplanmıştır. Global etkinlik değeri, ağın etkinlik değerinin ideal ağ değeri ile normalize edilmesi ile tanımlanmaktadır. Yöntemde ideal ağ olarak tam ağ önerilmiştir. Toplam göç miktarı aynı kalacak şekilde 81x81 boyutlu ve eşit ağırlıklı bağlardan oluşan tam ağ türetilerek etkinlik ve maliyet değerleri elde edilmiştir.

Tüm birimlerin merkez niteliğindeki tek bir birimle bağ kurduğu yıldız ağlar da literatürde kullanılan diğer bir ağdır. Bu nedenle, toplam göç miktarı aynı kalacak şekilde tek bir merkeze bağlı 80+80 eşit bağ ile bir yıldız ağ türetilmiştir. Göç ağında bağ ağırlıkları mesafeler yerine göç akım verilerinden oluştuğu için tanımlardaki etkinlik ve maliyet değerlerinin de bu minvalde yorumlanması gerekmektedir (Tablo 4).

**Tablo 4. Etkinlik ve Maliyet Analizleri**

Etkinlik Değerleri			Maliyet Değerleri		
Göç Ağı	Tam Ağ	Yıldız Ağ	Göç Ağı	Tam Ağ	Yıldız Ağ
2316	207	173863	0,006	0,0012	0,0024

Etkinlik değeri, göç ağında ortalama göç akımının bir ölçüsüdür. Tam ağda çok sayıda bağ nedeniyle etkinlik değeri düşük hesaplanırken, yıldız ağda ise mesafe kısa ve az sayıda bağ nedeniyle etkinlik yüksek olmaktadır.

Göç ağının etkinlik değeri bu iki türetilmiş ağın arasında bir yeredir. Göç ağı türetilen tam ağdan 11 kat etkin iken, türetilen yıldız ağ ise göç ağından 75 kat daha etkindir.

Maliyet değeri ise bağ ağırlıklarının tersleri kullanılarak en kısa yol uzunlukları üzerinden hesaplanmıştır. Buna göre göç ağının maliyeti en düşük iken, yıldız ağınki tam ağdan daha yüksektir.

Göç ağı etkinlikte tam ve yıldız ağ arasındayken maliyette ideal ağ olan tam ağın bile altındadır. Bu durum göç ağının ideal göç ağı olan tam ağdan daha iyi performansla sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum üzerinde, İstanbul ile birlikte Ankara ve İzmir gibi merkezlerin de derece değerlerinin yüksek olmasının etkili olduğu düşünülmektedir.

Barabási (2016), kuvvet yasası dağılımı parametresi üzerinden  $2 < \gamma < 3$  durumunu ölçekten bağımsız bölgede ultra-küçük dünya olarak tanımlarken  $\gamma < 2$  durumunu anormal bölge ve  $\gamma > 3$  durumunu ise rastgele bölgede küçük dünya özellikleri olarak tanımlamıştır. Göç ağı için  $\gamma$ , 2,06 olarak elde edilmiştir. Bu değer  $2 < \gamma < 3$  koşulunu sağladığından göç ağı ultra-küçük dünyalar grubundadır. Bu durum iller arası ilişkilerin etkili ve hızlı olduğu anlamına gelmektedir. Bir ilde oluşan bilgi ya da etki az sayıda ara il üzerinden hızlı bir şekilde sağlanabilmektedir.

## DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Bu çalışmada Türkiye’de göç ağının genel görünümü, topolojik yapısı, ağ oluşumu ve evrimi, küçük dünyalar özelliğinin geçerliliği gibi konular incelenmektedir.

TÜİK’in 2014 yılı iller arası göç verilerinin tamamı kullanılarak illerin iç derece merkezlik ölçütleri hesaplanmış; en fazla göç verilen ilk 3 il verisi harita üzerinde gösterilmiştir. Harita incelendiğinde; başta İstanbul olmak üzere, Ankara ve İzmir ile birkaç merkeze bağlanmanın yoğun olduğu görülmüştür. Ayrıca Gaziantep-Şanlıurfa, Adana-Mersin, Aydın-Muğla, Kayseri-Sivas ve Samsun-Giresun gibi karşılıklı ilişkiler de ön plana çıkmıştır. Ağın iç derece dağılımı, heterojen yapıda olup içerisinde büyük merkezleri barındırmakta ve bu haliyle ağın oluşum süreci, ölçekten bağımsız ağ özelliği izlenimi vermektedir.

Ağın oluşum sürecinin belirlenmesinde en temel gösterge derece dağılımlarıdır. Göç ağının derece dağılımı, kuvvet yasası dağılımı özelliği göstermiş olup ölçekten bağımsız ağ türüdür. Bu tür ağlar, düzgün dağılımlı bir yapıdan ziyade büyük merkezlerin barındırıldığı daha dengesiz bir dağılımı göstermektedir. Ölçekten bağımsız ağlarda büyük merkezlerin bulunması, herhangi bir bilginin diğer türlere göre çok daha hızlı yayılmasına neden

olmaktadır. Benzer şekilde oluşan bir etki, ağ üzerinde hızla yayılabilmekte ve ağda kopmalara bile neden olabilmektedir.

Derece dağılımının, kuvvet yasası dağılımı özelliği göstermesi nedeniyle ağın küçük dünyalar özelliğini taşıma durumuna ve yapısal etkinliğine yönelik analiz ve değerlendirmeler yapılmıştır. Barabási ölçeğine göre de göç ağının ultra küçük dünya özelliği taşıdığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca göç ağı tam ağ olması nedeniyle 100 kişiden az olan ve 1000 kişiden az olan bağlar ihmal edilerek analizler de yapılmıştır.

Göçün 1000'den küçük değerli bağları ihmal edildiğinde; Teleford'un eşik değerine yaklaşılrken, diğer kriterlerin hepsi küçük dünyalar özelliğini sağlamıştır. Ancak, kümelenme değerinin düzenli ağ değerinin üzerinde olması; en kısa yol uzunluğunun ise rastgele ağdan daha düşük çıkması bir uyumsuzluktur. Bu durum üzerinde, kullanılan algoritmanın bağ yönlerini dikkate almamasının etkili olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca test amaçlı rastgele ve düzenli ağlar dışında diğer türlerin de kullanıldığı algoritmaların geliştirilmesi literatüre önemli katkılar olacaktır.

Yerleşim sistemleri hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan modeller ile incelenmektedir. Bu kapsamda en yaygın kullanılan hiyerarşik model merkezî yerler kuramı olurken en yaygın kullanılan hiyerarşik olmayan model ise sıra-büyüklik dağılımıdır. Yerleşim sistemlerinde göç ağlarının incelenmesi, topolojik yapısının ortaya konması, yerleşim sistemleri çalışmalarında yeni bir açılım olarak değerlendirilebilir.

## KAYNAKLAR

- Airoldi, E. M., ve Carley, K. M. (2005). Sampling algorithms for pure network topologies: a study on the stability and the separability of metric embeddings. *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, 7(2), 13-22.
- Akal, Ş. (2014). Gerçek ve Model Ağların Karakteristik Özelliklerinin Karşılaştırılması - Comparison of Characteristics of Real and Modelled Networks. *Öneri Dergisi*, 11 (41), 251-272 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/maruoneri/issue/17902/187859>
- Akyazı, T. E. ve Karadal, H. (2017). Girişimcilik ve Sosyal Ağlar: Sosyal Ağ Analizi Yöntemi ile Aksaray Organize Sanayi Bölgesinde İşletmelerin Girişimcilik Haritasının Oluşturulması. *LAÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(2), 168-192.
- Anderson, J. E. (2011). The Gravity Model. *Annual Review of Economics*, Annual Reviews, 3(1), 133-160.
- Barabási, A-L. (2016). *Network Science*. Cambridge University Press.
- Barrat, A., Barthélemy, M., Pastor-Satorras, R. ve Vespignani, A. (2004). The Architecture of Complex Weighted Networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 101(11), 3747-3752.
- Bilen Kazancık, L. ve Bilen, Ö. (2020). Türkiye'de illerin hiyerarşik ve yatay ilişkilerinin

- belirlenmesine yönelik bir yöntem denemesi. *Sayıştay Dergisi*, 31 (119), 99-128.
- Bilen, Ö. (2020). Ekonomide ağ modeller yaklaşımı: Türkiye’de bölgeler arası ekonomik etkileşim ve yapının analizinde ağ modelleri uygulaması. [Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi]. <http://hdl.handle.net/20.500.12575/72274>
- Birinci, S. (2017). Türkiye’de göç etkinliği, nüfus devinimi ve nüfus değişimi (2014-2015). *Türk Coğrafya Dergisi*, 69 (2017), 81-88.
- Carling, J. ve Collins, F. (2018). Aspiration, desire and drivers of migration, *Journal of Ethnic and Migration Studies*, 44(6), 909–926.
- Charyyev, B. ve Gunes, M. H. (2019). Complex network of United States migration. *Computational Social Networks*, 6 (1).
- Danchev, V. ve Porter, M. A. (2018). Neither global nor local: Heterogeneous connectivity in spatial network structures of world migration. *Social Networks*, 53, 4–19.
- Davis, K. F., D’odorico, P., Laio, F. ve Ridolfi, L. (2013). Global spatio-temporal patterns in human migration: A complex network perspective. *PLoS ONE* 8(1): e53723. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0053723>
- DPT. (1982). Türkiye’de Yerleşme Merkezlerinin Kademelenmesi: Ülke Yerleşme Merkezleri Sistemi, Ankara: DPT Kalkınmada Öncelikli Yörelere Başkanlığı.
- Erdős, P. ve Rényi, A. (1960). On the Evolution of Random Graphs. *Math. Inst. Hung. Acad. Sci*, 5, 17–6.
- Gabaix, X. (2016). Power Laws in Economics: An Introduction. *Journal of Economic Perspectives*, 30,185–206
- Gencer, N. (2018). Sosyal ağlarda dayanıklılık: Twitter# permakültür sosyal ağı dayanıklılık analizleri. (Master’s thesis, Uludağ Üniversitesi).
- Goyal, S. (2012). *Connections: An Introduction to the Economics of Networks*, Princeton University Press.
- Haas, H. (2010). Migration and Development: A Theoretical Perspective. *International Migration Review*, 44(1), 227–264.
- Humphries, M. D. ve Gurney, K. (2008). Network ‘small-world-ness’: A Quantitative Method for Determining Canonical Network Equivalence. *PLoS ONE*, 3, e0002051.
- King, R. (2012). Theories and Typologies of Migration: An Overview and A Primer. Willy Brandt Series of W P in International Migration and Ethnic Relations, 3(12), 1-43.
- Köroğlu, N. T. ve Köroğlu B. A. (2014). Çekim Modeli ve Ağ Analizinin Bölgesel Eşitsizlikleri Açıklama Kapasitesi, 14. Ulusal Bölge Bilimi ve Planlama Kongresi.
- Latora, V. ve Marchiori, M. (2003). Economic Small-World Behavior in Weighted Networks. *The European Physical Journal B*. 32, 249-263.
- Lemercier, C. ve Rosental, P. A. (2010). The structure and dynamics of migration patterns in 19th century Northern France. 2009. fhalshs-00450035v3. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00450035v3>
- Maier, G. ve Vyborný, M. (2008). Internal migration between US states: A social network analysis. In Poot, J., Waldorf, B. ve Wissen, L. V. (Eds.), *Migration and Human Capital*. Edward Elgar Publishing.
- Massey, D. S., Arango, L., Hugo, G., Kouaouci A., Pellegrinoand, A. J. ve Taylor E. (1993). *Theories of International Migration: A Review and Appraisal*. Population



- and Development Review, 19(3), 431-466
- Muldoon, S. F., Bridgeford, E. W. ve Bassett, D. S. (2016). Small-World Propensity and Weighted Brain Networks. *Scientific Reports*, 6, 22057.
- Opsahl, T., Agneessens, F. ve Skvoretz, J. (2010). Node Centrality in Weighted Networks: Generalizing Degree and Shortest Paths. *Social Networks*, 32, 245–251.
- Ravenstein, E. G. (1885). The laws of migration. *Journal of the Statistical Society of London*, 48 (2), 167-235.
- Serafino, M., Cimini, G., Maritan, A., Rinaldo, A., Suweis, S., Banavar, J. R. ve Caldarelli, G. (2021). True scale-free networks hidden by finite size effects. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(2).
- Sjaastad, L. A. (1962). The costs and returns of human migration. *Journal of Political Economy*, 70 (1), 80-93.
- Sirkeci, I. (2009). Transnational mobility and conflict, *Migration Letters*, 6(1), 3–14.
- Stephen, A. T., ve Toubia, O. (2009). Explaining the Power-Law Degree Distribution in a Social Commerce Community. *SSRN Electronic Journal* 31(4):262-270 DOI:10.1016/j.socnet.2009.07.002
- Tekeli, İ. (1975). Göç Teorileri ve Politikaları Arasındaki İlişkiler. *ODTÜ Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 1(1), 153-176
- Teleford, Q. K., Joyce, K. E., Hayasaka, S., Burdette, J. H. ve Laurienti, P. J. (2011). The Ubiquity of Small-World Networks. *Brain Connectivity*, 1(5), 367-375.
- Tinbergen, J. (1962). *An Analysis of World Trade Flows in Shaping the World Economy*. New York NY: Twentieth Century Fund.
- Tobler, W. (1970). A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region. *Economic Geography*, 46, 234–40.
- Todaro, M. P. (1969). A Model of Labor Migration and Urban Unemployment in Less Developed Countries. *The American Economic Review*, 59(1), 138-148.
- Tranos, E., Gheasi, M. ve Nijkamp, P. (2015). International migration: A global complex network. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 42 (1), 4–22.
- Tüzüntürk, S. (2012). *Firmalarda Organizasyonel Ağ Analizi ve Bir Uygulama*, Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Doktora Tezi.
- Watts, D. J. ve Strogatz, S. H. (1998). Collective Dynamics of ‘Small-World’ Networks. *Letters to Nature*, 393, 440-443.
- Yakar, M. ve Eteman, F. S. (2017). Türkiye’de İller Arası Göçlerin Nodexl ile Sosyal Ağ Analizi, *Göç Dergisi* 4(1), 82-109.
- Zeyneloğlu, S. (2008). *Türkiye’de Yerleşim Birimlerinin Dağılımı ve Merkezî Yerlerin Nüfuslarındaki Değişim: Dengeli Bir Yerleşim Dağılımı İçin Öneriler*, Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, <http://hdl.handle.net/11527/9752>.