

AB-28 ÜLKELERİNDE ULAŞIM SEKTÖRÜ VE ULUSLARARASI TİCARET  
LOJİSTİĞİNİN AĞ ANALİZİ İLE İNCELENMESİ®Yrd. Doç. Dr. Semanur SOYYIĞIT<sup>7</sup>Yrd. Doç. Dr. Şerafettin KELEŞ<sup>8</sup>Arş. Gör. Aslı Cansın DOKER<sup>9</sup>**Özet**

Dünya ölçeğindeki en büyük ticaret bloğu olan Avrupa Birliği (AB), bu coğrafyada oldukça önemli ticaret hareketlerine de sahne olmaktadır. 2015 yılı itibariyle 3063 milyar Euro'ya varan birlik içi ihracat mal grupları cinsinden incelendiğinde; makineler, ulaşım araçları, imalat sanayi ürünleri, kimyasallar gibi mal gruplarının yüzdelik ağırlığının yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum da birlik içerisinde lojistiğin önemini kanıtlar durumdadır. Bu kapsamda, Beyaz Kitap 2011'de AB'nin lojistik geleceğine ilişkin birtakım hedefler de belirlenmiştir. Birlik içinde lojistiğin önemine dikkatlerin ilk kez çekildiği 1992 yılındaki Beyaz Kitapta o dönemde ulaşım türleri arasındaki dengenin değiştirilmesi, ulaşım giderek küresel bir nitelik kazandırılması gibi birtakım amaçlar belirlenmiştir. Ortak bir ulaştırma politikasının önemine dikkat çeken 2011 raporunda ise yüksek hızlı demiryolu ağını tamamlamak; havalimanları, demiryolları ve denizyollarını birbirine bağlamak gibi 2050 hedefleri de göze

---

© Bu çalışma III. Uluslararası Kafkasya Orta Asya Dış Ticaret ve Lojistik Kongresi'nde özet bildiri olarak sunulmuştur. 19-21 Ekim 2017, Kastamonu, Turkey.

<sup>7</sup> Erzincan Üniversitesi İİBF, [semanur.soyyigit@erzincan.edu.tr](mailto:semanur.soyyigit@erzincan.edu.tr)

<sup>8</sup> Erzincan Üniversitesi İİBF, [skeles@erzincan.edu.tr](mailto:skeles@erzincan.edu.tr)

<sup>9</sup> Erzincan Üniversitesi İİBF, [acdoker@erzincan.edu.tr](mailto:acdoker@erzincan.edu.tr)

çarpılmaktadır. Bu kapsamda, bu çalışmada AB-28'in birlik içi ticaret lojistiğinin sağlandığı karayolu, denizyolu, demiryolu ve havayolu ulaşım ağlarının zamansal değişimi ve mevcut durumu ağ analizi yaklaşımı ile değerlendirilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Ulaştırma, AB ulaşım ağı, uluslararası ticaret lojistik ağı, ağ analizi

**Jel kodları:** L91

## **TRANSPORTATION SECTOR IN EU-28 AND NETWORK ANALYSIS OF INTERNATIONAL TRADE LOGISTICS**

### **Abstract**

The European Union (EU), as the largest trading block on the world scale, is also a scene of significant trade movements in this geography. When intra-EU exports reaching 3.063 billion euros in 2015 are examined in terms of groups of goods, it can be seen that machines, transportation vehicles, manufacturing industry products, chemicals, etc. have high shares. This situation proves the importance of logistics for the Union. In this context, in the White Paper 2011, a number of objectives related to the logistical future of the EU have been identified. In White Paper 1992 in which the importance of logistic within the Union was first drawn attention to, a number of objectives were identified, such as changing the balance between types of transportation and increasing quality globally. In the 2011 report, which emphasized the importance of a common transport policy, there are also some striking targets for the year 2050 such as completing the high-speed railway network, connecting airports, railroads and sea routes. In this context, in this study, the changing situation over time of road, sea, railway and air transport networks which provides intra-EU trade logistics of the union, and the current situation will be evaluated by network analysis approach.

**Keywords:** Transportation, EU transportation network, international trade logistic network, network analysis

**Jel codes:** L91

### **I. GİRİŞ**

Ulaştırma, ister uzak olsun ister yakın olsun, farklı bölgeler arasında gerek insanların gerek malların taşınması açısından, özellikle günümüzün küreselleşmiş dünyasında oldukça önemli bir sektördür. Çoğu zaman birbirleri ile yakın anlamlar çağrıştıran ulaştırma ve lojistik arasında ise, hem ortak yönler

hem de farklılıklar mevcuttur. Bu ortaklık ve farklılıkları, iki kavramın tanımlarından türetmek mümkündür. Ulaştırma en genel tanımıyla insanların, malların ve bilginin kişisel ve ekonomik amaçlardan dolayı yer değiştirmesidir. Lojistik ise, müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamak üzere her türlü ürün, hizmet ve bilginin, tedarik zinciri içerisinde hammaddenin başlangıç noktasından ürünü tüketildiği son noktaya kadar olan hareketinin etkin ve verimli bir şekilde sağlanması, akış ve depolanmasının sağlanması, kontrol altına alınması ve planlanması sürecidir (Tutar vd., 2009: 192). Lojistik taşıma, depolama, elleçleme, envanter yönetimi, paketleme ve sipariş yönetimi gibi süreçlerden oluşan bir faaliyet olarak, bünyesinde taşımayı kapsamaktadır (Kurt, 2010: 130). Bu anlamda lojistik, taşımayı bünyesinde barındıran daha geniş bir faaliyettir.

Ulaştırma temelde denizyolu, havayolu, demiryolu ve karayolu taşımacılığından oluşmaktadır. Bu taşımacılık türlerinin, sahip oldukları özellikler çerçevesinde, birbirlerine göre birtakım üstünlükleri ve eksik yanları mevcuttur (Çevik ve Gülcan, 2011: 37). Denizyolu taşımacılığı ile çok fazla miktarda mal düşük maliyetle taşınabilir. Bu sayede sanayi üretiminde hammadde olarak kullanılacak büyük miktarda yükün tek seferde bir noktadan diğer bir noktaya taşınmasına olanak sağlar. Ancak denizyolu taşımacılığında taşıma süresi uzundur. Karayolu ve demiryolu taşımacılığına göre daha ucuz olan bu taşımacılık türünde, petrol, kömür, maden, kum, çakıl gibi mallar taşınmaktadır.

Diğer taşımacılık türlerine göre daha maliyetli olan havayolu taşımacılığı ise, uzun mesafeler için hızlı bir taşıma avantajına sahiptir. Daha çok teknolojik ürünler, hassas ürünler, mücevherat vb. malların taşınmasında havayolu taşımacılığından faydalanılır.

Demiryolu taşımacılığı, karayolu taşımacılığına göre tek seferde daha fazla malın tek seferde taşınmasını sağlama avantajına sahiptir. Bu nedenle maliyet avantajına da sahip olan demiryolu taşımacılığında maden ve mineraller, kum, tarımsal ürünler, kimyasallar vb. taşınmaktadır. Diğer taşımacılık türlerine göre daha az avantajlı olan karayolu taşımacılığının özelliği ise, hedef ile kaynak arasında aktarmasız ve hızlı teslimat sağlıyor olmasıdır. Belirli kriterler açısından söz konusu taşıma yöntemlerinin kıyaslaması, Tablo 1'de yer almaktadır.

**Tablo 1.** Taşıma Yöntemlerinin Belli Kriterlere Göre Sıralaması

	Hız (Kapıdan kapıya ulaştırma zamanı)	Güvenilirlik (Zamanlamada başarı)	Yeterlilik (Taşınan ürün çeşitliliği)	Bulunurluk (Hizmet verilen coğrafi nokta sayısı)	Maliyet (Ton*mil başına maliyet)
Demiryolu taşımacılığı	3	3	2	2	2
Denizyolu taşımacılığı	4	4	1	4	1
Karayolu taşımacılığı	2	1	3	1	3
Havayolu taşımacılığı	1	2	4	3	4

**Kaynak:** Çevik ve Gülcan, s. 38.

Tablo 1’de, her bir kriter için 1 değeri en avantajlı olan taşımacılık türünü, 4 ise en düşük avantaja sahip olan taşımacılık türünü ifade etmektedir. Buna göre hız açısından en başarılı taşımacılık türü havayolu taşımacılığı, en yavaşı ise denizyolu taşımacılığıdır. Zamanlama konusunda başarılı olması anlamında güvenilirlik ölçütüne göre bakıldığında, karayolu taşımacılığı ilk sırada, denizyolu taşımacılığı ise son sırada yer almaktadır. Çok çeşitli ürün taşınmasına elverişlilik anlamında yeterlilik kriteri incelendiğinde, denizyolu taşımacılığının bu özelliği en iyi karşılayan taşımacılık türü olduğu görülmektedir. Hizmetin sunulduğu coğrafi noktaların çokluğu anlamında bulunurluk kriterine göre ise, karayolu taşımacılığının hedef ve kaynak arasında doğrudan bağlantı kurulabilmesi özelliği dolayısıyla ilk sırada yer aldığı görülmektedir. Her birinin diğerine göre birtakım avantaj ve dezavantaja sahip olduğu bu taşımacılık türleri, esasen birbirinden tümüyle bağımsız düşünülmemelidir. Zira bazen ulaşımın sağlanması birkaç ulaşım türünün bir arada kullanılmasını gerektirmektedir. Bu bütüncül yaklaşımla bakıldığında, ulaşım ve taşımacılık alanında karmaşık bir ağ yapısı teşkil etmektedir.

## II. Avrupa Birliği’nde Ulaştırma

Avrupa Komisyonu’nun hazırladığı raporlarda da, ulaştırmanın çok sayıda faktöre bağlı kompleks bir sistem olduğu vurgulanmaktadır (European Commission, 2009: 7). Bu faktörler insan yerleşimi ve tüketim kalıbı, üretim organizasyonu ve altyapı yeterliliğidir. Bu kompleks yapı ve söz konusu faktörlerin niteliği gereği olarak da sektöre yapılacak herhangi bir müdahalenin,

insanların ve malların sürdürülebilir taşınması şeklindeki uzun dönemli vizyona dayanarak gerçekleştirilmesinin gerekliliği yine Komisyon tarafından vurgulanmaktadır. Ayrıca burada söz konusu sektörde uygulanacak politikaların, niteliği gereği uygulanması ve planlanması uzun süren politikalar olmasının da etkili olduğu ifade edilmektedir.

Sektörün önemi sadece insan ve mal ulaşımının sağlanması açısından değil, ayrıca sektörün istihdam potansiyeli ve milli hasılaya katkısı açısından da büyüktür. Avrupa Birliği'nde sektörün yaklaşık 10 milyon kişiye istihdam sağladığı, GSYH'ye katkısının da % 5 düzeyinde olduğu<sup>10</sup> göz önünde bulundurulduğunda, sektörün önemi daha iyi anlaşılabilir.

Avrupa'da ulaşım, temelleri Roma Anlaşmasında bulunan, Avrupa Ekonomik Birliğinin de ortak politikalar kapsamında üzerinde önemle durduğu alanlardan biridir. Buna karşılık Roma Anlaşmasında, ortak ulaşım politikası kapsamında, üyeler tarafından üzerinde uzlaşılan bir tanımlama mevcut değildir. Bu alandaki gelişmeler hükümetlerin ulusal ulaşım ağları üzerindeki kontrolleri kaybetme endişesi ve ülkelerin ulaşım yapıları arasındaki farklılıkların mevcudiyeti nedeniyle 1980'li yıllara kadar oldukça yavaş ilerlemiştir. 25 yıllık bu istikrarsız düzenlemelerden sonra, Avrupa Parlamentosunun AB Konseyi'nin ortak ulaştırma politikası geliştirmedeki başarısızlığını Avrupa Adalet Divanına taşınması ve Mahkemenin 1985 yılında birtakım kararlar almasından sonra, ortak bir ulaştırma politikası konusunda ilerlemeler başlamıştır (European Commission, 2014:4-5).

Bu kararları, 1985 yılında Avrupa Komisyonu'nca iç piyasanın geliştirilmesi üzerine yayımlanan Beyaz Kitap izlemiştir. Beyaz Kitap, 1992 yılı itibariyle gerçekleştirilmesi hedeflenen belli başlı amaçları içermekteydi. 1992 yılında Maastricht Anlaşması ile Trans-Avrupa Ulaştırma Ağları (Trans-European Transport Networks, TEN-T) ve ulaşım politikasında birleşik çevre koruma gereklilikleri konusunda fikirsel adımlar atılmıştır. Bu adımlar, ortak ulaşım politikaları üzerine düzenlemeler öngören, 1992 yılında yayımlanan Beyaz Kitap'ta da pekiştirilmiştir. Böylelikle ulaştırma piyasasını rekabete açma amacı yanında, sürdürülebilir taşıma ilkesine de vurgu yapılmıştır. 1992 yılına geldiğinde artık ortak ulaştırma politikasının temelleri oluşturulmuştu. 1997 yılında Amsterdam Anlaşması ile, çevresel koruma ulaşımın içine daha fazla dahil edilmiştir. İzleyen yıllarda, Avrupa Komisyonu daha iyi bir rekabet ortamı için ulaşım maliyet, ücret ve fiyatlandırmalarına ilişkin ulusal ve bölgesel farklılıkları incelemiştir.

---

<sup>10</sup> <https://ec.europa.eu/jrc/en/research-topic/transport-sector-economic-analysis>, 22.07.2017.

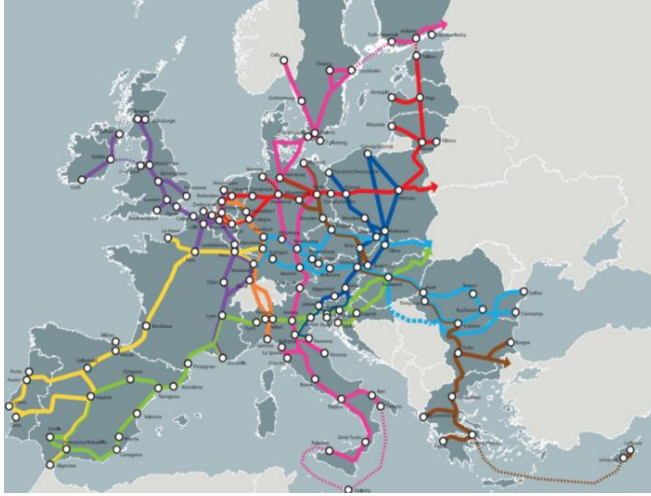
2000'li yıllarda Birlikte ulaşım ve çevre duyarlılığı yine ön planda olma özelliğini korumuştur. 2001 yılında başka bir Beyaz Kitap ile, çevre sorumluluğuna dayalı ulaşım politikasına doğru daha kararlı adımlar benimsendi. 2006 yılında ulaşımın enerji kullanımı ve çevre kalitesi üzerine neden olduğu olumsuz etkilere karşı mücadele etmek adına daha fazla önleme ihtiyaç duyulduğuna vurgu yapılmıştır. Bu anlamda lojistik planlarının, ulaşımı daha etkin gerçekleştirecek akıllı sistemlerin ve iç suların da ulaşımında kullanılmasına yönelik önlemler tasarlanmıştır. Daha sonraki yıllarda, bu politikaların çevresel koruma politikaları ile uyumlaştırılması ve bu çerçevede geliştirilmesi yönünde uygulamalara verilen önem devam etmiştir. 2011 yılında çıkarılan yeni Beyaz Kitap ile, Avrupa içi ulaştırma piyasası için yapılmak üzere bekleyen işlere odaklanılmıştır. Bunlar:

- Ulaşımın farklı amaçlarını bir araya getiren bütünleşmiş bir ulaştırma ağının inşa edilmesi,
- Çok araçlı merkezlerin oluşturulması ve teknik, idari ya da kapasite nedeniyle darboğazların giderilmesi
- AB'ye 2004 yılı ve sonrasında katılan ülkelerin altyapılarının geliştirilmesi,
- Yenilik ve araştırmanın önemsenmesi, petrole bağımlılık olmayan ulaşım yatırımları yapılması,
- Ulaştırma endüstrinin, mobilitayı kısıtlamayacak şekilde karbonsuzlaştırma hedeflerine ulaşmasının sağlanması.

Mevcut durumda, altyapı açısından bir değerlendirme yapıldığında, ulaşım altyapısının Avrupa'da düzensiz bir gelişim sergilediği görülmektedir. En son birlik üyesi olan ülkeler ile uzun yıllardan beri birliğe üye olan ülkeler arasında bu farklılık oldukça belirgindir. Yeni üyelerin karayolları diğerlerine göre daha eski, yüksek hızlı raylı sistemleri gelişmemiştir. Bu farklılıkların ortadan kaldırılmasının yanı sıra, Avrupa ulaşım altyapısının genişletilmesi ve iyileştirilmesi gerekliliği söz konusudur. Bu da TEN-T politikasının önemini karşımıza çıkarmaktadır. Bir Avrupa Komisyonu politikası olan TEN-T, karayolları, demiryolu hatları, iç sular, deniz nakliyat güzergâhları, limanlar, havalimanları ve demiryolu istasyonları ağının Avrupa çapında oluşturulması ve geliştirilmesi amacıyla ortaya konmuştur. Bu kapsamda, iki aşamalı bir plan içermektedir<sup>11</sup>: bunlardan biri bütün Avrupa bölgelerini içine alan Kapsamlı Ağ (Comprehensive Network), diğeri ise Kapsamlı Ağ içerisindeki en önemli

<sup>11</sup> [https://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/about-ten-t\\_en](https://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/about-ten-t_en) (21.08.2017)

noktaları birleştiren en önemli bağlantıları içeren Çekirdek Ağ (Core Network). TEN-T politikası ile ulaşılması hedeflenen nihai hedef ulaşım ağlarının kapatılması; darboğazların giderilmesi; AB üyeleri ulaşım ağları arasındaki teknik engellerin kaldırılması; birlik içerisinde sosyal, ekonomik ve bölgesel uyumun güçlendirilmesi; tek ve bütün bir Avrupa ulaşım bölgesinin oluşturulmasıdır. Bu amaca yönelik de yeni fiziksel altyapının kurulması, yenilikçi dijital teknolojilerin sektöre adaptasyonu, alternatif yakıt kullanımı ve mevcut altyapının modernizasyonu öncelikli hedefler arasında yer almaktadır. 2013 yılında TEN-T politikasının gözden geçirilmesini takiben, çekirdek ağın geliştirilmesini düzenlemek ve kolaylaştırmak için, 9 tane çekirdek ağı geçidi belirlenmiştir. Görsel 1.1'deki haritada, bu 9 geçit, her biri farklı bir renkle temsil edilerek gösterilmektedir.



**Görsel 1.** Çekirdek Ağ Geçitleri

Kaynak: [https://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure\\_en](https://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure_en)  
(21.08.2017)

AB yasalarında çekirdek ağın 2030 yılında, kapsamlı ağın ise 2050 yılında tamamlanması yönünde somut tarihler belirlenmiştir. Bununla birlikte çekirdek ağ oluşumu için uygulanan TEN-T projelerinden edinilen deneyimler, uygulamada aşırı maliyet ve birtakım gecikmeler yaşandığını göstermektedir. Avrupa Komisyonu bu sorunun temelde iki sebebi olduğunu vurgulamaktadır<sup>12</sup>. Bunlardan ilki projelerin yapılması için gerekli olan izinlerin alınması, yetkilerin sağlanması ve prosedürlerin tamamlanması için geçen uzun süre ve

<sup>12</sup> [https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/initiatives/ares-2017-3272163\\_en](https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/initiatives/ares-2017-3272163_en) (21.08.2017)

organizasyonun karmaşık yapısıdır. Diğer sebep ise özel yatırımcıların, düzenleyici çerçevedeki belirsizlikler ve gecikmeler nedeniyle yatırım projeleri konusunda isteksiz olmalarıdır.

Dolayısıyla AB’de çevre duyarlılığı ve sürdürülebilirlik çerçevesinde Avrupa çapında tek ve bütün bir ulaşım ağının oluşturulması hedefi bulunmakta ve bu doğrultuda somut adımlar atılmaya çalışılmakta; bununla birlikte birtakım engellerin olduğu gerçeği de göz ardı edilememektedir. Bu nedenle bu çalışmada Avrupa Birliği’nin ulaşım ve taşımacılık sektörünün mevcut durumunun analizinin yapılmasına çalışılacaktır.

### III. Literatür Araştırması

Çalışmada kullanılan ağ analizi yöntemi, doğa bilimlerinden sosyal bilimlere kadar geniş bir alanda birçok disiplin tarafından kullanılan popüler bir araç haline gelmiştir. Ağ yapısını birkaç örnekle açıklayacak olursak (Çırpıcı ve Soyyiğit, 2017: 90); beynimizi, nöronlar ve bunlar arasındaki bağlantılardan oluşan bir ağ şeklinde düşünebiliriz. Finansal kurumları ve bunlar arasındaki parasal akışları (bağlantıları), ülkeleri ve bu ülkeler arasındaki ticari bağlantıları, sosyal medya ortamındaki kişileri ve bu kişiler arasındaki arkadaşlık bağlantılarını birer ağ yapısı olarak düşünmek mümkündür. Bunların yanı sıra, ülkeler/şehirler ile bunlar arasındaki havayolu, tren ya da diğer bir ulaşım seferlerini (bağlantıları) ağ yapısı olarak incelemek de bu yöntemle mümkündür.

Ağ analizinin sık kullanıldığı alanlardan biri de ulaşım sektörüdür. Bu analiz, şehir içi ulaşım için yapılabileceği gibi, literatürde şehirlerarası ya da ülkeler arası analizler şeklinde de karşımıza çıkmaktadır. Şehir içi ulaşım açısından bu analizin bize sağladığı fayda, hatalı tasarlanmış ulaşım altyapıları veya plansız kentleşme gibi nedenlerle şehir içi ulaşımındaki sorunların ve darboğazların tespitini olanak sağlıyor olmasıdır. Bu amaçla, Aladağ (2016) tarafından İstanbul’un toplu taşıma ağının ağ analizi ile incelendiği çalışmada, otobüs güzergahları bir ağ yapısı şeklinde kurgulanarak trafik yoğunluğu oluşabilecek noktalar tespit edilmiştir.

Cheng vd. (2015) Singapur’un 4 ayrı tren hattındaki toplam 89 duraktan oluşan tren ağını analiz etmişlerdir. Günlük 2 milyon seyahat işleminin gerçekleştiği ağda, üç günlük analiz gerçekleştiren yazarlar, ağdaki merkez özelliğe sahip olan önemli noktaları tespit etmenin yanı sıra, seyahat zamanı değiştikçe değişen dinamik bir merkezilik ölçümü de geliştirmişlerdir.

Arora ve Pandey (2011), Delhi’nin yol ulaşımı ağını analiz etmiş; günlük şehir yaşamında sıklıkla ihtiyaç duyulan ATM ve hastane dağılımı ile yol ağının



yapısını analiz etmişlerdir. Analiz sonucunda, Delhi’de ATM ve hastane ulaşılabilirliğine ilişkin elde ettikleri bulgular, ATM’lerinin dağılımı güçlü ve zayıf olan bankalar ile hastanelerin dağılımına ilişkin tespitler yapılmıştır.

Haznaguy vd. (2015), beş Macar şehrinin toplu taşıma sistemini ağ analizi ile incelemişlerdir. Coğrafi özellik, yoğunluk, nüfus ve şehir yapısı açısından benzer özelliklere sahip olan şehirlerin ulaşım sistemlerinin incelendiği analizde; söz konusu sistemlerin merkez-çevre özelliği taşıdığı sonucuna ulaşmış, yolcuların ulaşım araçları arasında yoğun biçimde transfer gerçekleştirdikleri merkezi pozisyondaki noktaları tespit etmişlerdir. Ayrıca ağırlıklı ve ağırlıksız ağ yapısı ile elde edilen sonuçlar arasında birtakım farklılıklar olduğunu ortaya koymuşlardır.

Cheung ve Güneş’in ABD’nin yurtiçi hava ulaşımını analiz ettikleri çalışmalarında, söz konusu ağın küçük-dünya ağ özelliği taşıdığını tespit etmişlerdir. Küçük dünya ağ özelliği çerçevesinde, yolcular varış noktalarına hareket ederken, ortalama 2 aktarma gerçekleştirmektedirler. Geçmişte merkezi ve en bağlantılı havaalanlarının bugün de en merkezi ve bağlantısallığı yüksek havaalanları olduğu görülmüştür. Buna karşın, ABD havayolu ulaşım ağı havaalanı aksaklıklarına karşı bugün, geçmişte olduğundan daha kırılığandır. Yazarlar bulgularını daha önce yapılan çalışmalar ile karşılaştırdıklarında; küçük-dünya ağ özelliğinin Çin, Hindistan ve dünya geneli için yapılmış havayolu ulaşım ağı analizi sonuçlarıyla bağdaştığını görmüşlerdir.

#### IV. Veri ve Metodoloji

Bu çalışmada, yukarıda önemine vurgu yaptığımız Avrupa ulaşım sektörünün mevcut durumunun bir analizi yapılacaktır. Yukarıda da belirtildiği gibi, ulaşım sektöründe hem insan hem de mal taşımacılığı sağlanmaktadır. Çalışma kapsamında, AB ülkeleri arasındaki deniz, hava, tren ve karayolu vasıtasıyla gerçekleştirilen mal taşımacılığının gelişimi ve mevcut durumu ağ analizi ile incelenecektir. Analiz kapsamının mal taşımacılığı ile sınırlandırılmasındaki amaç, sektörün Avrupa’da şirketlerin rekabet gücü üzerinde oldukça etkili olmasından kaynaklanmaktadır. Zira Avrupa’da nihai bir ürünün maliyetinin yaklaşık % 10-15’i lojistik maliyetinden kaynaklanmaktadır. Çalışma dönemi, sektöre ilişkin veri kısıtlılığı nedeniyle 2005-2009 dönemi ile sınırlı kalmıştır. Ayrıca veri tabanında bazı ülkelere (Lüksemburg, Portekiz, İspanya ve Avusturya ) ait veriler de yer almamaktadır. Bu nedenle söz konusu ülkeler de analiz dışında tutulmuştur. Bulguları sunmadan önce, ağ analizine ilişkin metodolojik bilgi verilmesinde fayda olacağı düşünülmektedir.

Bir kompleks sistemi anlamının ilk adımı, Reichardt’ın ifade ettiği gibi (2009:

2), o sistemi parçalarına ayırmaktır. Ağ analizi de bize bu olanağı sağlamakta; parçalar ve parçalar arasındaki etkileşimler şeklinde kompleks yapıları analiz etme olanağı sağlamaktadır. Gerçek dünyadaki pek çok oluşuma da uygulanabilirliği nedeniyle, özellikle son dönemlerde politika yapımcıların ilgisini çeken bir alan haline gelmiştir (OECD, 2009).

Bir ağda, ağın parçalarına düğüm (vertex, node), bu parçalar arasındaki etkileşimi ifade eden ilişkilere de bağlantı (edge, link) denilmektedir.  $V$  sonlu sayıda düğüm kümesi,  $E$  bağlantılar kümesi ve  $f$  de  $E$  ve  $V$  kümelerinin elemanlarını birleştiren eşleşmeyi ifade etmek üzere, bir ağ yapısı  $G = (V, E, f)$  şeklinde ifade edilmektedir. Hem ağırlıklı hem ağırlıksız ağ yapılarının temsil edilme olanağının bulunduğu bu analiz türünde, ağırlıklı ağ tercih edilmesi durumunda her bir bağlantı farklı bir ağırlığa sahip olacaktır. Böyle bir yapıda,  $W = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$  ağırlık kümesini göstermek üzere, ağın notasyonu  $G = (V, W, f)$  şeklini alacaktır. Ağdaki  $i$  ve  $j$  düğümleri arasında bir bağlantı varsa bu bağlantı  $e = \{i, j\}$  şeklinde gösterilmekte ve bu düğümlerin komşu oldukları ifade edilmektedir. Ağlar matematiksel olarak, komşuluk matrisi adı verilen bir matris formunda ifade edilmektedir. Ağırlıksız bir ağda komşuluk matrisi şöyle oluşturulmaktadır (Estrada, 2015):

$$A_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{if } i, j \in E \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Ağın topolojik olarak incelenmesi ve değerlendirilebilmesi için kullanılan birtakım göstergeler vardır. Bunlardan ilki olan bağlantılılık (connectivity), ağın ağırlıklı ya da ağırlıksız olma durumuna göre, düğüm derecesi ya da düğüm kuvveti ile ölçülmektedir. Ağırlıksız ağlarda kullanılan düğüm derecesi, bir düğümün sahip olduğu bağlantı sayısına eşittir. Ağırlıklı ağlarda kullanılan düğüm kuvveti ise, bir düğümün bağlantılarının ağırlıkları toplamına eşittir. Bir düğümün derecesi/kuvveti ne kadar büyükse, o düğümün ağdaki etkisi de o denli güçlü olmaktadır (Howell, 2012). Ağ düzeyinde bağlantılılık ölçütü ise yoğunluk katsayısıdır. Yoğunluk katsayısı, ağdaki gerçek bağlantı sayısının ağda bulunması olası en yüksek bağlantı sayısına oranı olarak tanımlanmaktadır. Öz-döngü (self-loop) ve çoklu bağlantı içermeyen yönlü bir ağda,  $m$  ağdaki gerçek bağlantıların sayısı olmak üzere, yoğunluk katsayısı aşağıdaki gibi formüle edilmektedir (Newman, 2010: 134):

$$\rho = \frac{m}{n(n-1)}$$

$0 \leq \rho \leq 1$  aralığında yer alan yoğunluk katsayısının 1'e eşit olması durumunda, ağdaki olası en yüksek bağlantı sayısı gerçekleşmiş demektir. Ağdaki her bir

düğümün, diğer bütün düğümler ile bağlantısının olduğu bu ağlara bütün ağ adı verilmektedir.

Ağın topolojik olarak değerlendirilmesi gereken bir diğer göstergesi, kümeleşmedir. Kümeleşme, ağdaki bir düğümle bağlantılı olan diğer düğümlerin, birbirleri ile de bağlantılı olup olmamaları ile ilgili bir göstergedir. Bu anlamda bir geçişlilik (transitivity) göstergesi olarak da düşünülebilir. Kümeleşme katsayısı da hem düğüm hem de ağ düzeyinde ölçülebilmektedir. Ağırlıklı bir ağ için, genel kümeleşme katsayısı aşağıdaki gibi formüle edilmektedir (Opsahl, 2009: 157):

$$C_w = \frac{\text{kapalı üçlülerin toplam değeri}}{\text{üçlülerin toplam değeri}} = \frac{\sum_{\tau_{\Delta}} w}{\sum_{\tau} w}$$

Burada toplam değerlerin hesaplanmasında aritmetik veya geometrik ortalamaların yanı sıra minimum ve maksimum yöntemleri de uygulanmaktadır. Aritmetik ortalama aşırı uç değerlere karşı sağlam bir ölçü olmamaktadır. Geometrik ortalama, aritmetik ortalamasının bu zayıflığını ortadan kaldırmaktadır. Minimum ve maksimum yöntemleri de uç yöntemlerdir. Maksimum yönteminin kullanılması, elde edilen üçlü değerinin küçük değerlere duyarsız olmasına sebep olacaktır. Bu durumda, örneğin; biri zayıf ve güçlü bağlantılara sahip olan, diğeri ise güçlü bağlantılara sahip olan iki üçlü aynı değeri alabilir. Minimum yöntemi kullanıldığında ise, üçlü değerinin büyük değerlere duyarsız olması söz konusu olacaktır. Mesela; biri güçlü ve zayıf bağlantılara sahip olan, diğeri ise iki zayıf bağlantıya sahip olan iki üçlü aynı değere sahip olabilecektir. Opsahl (2009: 157) burada söz konusu ölçüm yöntemlerinin avantajları ve eksiklikleri değerlendirilirken, kullanılan verinin özelliğine de dikkat edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Mesela; eğer kullanılan ağırlıklar bir akışı ifade ediyorsa (finansal, ticari, lojistik vb.), zayıf bağlantılar darboğazları ifade edecek; bu durumda minimum yöntemle hesaplanan değer dikkate alınması daha uygun olacaktır. Tersine, eğer ağırlıklar maliyet ya da zaman göstergesi ise gerçek değerinin altında bir değer elde etmemek için maksimum yönteminin kullanılması daha uygun olacaktır. Bu bağlamda, bu çalışmada minimum yöntemle elde edilen kümeleşme katsayısı kullanılmaktadır.

Ağların bir diğer önemli topolojik özelliği, derece dağılımıdır. Yapılan analizler www, elektrik şebekeleri, bilimsel atıf ağları gibi günlük hayatın içinde karşımıza çıkan ağ yapılarının kuvvet yasası dağılımına sahip olduğunu göstermiştir (Barabasi ve Albert: 3). Bu dağılıma sahip olan ağlar ölçeksiz ağ olarak adlandırılmakta; rassal ve küçük-dünya ağlarından ayrılımlarını sağlayan

birtakım özelliklere sahip olmaktadır (Mitchell, 2009: 238,245). Buna göre; öncelikle bu ağların, yüksek dereceli az sayıda düğüme sahip oldukları söylenebilir. Düğüm derecesi/kuvveti oldukça geniş bir yer aralıkta dağılan bu ağlarda, düğüm düzeyindeki bağlantılılık açısından da oldukça heterojen bir yapı mevcuttur. Bir diğer özellik ise, öz-benzerlik (self-similarity) olarak ifade edilen, dağılım her seferinde yeniden ölçeklendirilip yeniden çizildiğinde, dağılımın şeklinin yine aynı olmasını ifade eden özelliktir. Ölçeksiz ağlar ayrıca küçük ortalama patika uzunluğuna ve yüksek düzeyde kümeleşmeye sahiptirler.

Kuvvet yasası dağılımı Poisson dağılımına göre daha yüksek bir tepe noktasına ve daha kalın kuyruğa sahiptir. Kalın kuyruk dağılımı sınıfına ait olan kuvvet yasası dağılımının matematiksel notasyonu aşağıdaki gibidir (Hein, 2006:269-270):

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

$P(k)$ , ağdaki düğümlerin derecelerinin  $k$  olması olasılığını ifade etmektedir. Dağılımın üssü olan  $\gamma$ , kuvvet yasası dağılımında önemli bir özellik taşımaktadır.  $\gamma$ 'nın daha düşük olduğu durumlarda, ağda çok sayıda bağlantısı olan düğümlerin olma olasılığı daha yüksek olmaktadır. Diğer bir ifadeyle,  $\gamma$  değeri daha yüksek olan ağlar,  $\gamma$  değeri daha düşük olan ağlar ile kıyaslandığında, bağlantı sayısı yüksek olan süper düğümlerden daha fazla içermektedir. Bu çerçevede, daha yüksek üs değerinin, ağın bağlantısallık açısından daha az heterojen olduğu şeklinde de yorumlanabilir (Leon ve Berndsen: 15).

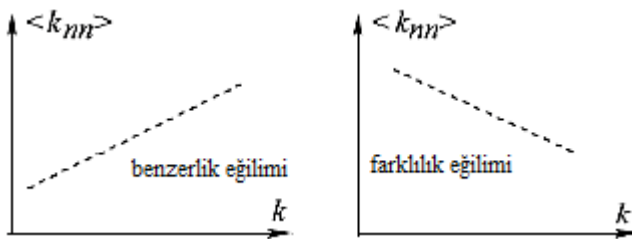
Bir dağılımın kalın kuyruk olup olmadığını anlamanın yollarından biri, basıklık değerini incelemektir. Eğer basıklık pozitif değerlerde ise, o zaman dağılımın kalın kuyruk olduğu söylenir (Decarlo, 1997:292). Ayrıca birçok gerçek dünya ağının sağa çarpık dağılım sergilediği ve bu dağılımların kuvvet yasası dağılımına yakınsadıkları ifade edilmektedir (Rincon, vd., 2015:11). Çarpıklık ölçümü dağılımsal asimetri hakkında bilgi ermektedir ve dağılımın hangi kısmının kalın kuyruk olduğunu belirlemek için kullanılır. Eğer çarpıklık pozitif ise, o zaman kalın kuyruk sağ taraftadır ve dağılım sağa çarpıktır. Tersine, eğer çarpıklık negatif ise, o zaman da dağılım sola çarpıktır ve kalın kuyruk sol taraftadır (Lovric, 2010:1). Bunun dışında, dağılımın kuvvet yasası dağılımına uygun olup olmadığını tespit etmek için, Kolmogorov-Smirnov testi de uygulanmaktadır. Test sonucu elde edilen  $p$ -değeri 0,05'ten küçük ise, dağılımın kuvvet yasası

dağılımına uygunluğunu ifade eden  $H_0$  hipotezi reddedilmektedir<sup>13</sup>.

Bir diğer önemli özellik olan merkezilik değerleridir. Ancak bundan önce, ağıın benzerlik/farklılık eğilimli yapısından söz etmek daha anlamlı olacaktır. Benzerlik eğilimlilik, yüksek derece/kuvvet sahibi olan düğümlerin yine kendileri gibi derecesi/kuvveti yüksek olan düğümler ile bağlantılı olma eğilimlerini ifade etmekteyken; farklılık eğilimlilik ise yüksek dereceli/kuvvetli düğümlerin düşük dereceli/kuvvetli düğümler ile bağlantılı olma eğilimini ifade etmektedir (Reichardt, 2009: 6-7). Ağda bu iki yapıdan hangisinin hâkim olduğunu anlamamızın iki yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemlerden ilki, ağıın derece/kuvvet ve 'Ortalama En Yakın Komşu Derecesi/Kuvveti (ANND/ANNS)' istatistiklerini grafiklendirmektir. Bir düğümün ANND'si, o düğümün birinci dereceden bağlantılı olduğu komşu düğümlerinin derecelerinin ortalamasını ifade etmektedir. Dolayısıyla, bir düğümün komşularının, kendi aralarında ne düzeyde bağlantılı olduklarını gösteren bir istatistiktir (Fagiolo vd., 2010: 484). Bir düğüm için aşağıdaki formül ile hesaplanabilir (Barrat, vd., 2004:65):

$$\langle k_{nn,i} \rangle = \frac{1}{k_i} \sum_j k_j$$

Derece/kuvvet ve ANND/ANNS istatistiklerinin grafiğinde, eğer bu ikisi arasında pozitif bir ilişki varsa, o zaman ağda benzerlik eğilimli yapıdan söz edilmektedir. Tersine, eğer negatif bir ilişki varsa, o zaman da farklılık eğilimli bir yapı olduğu anlaşılır.



**Grafik 1.** Benzerlik / Farklılık Eğilimlilik

Kaynak: G. Caldarelli, "Lectures in complex networks",  
<http://www.guidocaldarelli.com/images/lectures/Properties.pdf>

Benzerlik/farklılık eğilimli yapının belirlenmesinin bir diğer yöntemi ise,

<sup>13</sup> [http://igraph.org/r/doc/fit\\_power\\_law.html](http://igraph.org/r/doc/fit_power_law.html)

Newman'ın standart Pearson corelasyon katsayısının uyarlanması olarak tanımladığı bir korelasyon katsayısına dayanmaktadır. Söz konusu katsayı aşağıdaki gibi formüle edilmektedir (Newman, t.y.: 5; Csardi, t.y.: 29):

$$r = \frac{\sum_{ij} ij(e_{ij} - a_i b_j)}{\sigma_a \sigma_b}$$

[-1,1] aralığında yer almakta olan bu katsayısının 1' eşit olması halinde ( $r = 1$ ) ağda mükemmel benzerlik eğilimli yapı, -1'e eşit olması halinde ( $r = -1$ ) ise mükemmel farklılık eğilimli yapı söz konusudur. Ağda bu eğilimin türünün belirlenmesi önemlidir. Zira farklılık eğilimli yapı, aynı zamanda ağda merkez-çevre yapısı olduğu anlamına gelmektedir (Fuge, vd.: 6). Bu noktada, bir diğer topolojik özellik olarak merkezilik ölçümleri önem kazanmaktadır.

Merkezilik ölçümü, düğümlere merkezilik değerleri atayarak, merkezde ve çevrede yer alan düğümleri belirlememize yardımcı olmaktadır. Ağ analizinde kullanılan derece merkeziliği, arasındalık merkeziliği, yakınlık merkeziliği, özvektör merkeziliği gibi birçok merkezilik ölçümü bulunmaktadır. Bu çalışmada açıklayıcılığı yüksek ve sağlıklı sonuçlar sunan merkez ve otorite (hub and authority centrality) merkezilik ölçümlerinin kullanılması tercih edilmiştir.

Kleinberg (1999) tarafından, internette yapılan bir sorgulama sonucu oluşan web sayfalarının, arama yapılan konuyla alakaları bakımından merkeziliklerini ölçmek için, geliştirdiği HITS algoritması ile elde ettiği merkez ve otorite merkeziliği kullanmıştır. Kleinberg yaptığı çalışmada yönlü ağlardan hareket etmiştir. Yönlü ağlarda gelen bağlantılar ve giden bağlantılar olmak üzere iki tür bağlantı söz konusudur. Bu çerçevede, çok sayıda giden bağlantısı olan düğümlere merkez (hub), çok sayıda gelen bağlantısı olan düğümlere ise otorite (authority) denilmektedir. Kleinberg'in uyguladığı algoritma sonucunda, her düğüm için hem merkez hem de otorite özelliğini yansıtan iki farklı merkezilik ölçümü hesaplamaktı.

Kleinberg, otorite düğümlerinin çok sayıda gelen bağlantısı olan düğümler olmasının yanı sıra, aynı zamanda bu otoritelere bağlantısı olan düğümlerin de birbiriyle örtüşmesi gerektiğini ifade etmiştir. Aynı şey merkez düğümler için de geçerlidir. Kleinberg ayrıca merkez ve otorite düğümleri arasında 'karşılıklı güçlendirici ilişki' olduğunu ifade etmiştir. Karşılıklı güçlendirici ilişki, iyi bir merkez düğümün çok sayıda iyi otoriteye giden bağlantısının olması, iyi bir otorite düğümün ise çok sayıda iyi merkezden gelen bağlantısının olması anlamına gelmektedir. Kleinberg bu karşılıklı güçlendirici ilişkiyi aşağıdaki notasyonla ifade etmiştir:

$$x^{<p>} \leftarrow \sum_{q:(q,p) \in E} y^{<p>}$$
$$y^{<p>} \leftarrow \sum_{q:(p,q) \in E} x^{<q>}$$

Her bir düğüm, bir otorite ağırlığı ( $x^{<p>}$ ) ve bir merkez ağırlığı ( $y^{<p>}$ ) olmak üzere iki ağırlığa sahiptir. Dolayısıyla, HITS algoritması, her düğüm için iki ağırlık değerini güncelleyen iteratif bir süreç izlemektedir. Ayrıca bu ağırlıkları güncelleyen  $\mathcal{I}$  ve  $\mathcal{O}$  işlemleri tanımlıdır. İterasyon süresince  $\mathcal{I}$  x ağırlıklarını,  $\mathcal{O}$  ise y ağırlıklarını güncellemektedir. Buna göre bir düğümün otorite ağırlığı, o düğüme bağlantısı olan düğümlerin merkez ağırlığı ile orantılıdır. Benzer biçimde, bir düğümün merkez ağırlığı ise o düğümün bağlantısının olduğu otoritelerin ağırlığı ile orantılıdır.

Kleinberg ilk olarak,  $y^{<p>}$  değerlerinden oluşan bir y vektörü ile  $x^{<p>}$  değerlerinden oluşan bir x vektörü tanımlamıştır. Daha sonra,  $V=\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$  düğüm vektörü  $G=(V,E)$  çizgesine ait olmak üzere ve A matrisi G çizgesinin komşuluk matrisi olmak üzere, y ve x vektörlerinin iterasyon sonunda  $y^*$  ve  $x^*$  denge vektörlerine yakınsadıklarını ispatlamıştır.  $y^*$  ve  $x^*$  denge vektörleri ise sırayla merkez merkeziliği ve otorite merkeziliği vektörleridir.  $y^*$  ve  $x^*$  vektörleri, sırayla  $A^T A$  ve  $AA^T$  matrislerinin temel özvektörleridir (Kleinberg, 1999). Bu çerçevede  $M_{hub} = AA^T$  ve  $M_{auth} = A^T A$  matrisleri, sırayla merkez matrisi ve otorite matrisidir. Bu matrislerin özvektör merkezilikleri ise sırayla merkez merkeziliği ve otorite merkeziliği olmaktadır (Kolaczyk, 2009:92-93).

## V. Bulgular

AB ülkeleri arasındaki ulaşım ağının analiz edildiği bu çalışmada, düğümler ülkeleri; bağlantılar ise ülkeler arasındaki denizyolu, havayolu, karayolu ve demiryolu taşıma hizmetini temsil etmektedir. bu çerçevede, ülkelerin merkez merkezilikleri her ülkenin farklı taşımacılık alanlarında ulaşım hizmeti sağlayıcı olarak sahip oldukları önem hakkında bilgi verecektir. Zamansal değişimi görmek adına, farklı yıllar için elde edilen sonuçlar birlikte değerlendirilecektir. Ancak veri kısıtlı olması sebebiyle çalışma dönemi 2005-2009 dönemi ile kısıtlı kalmaktadır. Buna karşın analizin, kriz döneminde ulaşım sektörünün ve ulaşım türlerinin nasıl ve ne ölçüde etkilendikleri hususu bilgi sağlayıcı olabileceği düşünülmektedir.

Ancak, AB ülkeleri arasındaki farklı ulaşım türlerine ait analiz bulgularına

geçmeden önce, OECD veri tabanından elde edilen küresel girdi-çıkıtı tabloları kullanılarak yapılan küresel nitelikteki analiz bulgularına kısaca yer verilmesinin yararlı olacağı düşünülmektedir. Böylelikle küresel ölçekte ulaşım sektörünün yıllar itibariyle geçirdiği süreç hakkında bilgi edinmek mümkün olacaktır.

**Tablo 2:** Küresel Ulaşım Ağına Ait Özet İstatistik Bilgiler

	Düğüm sayısı	Bağlantı sayısı	Yoğunluk	Kümeleşme	Geçişlilik	Karşılıklılık	Benzerlik/Farklılık eğilimlilik
1995	63	3705	0.949	0.994	0.984	0.932	-0.031
2000	63	3774	0.966	0.996	0.990	0.953	-0.026
2005	63	3791	0.971	0.996	0.993	0.955	-0.027
2011	63	3835	0.982	0.998	0.996	0.973	-0.023

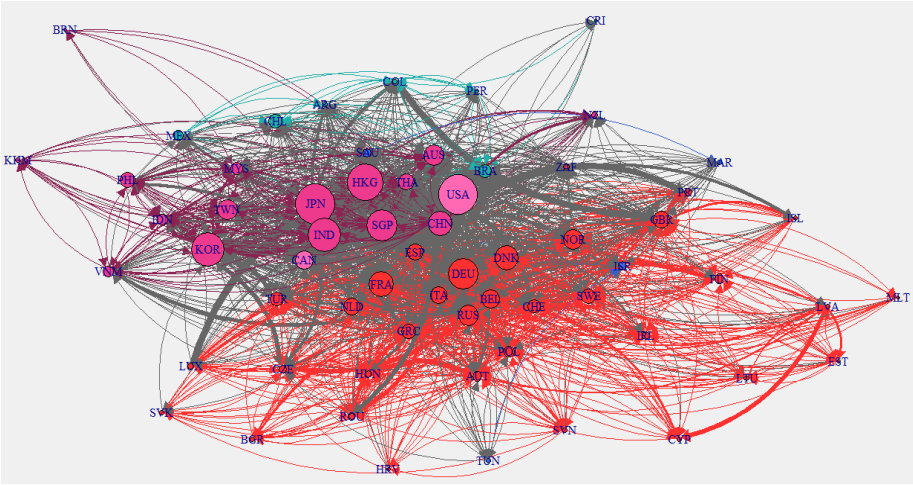
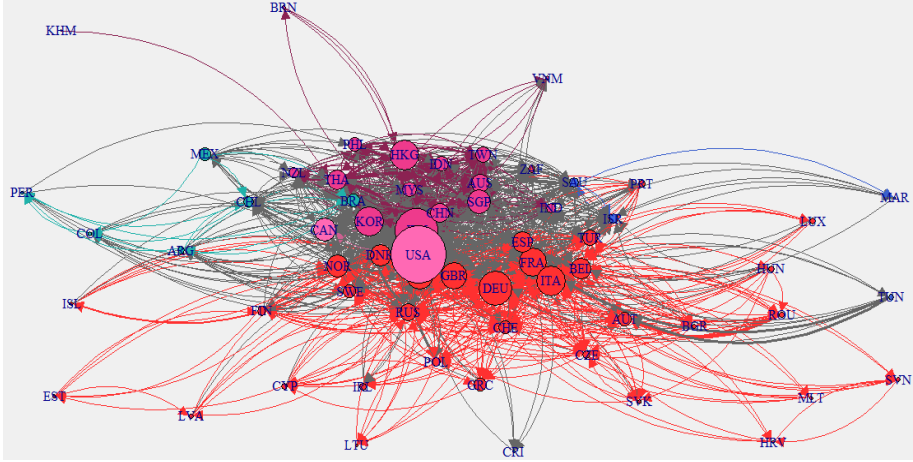
OECD veri tabanında bulunan girdi-çıkıtı tabloları 1995-2011 dönemini kapsadığı için, 1995, 2000, 2005 ve 2011 yılları için analiz yapılmıştır. Söz konusu küresel girdi-çıkıtı tablosu 63 ülkeyi kapsamakta olduğundan, her yıl analizde kullanılan ülke sayısı 63'tür. Bu sabit sayıdaki ülke arasındaki bağlantı sayısı ise yıldan yıla artış göstermektedir. bu anlamda ağın giderek daha entegre bir hal aldığını ifade etmek de yerinde olacaktır. Bu durumu yoğunluk katsayısındaki artışla da gözlemleyebiliriz. Zira ağdaki gerçek bağlantı sayısının, olası en yüksek bağlantı sayısına oranını ifade eden ve aynı zamanda ağın bağlantılılık ölçüsü olan yoğunluk katsayısı da yıldan yıla artış sergilemektedir. Ağın kümeleşme katsayısı da oldukça yüksektir. Aynı zamanda geçişliliğin de göstergesi olan kümeleşme katsayısı, geçişlilik katsayısı ile de paralellik göstermektedir. Ağda, yönü A ülkesinden B ülkesine doğru bir bağlantı mevcutken, yönü B ülkesinden A ülkesine doğru olan bir bağlantının da olması durumunu ifade eden karşılıklılık katsayısı da yıllar içerisinde artış göstermektedir. Bu da ülkelerin giderek ulaşım ağına daha fazla entegre olduğunu, küresel dönüşüm çağında ulaşım sektörünün de küresel ölçekte genişlediğini göstermektedir. Tablo 1.2'de son olarak, son sütunda yer alan negatif korelasyon katsayılarına bakılarak, ağın mükemmel olmamakla birlikte, farklılık eğilimli bir yapı sergilediği söylenebilir. Farklılık eğilimli yapı ise, ağda merkez-çevre yapısının olduğunun bir göstergesi olarak kabul edilmekteydi.



**Tablo.3:** Küresel Ulaşım Ağına Ait Kuvvet Yasası Dağılımına Uygunluk Sınamaları

	Çarpıklık	Basıklık	$\gamma$	KS istatistiği	p-değeri
1995	2.896	12.133	1.719	0.143	0.4011
2000	3.213	15.803	3.284	0.117	0.9967
2005	2.354	9.211	3.266	0.089	0.9997
2011	1.941	6.898	4.783	0.102	0.9999

Küresel ulaşım ağının derece dağılımının kuvvet yasası dağılımına uygunluğunu sınamak için, metodoloji kısmında da belirtildiği gibi, çarpıklık ve basıklık katsayılarına bakılabilmektedir. Pozitif basıklık katsayısı kalın kuyruk dağılımına işaret etmekteyken, pozitif çarpıklık ise sağa çarpık dağılım olduğunu göstermekteydi. Bu sonuçlar bize kuvvet yasası dağılımına ilişkin fikir veriyor olmakla birlikte, bu durumun istatistiki testlerle sınanması tercih edilmektedir. Bu amaçla yapılan K-S testi sonuçları da Tablo 1.3'te yer almaktadır. 0,05'ten büyük p-değerleri, bütün yıllar için ağın derece dağılımının, kuvvet yasası dağılımına uyduğunu göstermektedir. Kuvvet yasası dağılımı ise, ağda yüksek bağlantıya sahip az sayıda ülke varken, düşük bağlantıya sahip çok sayıda ülke olduğunu ifade etmektedir. Bu da ağda bağlantılılık açısından heterojen bir yapı olduğunu göstermektedir. Bu noktada  $\gamma$  katsayısının yıllar itibarıyla seyri fikir verici olmaktadır. Zira metodoloji kısmında da ifade edildiği gibi,  $\gamma$  değeri daha yüksek olan ağlar, daha düşük olan ağlara kıyasla, yüksek bağlantılı süper düğümlerden daha fazla içermektedir. Bu çerçevede, daha yüksek  $\gamma$  değeri, ağın bağlantılılık açısından daha az heterojen olduğunu ifade etmektedir. Tablo 3'teki  $\gamma$  değerinin yıllar itibarıyla artış göstermesi de, süreç boyunca küresel ulaşım ağındaki büyük merkezlerin sayısının arttığı şeklinde yorumlanabilir. Bu da teknolojik gelişmelerin yanı sıra, ağda zamanla artan rekabetin bir sonucu olarak değerlendirilebilir.



**Görsel 2.** 1995 ve 2011 yıllarına ait küresel ulaşım ağı görselleri

Görsel 1.2, esasen yukarıda açıkladığımız istatistiklerin bir özetini sunmaktadır. Zira 1995 yılına ait olan ilk görsel ile 2011 yılına ait ikinci görsel kıyaslandığında, ülkeler arasındaki küresel bağlantıların arttığı açık biçimde gözlenmektedir. Ayrıca, ülkelerin ulaşım hizmeti ihracatı ile doğru orantılı olan büyüklüklerine bakılarak da, 1995 yılından 2011 yılına gelindiğinde, ülkeler arasındaki heterojenliğin azaldığı gözlenebilir. Zira 1995 yılında en merkezi konumda olan ABD iken; 2011 yılında ABD'nin merkeziliği azalırken diğer ülkelerin merkezilikleri artmıştır. Bu da ülkelerin ulaşım hizmeti sunmada birbirine yakınsadıkları, aralarındaki heterojenliğin azaldığı şeklinde düşünülebilir.

**Tablo 4: AB Ulaştırma Ağına Ait Özet İstatistik Bilgiler**

Ulaştırma türü	Yıllar	Düğüm sayısı	Bağlantı sayısı	Yoğunluk	Kümeleşme	Geçişlilik	Karşılıklık	Benzerlik / Farklılık eğilimlilik
Denizyolu	2005	24	353	0.639	0.954	0.863	0.555	-0.124
	2006	24	360	0.652	0.948	0.865	0.572	-0.116
	2007	24	362	0.656	0.943	0.859	0.595	-0.137
	2008	24	378	0.685	0.941	0.889	0.582	-0.111
	2009	24	363	0.658	0.910	0.877	0.545	-0.116
Havayolu	2005	24	246	0.446	0.820	0.781	0.309	-0.090
	2006	24	229	0.415	0.720	0.720	0.324	-0.175
	2007	24	229	0.415	0.767	0.714	0.339	-0.174
	2008	24	300	0.543	0.861	0.825	0.429	-0.090
	2009	24	300	0.543	0.812	0.813	0.456	-0.086
Demiryolu	2005	24	205	0.371	0.878	0.715	0.289	-0.038
	2006	24	197	0.362	0.876	0.695	0.307	-0.060
	2007	24	207	0.375	0.834	0.695	0.353	-0.100
	2008	24	219	0.397	0.865	0.711	0.377	-0.039
	2009	24	206	0.373	0.800	0.717	0.288	-0.004
Karayolu	2005	24	311	0.563	0.894	0.862	0.395	-0.008
	2006	24	320	0.580	0.919	0.877	0.404	-0.017
	2007	24	354	0.641	0.917	0.920	0.469	-0.041
	2008	24	349	0.632	0.911	0.893	0.473	-0.077
	2009	24	340	0.616	0.914	0.889	0.441	-0.063

Ağ analizi çalışmalarında karşılaşılan en büyük kısıt, veri toplama aşamasında karşımıza çıkmaktadır. Zira uygulamanın yapılabilmesi için oluşturulması gereken komşuluk matrisi, bütün düğümler arasındaki iki taraflı verilere ihtiyaç gerektirmektedir. Verilerin olmaması ya da ulaşılabilişinin kısıtlı olması da analize engel teşkil etmektedir. Çalışmamızda kullandığımız ve BM veri tabanından elde ettiğimiz ulaşım sektörüne ilişkin verilerde de aynı problem

söz konusudur. Bazı ülkelerin hiçbir yıla ait verilerinin olmaması nedeniyle analize dâhil edilememesi, AB-28 ulaşım ağı için yapmayı planladığımız analizi, 24 ülkeyi kapsayacak şekilde daraltmamıza zorunlu olarak sebep olmuştur. Diğer taraftan 2005 öncesine ve 2009 sonrasına ait verilerin de birkaç ülke dışında mevcut olmaması, analiz dönemini oldukça sınırlı tutmamıza neden olmuştur.

Bu kısıtlar çerçevesinde, yaptığımız analize ilişkin özet istatistiklerin yer aldığı Tablo 4'e baktığımızda, ülkeler arasındaki en yüksek bağlantı sayısının denizyolu ve karayolu taşımacılığında olduğu görülmektedir. Havayolu taşımacılığını takiben ise, demiryolu taşımacılığı en az bağlantı sayısının olduğu ulaşım türüdür. Bu durum, yoğunluk katsayısı incelendiğinde de görülmektedir. Olası en fazla bağlantı sayısının ağda hangi oranda mevcut olduğunu gösteren yoğunluk katsayısının en yüksek olduğu ulaşım türü denizyolu; onu takiben ise sırayla karayolu, havayolu ve demiryoludur. Bu nedenle de krizden en çok etkilenen ulaşım türü, denizyolu taşımacılığı olmuştur. 2008 yılında 0,68 olan yoğunluk katsayısı, 2009 yılında 0,65 değerine düşmüştür. Kümeleşme ve geçişliliğin en yüksek olduğu ulaşım türleri de yine denizyolu ve karayolu taşımacılığıdır. Tablo 4'ün son sütununda yer alan korelasyon katsayısına bakıldığında ise, her bir ulaşım türü için farklılık eğilimli yapının ağda hakim olduğunu söyleyebiliriz. Ağda merkez-çevre yapısının göstergesi olan farklılık eğilimliliğinin ise en yüksek olduğu ulaşım türü, yine denizyolu taşımacılığıdır. Ülkelerin denizyolu taşımacılığında yer alabilmelerinin coğrafi konumlarına bağlı olması, kendiliğinden bir merkez-çevre oluşumuna sebep olmaktadır. Bu bulgulara dayanarak, AB ülkelerinin Avrupa içi mal taşımacılığında daha çok, maliyet açısından en avantajlı taşımacılık türü olan deniz taşımacılığını tercih ettikleri şeklinde ifade edilebilir.

AB içi ulaşım ağlarına ait, Tablo 5'te yer alan çarpıklık ve basıklık değerleri de dağılımın kuvvet yasası dağılımına uygun olduğu yönünde fikir vermekte; K-S testi de bunu tüm ulaşım türleri için doğrulamaktadır. Kuvvet yasası dağılımında, AB içinde bütün ulaşım türlerinde, bağlantısı yüksek olan birkaç ülke ile bağlantısı düşük birçok ülke olduğunu ifade etmektedir. Yani, bütün ulaşım türleri için bağlantılılık açısından heterojenlik söz konusudur.

Bir önceki tabloda yer alan farklılık eğilimli yapı ile kuvvet yasası dağılımının varlığı birlikte değerlendirildiğinde ise, her bir ulaşım türünde hangi ülkelerin merkezi ülkeler oldukları sorusu akla gelmektedir. Bu soruya cevap olarak ise aşağıdaki tabloda, Kleinberg'in HITs algoritması ile hesaplanan merkezilik ölçümleri yer almaktadır.

**Tablo 5:** AB Ulaşım Ağına Ait Kuvvet Yasası Dağılımına Uygunluk Sınamaları

Ulaşım türü	Yıllar	Çarpıklık	Basıklık	$\gamma$	KS istatistiği	p-değeri
Denizyolu	2005	1.39	3.55	1.37	0.20	0.48
	2006	1.48	3.94	1.40	0.20	0.49
	2007	1.45	3.70	1.38	0.19	0.51
	2008	1.59	4.24	1.40	0.19	0.50
	2009	1.72	4.91	2.43	0.17	0.96
Havayolu	2005	1.92	5.49	1.76	0.29	0.61
	2006	1.94	5.84	4.18	0.19	0.99
	2007	2.04	6.29	1.64	0.14	0.97
	2008	1.75	5.03	3.87	0.13	0.99
	2009	1.78	4.98	1.33	0.22	0.26
Demiryolu	2005	1.90	5.84	2.04	0.16	0.92
	2006	1.86	5.67	2.14	0.13	0.99
	2007	1.76	5.45	2.29	0.16	0.93
	2008	1.64	4.98	2.25	0.17	0.92
	2009	1.90	5.91	2.21	0.12	0.99
Karayolu	2005	1.41	4.19	4.88	0.19	0.99
	2006	1.28	3.49	3.02	0.19	0.87
	2007	1.15	3.45	3.55	0.20	0.75
	2008	1.40	5.00	3.95	0.16	0.99
	2009	1.71	5.39	2.82	0.15	0.96

Tablo 6’da, 2007 yılında her bir ulaşım türünde merkez ve otorite merkezilikleri açısından ilk 10 sıraya giren ülkeler ve merkezilik skorları yer almaktadır. 2007 yılının seçilme nedeni 2008 ve 2009 yıllarının krizin başladığı ve etkilerinin en ağır biçimde hissedildiği yıllar olmasıdır. Merkez merkeziliği, ülkelerin söz konusu ulaşım hizmetini sağlayıcı ülke olarak sahip olduğu merkeziliği ifade etmekten ziyade; otorite merkeziliği ise ülkelerin, söz konusu ulaşım hizmetini satın alan ülke olarak sahip olduğu merkezilik skorunu ifade etmektedir.

**Tablo 6:** AB’de Farklı Ulaşım Türlerinde Merkez Konumunda Olan Ülkeler  
(2007)

Denizyolu				Havayolu			
Merkez		Otorite		Merkez		Otorite	
Denmark	0.53	United Kingdom	0.70	Denmark	0.78	Sweden	0.81
Greece	0.51	Germany	0.36	Germany	0.47	United Kingdom	0.37
Germany	0.47	Denmark	0.32	Belgium	0.27	Belgium	0.34
United Kingdom	0.29	Netherlands	0.30	France	0.26	Italy	0.17
Netherlands	0.23	France	0.29	Cyprus	0.08	Germany	0.16
Belgium	0.20	Italy	0.21	Sweden	0.08	France	0.11
France	0.19	Belgium	0.15	Netherlands	0.07	Netherlands	0.08
Sweden	0.14	Sweden	0.15	United Kingdom	0.07	Greece	0.05
Finland	0.03	Finland	0.10	Italy	0.03	Finland	0.04
Poland	0.03	Cyprus	0.05	Poland	0.03	Hungary	0.04
Demiryolu				Karayolu			
Merkez		Otorite		Merkez		Otorite	
Germany	0.57	Germany	0.64	Netherlands	0.65	Germany	0.74
France	0.48	Belgium	0.38	Poland	0.50	United Kingdom	0.42
Poland	0.43	France	0.36	Denmark	0.29	France	0.33
Belgium	0.40	Poland	0.30	France	0.22	Belgium	0.26
Denmark	0.23	CzechRep.	0.26	Italy	0.21	Netherlands	0.21
Netherlands	0.12	Sweden	0.22	Sweden	0.21	Sweden	0.14
CzechRep.	0.11	Netherlands	0.21	Belgium	0.19	Italy	0.12
Slovakia	0.08	Italy	0.19	CzechRep.	0.17	Poland	0.08
Slovenia	0.08	United Kingdom	0.17	Germany	0.12	Denmark	0.06
Bulgaria	0.06	Slovenia	0.05	Romania	0.10	CzechRep.	0.05

Bu kapsamda, Danimarka, Fransa, Almanya, Hollanda, Belçika gibi AB’nin gelişmiş ülkeleri her ulaşım türünde merkezi öneme sahip konumdadırlar. Buna karşın, birlik üyelerinden Romanya ve Bulgaristan gibi, üst-orta gelir grubu

üyeleri olan ülkeler demiryolu ve karayolu gibi daha az teknolojik ve daha fazla geleneksel ulaşım türlerinde ilk 10 sırada yer almayı başarmışlardır.

## **VI. SONUÇ**

AB içi ulaşım sektörünün ağı analizi yöntemiyle analiz edildiği çalışma, sektörün mevcut durumuna ilişkin sonuçlar sunmaktadır.

Öncelikle, küresel ölçekte yapılan ulaşım ağı analizi bulgularına göz atıldığında, 1995 yılından 2011 yılına gelindiğinde, ülkelerin ulaşım ağına daha fazla entegre olduğu, küresel çağda ulaşım sektörünün de küresel ölçekte genişlediği görülmektedir. Küresel ulaşım ağına ayrıca, merkez-çevre yapısının olduğu tespit edilmiştir. Ağına derece dağılımı da, küresel ulaşım ağına bağlantılılık açısından heterojen bir yapı olduğunu göstermektedir. Bu da bazı kuvvetli merkezlerin olduğu sonucunu destekleyen bir sonuçtur. Ayrıca elde edilen bulgular, incelenen dönem boyunca küresel ulaşım ağındaki büyük merkezlerin sayısının arttığını ortaya koymuştur. Bu da teknolojik gelişmelerin yanı sıra, ağı içerisinde zamanla artan rekabetin bir sonucu olarak değerlendirilebilir.

Avrupa içi ulaşım ağına bakıldığında ise, yoğunluk katsayısının en yüksek olduğu ulaşım türünün denizyolu; onu takiben ise sırayla karayolu, havayolu ve demiryolu olduğu sonucu elde edilmiştir. Mal taşımacılığında en çok kullanılan ulaşım türü olması nedeniyle, krizden en çok etkilenen ulaşım türü de denizyolu taşımacılığı olmuştur.

Merkez-çevre yapısının göstergesi olan farklılık eğilimliliğinin en yüksek olduğu ulaşım türü, yine denizyolu taşımacılığıdır. Ülkelerin denizyolu taşımacılığında yer alabilmelerinin coğrafi konumlarına bağlı olması, kendiliğinden bir merkez-çevre oluşumuna sebep olmaktadır. Bu coğrafi avantaja ek olarak, AB ülkelerinin Avrupa içi mal taşımacılığında daha çok, maliyet açısından en avantajlı taşımacılık türü olan deniz taşımacılığını tercih ettikleri de ifade edilebilir.

Ağıdaki derece dağılımı, AB içinde bütün ulaşım türlerinde, bağlantısı yüksek olan birkaç ülke ile bağlantısı düşük birçok ülke olduğunu ifade etmektedir. Yani, bütün ulaşım türleri için bağlantılılık açısından heterojenlik söz konusudur.

Bu kapsamda merkezilik ölçümleri incelendiğinde; Danimarka, Fransa, Almanya, Hollanda, Belçika gibi AB'nin gelişmiş ülkelerinin her ulaşım türünde merkezi öneme sahip konumda oldukları görülmektedir. Buna karşın, birlik üyelerinden Romanya ve Bulgaristan gibi üst-orta gelir grubu üyesi olan ülkeler, demiryolu ve karayolu gibi daha az teknolojik ve daha fazla geleneksel ulaşım

türlerinde ilk 10 sırada yer almayı başarmışlardır.

## KAYNAKLAR

- Aladağ, A.E. (2016), "İstanbul Toplu Taşıma Ağı Analizi". Conference Paper. DOI: 10.13140/RG.2.1.3256.5529.
- Arora, A. Ve Pandey, M.K. (2011), "Transportation Network Model and Network Analysis of Road Networks". 12th Esri India User Conference.
- Barrat, A., Barthelemy, M. ve Vespignani, A. (2004), "Traffic-Driven model of the world wide web graph". Algorithms and Models for the Web-Graph. Third International Workshop, Springer.
- Caldarelli, G. "Lectures in complex networks",  
<http://www.guidocaldarelli.com/images/lectures/Properties.pdf> .  
(23.08.2017)
- Cheng, Y.Y., Lee, R.K.W., Lim, E.P. ve Zhu, F. (2015), "Measuring Centralities for Transportation Networks Beyond Structures". Applications of Social Media and Social Network Analysis. Lecture Notes in Social Networks.
- Cheung, D.P. ve Gunes, M.H. (t.y.), "A Complex Network Analysis of the United States Air Transportation".
- Csardi, G. Package 'igraph', <https://cran.r-project.org/web/packages/igraph/igraph.pdf> . (21.08.2017).
- Çevik, O. ve Gülcan, B. (2011), "Lojistik Faaliyetlerin Çevresel Sürdürülebilirliği ve Marco Polo Programı". KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi. C:13. S:20. 35-44.
- Çırpıcı, Y.A. ve Soyuyurtlu, S. (2017), "Sosyal ve Ekonomik Ağlar". Kompleksite ve İktisat. İstanbul: Efil Yayınevi.
- Decarlo, L.T. (1997), "On the Meaning and the Use of Kurtosis", Psychological Methods, 2 (3). 292-307.
- Estrada, E. (2015), "Introduction to Complex Networks: Structure and Dynamics". Evolutionary Equations with Applications in Natural Sciences- Lecture Notes in Mathematics 2126. Switzerland: Springer International Publishing.
- European Commission. (2009), A Sustainable Future for Transport: Towards an Integrated, Technology-Led and User-Friendly System. Belgium: European Commission.



- European Commission. (2014), Transport – Connecting Europe’s Citizens and Businesses. Luxembourg: European Commission.
- Fagiolo, G., Reyes, J. ve Schiavo, S. (2010), The Evolution of the World Trade Web: A Weighted Network Analysis. *Journal of Evolutionary Economics*. 20. 479-514.
- Fuge, M. Tee K. & Agogino, A. Network Analysis of Collaborative Design Networks: A Case Study of OpenIDEO”, [https://ideal.umd.edu/papers/fuge\\_tee\\_openideo\\_jcise\\_final\\_2013.pdf](https://ideal.umd.edu/papers/fuge_tee_openideo_jcise_final_2013.pdf) . (23.08.2017).
- Haznagy, A., Fi, I, London, A. Ve Nemeth, T. (2015), “Complex Network Analysis of Public Transportation Networks: A Comprehensive Study”. *Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems*. 3-5 June 2015. Budapest – Hungary.
- Hein, O., Schwind, M. ve König, W. (2006), “Scale-Free Networks – The Impact of Fat Tailed Degree Distribution on Diffusion and Communication Processes”. *Wirtschaftsinformatik*. 48 (4). 267-275.
- Howell, A. (2012), Network Statistics and Modeling the Global Trade Economy: Exponential Random Graph Models and Latent Space Models: Is Geography Dead?. University of California Unpublished Thesis.
- Kleinberg, J.M. (1999), “Authoritative Sources in a Hyperlinked Environment”. <https://www.cs.cornell.edu/home/kleinber/auth.pdf> . (16.03.2017).
- Kolaczyk, E. D. (2009), *Statistical analysis of network data methods and models*. Springer.
- Kurt, C. (2010), Türkiye’de Ulaştırma Sektörü İçerisinde Lojistiğin Yeri ve Önemi. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Politikası Anabilim Dalı Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.
- Laszlo – Barabasi, A. ve Reka, A. “Emergence of scaling in random networks”. <http://snap.stanford.edu/class/cs224w-readings/barabasi99scaling.pdf> . (15.04.2017).
- Leon, C. ve Berndsen, R.J. (2014), “Rethinking Financial Stability: Challenges Arising from Financial Networks’ Modular Scale-free Architecture”. [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2398185](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2398185) . (21.08.2017).
- Lovric, M. (2010), Skewness. *International Encyclopedia of Statistical Science*.

New York: Springer.

Mitchell, M. (2009), Complexity A Guided Tour. Oxford University Press.

Newman, M.E.J. (2010), Networks An Introduction.

Newman, M.E.J. "Mixing Patterns in Network". <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/0209450v2.pdf> . (21.08.2017).

OECD. (2009), Applications of Complexity science for public policy- new tools for finding unanticipated consequences and unrealized opportunities.

Opsahl, T. ve Panzarasa, P. (2009), "Clustering in Weighted Networks". Social Networks. 31. 155-163.

Reichardt, J. (2009), "Introduction to Complex Networks". Structure in Complex Networks Lecture Notes in Physics. Berlin: Springer-Verlag Heidelberg.

Rincon, C.E.L., Machado, C. ve Paipilla, N.M.S. (2015), "Identifying Central Bank Liquidity Super-Spreader in Interbank Funds Network". EBC Discussion Paper. Vol. 2015-010.

Tutar, E., Tutar, F. Ve Yetişen, H. (2009), "Türkiye'de Lojistik Sektörünün Gelişmişlik Düzeyinin Seçilmiş AB Ülkeleri (Romanya ve Macaristan) ile Karşılaştırmalı Bir Analizi". KMU İİBF Dergisi. Yıl:11. Sayı:7. 190-216.

<https://ec.europa.eu/jrc/en/research-topic/transport-sector-economic-analysis> . (22.07.2017).

[http://igraph.org/r/doc/fit\\_power\\_law.html](http://igraph.org/r/doc/fit_power_law.html) . (21.08.2017).

[https://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/about-ten-t\\_en](https://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/about-ten-t_en) . (21.08.2017).

[https://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure\\_en](https://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure_en) . (21.08.2017).

[https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/initiatives/ares-2017-3272163\\_en](https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/initiatives/ares-2017-3272163_en) . (21.08.2017).