



**İSTANBUL KENTİNE AİT KARAYOLU
ULAŞIM AĞININ SOSYAL AĞ ANALİZİ
YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ**

Emre KUŞKAPAN

**Yüksek Lisans Tezi
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi M. Yasin ÇODUR**

**2019
Her hakkı saklıdır.**



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**İSTANBUL KENTİNE AİT KARAYOLU ULAŞIM AĞININ SOSYAL AĞ
ANALİZİ YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ**

Emre KUŞKAPAN

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi M. Yasin ÇODUR

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Erzurum

2019

Her hakkı saklıdır

T.C.
ERZURUM TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ ONAY FORMU

**İSTANBUL KENTİNE AİT KARAYOLU ULAŞIM AĞININ SOSYAL AĞ
ANALİZİ YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ**

Dr. Öğr. Üyesi M. Yasin ÇODUR danışmanlığında, Emre KUŞKAPAN tarafından hazırlanan bu çalışma 10 / 06 / 2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **Oy birliği ile** kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Ahmet TORTUM *İmza* :

Üye : Prof. Dr. Muhammet Vefa AKPINAR *İmza* :

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Yasin ÇODUR *İmza* :

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum

Doç. Dr. Arzu GÖRMEZ
Enstitü Müdürü

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Erzurum Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki tüm bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

10 / 06 / 2019

Emre KUŞKAPAN

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İSTANBUL KENTİNE AİT KARAYOLU ULAŞIM AĞININ SOSYAL AĞ ANALİZİ YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ

Emre KUŞKAPAN

Erzurum Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi M. Yasin ÇODUR

Kent içi ulaşımda yaşanan en büyük problemlerden bir tanesi olan trafik sıkışıklığı, son yıllarda özellikle yolların kesişim noktaları olan kavşaklarda oldukça artmıştır. Trafik sıkışıklığını azaltmak amacıyla çeşitli inceleme ve analiz yöntemleri geliştirilmektedir. Teknolojinin gelişmesi ve akıllı ulaşım sistemlerinin uygulamaya girmesiyle birlikte çeşitli yazılım ve programlar kullanılarak analizler yapılabilmektedir. Bununla birlikte son yıllarda multidisipliner çalışmaların da önem kazanması ile farklı birçok alanda ortak çalışmaların meydana geldiği görülmektedir. Multidisipliner çalışma alanlarından biri olan sosyal ağ analizi sosyal ve fen alanlarının bir arada uygulanabilmesine olanak sağlamaktadır. Yapılan bu çalışmada; sosyal bir çalışma alanı olan sosyal ağ yöntemiyle ile fenni bir alan olan ulaşım ağları analiz edilmiştir. Çalışma için trafik sıkışıklığının en yoğun yaşandığı kentlerden biri olan İstanbul ilinde bulunan otoyol ve devlet yollarından oluşan karayolu ağı kullanılmıştır. Sosyal ağ analizi modeli Netdraw programı ile oluşturulup derece merkeziliği, yakınlık merkeziliği, arasındalık merkeziliği, özvektör merkeziliği ve Bonacich gücü merkeziliği Ucinet programı ile hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen merkezilik değerleri sayesinde İstanbul için en kritik kavşaklar belirlenerek bu kavşaklarda iyileştirme yapılması için bazı önerilerde bulunulmuştur.

2019, 85 sayfa

Anahtar Kelimeler: Trafik sıkışıklığı, Kent içi ulaşım, Sosyal ağ analizi, Akıllı ulaşım, En kritik kavşak

ABSTRACT

MS. Thesis

EXAMINATION OF URBAN ROAD TRANSPORTATION NETWORK IN ISTANBUL BY USING SOCIAL NETWORK ANALYSIS METHOD

Emre KUŞKAPAN

Erzurum Technical University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. M. Yasin ÇODUR

Traffic congestion, which is one of the biggest problems in urban transportation, is increasing especially in the regions close to the intersection of the roads. In order to reduce traffic congestion, various examination and analysis methods have been developed. With the development of technology and enter our life of intelligent transportation systems, various software and programs have been used. New technological analysis methods are more practical and economical than traditional methods. Nevertheless, it is seen that multidisciplinary studies have gained importance in recent years and common studies have taken place in many different fields. Social network analysis, which is one of the multidisciplinary fields of study, enables social and science fields to be applied together. In this study; urban transportation networks have been analyzed by using the social network method. For the study, a road network consisting of ring roads and state roads in Istanbul, which is one of the cities with the highest traffic congestion, have been used. Urban transportation network model has been established by using Netdraw program and degree centrality, closeness centrality, eigenvector centrality, betweenness centrality and Bonacich power measures have been calculated by using Ucinet program. Based on the data obtained from this study, the most central and critical intersection for Istanbul has been determined. Some suggestions have been made to improve these intersections.

2019, 85 page

Keywords: Traffic congestion, Urban transportation, Social network analysis, Intelligent transportation, Critical Intersections

TEŞEKKÜR

Bu tez alıŐması Erzurum Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde gerçekleŐtirilmiŐtir. Bu çalışmanın gerçekleŐtirilmesinde değerli bilgilerini benimle paylaŐan Sayın Prof. Dr. Ahmet TORTUM hocama ve danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi M. Yasin ÇODUR'a teŐekkürü bir borç bilirim.

ÇalıŐmalarım sırasında gerekli veri ve bilgileri sağladığım Karayolları Genel Müdürlüğü'ne ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne teşekkür ederim.

ÇalıŐmalarım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen anneme, babama, kardeŐlerime ve eŐime içten teŐekkürlerimi sunarım.

Emre KUŞKAPAN
Haziran / 2019

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
3. MATERYAL ve YÖNTEM	13
3.1.Çalışma Alanı.....	13
3.1.1. Ana Bağlantı Yolları.....	16
3.1.1.1. E - Yolları / Ana Trafik Güzergâhları için Avrupa Anlaşması.....	16
3.1.1.2. TEM Yolu/ Trans - Avrupa Kuzey - Güney Otoyolu Projesi.....	16
3.1.1.3. D - Yolları/ Devlet Yolları.....	17
3.1.1.4. O Yolları/ Otoyollar.....	18
3.2.Veriler.....	18
3.3. Sosyal Ağ Analizi.....	25
3.3.1. Ağ Bilimi.....	27
3.3.1.1. Yönlü ve yönsüz ağlar.....	30
3.3.1.2. Ağırlıklı ve ağırlıksız ağlar.....	31
3.3.2. Yoğunluk.....	33
3.3.3. Yürüyüşler, Patika ve Jeodezik Mesafe.....	33
3.3.4. Derece.....	35
3.3.5. Komşuluk Matrisi.....	35
3.3.6. Merkezilik.....	37
3.3.6.1. Derece merkeziliği.....	38
3.3.6.2. Yakınlık merkeziliği.....	39
3.3.6.3. Arasındalık merkeziliği.....	39
3.3.6.4. Özvektör merkeziliği.....	40
3.3.6.5. Bonacich gücü merkeziliği.....	41

3.3.7. Ucinet Programı	41
3.3.8. Netdraw Programı	42
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	44
4.1. Çalışma Kapsamında Kullanılacak Olan Ağ Yapısının Oluşturulması	44
4.2. Ağ Yapısının Programda Modellenmesi	48
4.3. Merkezilik Değerlerinin Hesaplanması	51
4.3.1. Yakınlık Merkeziliği Değerleri	52
4.3.2. Derece Merkeziliği Değerleri	55
4.3.3. Arasındalık Merkeziliği Değerleri	56
4.3.4. Özvektör Merkeziliği Değerleri	57
4.3.5. Bonacich Gücü Merkeziliği Değerleri	59
4.8.Tartışma	60
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	64
5.1. Sonuçlar	64
5.2. Öneriler	66
KAYNAKLAR	67
EKLER.....	76
EK 1.....	76
EK 2.....	83
ÖZGEÇMİŞ.....	84

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

AHP	Analitik Hiyerarşi Süreci
AUS	Akıllı Ulaşım Sistemleri
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
EDS	Elektronik Denetleme Sistemleri
FSM	Fatih Sultan Mehmet
İBB	İstanbul Büyükşehir Belediyesi
JGK	Jandarma Genel Komutanlığı
KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü
KMO	Kuzey Marmara Otoyolu
SAA	Sosyal Ağ Analizi
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UYM	Ulaşım Yönetim Merkezi
YOGT	Yıllık Ortalama Günlük Trafik
YSA	Yapay Sinir Ağları
YSS	Yavuz Sultan Selim

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.	15
Şekil 3.2.	20
Şekil 3.3.	21
Şekil 3.4.	22
Şekil 3.5.	23
Şekil 3.6.	24
Şekil 3.7.	26
Şekil 3.8.	28
Şekil 3.9.	28
Şekil 3.10.	30
Şekil 3.11.	31
Şekil 3.12.	32
Şekil 3.13.	32
Şekil 3.14.	34
Şekil 3.15.	36
Şekil 3.16.	43
Şekil 4.1.	45
Şekil 4.2.	46
Şekil 4.3.	50
Şekil 4.4.	51

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1.....	37
Çizelge 4.1.....	47
Çizelge 4.2.....	49
Çizelge 4.3.....	49
Çizelge 4.4.....	52
Çizelge 4.5.....	53
Çizelge 4.6.....	53
Çizelge 4.7.....	54
Çizelge 4.8.....	55
Çizelge 4.9.....	57
Çizelge 4.10.....	58
Çizelge 4.11.....	59

1. GİRİŞ

Türkiye’de büyüyen nüfusla birlikte trafikteki taşıt sayısı da her geçen gün artmaktadır. 2018 yılı itibariyle Ülkemizde trafiğe kayıtlı motorlu kara taşıt sayısı 22 milyona ulaşmıştır. Son yıllarda her ay ortalama 100 bin taşıtın trafiğe kaydı yapılmaktadır (Anonim 2018a). Bireysel taşıtlara yönelimdeki bu artış ve toplu taşıma araçlarının verimsiz kullanımı ulaşım problemlerini artırmaktadır. Günden güne artan taşıt sayısı sebebiyle oluşan en büyük ulaşım problemlerinden biri ise trafik sıkışıklığıdır. Bu durum, günlük yaşamda özellikle de büyük kentlerde önemli sorunlardan biri haline gelmiştir. Ayrıca oluşan trafik sıkışıklığı; seyahat hızını azalttığı için seyahat süresini artırıp varış yerine ulaşılmasını geciktirmektedir. Tüm bu durumlar sürücülerde dikkat dağınıklığı, strese girme ve sinirlenme gibi sorunlar sebebiyle trafik kazalarında artışa sebep olabilmektedir.

Trafik sıkışıklığı tahmin etmek ve daha iyi bir ulaştırma planlaması yapılabilmesi için çok çeşitli ve ayrıntılı bilgi gerekmektedir. Geleneksel yöntem olarak adlandırılan trafik problemlerinin yüzeysel incelenmesi, araç sayımlarının el ile yapılması, yalnızca araç hızının düşürülmesine odaklanmak ve taşıtın performansını etkileyecek önlemler almak son yıllarda önemli ölçüde azalmıştır (Whitelegg and Haq 2014). Geleneksel yöntemlerin fazla zaman alabiliyor olması, ekonomik olmaması ve yorucu olması gibi sebeplerle de tercih edilme durumu azalmıştır. Teknoloji ve akıllı ulaşım sistemlerinin gelişimi sayesinde; çeşitli trafik analiz programları, trafik ağ metotları gibi uygulamalar kullanılarak trafik sıkışıklığı birçok yönden ve detaylı olarak incelenebilmektedir. Ayrıca araç sayım hortumları, hareket algılayıcı kameralar ve araç sayma üniteleri ile trafik verilerini elde etmek çok daha kolay hale gelmiştir (Anonim 2018b). Bu teknolojik yöntemlerin geliştirilmesiyle birlikte trafik sayımları ve analizleri oldukça pratik şekilde yapılabilmektedir. Aynı zamanda bu yöntemlerin gelişime açık olması sayesinde son yıllarda trafik ağ analizi, bilgisayar ağlarının çeşitli alt alanlarında sürekli araştırma konusu olmuştur (Joshi and Hadi 2015).

Bir analiz yapılırken kullanılan teknik bilgiler, trafik kompozisyonu ile yol güvenliği arasındaki ilişkiyi anlamak, araç güvenliğini iyileştirme stratejileri tasarlamak için önerilerde bulunmak için yararlıdır (Wen et al. 2018). Örneğin; tehlikeli maddelerin

1. GİRİŞ

karayolu taşımacılığı üzerindeki etkilerini ve kazalara yol açan risk faktörlerini araştıran bir analizde, karayolu taşımacılığında kaza riskini azaltmak için teorik destek sağlayabilir (Ma et al. 2018). Başka bir örnek vermek gerekirse; trafik sıkışıklığını incelemek için yapılan bir çalışmada şehir içerisindeki yolculuk ve ağ yapısı incelenip sorunlar tespit edilmiştir. Sokak ağ yapısının mekânsal değişimi bölgeler ve gözlemlenen seyahatler analiz edilerek ağ kriterleri ve gözlemlenen seyahat arasındaki ilişki, kategorik analiz ve istatistiksel regresyon modelleri kullanılarak birtakım çözümler sunulmuştur (Parthasarathi and Levinson 2018). Her iki örnekte de görüldüğü üzere önce trafikteki bir sorun tespit edilip daha sonra çözüm için yol, taşıt veya sürücüleri sınırlandırmak yerine çeşitli analizler uygulanarak çözümler oluşturulmuştur. Özellikle yeni üretilen araçlarda performansı artırmaya yönelik çalışmalar yapılması veya yol yapımında konfor ve güvenliği artırmaya yönelik çalışmalar olması sebebiyle trafikte kısıtlama yapılmasının pek de mümkün olmadığı görülmektedir. Ayrıca trafikte hızı veya yollarının kapasitesini düşürmeye yönelik kısıtlamaların daha büyük problemlere sebep olabilmesi de sıklıkla karşılaşılabilen bir durumdur.

Trafiğin üç ana unsuru olan yol, araç ve insan arasındaki ilişkiyi daha iyi yorumlayabilmek için bu üç unsurun birbirlerine olan etkilerini iyi analiz edebilmek gereklidir. Analizlerin daha iyi yapılabilmesi için ise çeşitli sayısal verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple çeşitli kurum ve kuruluşlar tarafından günlük, aylık veya yıllık olarak ulaşım raporları hazırlanmaktadır. Örneğin yaya kaynaklı trafik kazalarına yönelik yapılacak bir çalışma için yaya-yol, yaya-sürücü, yaya-arac durumlarını içeren çeşitli trafik kazalarına ait istatistiklere ulaşmak mümkündür (Anonim 2017a). Belirli bir yoldan geçen yıllık ortalama taşıt sayısına ait veriler kullanılarak yol ömrünü araştırmaya yönelik bir analiz yapabilmek için ise yıllık trafik hacim verilerine ulaşmak mümkündür (Anonim 2018c). Bunlara benzer istatistik verilerine Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Emniyet Genel Müdürlüğü (EGM), Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM), Jandarma Genel Komutanlığı (JGK) veya yerel yönetimlere ait kurumlardan ulaşılabilmektedir.

Yapılan bu çalışmada ise kent içi trafik sıkışıklığını azaltabilmek amacıyla karayolu ulaşım ağı sosyal ağ analizi (SAA) yöntemiyle incelenmiştir. Bu analiz yöntemi özellikle sosyal alanlarda uzun süredir kullanılıyor olmasına rağmen mühendislik alanında kullanımı çok daha yenidir. Özellikle ulaştırma alanında SAA ile yapılan çalışmalar oldukça az sayıdadır. Belirlenen herhangi bir bölgeye ait çalışma alanından

1. GİRİŞ

oluşan ulaşım ağı için trafik verileri kullanılarak o bölgedeki en kritik ve merkezi kavşaklar SAA yöntemiyle tespit edilebilmektedir. Bu yöntemle belirlenen en merkezi kavşağın iyileştirilmesi durumunda tüm ağ yapısındaki kavşakların optimum düzeyde etkilenmesi sağlanmış olacaktır. Günümüzde bazı kavşaklarda yapılan iyileştirmelerin o kavşaktaki trafik sıkışıklığını azaltırken başka bir kavşaktaki trafik sıkışıklığını artırdığına çokça rastlanılmaktadır. Bu yöntem sayesinde yapılacak bir iyileştirme durumunda öncelikte hangi kavşağa iyileştirme yapılması belirlendiği için bu tür sorunların önüne geçilmektedir.

Tüm bu durumlarla beraber çalışma alanının ülkemizdeki en kalabalık ve trafik yoğunluğunun en fazla olduğu şehir olan İstanbul olarak belirlenmiştir. Çünkü İstanbul; Asya ve Avrupa kıtalarını boğaz köprüleri ile bağladığı için çok önemli bir geçiş noktasıdır. Bu özel durum da İstanbul'daki trafik sıkışıklığını oldukça artırmaktadır. Özellikle köprü geçişlerinde uzun trafik kuyukları oluşmaktadır. Bu sıkışıklığı gidermek amacıyla 26 Ağustos 2016 tarihinde faaliyete geçen Yavuz Sultan Selim (YSS) Köprüsü de İstanbul karayolu ulaşım ağına eklenmiştir.

Çalışmada karayolu ağı analiz edilirken iki farklı durum için ayrı inceleme yapılmıştır. Birinci durumda 3. Boğaz Köprüsü olan YSS Köprüsü ve bu köprünün uzantısı olan Kuzey Marmara Otoyolu (KMO) öncesine ait İstanbul karayolu ulaşım ağındaki en kritik kavşak tespit edilmiştir. İkinci durumda ise YSS Köprüsü ve KMO yapıldıktan sonra oluşan ulaşım ağına ait en kritik kavşak belirlenmiştir. Her iki duruma ait sonuçlar kıyaslanarak ağ yapısına eklenmiş olan yeni kavşak ve yolların tüm ağ yapısına etkisi incelenmiştir. Her iki durum için de SAA programları olan Ucinet ve Netdraw programları kullanılmıştır. Netdraw programı sayesinde ulaşım ağı modellenmiş olup Ucinet programı kullanılarak ağ merkezilik kavramları olan derece, yakınlık, arasındalık, özvektör ve Bonacich gücü değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen merkezilik değerleri İstanbul karayolu ağ yapısı ve kavşakların trafik hacimleri açısından karşılaştırılmıştır. Bu merkezilik değerleri içerisinde çalışma alanı için en uygun olan merkezilik değeri belirlenerek her iki durum için oluşan kritik kavşaklar tespit edilmiştir. Bu kritik kavşaklara ait iyileştirme yapılması için birtakım önerilerde bulunulmuştur.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Dünya genelinde artan taşıt sayısı ile birlikte trafik sorunları da giderek artmaktadır. Bu sorunlara çözüm bulabilmek adına her geçen gün yeni fikirler ortaya konulmaktadır. Özellikle teknolojinin gelişmesi ile birlikte çeşitli yöntemler kullanılarak trafik analiz metotları geliştirilmiştir. Ayrıca geleneksel yöntemlerin günümüzdeki trafik şartları için yetersiz kalması sebebiyle bilgisayar destekli analiz çalışmalarının önemi artmaktadır. Bu analiz yöntemlerinden biri olan SAA'nın ulaştırma alanında oldukça yeni olması sebebiyle yapılan çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Bu bağlamda çeşitli trafik sorunlarına yönelik yapılan analiz çalışmalarından bazıları aşağıda belirtilmiştir.

Beuthe et al. (2001) Belçika şehirlerarası yük trafiğinin dış maliyetlerini içselleştirilme amacıyla Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) tabanlı bir ağ analizi çalışması yapmışlardır. Bu ağdaki akışların simülasyonu sayesinde; hava kirliliği, trafik sıkışıklığı, trafik kazaları, gürültü kirliliği ve yollarda oluşan deformasyonlar gibi yük taşımacılığının bazı dış etkilerinin maliyeti tahmin edilmiştir. Bu tahminler sonucunda trafik sorunlarının oluşturduğu maliyetlerin içselleştirilmesi için birtakım önerilerde bulunulmuştur.

Narayanan et al. (2003) karayolları için CBS kullanılarak ağ analizi oluşturup bulanık mantık yöntemi kullanarak trafik sıkışıklığını incelemişlerdir. Hacim ve kapasite verilerinin tıkanıklığı tespit etmede geleneksel yöntemlerdeki sonuçlarla eşleşmediği sonucuna varmışlardır. Bu sebeple daha doğru sonuçlar elde etmek için yeni bir yöntem önermişlerdir. Uyguladıkları bu yöntemin trafik yöneticilerine kısa ve orta vadeli olarak tıkanıklığı azaltmak için yeni bir yöntem sunduğunu belirtmişlerdir.

Çodur (2007) otomobil sahipliğindeki artışın meydana getirdiği problemler için birtakım planlama çalışmalarının yapılması gerekliliğini savunmuştur. Bu bağlamda, yeni yolların yapımı, tali yolların iyileştirilmesi ve toplu taşıma sistemlerindeki gelişmeleri zorunlu olduğuna değinmiştir. Yapılan çalışmada ise nüfus, kişi başına gayri safi milli hasıla, benzin fiyatı, otomobil fiyatı ve yol uzunlukları verileri kullanılarak yapay sinir ağlarıyla (YSA) otomobil sahipliği modellenmiştir. Elde edilen YSA modelinin analizi

2. KAYNAK ÖZETLERİ

sonucunda ise klasik modellere göre otomobil sahipliğinin doğrusal olmayan davranışını temsil etmede YSA'nın daha başarılı olduğu görülmüştür.

Park and Yılmaz (2010) karayolu ağlarını çeşitli yönlerle incelemek için SAA'yı kullanmışlardır. Analiz metodunda kullandıkları merkezîyet kavramlarını seçilen karayolu şebekelerinin şehir, ilçe veya eyalet seviyelerinde incelemek için bir yöntem olarak kullanmışlardır. Elde ettikleri sonuçların; ulaşım konusunda uzman olan kişiler için mevcut yol ağları hakkında derinlemesine bilgi toplamasına yardımcı olacağını belirtmişlerdir.

Nie (2010) iki paralel bağlantılı basit bir ağ modelini kullanarak trafik salınımlarının hangi koşullar altında başlatılabileceğini ve yayılabileceğini analiz etmiştir. Özellikle otoyollardaki trafik sıkışıklıklarında Wardrop ve Boston trafik dengelerini kullanmıştır. Bu analizi yaparken sürücülerin hem deneyimli oldukları hem de bu sürücülerin anlık seyahat sürelerini en aza indirdiğini varsaymıştır. Analiz sonucunda periyodik trafik salınımlarının Wardrop dengelerinden kaynaklanmadığını gösterilmiştir. Boston dengesinde, sürücülerin trafik koşullarına aşırı tepki vermesinden kaynaklanan önemsiz salınımların olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca trafik salınımlarını önlemek için otoyol darboğazlarında ve çalışma alanlarında kontrol uygulamasını yönlendirmede yararlı olacağına değinilmiştir.

Kopal (2011) Boğaziçi Köprüsü üzerindeki trafik sıkışıklığını hız yönetimi yöntemiyle analiz etmiştir. Trafik sıkışıklığının mikrosimülasyon ile modellenmesi yapılmış daha sonra bu model kalibre edilmiştir. Elde edilen model üzerinde belirlenen yol kesimlerinde hız yönetimi analizi uygulanarak, çalışma alanındaki yol ağının performansının taşıt gecikmeleri, toplam seyahat süreleri ve hız değerleri yönünden nasıl değiştiği belirlenmiştir.

Zheng et al. (2011) tikanıklık aktivasyonları ve trafik salınımları ile ilgili önemli özellikleri sistematik bir şekilde sıkışık trafikte analiz etmek için dalgacık dönüşümünün özelliklerini kullanmışlardır. Özellikle, bir çevre yolunda bulunan araç sayım dedektörü verilerini incelemiştir. Çalışma sonucunda bireysel araçların dalgacık tabanlı enerjilerinin yavaşlama dalgalarının kökenini etkili bir şekilde saptayabildiğini ve olası tetikleyicilere

2. KAYNAK ÖZETLERİ

(örneğin şerit değiştiren) ışık tutabildiğini göstermişlerdir. Dalgacık tabanlı enerji tepe noktalarının araçtan araca izlenmesiyle tanımlanan salınımların uzaysal yayılımları, salınım genliği, süresi ve yoğunluğunun kontrolü sağlamıştır.

Krüger (2012) çok ölçekli bir analiz yöntemi uygulayarak ulaştırma ile ilgili trafik talebini tahmin etmek için yeni bir fikir önermiştir. 1950–2005 yıllarına ait veriler kullanılarak İsveç'teki trafik talebi değerlerinin zaman içerisindeki değişimini göstermiştir. Elde ettiği bulguların en uygun yatırım zamanlaması ve kamu yatırım alternatifleri arasında seçim yapmak amacıyla kullanılabildiğinden, genel olarak kamu politikası için önemli olduğunu kabul etmiştir.

Suleiman (2013) trafik sıkışıklığı nedeniyle oluşan gecikmeleri hız yönetimi ile modelleyip analiz etmiştir. İstanbul'da bulunan köprü ve tünel gibi, genelde çift yönlü yoğun trafik taşıyan, ana arterleri birbirleri ile birleştiren ve kent içi ulaşımında önemli görev üstlenen yapılara ulaşan trafiğin hız yönetimi ile trafik sıkışıklığını azaltmak için temelinde hız kontrolü esaslı bir yöntem önermiştir.

Cheng et al. (2015) Singapur metro ulaşım ağını SAA kullanarak incelemişlerdir. Ağdaki kritik düğümleri belirlemek için bazı merkezilik kavramlarını hesaplamışlardır. Elde ettikleri sonuçları geleneksel topoloji temelli merkezilik kavramlarıyla karşılaştırmışlardır. Ayrıca seyahat süresindeki gecikme ve banliyö treni akış hacmini içeren yeni bir merkezilik kavramı önermişlerdir. Önerdikleri bu yeni merkezilik kavramı trafik ve nüfus dağılımı arasındaki ilişkiyi incelemek adına gelecekteki araştırmalar için öncülük edeceğini belirtmişlerdir.

Yücel (2015) bluetooth teknolojisinin trafik çalışmalarında kullanılmakta olan düşük maliyetli ve ekonomik bir veri toplama yöntemi olduğuna değinmiştir. Özellikle kısıtlı erişimi olan otoyol gibi koridorlarda etkili şekilde kullanıldığından bahsetmiştir. Bu sebeple, yaptığı çalışmada bluetooth vericisi tarafından toplanan verilerle şehir içi hız tahmini, başlangıç-varış tahmini ve trafiğin elektronik denetleme sistemlerinin (EDS) etkisi incelenmiştir. Alınan sonuçlar neticesinde, EDS'nin sürücülerini hız limitine zorlaması konusunda etkili olduğu gerçeğini desteklemiştir. Ancak, bu sistemlerin trafik güvenliği üzerindeki etkisini değerlendirmek çok kolay olmadığına ve veri toplama işlemi

ve diğ er veri kaynaklarını kullanan doğrulama yöntemlerinin geliştirilmesi gerekliliğ i vurgulanmıştır.

Diakaki et al. (2015) otoyollardaki trafik sıkışıklığı perspektifinden taşıt otomasyon ve haberleşme sistemlerini analiz etmişlerdir. Yazdığı makalede önerilen mevcut Araç Otomasyon ve Haberleşme Sistemlerinin (VACS) geliştirilmesi adına genel bir bakış açısı sunmuşlardır. Bu bağlamda farklı sistemlerin sınıflandırılması da sağlanırken, Güçlü Yanlar Zayıflıklar Fırsatlar Tehditler (SWOT) analizleri özel işletme yollarını tanımlamak için kullanmıştır.

Öz (2015) yaptığı çalışmada İstanbul'un TEM ve E-5 isimleri ile anılan O1 ve O2 Çevre Yollarında yaşanan trafik sorunlarını ele almıştır. Trafik sıkışıklığını çeşitli çevresel, fiziksel ve toplumsal faktörlere bağlamıştır. Tespit ettiği sorunlar neticesinde AUS içerikli bir trafik yönetim/denetim sisteminin kurulması ve işletilmesi ile bu sorunların büyük ölçüde azaltılabileceğini öngörmüştür. Bahsi geçen yollara ait segment bazındaki trafik verilerini analiz ederek, yol boyunca trafiğin yönetimi için kurulacak böyle bir sistemde segment bazında uygulanması gereken denetim alternatifleri üzerine öneriler oluşturmuştur.

El-adaway et al. (2016) Mississippi kentinde belirlenen iki farklı alanda merkeziliğ i yüksek kavşakları tanımlayan ve analiz eden iki vaka çalışması yapmışlardır. Farklı merkezilik kavramlarını kullanarak metodolojik bir SAA yaklaşımı geliştirmişlerdir. Her iki çalışmada da kavşakları düğüm noktası ve yolları ise bağlantı elemanı olarak numaralandırmışlardır. Yaptıkları analiz sonucunda elde ettikleri veriler neticesinde en kritik kavşaklara karar vermişlerdir. Elde ettikleri merkezi kavşakların performansının iyileştirilmesi durumunda tüm karayolu ağının genel performansını olumlu etkileyeceğ i yorumu yapılmıştır.

Khoo and Asitha (2016) trafikte görüntülü bilgi sisteminin sürücülerde seyahat sırasındaki etkisini analiz etmişlerdir. Sürücü seyahat seçiminin algılanan tıkanıklık seviyesine göre ilişkisi, sürücü davranış modellemesinde yeni bir girişim olan entegre bir genetik algoritma ve bulanık mantık çerçevesiyle geliştirmişlerdir. Sonuçlar kısmında; sürücülerin algılanan tıkanıklık seviyesi orta olduğ unda seyahat tercihlerini değiştirmeyi düşündüklerini, kalkış saatini değiştirmenin ve alternatif yollara yönelmenin iki popüler

seçenek olduğunu belirtmişlerdir. Bu bulgular, mühendisler için trafik koşullarına karşı sürücü hassasiyetini tam olarak anlamaları gerektiği için önemli olduğu ve çalışmada kurulan ilişkileri, modelleme ve etki çalışmaları yürütürken çeşitli trafik koşullarında sürücülerin yanıtlarını tahmin etmek için kullanılabileceği fikrini öne sürmüşlerdir.

Nguyen (2016) motosikletin yoğun bulunduğu şehirlerde sinyalizasyon kavşaklarında kapsamlı bir doyma akış hızı analizini yapmıştır. Araştırmada bir motosiklet bağımlı kenti olan Vietnam'da trafik durumu altında geliştirilmiştir. Regresyon yöntemi kullanılarak yapılan doyma debisi modelleri sunulmuş ve açıklanmıştır. Elde edilen veriler sonucunda önerilen doyma akış hızı analiz modelinin, bu tür karışık trafik koşulları altında sinyalizasyon edilmiş kavşaklardaki trafik akışları için doyma akış hızını hesaplama adına uygun bir yaklaşım olduğunu belirtmiştir.

Ponnurangama and Umadevi (2016) trafik etki analizini kullanarak genel ulaşım ve trafik sistemi üzerindeki olası etkilerini belirlemeye yönelik bir çalışma yapmışlardır. Çalışmanın amacı sadece trafik değerlendirmesini yapmak değil, aynı zamanda trafiğin gelecekteki durumunu, sürdürülebilir trafik hareketi için çalışacak simülasyon modeli geliştirmeyi amaçlamışlardır. Bu model, mevcut koşulları iyileştirmek için çeşitli senaryolar önermenin yanı sıra, çalışma alanındaki olası ve tercih edilen trafik durumunu da dikkate almaktadır.

Dorry and Decoville (2016) Avrupa'daki büyükşehir bölgelerinde sınır ötesi toplu taşıma politikalarına duyulan ihtiyacı analiz etmişlerdir. Çeşitli anketlerde elde ettikleri verilerle Lüksemburg bölgesinde bulunan büyükşehirleri ve ulaşım politikalarını SAA analizi uygulayarak bir esnek politika ağı önermişlerdir. Bu esnek politika ağlarının ilan edilen ekonomik, sosyo-kültürel ve mekânsal yönlerle Avrupa geneline entegre edilmesinin gerekliliğine değinmişlerdir.

Ghiasi et al. (2017) otomatik araçların trafikteki hareketi ve şerit yönetimini Markov zinciri yöntemi kullanarak analiz etmişlerdir. Kullanılan araçların bir kısmı yüksek teknolojili otonom araç bir kısmı ise insan sürücülü araçlardır. Karışık trafik kapasitesinin otonom araç pazarına giriş oranı ve takım yoğunluğu ile artması (veya azalması) için yeterli ve gerekli koşulları belirlemişlerdir. Elde ettikleri teorik sonuçlar,

2. KAYNAK ÖZETLERİ

otonom araçların verilen karayolunun kapasitesini arttırmanın kesin bir yolu olarak almaları yerine, niteliksel bir sonuç çıkarmadan önce mevcut ana yol ayarlarını nicel olarak analiz etmeleri konusunda uyarılmaktadır. Sayısal analizlerle, bu araçlarda şerit yönetim modelinin uygulanmasını gerektiğini belirtmiştir. Ayrıca buldukları bu model yakın gelecekteki otonom araçlarda şerit yönetimi için kullanışlı ve basit bir karar aracı olarak hizmet verebileceği fikrini ortaya atmışlardır.

Bede et al. (2017) araçların seyrine odaklanan çok sınıflı trafik akışının modellenmesini ve analizini yapmışlardır. İleriye dönük kontrollü araçlar için gelecekteki arazi özellikleri, hız limitleri ve trafik ortamını göz önünde bulundurarak enerji tüketimini ve seyahat süresi azaltma performanslarını temel alarak hız profilleri optimize edilmiştir. Analiz sırasında, ileriye dönük araçların trafik üzerindeki etkisinin incelendiği VISSIM yazılımı kullanılmıştır. Ayrıca çalışmanın ileriye dönük kontrollü araçların ve trafik kontrol sistemlerinin koordinasyonunda kullanılabileceğinden bahsedilmiştir.

Asaithambi and Basheer (2017) Hindistan'ın Chennai kentindeki bir ana arter yolunda toplanan karma trafik verilerini kullanarak araç davranışlarının niteliğini, kapsamını ve etkilerini analiz etmişlerdir. Davranış sonrası araç seçimlerini modellemek için Multinomial Lojistik Regresyon adlı modeli kullanmışlardır. Bu çalışma sonucunda, karışık trafik koşulları ve şerit dışı trafik koşulları altında kabul edilecek modeller için aracı takip eden parametrelerin ardından araca özgü ve aracın belirlenmesine yönelik sonuçlara ulaşılmıştır.

El-adaway et al. (2018) ABD'nin eyaletlerinden bir olan Luisyana'daki üç farklı alan için SAA kullanarak trafik sıkışıklığını incelemişlerdir. Her vaka çalışmasında bulunan kavşaklar için farklı merkezilik kavramları hesaplanmıştır. SNA'nın ulaşım ağlarını analiz etmek ve iyileştirmek için önemli bir yöntem olduğu belirtmişlerdir. Bu yöntem kullanılarak ulaşım ağına ait en merkezi kavşaklar belirlenebilmesi sayesinde çalışmanın çok önemli olduğundan ve SNA kullanımının, geleneksel ulaştırma ağı analiz teknikleri ile birlikte daha etkili altyapı ağı oluşturmak için yeni bir bakış açısı oluşturacağı vurgulanmıştır. Ayrıca minimum maliyet ve zaman tasarrufu sağlaması sebebiyle geleneksel tekniklerden daha kullanışlı olduğundan bahsedilmiştir.

Tse et al. (2018) yaptıkları çalışmada trafikte insan faaliyetlerini denetlemek için insanları birer sensör olarak düşünmüşlerdir. Bu sayede sosyal ağlar aracılığıyla oluşturulan verilere veri madenciliği teknikleri uygulanarak değerli bilgiler edinilebileceğini öne sürmüşlerdir. Bu fikirle hava koşulları ve trafik sıklığı arasındaki ilişkiyi analiz eden bir örnek olay sunulmuştur. Veri ön işleme ve konu belirleme adımlarının ardından, hava koşulları, trafik sıklığı ve insan dış mekân aktivitesi arasındaki nedensel ilişkileri incelemek için Granger Nedensellik Testini uygulamışlardır. Sonuç olarak, dış mekân aktivitesinin, iyi havanın trafik tıkanıklığı üzerindeki etkisini ileten bir aracı olarak hizmet ettiğini belirtmişlerdir.

Lykov and Asakura (2018) doğal ya da insan yapımı felaketler gibi beklenmeyen aksaklıkların ortaya çıkması nedeniyle oluşan büyük ulaşım ağlarında anormal trafik düzenlerinin tespit edilmesi ve tanımlanması durumunu ele almışlardır. Çalışmada trafik dinamiğinin karmaşık uzaysal-zamansal yapısını hesaba katmak ve çok modlu korelasyonları korumak için, tensör bazlı trafik verisi temsili ortaya konmuştur. Ayrıca, benzer periyodik yapı sergilemek için normal veya beklenen trafik dinamikleri hakkındaki makul varsayımlarla, anormal veya beklenmedik trafik düzenlerinin tespiti problemi için düşük dereceli bir modelleme analiz edilmiştir.

Heydari (2018) karayolu güvenliği analizinde dikkate alınmayan asimetri ve çok modluluğu ele alabilen yeni bir çarpışma sayısı modeli önermiştir. Çalışmadaki regresyon katsayıları için esnek yoğunluklara sahip bir Bayesian rasgele parametreler modeli geliştirmiştir. Sonuçlar, önerilen modelin geleneksel modellere kıyasla verinin yapıyı daha iyi yakaladığını ve Bayesian faktörlerine dayanarak incelenen öngörü gücünün geliştirildiğini göstermiştir. Farklı bir şekilde bu modelde, bölgeleri (otoyol bölümleri, kavşaklar, vb.) risk faktörü profilleriyle yol özelliklerinin heterojen etkilerinde benzerliği gösteren (örneğin trafik akışı) trafik güvenliği üzerindeki benzerlikleri ortaya koyan ve etkili bir şekilde tasarlanmasına yönelik yararlı bilgiler sağlayabildiği vurgulanmıştır.

Takashima ve Shiomi (2018) Japonya karayollarındaki darboğazların trafik durumu tahminine dayanan bir analiz yapmışlardır. Sabit dedektörlerden yararlanarak tıkanmaya etkisi bulunan trafik dinamiklerini çok sınıflı trafik akışı simülasyonları ile

2. KAYNAK ÖZETLERİ

birleştirildiği bir veri sistemi sunmuşlardır. Bu sayede çok sınıflı trafik durumu tahmininin daha doğru yapılabildiğini savunmuşlardır.

Zhang ve Ioannou (2018) hücre aktarım trafiği akış modeli kullanarak tüm olası yolculuk talep, kapasite kısıtlamaları ve tüm olası başlangıç yoğunluğu koşullarını analiz etmişlerdir. Analizde kapasite düşüşünün üstesinden gelmek ve tüm uygulanabilir trafik durumlarında mümkün olan maksimum akışı sağlamak için değişken hız sınırı kullanılmıştır. Belirli talep seviyeleri altında sonsuz sayıda denge noktası bulunan açık döngü sisteminden farklı olarak, önerilen doğrusal olmayan hız sınırı şeması, tüm olası talep seviyeleri ve kapasite kısıtlamaları altında maksimum olası akış ve hıza karşılık gelen bir denge noktasına kadar yaklaşmayı göstermişlerdir.

Bursa vd (2019) trafik tıkanıklığı araştırma durumunu ve tıkanıklık modellerinin sınıflandırılmasına yönelik mevcut yaklaşımları inceledikten sonra trafiğin zamansal akışını analiz etmişlerdir. Elde edilen verilere dayanarak, 2016 yılındaki şartlarda Avusturya'da bulunan 2 farklı otoyol üzerinde modelleme yapılmıştır. Çalışma sonucunda önerilen yeni yaklaşımın daha iyi bilgi verdiğini, trafik yönetimi önlemlerini standart teknikten daha doğru ve güvenilir bir şekilde değerlendirmek için kullanılabileceği yorumu yapılmıştır.

Zhang ve Huang (2019) otopan ve şehir içi yollarda kısa vadeli trafik akışı tahmini için bir referans sağlamak amacıyla trafik akış zaman serilerinin analizini yapmışlardır. En küçük tahmin döngüsünü bulmak amacıyla hem çalışma alanı verileri hem de benzetilen veriler kullanılarak gözlem ölçeği ve tahmin döngüsü arasındaki ilişkide fraktal analiz yapılmıştır. Çalışma sonucunda kısa vadeli trafik akışını anlamlı bir çalışma yapan farklı gözlem ölçeklerinin trafik akışında kendi kendine benzerlik ve periyodik benzerlik olduğunu bulmuşlardır.

Trafik problemlerine yönelik çalışmalar incelendiğinde özellikle trafik sıkışıklığı ve trafik kazalarını içeren analiz çalışmaların diğer trafik sorunlarına yönelik çalışmalara nispeten daha fazla olduğu görülmektedir. Özellikle son yıllardaki analiz çalışmalarının birçoğu geleneksel yöntemlerden farklı olarak bilgisayar destekli programlar sayesinde sağlanmaktadır. Dünya genelinde multidisipliner çalışmaların önem kazanmasıyla

2. KAYNAK ÖZETLERİ

birlikte birçok farklı alanda ortak çalışmaların da meydana geldiği görülmektedir. Bilim dallarının genişlemesiyle birlikte çalışma alanlarının iç içe olduğu çalışmalara sıkça rastlanmaktadır.

Yapılan bu çalışmada; bir fen alanı olan ulaşım ağlarının sosyal bir inceleme alanı olarak ortaya çıkan SAA ile incelenmiş olması sebebiyle multidisipliner çalışmalara örnek olarak gösterilebilir. SAA'nın geniş çalışma alanı sayesinde birçok farklı ağ yapısına uygulanabilmesi ulaşım ağlarına da uygulanmasına olanak sağlamaktadır. Öte yandan çalışma içerisinde kullanılmış olan Ucinet ve Netdraw adlı SAA programları ücretsiz pratik ve hızlı sonuç verme özelliğiyle tercih edilmiştir. Çalışma alanı için ise Ülkemizde trafik problemlerinin en sık yaşandığı il olan İstanbul seçilmiştir. İstanbul hem jeolojik hem de özel konumu itibariyle önemli bir geçiş bölgesidir. Bu sebeple İstanbul içerisinde bulunan otoyol ve devlet yollarından oluşan ulaşım ağı modellenmiştir. İstanbul karayolu ağ yapısına yeni eklenmiş olan YSS Köprüsü ve KMO'nun tüm ağ yapısına olan etkisinin incelenmesi sebebiyle çalışma 2 farklı durum altında incelenmiştir. İlk durumda YSS Köprüsü ve KMO öncesi ulaşım ağı, ikinci durumda ise YSS Köprüsü ve KMO sonrası oluşan ulaşım ağı SAA yöntemiyle incelenmiştir. Her iki durum için de elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış olup İstanbul karayolu ulaşım ağındaki en merkezi ve kritik kavşaklar belirlenmiştir. Çalışma sonucunda ise belirlenen kritik kavşakların öneminden ve ulaşım ağına yapılması gereken iyileştirmeler hakkında önerilerde bulunulmuştur.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu bölümde çalışma alanı olan İstanbul ve boğazlar arası geçişte önemli rol oynayan Boğaz Köprülerini içeren karayolu ulaşım ağı hakkında bilgiler verildikten sonra çalışmada kullanılan ağ kavramı ve sosyal ağ analizi kavramları açıklanmıştır. Modelleme ve analiz yapılırken izlenecek aşamalar belirtilerek kullanılmış olan formüller belirtilmiştir. En son olarak bu analiz yönteminde kullanılmış olan Ucinet ve Netdraw programların hangi aşamalarda kullanıldığı ve tercih edilme sebepleri açıklanarak materyal ve yöntem bölümü sonlandırılmıştır.

3.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak belirlenen İstanbul ekvatorun kuzeyinde, başlangıç meridyeninin doğusunda ve orta kuşakta yer alan Türkiye sınırları içerisinde yer almaktadır. Yaklaşık 15 milyon nüfusu ile Dünya'nın en kalabalık 20 şehrinden biri olan İstanbul; Avrupa ve Asya kıtalarının birleşim noktası olması ve jeopolitik konumu itibarıyla önemli bir geçiş noktasıdır (Anonim 2017b). Hem bu geçiş noktası olma özelliği sebebiyle ağır taşıtların güzergâhında bulunması hem de 5 kişiye 1 otomobil düşmesi gibi araç sahipliğinin fazla olması sebebiyle trafik problemlerinin sıkça yaşandığı bir il durumundadır (Anonim 2018d). Bunlara ilaveten kenti ikiye ayıran İstanbul Boğazı bulunması sebebiyle kentin iki yakası arasındaki karayolu geçişleri köprüler üzerinden sağlanmaktadır.

İstanbul'da yapılmış ilk boğaz köprüsü olan Boğaziçi Köprüsü (15 Temmuz Şehitler Köprüsü) 1970 yılında yapımına başlanıp o zamanki şartlarda 39 ay gibi kısa bir sürede 1973 yılında tamamlanmıştır. Köprü'nün bir ayağı Beylerbeyi'nde, diğer ayağı Ortaköy'de bulunmaktadır. Toplam uzunluğu 1560 metre olan köprü'nün orta açıklığı 1074, genişliği 33,40 ve denizden yüksekliği ise 64 metre olacak şekilde yapılmıştır (Anonim 2019a).

İkinci olarak yapılan Fatih Sultan Mehmet Köprüsü ise 1988 kullanıma açılmış olup Anadolu yakasındaki Kavacık ile Avrupa yakasındaki Hisarüstü mevkiilerini birleştirmektedir. Anadolu yakasında Kanlıca-Çamlıca, Gebze-Sakarya güzergâhı ile Avrupa yakasında Hisarüstü, Kâğıthane, Alibeyköy, Küçükköy ve Mahmutbey'den geçip

E-5 karayoluna bağlanan güzergâh üzerinde bulunmaktadır. Bu köprü, ilk yapılan 15 Temmuz Şehitler Köprüsünün 5 kilometre kuzeyinde bulunmaktadır (Anonim 2019b).

Son olarak KMO Projesi kapsamında 2016 yılında inşa edilen YSS Köprüsü, Asya ve Avrupa'yı üçüncü kez birleştirmiştir. Dünyanın en geniş köprüsü unvanını almış olan YSS Köprüsü, 148 kilometre uzunluğundaki Odayeri-Paşaköy kesimi üzerinde yer almaktadır. Köprünün, gidiş ve geliş istikametlerinde 4'er kara yolu şeridi ile ortada 2 demir yolu şeridi olmak üzere toplam 10 ulaşım şeridi bulunmaktadır. Köprü, raylı geçiş sisteminin aynı tabliyede olması nedeniyle de dünyada ilk durumundadır. Genişliği 59 metre, kule yüksekliği 322 metre olan köprü, bu konuda da bir rekor kırmıştır. 1408 metre açıklığa sahip ve toplam uzunluğu 2 bin 164 metre olan köprü, bu özelliğiyle de "üzerinde raylı sistem bulunan dünyanın en uzun asma köprüsü" unvanını almıştır (Anonim 2019c).

Belirtilen üç köprü de İstanbul ulaşımında önemli yere sahip olduğu için trafik sıkışıklığının bu köprülere yakın bölgelerde arttığı görülmektedir. Çalışmada; boğaz köprülerini kapsayacak şekilde İstanbul il sınırı içerisinde bulunan devlet yolu ve otoyolların oluşturduğu karayolu ağı kullanılmıştır. Aşağıda Şekil 3.1'de İstanbul'un Dünya ve Türkiye haritaları üzerindeki konumu ile İstanbul ve çevresini içine alan karayolu ağ yapısı gösterilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM



Şekil 3.1 Çalışma Alanı Olarak Belirlenen İstanbul'un Konumu ve Karayolu Ağı

3.1.1 Ana Bağlantı Yolları

3.1.1.1 E - Yolları / Ana Trafik Güzergâhları için Avrupa Anlaşması (AGR)

İkinci Dünya Savaşından sonra 16 Eylül 1950'de Cenevre'de "Uluslararası Ana Trafik Arterleri Oluşturulması Deklarasyonu" ya da "Avrupa Uluslararası Ana Trafik Yolları Anlaşması" (AGR - Accord Grand Routes) Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu (BM/AEK) (United Nations/Economic Commission for Europe (UN/ECE)) tarafından hazırlanmıştır.

Avrupa "E Yolları Ağı", AEK bünyesindeki çalışmalar sonucu oluşturulmuştur. Üye devletlerin hükümetlerince E - Yolları Ağına tahsis edilecek güzergâhları düzenleyen anlaşmaya Türkiye, 10 Mart 1954 tarihinde 6360 sayılı Cenevre'de imzalanmış olan "Milletlerarası Ana Trafik Yollarının İnşasına Mütedair Beyanname" ile bu beyannamenin 1, 2 ve 3 sayılı eklerine "Türkiye Cumhuriyeti Hükümetinin İltihakı Hakkında Kanun" ile katılım kararı almıştır.

Türkiye, AGR Uluslararası E - Yolları Ağının Güneydoğu Avrupa uzantısında yer almaktadır. AGR hükümlerine göre Avrupa'dan Türkiye'ye üç ana arter giriş yapmaktadır. Bunlar: Bulgaristan sınırından (Kapıkule) giriş yapan E-80, Yunanistan sınırından (İpsala) giriş yapan E-90 ile Bulgaristan'ın Varna Limanından gelip Samsun Limanı üzerinden denizden geçiş sağlayan E-70 numaralı arterlerdir.

Bu güzergâhlar, Anadolu üzerinden Türkiye'nin Güney ve Doğu sınırındaki Orta Doğu ve Asya uluslararası karayolu ağlarına bağlantı sağlamaktadır.

3.1.1.2 TEM Yolu/ Trans - Avrupa Kuzey - Güney Otoyolu Projesi

Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu'nun (BM/AEK- UN/ECE) teknik ve idari desteğiyle 1977 yılında kurulmuş bir alt bölgesel işbirliği projesi olan Trans-Avrupa Kuzey-Güney Otoyolu (TEM) Projesi, Avrupa ulaştırma tarihinde en eski ve en gelişmiş bölgesel altyapı projelerinden biridir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

TEM Projesi 14 üye ülke (Avusturya, Bosna-Hersek, Bulgaristan, Çekya, Ermenistan, Gürcistan, Hırvatistan, İtalya, Litvanya, Polonya, Romanya, Slovakya, Slovenya ve Türkiye) ve dört gözlemci statüde ülkeden (İsveç, Ukrayna, Sırbistan ve Karadağ) oluşmaktadır. Bu proje, batıda Avrupa Birliğinin Trans-Avrupa Yol Ağına ulaşırken, doğuda ve güney-doğuda Kafkasya ve Batı Asya'nın karayolu sistemleriyle doğrudan bağlantılar sağlamaktadır. Azerbaycan üyelik aşamasındadır.

Baltık, Adriyatik, Ege, Doğu Akdeniz ve Karadeniz'i bağlayan, bölünmüş ve her bir yönde en az iki şeritli, yüksek fiziki ve geometrik standartlara sahip güvenli, kesintisiz ve konforlu trafik hizmeti veren modern bir otoyol ve ekspres yol sisteminin inşası ve yönetimiyle bölgenin sosyal ve ekonomik gelişmesine katkı sağlamayı hedeflemektedir. Ayrıca TEM Projesi Avrupa Birliği üyesi ülkelerinin Trans-Avrupa Ağları ile büyük oranda örtüşmektedir.

Toplam uzunluğu 1.1.2011 tarihi itibarıyla 24.931 km olan TEM Projesi yol ağının ülkemiz sınırları içinde kalan bölümü 01.01.2019 itibarıyla yaklaşık 6.940 m olup, bu uzunluk tüm TEM ağının yaklaşık %28'ini oluşturmaktadır.

Proje, Türkiye sınırları içerisinde Kapıkule Sınır Kapısından başlayıp, doğuda Sarp, Gürbulak sınır kapılarına, güneyde Cilvegözü ve Habur sınır kapılarına ulaşmaktadır. TEM Projesi kapsamında yer alan yollarımızın büyük bölümü aynı zamanda Uluslararası E-Yolları ağının bir parçasıdır.

3.1.1.3 D - Yolları/ Devlet Yolları

Belediyeler veya diğer kurumların sorumluluğunda bulunan yollar dışında kalan ve transit trafiği, illere, limanlara, tersanelere, hava alanlarına, demiryolu istasyonlarına, sınır kapılarına kesintisiz olarak ulaştıran ana karayollarını ifade eder. Tek yönlü, yani trafiğin bir istikamete gittiği bölünmüş veya trafiğin her iki istikamette çalıştığı ortası bölünmemiş iki yönlü yol olabilir. Bazen dört şeritli de olup, yol sadece çizgi ile de ayrılabilir. Kenardaki arazilerden yola giriş-çıkış yapılabilir, yola hemzemin giriş çıkışlar vardır. Şehir içindeki belediyenin sorumluluğundaki yollar da devlet yolu gibi kabul edilebilir. Levha üzerindeki D numarası yolun devlet yolu olduğunu belirtir.

3.1.1.4 O Yolları/ Otoyollar

Yüksek standartlara sahip, trafik seyrinde asgari hız sınırlaması uygulanan, seyahat hızı yüksek ve üzerinde erişme kontrolünün uygulandığı karayolunu ifade eder. Türkiye'deki otoyolların yakın bir geçmişe sahip oluşu yolların modern olmasında büyük bir etkidir. Buradaki otoyollar en az üç şeritli (tek yön) olup 1892 kilometrelik bir uzunluğa sahiptir. 1586 kilometre de inşaat halindedir. Türkiye'nin dağlık bir yapıya sahip olmasından ötürü otoyol yapmak hem masraflı hem de zahmetli bir iştir. Bu tip yerlerde tek yönde çift şeritli yol yapımına ağırlık verilmektedir.

3.2 Veriler

Çalışma içerisinde İstanbul karayolu ağındaki otoyol ve devlet yollarına ait trafik hacim verileri kullanılmıştır. Bu trafik hacim verileri yıllık ortalama günlük trafik değerinden elde edilmiştir. Yıllık ortalama günlük trafik bir yıl boyunca, yolun bir noktasından veya kesiminden her iki yönde geçen toplam trafiğin gün sayısına bölünmesiyle elde edilen sanal bir trafiktir (Anonim 1995). Bu veri hesaplanan ortalama tahmini bir trafik değeridir. Çalışmada iki farklı durum incelemesi yapılmış olması sebebiyle 2015 ve 2017 yıllarına ait trafik hacim değerleri kullanılmıştır. 2015 yılına ait veriler birinci çalışma durumu olan YSS Köprüsü ve KMO yapılmadan önceki İstanbul karayolu ulaşım ağını içermektedir. 2017 yılı içerisindeki veriler ise ikinci çalışma durumu YSS Köprüsü ve KMO yapıldıktan sonraki trafik hacim verilerini içermektedir.

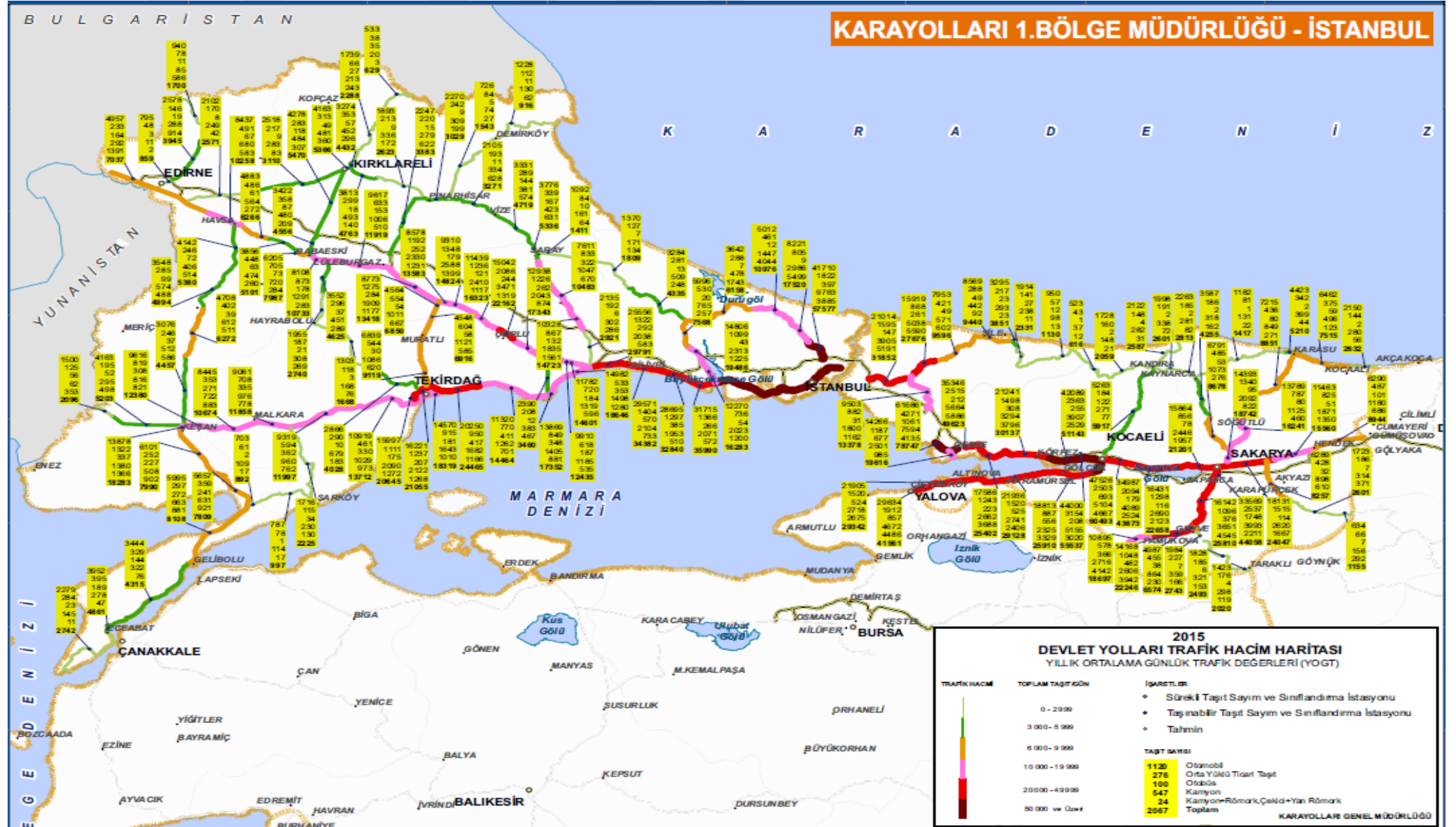
Yıllık ortalama günlük trafik hacim değerleri Karayolları Genel Müdürlüğüne ait trafik hacim haritalarından elde edilmiştir. 2015 yılına ait devlet yolu ve otoyolları için tüm trafik hacim değerleri buradan tespit edilmektedir. Fakat 2017 yılı içerisinde faaliyette olan KMO'ya ait trafik hacim değerleri haritaya işlenmediği için değeri bilinmeyen iki noktaya ait trafik hacim değerleri İstanbul Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Yönetim Merkezi'ne ait trafik kontrol kameralarından farklı gün ve saatlerde yapılan sayımlar neticesinde ortalama olarak tespit edilmiştir. KGM'ye ait trafik hacim değerleri ise üç yöntemle belirlenmektedir. Bunlar; sürekli taşıt sayım ve sınıflandırma istasyonu ile yapılanlar, taşınabilir taşıt sayım ve sınıflandırma istasyonu ile yapılanlar ve tahmini değerler ile elde edilenlerdir. Ayrıca trafik hacim değerlerindeki veriler o yoldan geçen

3. MATERYAL ve YÖNTEM

toplam taşıt sayısını içermektedir. Toplam taşıt sayısı ise otomobil, orta yüklü ticari taşıt, otobüs, kamyon, römork, çekici ve yarı römork taşıtlarının toplam değeri ile bulunmaktadır. Trafik hacim haritalarında yolların renklendirilmesi toplam taşıt/gün sayısı durumuna göre belirlenmektedir. 0-2999 aralığı için açık yeşil renk, 3000-5999 aralığı için koyu yeşil renk, 6000-9999 aralığı için turuncu renk, 10000-19999 aralığı için pembe renk, 20000-49999 aralığı için kırmızı renk ve 50000 üzerindeki taşıt/gün için ise bordo renk kullanılmaktadır.

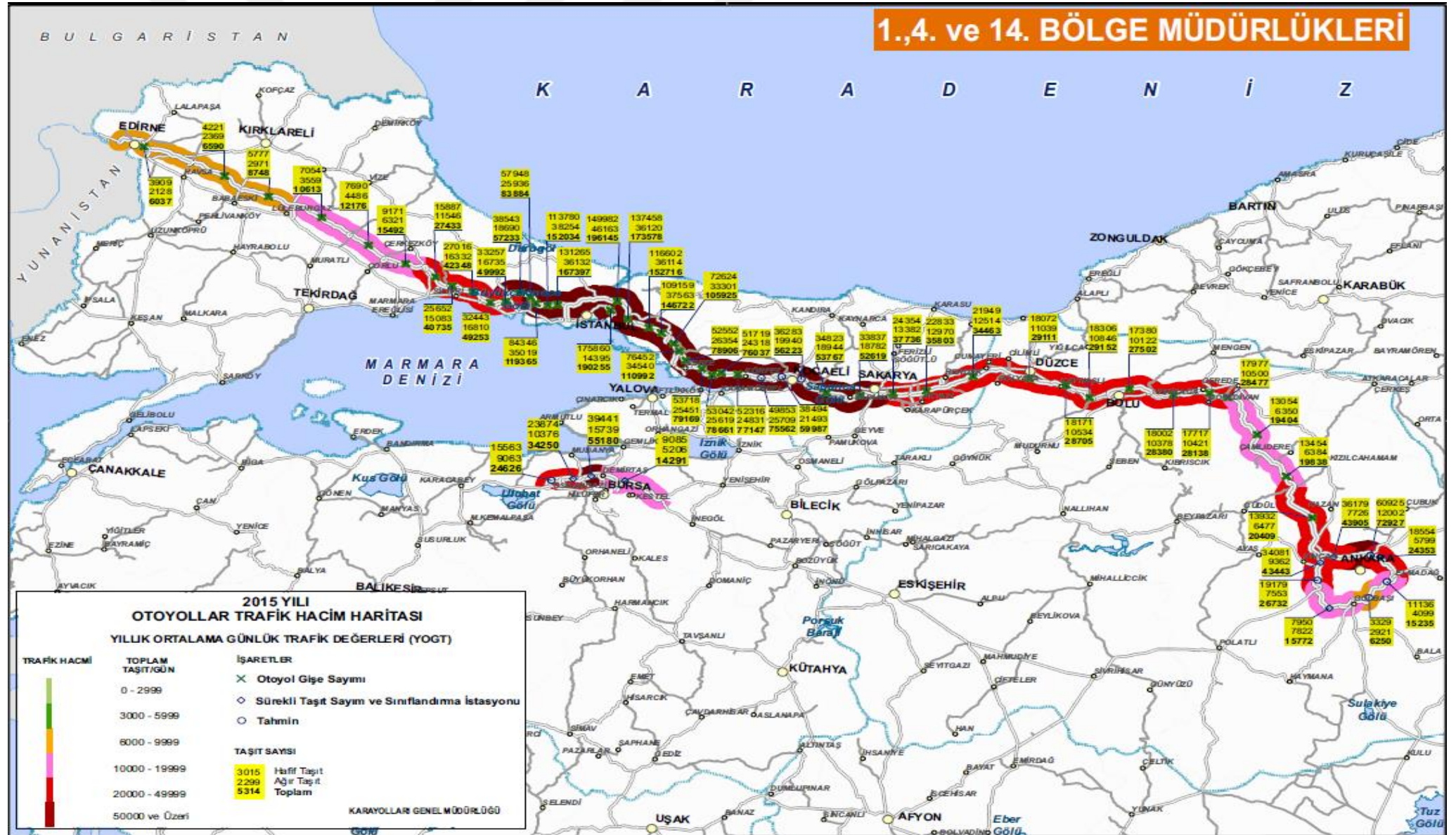


3. MATERYAL ve YÖNTEM



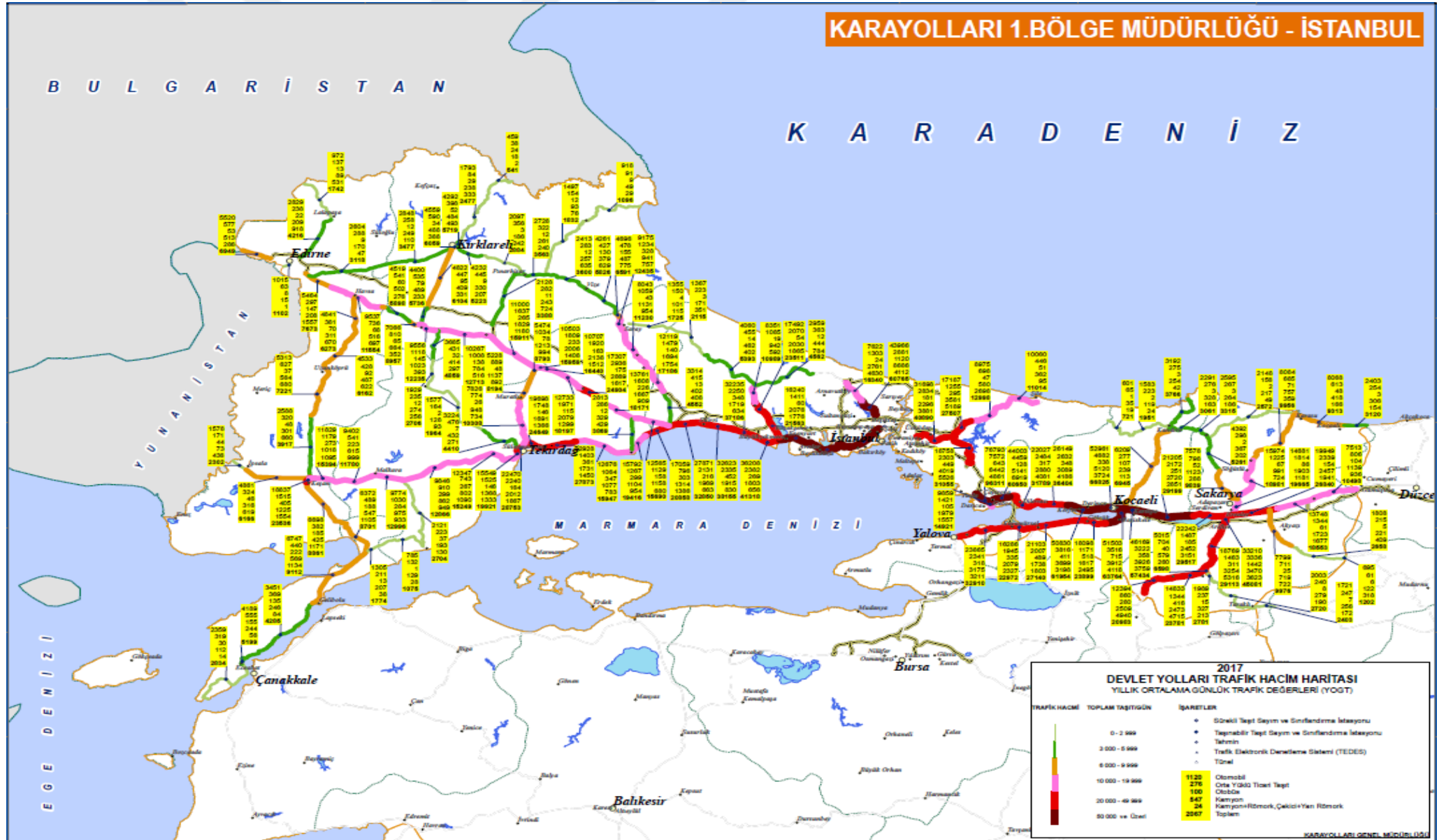
Şekil 3.2 Karayolları 1. Bölge Müdürlüğü 2015 yılı devlet yollarına ait trafik hacim haritası (Anonim 2015a)

3. MATERYAL ve YÖNTEM



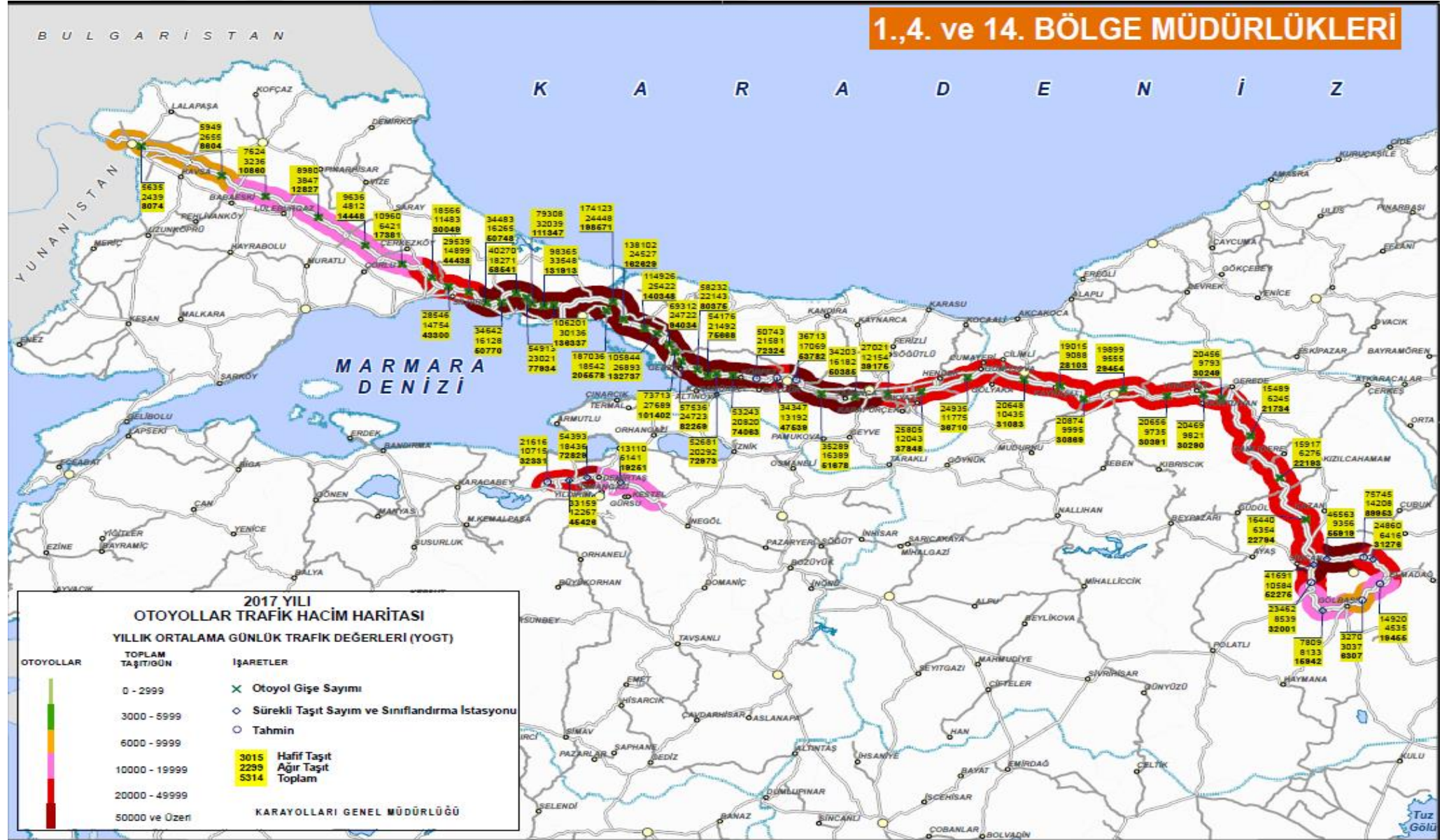
Şekil 3.3 Karayolları 1,4 ve 14. Bölge Müdürlükleri 2015 yılı otoyollara ait trafik hacim haritası (Anonim 2015b)

3. MATERYAL ve YÖNTEM



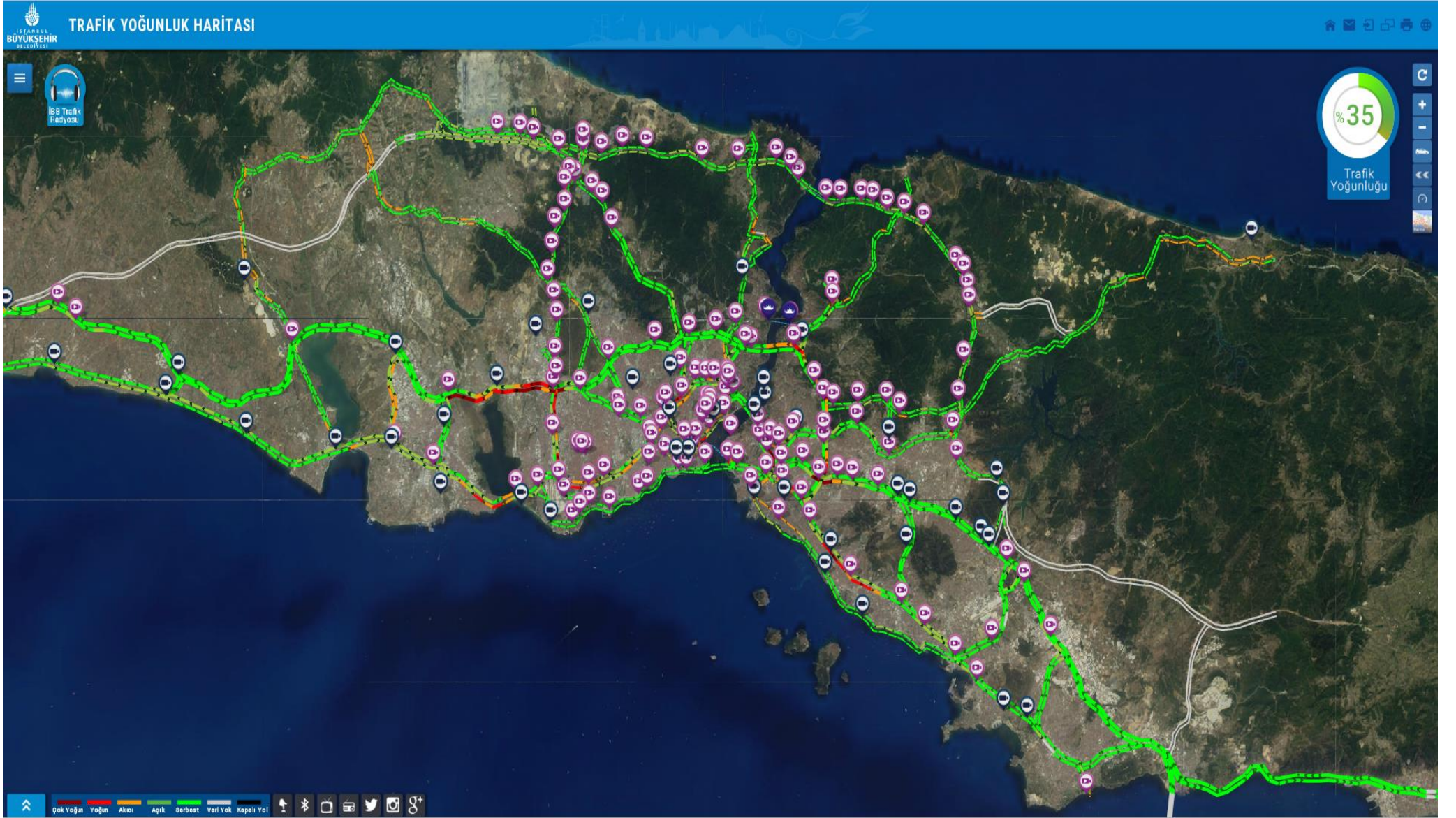
Şekil 3.4 Karayolları 1. Bölge Müdürlüğü 2017 yılı devlet yollarına ait trafik hacim haritası (Anonim 2017c)

3. MATERYAL ve YÖNTEM



Şekil 3.5 Karayolları 1,4 ve 14. Bölge Müdürlükleri 2017 yılı otoyollara ait trafik hacim haritası (Anonim 2017d)

3. MATERYAL ve YÖNTEM



Şekil 3.6 İstanbul Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Yönetim Merkezine ait trafik yoğunluk haritası ve trafik kameralarının bulunduğu noktalar (Anonim 2018e)

Şekil 3.2 ve 3.4 te verilmiş olan Karayolları 1. Bölge Müdürlüğüne ait devlet yolları trafik hacim haritası İstanbul ile birlikte Kırklareli, Edirne, Çanakkale, Yalova, Kocaeli, Tekirdağ ve Sakarya illerini de kapsamaktadır. Benzer durum Şekil 3.3 ve 3.5 te verilen Karayolları 1, 4 ve 14. Bölge Müdürlüklerine ait olan otoyol hacim haritasında da mevcuttur. Çalışma içerisinde İstanbul'a ait otoyol ve devlet yollarına ait trafik değerleri kullanıldığı için diğer hacim değerleri kullanılmamıştır. Ayrıca Şekil 3.6 verilmiş olan trafik yoğunluk haritası kullanılarak KMO üzerindeki iki noktanın trafik hacim değerleri farklı gün ve saatlerde mevsimsel değişimler dikkate alınarak 15 er dakikalık yapılan sayımlar neticesinde tahmini olarak belirlenmiştir.

3.3 Sosyal Ağ Analizi

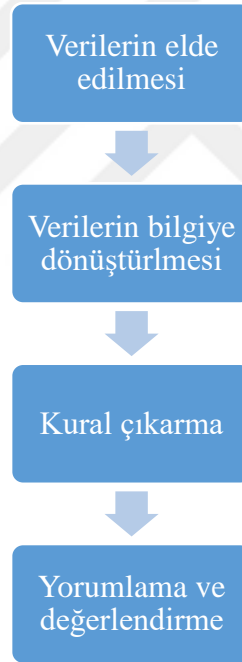
Sosyal ağ analizi, sosyal yapılar arasındaki ilişkileri, bu ilişkilerin durumlarını ve sonuçlarını ağlar ve grafik teorisi kullanarak araştırma yöntemidir. Bu analizde insanlar veya nesnelere arasındaki politik, resmi-gayri resmi, ailevi, coğrafi ya da herhangi başka bir şekilde ilişkiler incelenebilmektedir (Erickson 1994). Analizdeki temel hedef ağa bağlı yapılar hakkında anlamlı bilgiler elde etmektir. Ağ yapısında bulunan aktörler (insanlar veya nesnelere) düğümleri ifade etmektedir. Eğer ağdaki aktör bir insan ise ve ağ yapısı arkadaşlık bağlantılarından oluşuyor ise bu ağ “ego ağı” adını alır. Düğümleri birbirine bağlayan ilişki veya etkileşimler ise bağları (kenarlar veya bağlantılar) karakterize etmektedir. SAA kullanılarak;

- Herhangi bir düğümün ağ içinde ne ölçüde bağlantılı olduğunu,
- Herhangi bir düğümün ağdaki genel önemini,
- Herhangi bir düğümün ne ölçüde merkezi olduğu,
- Ağ içerisinde verinin nasıl aktığı belirlenebilmektedir (Gürsakal 2009).

SAA 1930'lu yıllardaki kullanıma başlangıcından bu yana, sosyal ağların mikro ilişkilerden makro ilişkilerin analizine kadar önemli metodolojik ve teorik katkılarda bulunmuştur. Başlangıçta, ikili ilişkileri ve küçük sosyal grupları ve toplulukları incelemek için kullanılan, 1960'lardan ve 1970'lerden bu yana ise bilgisayarların daha büyük sosyal sistemleri analiz etmek için kullanımıyla önemli ölçüde artmıştır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Günümüzde ise bilim adamları tarafından sosyoloji, sosyal psikoloji, antropoloji, siyaset bilimi, işletme ve yönetim bilimleri ile diğer sosyal ve davranış bilimlerinden bilgisayar bilimi, karmaşık sistemler, istatistik ve mühendislik bilimlerine kadar çeşitli alanlarda kullanılabilir. Özellikle birçok fen ve sosyal alanın iç içe olmasından kaynaklı olarak disiplinlerarası alanda kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır (Fu et al. 2017). Bu ağları analiz etmek için kullanılan bilgisayar teknolojilerinin artan miktardaki yazılımı ve kullanımı, SAA yöntemini sahalar için erişilebilir konuma getirmiştir. Bu alanda geliştirilmiş birçok bilgisayar programı olması ve yenilerinin her gün literatüre eklenmesi bu alanın daha da gelişeceğinin bir göstergesidir. Bu gelişmeler sayesinde sosyal ağ analizine duyulan ticari ve akademik ilgi artmıştır. Bilgisayar programlarının çok düğümlü noktalı ve karmaşık programları da kolaylıkla analiz edebiliyor olması sayesinde ise SAA kullanım alanının giderek yaygınlaşmasına olanak sağlamıştır.



Şekil 3.7 Sosyal ağ analiz aşamaları (Bürhan 2017)

Veri elde edilmesi aşamasında analizin yapılaş amacına göre sosyal ağlardan elde edilen verilerin toplanması ve gereksiz verilerden arındırma işlemi yapılmaktadır. Verinin bilgiye dönüştürülmesi aşamasında belirlenen düğüm ve bağlara göre ağ yapısı modellenip veriler kullanılarak bilgi haline getirilmektedir. Kural çıkarma aşamasında ise kullanılan verilerden sonuçlar çıkarılmakta ve genel kurallar bu aşamada üretilmektedir.

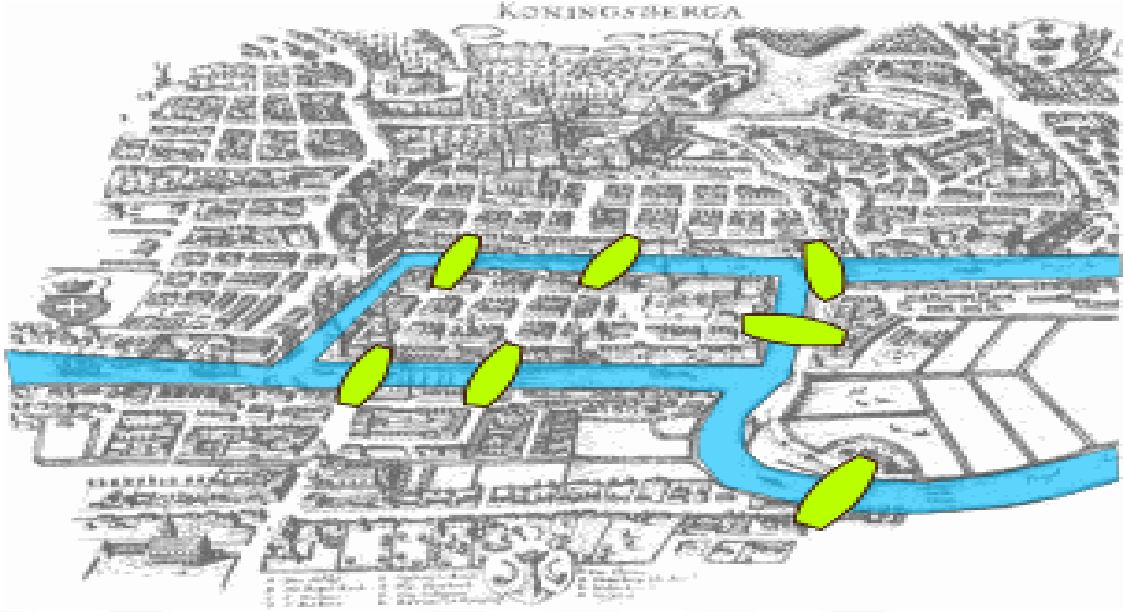
Yorumlama ve değerlendirmede ise sonuçlar yorumlanmakta, ağ yapısı ile ilgili bazı çıkarımlarda bulunmaktadır.

3.3.1 Ağ Bilimi

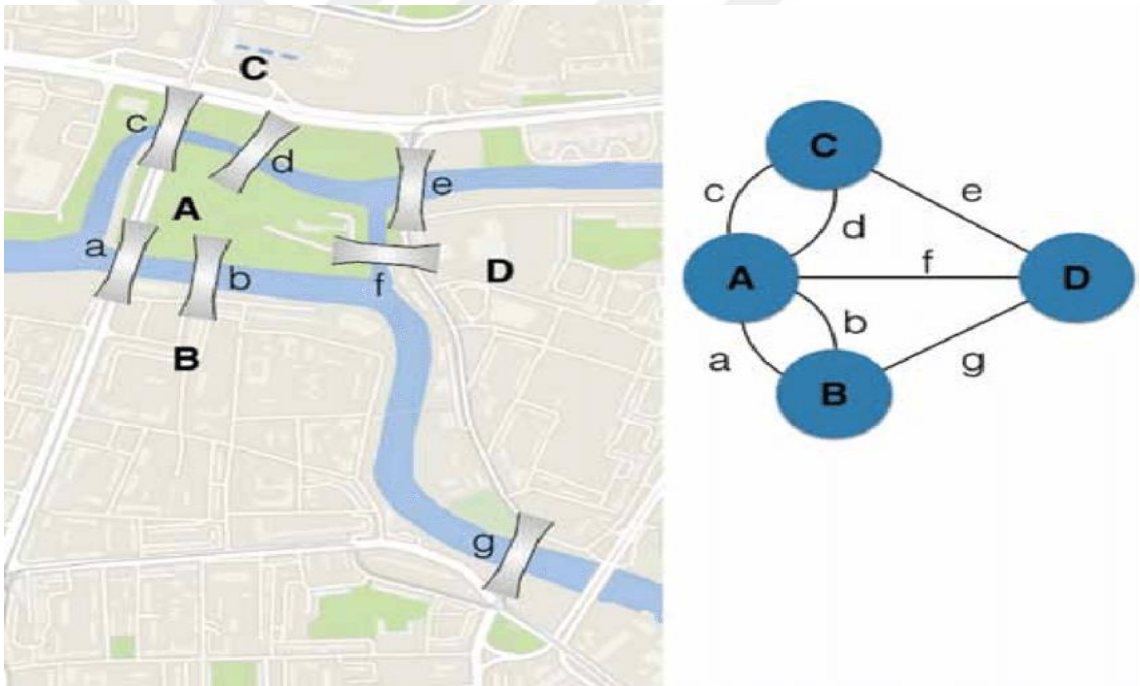
Ağ bilimi temelinde matematik, fizik, biyoloji, bilgisayar bilimi, istatistik ve sosyoloji gibi çeşitli bilim dallarını modellemek ve araştırmak için ele alan bir çalışma alanıdır. Bu alanın alt dalları arasında; dinamik ağ analizi, sosyal ağ analizi, karmaşık ağlar ve çizge kuramı yer almaktadır. Ağ biliminin konusu olan ağların türleri ve nasıl yapılandıklarının anlaşılabilmesi ile

- Ağların mimarisi ile fonksiyonları arasındaki ilişkiyi daha iyi anlamak,
- Çok büyük ağların modellenmesini ve analizi için gerekli araçları ve kavramları üretmek,
- Ağların tasarımı ve sentezleri için gerekli teknikleri üretmek,
- Ağların direncini ve güvenliğini analiz etmek,
- Ağlarla ilgili ölçümleri ve deneyleri yapmak,
- Ağ bilimi ile ilgili gerekli matematiksel yapıyı geliştirmek mümkün olabilmektedir (Gürsakal, 2009:49-51).

Ağ bilimi; matematikçi Leonhard Euler'in 18. Yüzyılda eski Prusya şehri (Günümüzde Kaliningrad, Rusya) olan Königsberg'de bulunan Pregel nehri üzerindeki yedi köprü ile yaptığı çalışmayla ortaya atılmıştır. Çalışmada herhangi bir köprüyü bir defadan fazla kullanmamak koşuluyla bir yolculuğun mümkün olup olmadığını ağ bilimi uygulayarak incelemiştir. şekil 3.8'de Königsberg köprüleri probleminin kent içerisinde bulunduğu yerlerin gösterimi ve şekil 3.9'da bu problem için oluşturulan köprü ve bölge isimlendirmesini içeren ağ yapısı gösterilmektedir. Leonhard Euler, Königsberg'deki kara parçalarını düğümler, nehir üzerindeki yedi köprüyü de bu düğümler arasındaki bağlar olarak tanımlamıştır. Yaptığı incelemeler sonucunda; 1736 yılında yayınladığı makalesi ile Euler bu şekilde bir dolanmanın mümkün olmadığını kanıtlamıştır.



Şekil 3.8 Köprülerin kentteki yerleşimini gösteren Königsberg Haritası



Şekil 3.9 Königsberg bölge ve köprü isimlendirilmesi ve ağ yapısı (Hart et al. 2016)

Euler'in yaptığı bu çalışma sonrasında ağ bilimi ortaya çıkmış ve çeşitli çalışmalarda, çeşitli amaçlarda kullanımını sürdürmüştür. Bu ağ yapısı daha sonra graf olarak adlandırılmıştır. Graf yapısı, görünmeyen sosyal ağları görünür kılan çizimlerdir. Kentler ve bu kentleri birbirine bağlayan yollar, insanlar ve birbirleri arasındaki görüşme durumu, elektrik devrelerinden oluşan bir şema, firmalar ve bu firmalar arasındaki alışverişler graf yapısını ifade eden örneklerdendir. Basit bir grafta düğümler ve bağlar

bulunmaktadır. Bağ ifadesi yerine bazı kaynaklarda kenar ifadesinin de kullanıldığı görülmektedir (Aggarwal 2011).

Ağların matematiksel gösterimi ise şu şekildedir:

G ağının eksiksiz tanımı hem yapısal hem de davranışsal bilgileri içermelidir. Örneğin, $G(t) = \{N(t), E(t), f(t)\}$ formülü, G ağının dinamik boyut ile birlikte belirlendiği teorik bir tanımyken $G(t)$ zamanın bir fonksiyonudur. Ağların ve bağlantıların sayıları, değerleri ve şemaları zamanla değişime uğrar. $G(t)$ değerinin kesin hareket biçimi şekilsel olarak bir bilgisayar algoritması ile açıklanmıştır. Yapısal ve davranışsal birimleri ile birlikte bir ağın eksiksiz tanımı aşağıda sunulmuştur (Gülpınar 2013).

$$G_{(t)} = \{N_{(t)}, E_{(t)}, f_{(t)}: J_{(t)}\} \quad (3.1)$$

t: zaman, simule edilmiş yada gerçek.

N: düğüm, köşe ya da aktör şeklinde isimlendirilebilir.

E: kenar adı verilen bağlantılar.

f: düğüm çiftlerini topoloji ile birbirine bağlayan haritalama işlevi (olay sıklık fonksiyonu)

J: düğümlerin (aktörlerin) davranışlarını tanımlayan algoritma ve zamana karşı bağlantılar.

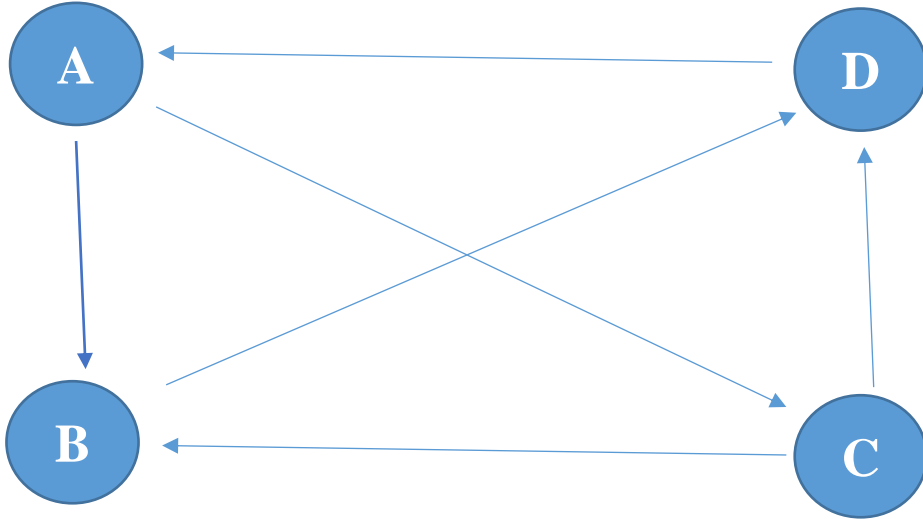
Denklem 3.1’de görüleceği üzere bir ağın öğeleri düğümler, kenarlar, haritalama işlevi (düğümlerin birbirine nasıl bağlandığını belirten olay sıklık fonksiyonu) ve probleme uygun algoritmadır. Bir ağın büyüklüğü ise, toplam düğüm sayısı ile belirlenmektedir. Ağ yapılarının türüne göre ağ hakkında çeşitli sınıflandırmalar yapılabilmektedir. Düğümler arasındaki bağlantıların yönüne göre yönlü ve yönsüz ağlar,

bağlantıların gücüne göre ise ağırlıklı ve ağırlıksız ağlar olarak sınıflandırılma yapılabilmektedir.

3.3.1.1 Yönlü ve yönsüz ağlar

İki düğüm arasındaki bağlar tek taraflı yani veri akışı tek yönlü ise bu ağ türüne yönlü ağlar denilmektedir. Ağlar görselleştirilirken yönlü ilişkiler ucu ok şeklinde çizgiler ile ifade edilirler. Okun yönü hangi düğümden hangi düğüme doğru bir bağlantının gerçekleştiğini gösterir. Yönlü ağlara iki kişi arasındaki borç durumu örnek olarak verilebilir. Kişilerden biri borçlu diğeri alacaklı durumundadır, bir aktör için hem borçlu hem alacaklı durum söz konusu olamaz. Bir mesajın, fikrin yayılımında da bu tip bir ilişki vardır. Elbette ağdaki bir kişi hem mesajı alıcı hem de mesajı dağıtıcı olduğu durumlar gözlenebilir fakat iki aktör arasındaki ilişki aynı olamaz.

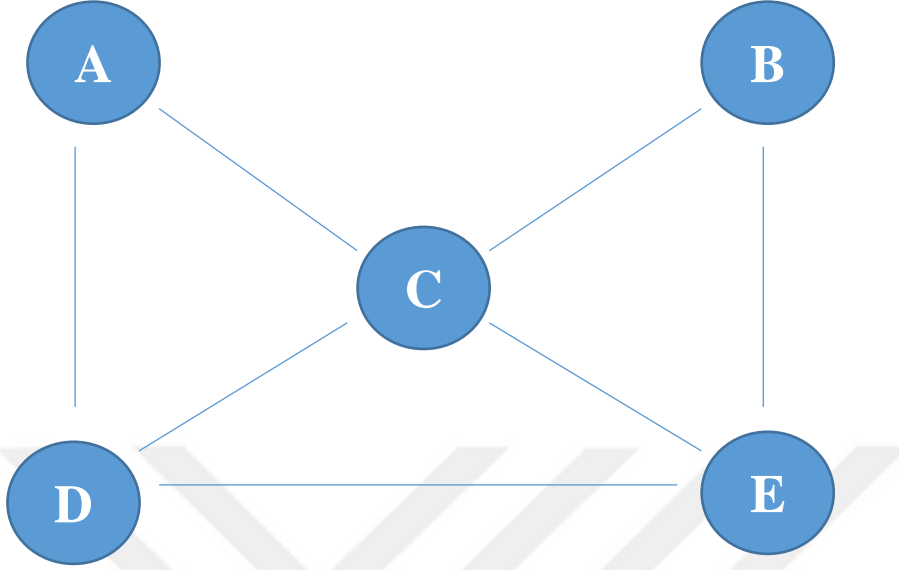
Düğümler arası bağlardaki veri akışı sadece bir yönde değil yani çift taraflı ise bu tür ağlara yönsüz ağlar denilmektedir. Ağlar görselleştirilirken yönsüz ilişkilerde ok ucu gösterilmez. İki kişinin evli olma durumu iki yönlü olması itibariyle veya iki kent arasındaki yollar her iki tarafa doğru trafik akışı sağladığı için yönsüz ağlara örnek verilebilir (Abraham et al. 2010).



Şekil 3.10 Dört düğüm ve altı bağlantıdan oluşan yönlü ağ örneği

Şekil 3.10 da görüldüğü üzere A düğümünden B düğümüne veri akışı sağlanırken B düğümünden A düğümüne herhangi bir veri akışı sağlanmamaktadır. Aynı durum diğer

düğüm arasında da bulunmaktadır veri akışı hep tek yönlü olarak ilerlemekte olduğu için bu ağ türü yönlü ağ olarak adlandırılmaktadır. B ile C düğümleri arasında direk bir bağlantı olmadığı için iki düğüm birbirine dolaylı olarak bağlantılıdır.



Şekil 3.11 Beş düğüm ve yedi bağlantıdan oluşan yönsüz ağ örneği

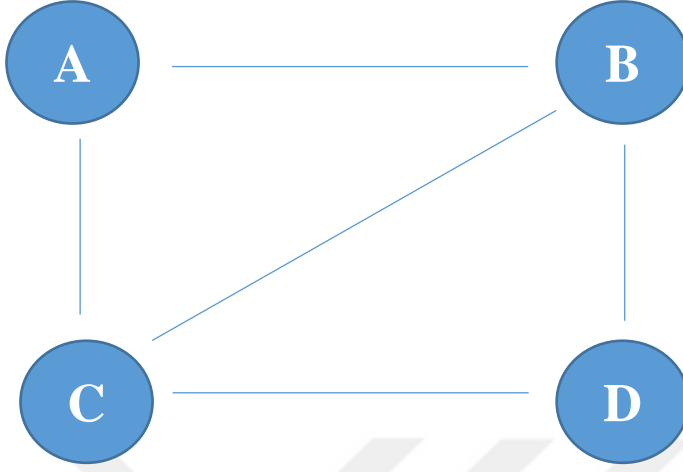
Şekil 3.11’de verilen ağ yapısında verilen tüm düğümler arasındaki bağlantı yönsüz elemanlarla sağlanmaktadır. Daha önce belirtildiği üzere yönsüz bağlantı elemanları her iki yönde de veri akışı sağladığı için gösterimi bu şekilde olmaktadır.

3.3.1.2 Ağırlıklı ve ağırlıksız ağlar

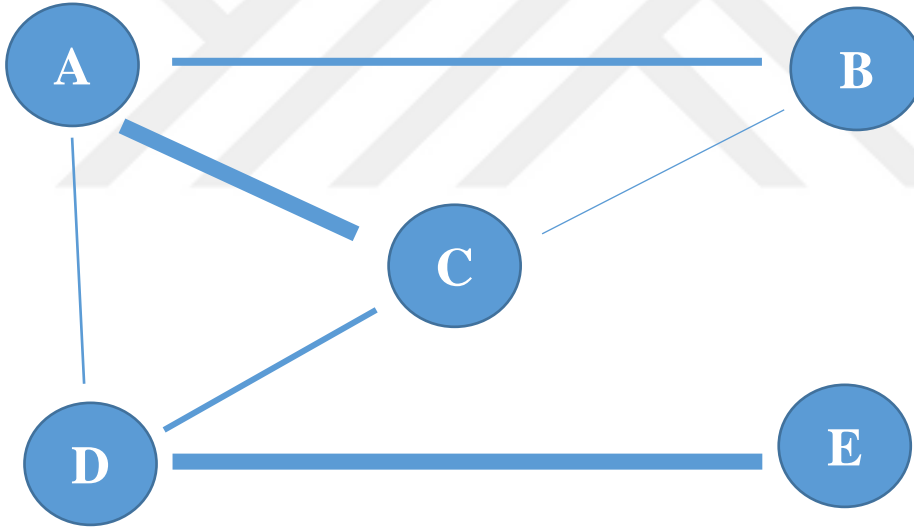
Herhangi iki düğüm arasındaki bağlantıların etkin olma düzeyi farklı ise bu tarz ağlara ağırlıklı ağlar denmektedir. Ağırlık katsayısı yüksek ilişkiler ağ üzerinde çizgileri daha koyu, zayıf katsayıları olanlar ise daha silik olarak ifade edilmektedir. Örneğin arkadaşlık ilişkisi üzerinden oluşturulan bir ağ yapısında kişiler arası samimiyete bağlı olarak arkadaşlık ilişkisinin ağırlığı da artmaktadır. Firmalar arasındaki alışveriş durumu da bu konuya örnek verilebilir, büyük firmalar ile küçük firmaların ağ yapısındaki durumu aynı olamayabilir.

Ağırlıksız ağlarda ise düğümler arasında ilişki durumu belirli bir üstünlük durumu oluşturmaz. Bu sebeple ağ yapısındaki tüm bağlantı elemanları aynı kalınlıkta olmaktadır. SAA ile yapılan çalışmalarda genellikle ağ yapıları ağırlıksız olarak belirlenmektedir.

Çünkü birçok ağ yapısı için ağırlık durumu göreceli olduğu için farklı durumlar ortaya çıkabilmektedir (Bürhan 2017).



Şekil 3.12 Dört düğüm ve beş bağlantıdan oluşan ağırlıksız ağ örneği



Şekil 3.13 Beş düğüm ve altı bağlantıdan oluşan ağırlıklı ağ örneği

Ağırlıksız ağ yapısında düğümler arasındaki ilişkiler belirli farklar neticesinde üstünlük durumu oluşturmuyor ise Şekil 3.12’de verildiği gibi bağlantılar aynı türden çizilir çizgi kalınlıkları aynı olur. Şekil 3.13’de verilen ağ yapısında ise düğüm noktaları arasındaki bağlantıların kalınlığının farklı olduğu görülmektedir. Buradaki A ve C düğümleri arasındaki kalın bağlantının A ve D düğümleri arasındaki zayıf bağlantıdan daha kuvvetli olduğunu göstermektedir.

3.3.2 Yoğunluk

Yoğunluk ağdaki mevcut bağlantı sayısının olası bağlantı sayısına bölünmesiyle elde edilir. 0 ile 1 arasında değer alan göreceli bir ölçüdür. Bir ağdaki bağlantı sayısı ne kadar fazla olursa ağın yoğunluğu da o kadar fazla olur. Diğer bir ifadeyle yoğunluk, bir ağda bağlantı sayısının en yüksek bağlantı sayısına yakın olup olmadığını gösteren bir ölçüdür (Ağcasulu 2018). Bir ağın en yüksek bağlantı sayısı;

$$\binom{n}{2} = \frac{1}{2} n (n - 1) \quad (3.2)$$

Olması durumunda ağın yoğunluğu;

$$\rho = \frac{m}{\binom{n}{2}} = \frac{2 m}{n (n - 1)} \quad (3.3)$$

Olur. Örneğin ağda toplam 5 adet düğüm var ve düğümler arasında 2 bağlantı varsa, en yüksek bağlantı sayısı; $\binom{5}{2} = \frac{1}{2} 5 (5 - 1) = 10$ olmaktadır. Bu durumda yoğunluk ise $\frac{2}{10} = 0.2$ veya %20 olur.

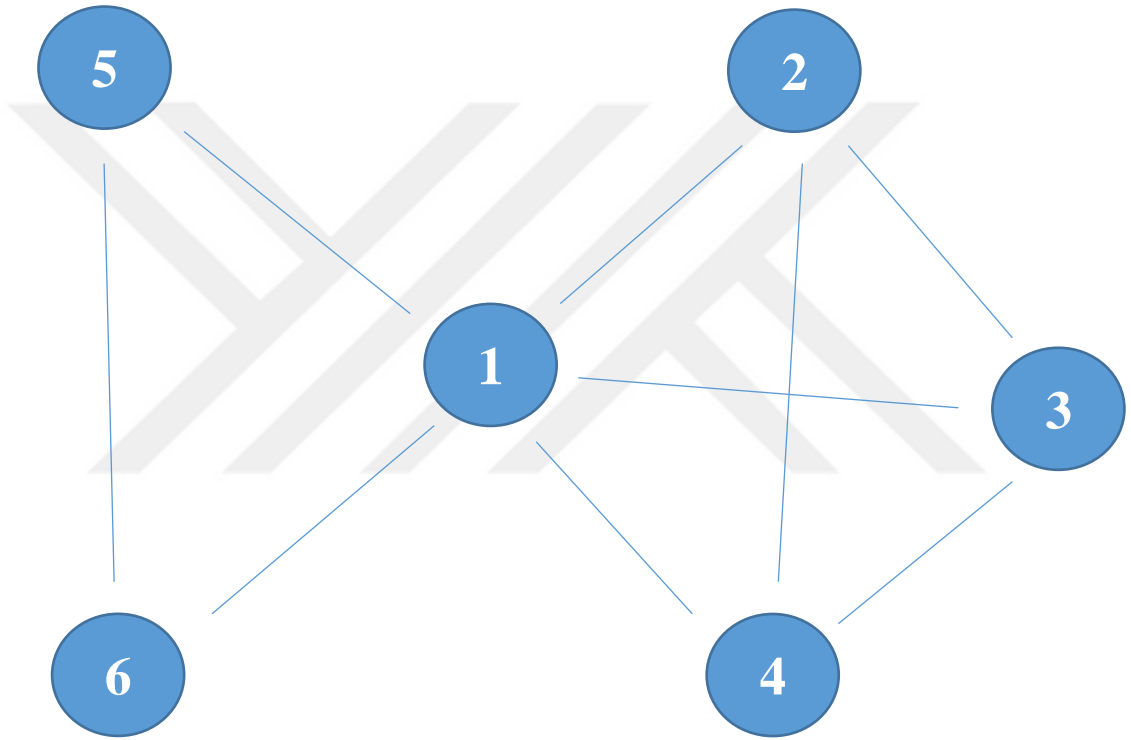
3.3.3 Yürüyüşler, Patika ve Jeodezik Mesafe

Bir ağda bulunan iki düğüm noktası arasındaki en genel bağlantı biçimine yürüyüş adı verilmektedir. Bir yürüyüş, düğümlerle başlayıp düğümlerle bitmektedir. Kapalı yürüyüş ise yürüyüşün başlangıç ve bitiş noktasının aynı düğümde olduğu yürüyüştür. Yürüyüşlerde herhangi bir kısıtlama olmamaktadır. Bir yürüyüş, aynı düğüm veya aynı bağlantıyı çok defa içerebilmektedir.

Komşu kenarlar kullanılarak bir düğümden diğer bir düğüme ulaşana kadar tekrarsız bir biçimde dolaşılacak düğüm ya da kenar dizisine ise yol veya patika denir. Burada her bir düğüm ve bağlantı elemanı en fazla birer kez kullanılabilir. Bu

duruma tek istisna ise kapalı patika adı verilen aynı düğüm noktası ile başlayıp aynı düğüm noktası ile biten yollardır (Tunalı 2016).

İki düğüm noktasını birbirine bağlayan birden fazla yol olabilmektedir. Fakat bu iki düğüm arasındaki en kısa mesafe ise jeodezik mesafe bir diğer adıyla en kısa patika olarak tanımlanmaktadır. Burada önemli olan düğümler arasındaki bağlantı elemanlarının hangi düğüm noktalarını bağladığına dikkat etmektir. Çalışmalarda en kısa yollar her zaman daha çok tercih edilmektedir.



Şekil 3.14 Altı düğüm ve dokuz bağlantıdan oluşan bir ağ örneği

Patika ve jeodezik mesafe kavramlarını Şekil 3.14'te verilen örnek üzerinden anlatmak gerekirse 5 numaralı düğüm noktasından 3 numaralı düğüm noktasına gidilmek istendiğinde oluşabilecek yollar şu şekildedir:

- 5-1-3
- 5-1-2-3
- 5-1-4-3
- 5-6-1-3
- 5-6-1-2-3

- 5-1-2-4-3
- 5-1-4-2-3

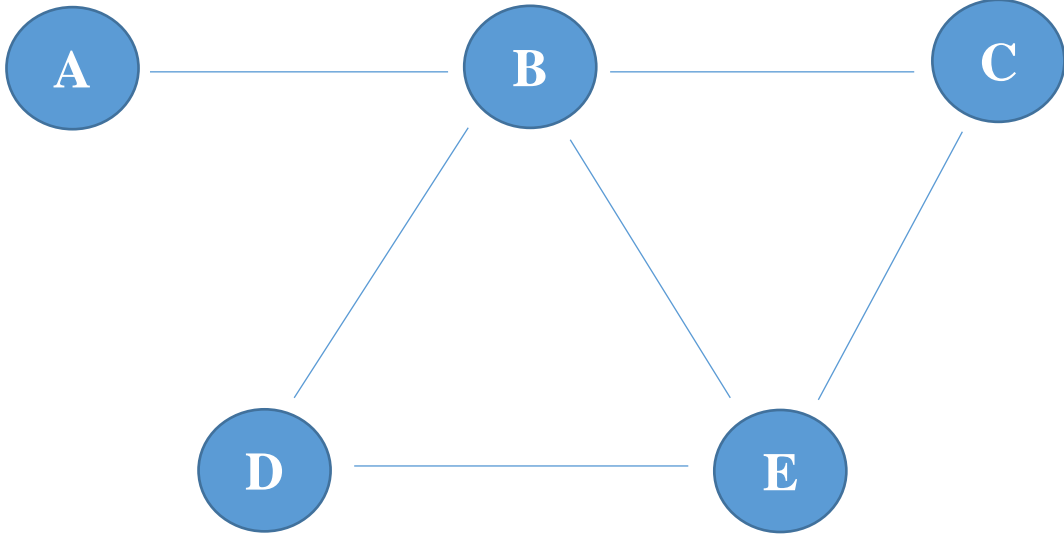
İki düğüm arasında her bir düğümü en fazla bir kez kullanmak koşuluyla elde edilen tüm seçenekler patika olmaktadır. Fakat bu iki düğüm arasındaki jeodezik mesafe 5-1-3 yoludur. Çünkü 5 ve 3 düğümleri arasında en kısa yol bu güzergâh üzerinden sağlanmaktadır. Bu örnekte verilen ağ yapısı için jeodezik mesafe seçeneği bir adet çıkmış olsa da ağ yapısına göre birden fazla jeodezik mesafe çıkması mümkündür. Özellikle fazla düğüm noktalı geniş ağlar için çokça seçenek ortaya çıkabilmektedir (Gürsakal 2016).

3.3.4 Derece

Ağ yapısındaki her düğümün sahip olduğu bağlantı sayılarını tanımlanmaktadır. Derece dağılımı hesaplanırken; bağlantılar düğüme gelen veya düğümden giden bağlantılar olarak ayırt edilebilmektedir. Ağ kavramlarında düğümler için genellikle düğüme gelen değerler önemli olduğu için iç derece kavramı kullanılmaktadır. Ağ yapısında bağ değerleri herhangi bir sayısal veri içermiyorsa bir düğümün derecesi ona bağlı bağlantı sayılarının toplamıyla elde edilir. Bu durumda düğüme bağlı kenar sayısı hangi düğümden fazla ise o düğümün derecesi daha yüksektir (Uygun 2018).

3.3.5 Komşuluk Matrisi

Komşuluk matrisi her bir düğümün diğer düğümler ile arasındaki bağlantıyı temsil etmek için kullanılmaktadır. Bazı kaynaklarda komşuluk matrisine sosyomatrix de denilmektedir. Ağ yapısında kaç adet düğüm varsa oluşturulacak matris de o boyuta göre ayarlanmaktadır. Örneğin m düğümlü bir ağ yapısı için oluşacak matris $m \times m$ boyutunda olmalıdır. Eğer iki düğüm arasında geçiş varsa matriste o düğümlerin karşılığındaki yere 1 değeri yazılmaktadır. Eğer iki düğüm noktası arasında doğrudan bağlantılı bir geçiş yoksa 0 değeri yazılmaktadır. Bu şekilde 1 ve 0 değerlerinden oluşan matris ilişki matrisi olarak da adlandırılmaktadır. Eğer düğüm noktaları arasındaki bağ değerleri belirli sayısal değerler içeriyorsa 1 olan kısma o değerler işlenmelidir (Sabah 2018).



Şekil 3.15 Beş düğüm ve altı bağlantıdan oluşan bir ağ örneği

Komşuluk matrisi oluşturmadan önce düğüm noktaları arasındaki geçiş durumu yazılması matrisin oluşturulmasını kolaylaştıracaktır.

- A düğümünden B düğümüne geçiş var; C, D, E düğümlerine geçiş yok
- B düğümünden A, C, D, E düğümlerine geçiş var
- C düğümünden B ve E düğümlerine geçiş var; A ve D düğümlerine geçiş yok
- D düğümünden B ve E düğümlerine geçiş var; A ve C düğümlerine geçiş yok
- E düğümünden B, C, D düğümlerine geçiş var; A düğümüne geçiş yok

Komşuluk matrisinde her düğümün satır ve sütunda kendi isminin karşılığındaki değer de 0 olarak girilmektedir. O halde Şekil 3.15'te verilen ağ yapısı için komşuluk matrisi:

Çizelge 3.1 Beş düğümlü bir ağ yapısı için komşuluk matrisi örneği

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

3.3.6 Merkezilik

Merkezilik, sosyal ağ analizinin özünü oluşturan temel kavramlardan biridir. Yalnızca düğümler üzerinde odaklanmış olup düğümlerin ağ içerisinde ne kadar önemli olduğu sorusunu yanıtlamaya çalışmaktadır. Diğer bir deyişle, ne kadar merkezi bir konumda olduklarını belirlemede kullanılmaktadır. Bir düğüm ağ içerisinde ne kadar yüksek merkeziliği sahip ise o derece kritik bir düğüm olmaktadır. Merkezilik ölçütü ile ağdaki tüm düğümlere sayısal bir değer atanır ve bu değer sayesinde düğümleri karşılaştırmak ve sıralamak mümkündür. Merkezilik ağ yapısında belirli bir kısım için lokal olarak incelendiği gibi tüm ağ yapısı için global olarak da ölçülebilmektedir. Merkezilik kavramı genellikle yönsüz ağlar için kullanılmaktadır. Yönlü ağlar için ise “prestij” kavramı kullanılmaktadır.

Yapılan analiz çalışmaları ve bakış açısına bağlı olarak bir düğümün diğer bir düğüme göre daha merkezi olup olmaması çeşitlilik gösterebilmektedir. Bu sebeple literatürde çeşitli sayıda merkezilik ölçütleri tanımlanmıştır. Doğal olarak bir merkezilik kavramında en büyük değere sahip bir düğüm noktası başka bir merkezilik kavramında ise büyük bir değere sahip olmayabilmektedir. Burada herhangi bir anormallik ve yanlışlık söz konusu değildir. Dolayısıyla analizlerde hiçbir zaman tek bir merkezilik ölçütüne göre karar verilmemelidir. Aksine analiz türüne göre birden fazla merkezilik

ölçütüne göre ağ yapısı incelenmeli ve sonuçlar değerlendirilmelidir. Merkezi ölçütlerin yorumlanması tamamen analiz yapan kişinin bakış açısına göre belirlenmektedir (Faust 1997).

Araştırmacılar tarafından çok çeşitli merkezilik kavramları ortaya atılmış olmakla birlikte en temel iki merkezilik derece ve yakınlık kavramlarıdır. Bunların dışında yaygın olarak arasındalık, özvektör ve Bonacich gücü gibi merkezilik kavramları kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda genel olarak birkaç merkezilik kavramı kullanılarak analizler yapılmış olsa da bu çalışmada daha kapsamlı bir inceleme yapabilmek amacıyla beş farklı merkezilik kavramı kullanılmıştır.

3.3.6.1 Derece merkeziliği

Ağ yapısındaki düğümlerle ilgili tanımlanabilecek en basit ve temel ölçütlerden biri düğümün derecesidir. Derece merkeziliğinde düğümlerin yalnızca derecelerini kullanarak ağdaki önemini belirlemeye çalışılmaktadır. Bu sebeple ağ yapısının yani düğüm noktalarının yerleşim düzeni pek de önemli olmamaktadır. Basit yapısı sayesinde ve kullanışlı sonuçlar verdiği için düğüm değerlerinin temel belirleyici olduğu ağ yapılarında tercih edilen bir merkezilik ölçütüdür.

Bazı kaynaklarda derece merkeziliği hesaplandıktan sonra normalize edildiği görülmektedir. Normalize edilmiş derece merkeziliğine göreceli derece merkeziliği de denilmektedir. Normalize edilirken düğümlerin dereceleri doğrudan kullanılmayıp [0, 1] aralığında bir değere dönüştürüldüğü görülmektedir. Bu işlem sıralamayı değiştirmemekle birlikte genellikle farklı ağlar arasındaki karşılaştırmalarda kullanılmaktadır. Çeşitli normalizasyon yöntemleri uygulanabiliyor olsa da en yaygın olanı herhangi bir düğümün derecesini en yüksek düğüm derecesine bölünmesiyle elde edilmektedir. Derece merkeziliği formülize edilirse i düğümünün derece merkeziliği düğümün yaptığı bağlantı sayısına eşittir (Yüçettin 2011).

$$C_d(i) = d(n_i) \quad (3.4)$$

3.3.6.2 Yakınlık merkeziliği

Ağdaki bir düğümün diğer tüm düğümlere ne kadar yakın olduğunu belirleyen merkezilik türüdür. Bu merkezilik kavramında bir düğüm diğer düğümler için ne kadar kolay ulaşılabilirse o kadar merkezidir. Yakınlık merkeziliği hesaplanırken düğümün ağdaki diğer tüm düğümlere olan en kısa mesafesi yani jeodezik uzunluğu tespit edilmektedir.

Kavramın tercih edildiği ağlarda; bir aktörün ağdaki diğer tüm aktörlere hızlı bir şekilde veri aktarması önemlidir. Yani ağ yapısında düğümlerin bağ değerlerinin bir önemi yoktur önemli olan ağ yapısında düğümlerin nasıl konumlandırıldığıdır. Bu sebeple genellikle ağın orta noktalarına yakın düğümlerin yakınlık merkezilik değerleri kenar düğüm noktalarına göre daha büyük çıkmaktadır. Mutlak yakınlık merkeziliği hesaplanırken, en kısa patikaların toplamının tersi alınır. Göreceli yakınlık merkeziliği hesaplamasında ise mutlak yakınlık ölçüsü düğüm sayısının bir eksiğine bölünür (Yu 2011).

$$C_c(i) = \left[\sum_{j=1}^N d(i,j) \right]^{-1} \quad (3.5)$$

$$C_c'(i) = (C_c(i))/(N - 1) \quad (3.6)$$

$d(i, j)$; i ve j düğümleri arasındaki mesafedir. N ise ağdaki düğüm sayısıdır.

3.3.6.3 Arasındalık merkeziliği

Arasındalık merkeziliği kavramı, doğrudan bağlantılı olmayan ikili düğüm arasındaki ilişkilerin, diğer düğümler tarafından nasıl kontrol edildiği ya da nasıl yönlendirildiği ile ilgilenmektedir. Temel olarak yakınlık merkeziliği gibi en kısa yol tabanlı bir merkezilik ölçütüdür. Yakınlık merkeziliğinden farklı olarak ise bir düğümün diğer düğümlere yakınlığı değil, diğer düğüm çiftleri arasındaki en kısa mesafe üzerinde yer almasıyla ilgilenmektedir (Anonymus 2011).

Yakınlık merkeziliğinde olduğu gibi bu merkezilik kavramında hem düğümler arasındaki bağ değerlerinin bir etkisi yoktur hem de ağ yapısının ortalarında bulunan düğüm noktalarının değerleri kenar düğüm noktalarına göre daha fazla olmaktadır. Bazı kenar noktaları en kısa mesafeler üzerinde bulunamaması itibariyle arasındalık merkeziliği değeri sıfır olmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken husus; iki düğüm arasında birden fazla en kısa mesafe olabiliyor olmasıdır. Bir düğüm noktasının arasındalık merkeziliği hesaplanırken g_{jk} ; j ve k düğümlerini birbirlerine bağlayan en kısa patikaların sayısı ve n; düğüm sayısı olmak koşuluyla;

$$C_b(i) = \sum_{j < k} g_{jk}(i) / g_{jk} \quad (3.7)$$

Normalize edilmiş hali ise şu şekilde hesaplanır:

$$C_b'(i) = \frac{C_b(i)}{\left[\frac{(n-1)(n-2)}{2} \right]} \quad (3.8)$$

3.3.6.4 Özvektör merkeziliği

Bu merkezilik kavramı ise derece merkeziliğinin geliştirilmiş halidir. Özvektör merkeziliği, bütün bağlantıların eşit değerde olmadıklarını ve ağdaki etkili kişilerin, bağlantı içinde olduğu kendinden daha az etkili kişilere de etki aktardıklarını varsaymaktadır. Yani bağlantıların sayısına bağlı olduğu kadar bağlantıların kalitesine de dikkat etmektedir. Bir düğüm için az sayıda yüksek kaliteli bağlantı, çok sayıda düşük veya orta kaliteli bağlantıdan daha değerli olabilmektedir.

Özvektör merkeziliği hesaplanırken (x_i) ; i komşularının merkeziliklerinin toplamıyla orantılı ve K_i özdeğerlerin en büyüğü olmak üzere şu şekilde hesaplanır (Hagan et al. 2015):

$$x_i = K_i \sum_j A_{ij} x_j \quad (3.9)$$

3.3.6.5 Bonacich gücü merkeziliği

Bir düğümün derece merkezliliği tarafından ağırlıklandırılmış değerleriyle toplam bağlantılı olduğu bitişik düğümlerin merkezliliğine dayalı bir ölçüdür. Bonachich gücü, bir düğümün yalnızca kaç bağlantısı bulunduğunu değil, aynı zamanda tüm komşulukların da durumunu irdelemektedir. Komşuluk değerlerini incelerken sadece düğümün komşuluklarını değil aynı zamanda komşunun komşularını da incelemesi itibariyle tüm ağ yapısını global incelemiştir olur (El-adaway et al. 2018).

Kavram çıkış itibariyle merkezilik ölçütlerinden farklı tutulduğu için bazı kaynaklarda merkezilik ölçütü olarak görülürken bazı kaynaklarda merkezilik ölçütleri içerisinde bulunmamaktadır. Ağ yapısındaki düğümlerin bağlantı değerlerini ve düğümlerin konumlarını birlikte değerlendirdiği için birçok ağ yapısında daha doğru sonuçlar verebilmektedir.

R komşuluk matrisi (bağ değerleri işlenmiş olabilir), β düğüme bağlı düğümlerin merkeziliğini ne kadar ağırlıklı olduğunu göstermektedir. I birim matrisi, α bir ölçeklendirme vektörü olmak koşuluyla Bonacich gücü değeri şu şekilde hesaplanır:

$$C(\alpha, \beta) = \alpha(I - \beta R)^{-1} R 1 \quad (3.10)$$

3.3.7 Ucinet Programı

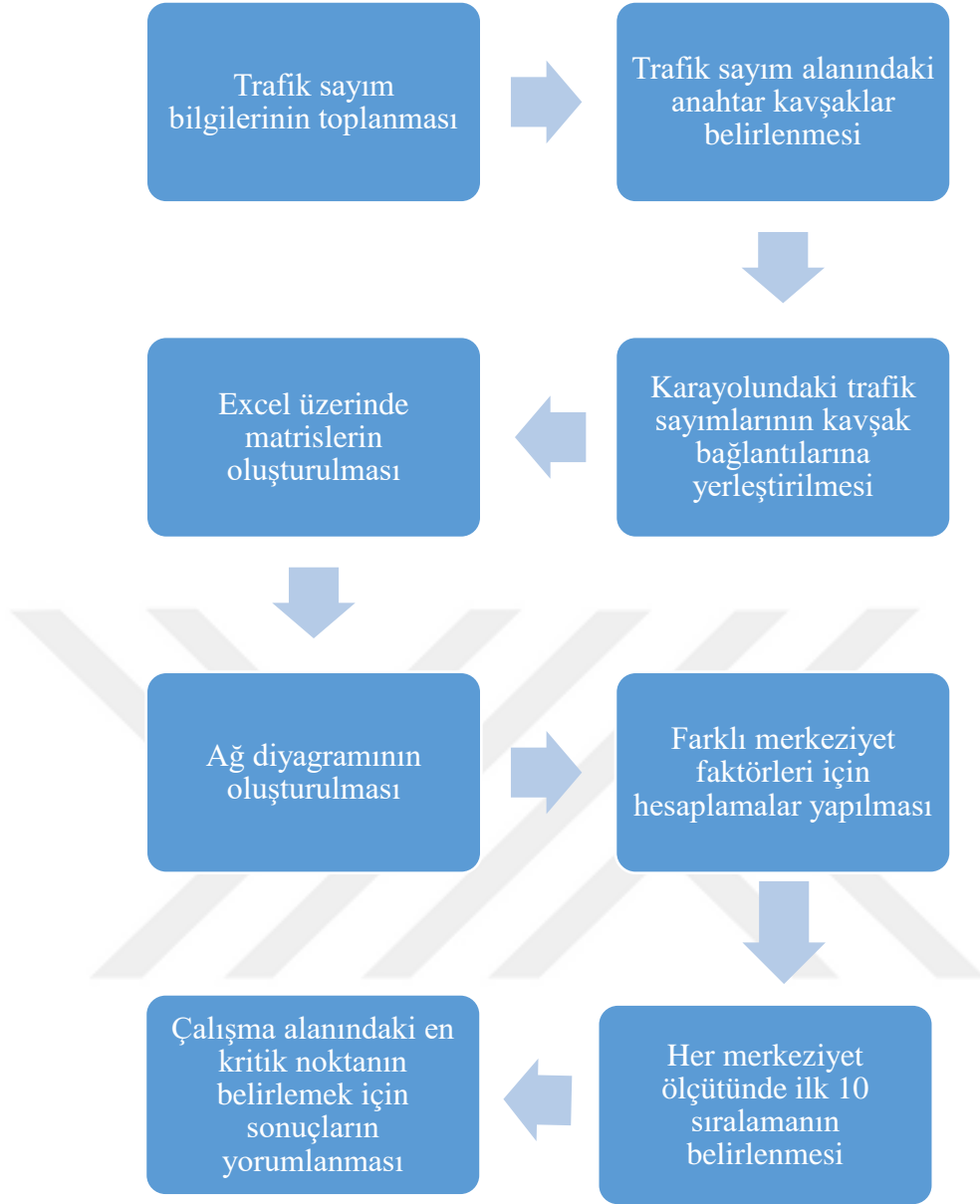
Bu program SAA için oluşturulmuş olan ağ yapısını incelemeye yarayan bir analiz türüdür. Ağ yapısı içerisinde bulunan düğümlerin birbirleriyle olan ilişkilerini ve bağlantıların düğümler ile oluşturdukları yapıyı bilgisayar ortamında analiz etmeye yaramaktadır. Bazı büyük ağların merkezilik kavramlarını klasik hesaplama yöntemiyle elde etmek zor olduğu için bu program sayesinde değerler kolaylıkla elde edilebilmektedir. Ayrıca geliştirilen yeni merkezilik kavramları ağ yapısını farklı boyutlarda incelediği için uzun formüller içermektedir. Bu gibi hesaplamaların pratikliği açısından Ucinet programı oldukça işlevlidir (Anonymus 2019).

Öte yandan SAA'da kullanılan birçok farklı biçimlendirilmiş metin dosyalarını ve excel dosyalarını okuyup yazabilmektedir. Ayrıca; bu programda ağ modeli oluşturmak, matris analizi yapmak ve permütasyona dayalı istatistiksel analiz yapılabilmektedir. Ucinet programındaki veriler başka SAA programları olan Netdraw, Mage ve Pajek'e de aktarılabilmektedir (Güzeller vd 2016).

3.3.8 Netdraw Programı

Sosyal ağların diyagramlarını çizmek için kullanılmakta olan Netdraw programı Ucinet programındaki pakete dâhil edilmiştir. Bu sayede ağ şemaları oluşturmak için ekstradan başka bir program gerekmemektedir. Netdraw programına hem excel üzerinden veri aktarılıp ağ yapısı oluşturulabilir hem de program içerisinde çizim yapılabilmektedir. Ayrıca ağ yapısı içindeki düğümler ve bağlantılar üzerinde çeşitli görsel değişiklikler yapılabilmektedir. Tüm bunların yanında programın ücretsiz olması sebebiyle sosyal ağ analizinde çokça tercih edilmektedir (Cronin 2015).

SAA geniş çalışma alanı ve multidisipliner özelliği sayesinde son yıllarda birçok çalışmada kullanılmış olmasına rağmen ulaşım alanında çok az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu duruma rağmen özellikle ulaşım planlamalarında önemli yer edineceği araştırmacılar tarafından öne sürülmüştür. Herhangi bir ulaşım ağında SAA uygulanması için izlenilecek aşamalar aşağıdaki Şekil 3.16'da gösterilmiştir. Burada en önemli noktalardan biri düğüm noktaları ve bağlantı elemanlarını iyi tespit edebilmektir. Ayrıca ağ yapısının büyüklüğüne göre komşuluk ve yakınlık matrislerini oluşturmak zorlaşacağı için düğüm noktalarını kontrol ederek veri işlenmesi gerekmektedir.



Şekil 3.16 Ulaştırma planlamasında SAA uygulamasının akış şeması (El-adaway et al. 2018).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Çalışmanın bu aşamasında ilk olarak; İstanbul'da bulunan otoyol ve devlet yollarından oluşan karayolu ağı oluşturulmuştur. İki farklı aőama olması sebebiyle tüm iőlemler her iki durum için ayrı ayrı elde edilmiştir. Yol ağındaki her bir kavşak adlandırıldıktan sonra kavşaklar arasındaki geçiş durumuna göre oluşturulan komşuluk matrisi ile ağ yapısı Netdraw programında modellenmiştir. Daha sonra ise trafik hacim verileri Ucinet programına aktarılmıőtır. Program vasıtasıyla derece, yakınlık, arasındalık, özvektör ve Bonacich gőcő merkezilik değerleri elde edilmiş olup tartışma kısmında veriler deđerlendirilmiőtir.

4.1 Çalışma Kapsamında Kullanılacak Olan Ağ Yapısının Oluşturulması

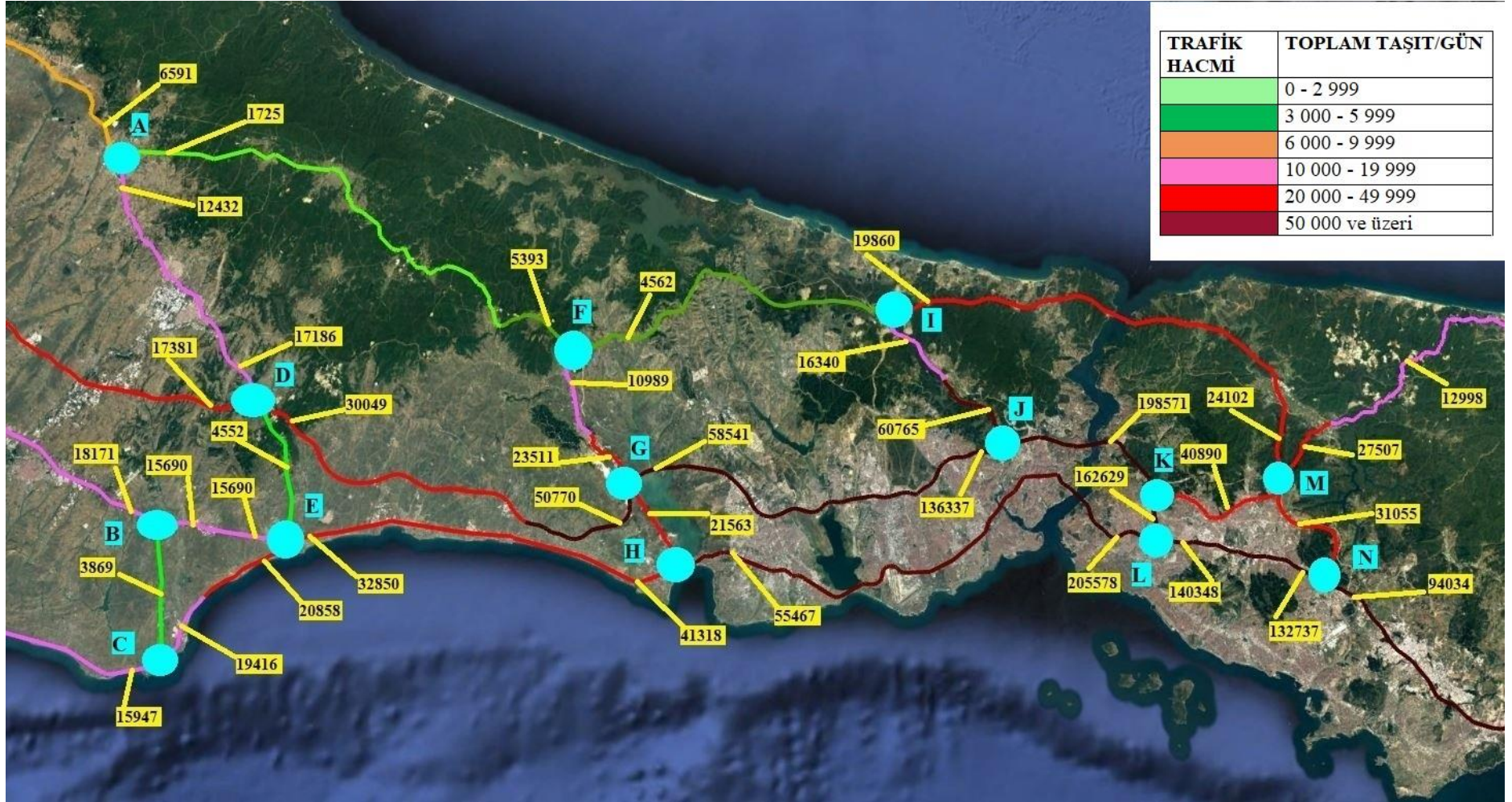
Birinci çalışma durumunda İstanbul'da bulunan ve KMO ve YSS Kőprőső öncesine ait karayolu ağı için daha önce Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'de verilmiş olan otoyol ve devlet yolu haritaları kullanılmıştır. İkinici çalışma durumunda ise yine İstanbul'da bulunan KMO ve 3. YSS Kőprőső yapıldıktan sonrasına ait karayolu ağı için ise Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'te verilmiş olan otoyol ve devlet haritaları kullanılmıştır.

Verilen bilgiler doğrultusunda birinci çalışma durumu için oluşturulan karayolu ağ yapısı ve trafik hacim verileri aşağıda Şekil 4.1'de gösterilmiştir. İkinici çalışma durumu için oluşturulan karayolu ağ yapısı ve trafik hacim verileri ise Şekil 4.2'de gösterilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA



Şekil 4.1 İlk Durum için Yavuz Sultan Selim Köprüsü ve Kuzey Marmara Otoyolu yapımı öncesi trafik hacim haritası



Şekil 4.2 İkinci Durum için Yavuz Sultan Selim Köprüsü ve Kuzey Marmara Otoyolu yapımı sonrası trafik hacim haritası

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Birinci durum için 13 adet düğüm noktası ve 18 adet bağlantı oluşurken ikinci çalışma durumunda yeni bir düğüm noktası eklenmesiyle 14 adet düğüm noktası ve 20 adet bağlantı oluşmuştur. Oluşan her bir düğüm noktası birer kavşağı ifade etmektedir. Kavşakların her birisine bir harf adı verilerek adlandırma yapılmıştır.

Çizelge 4.1 Çalışmada karayolu ağ yapısını oluşturulan kavşakların konumları ve komşulukları

Kavşağın adı	Bulunduğu konum	Ağ Yapısındaki Komşu Kavşakları	
		Birinci Durumda	İkinci Durumda
A	Avrupa Yakası- İstanbul ve Tekirdağ İlleri arası Saray İlçesi	D ve F	D ve F
B	Avrupa Yakası- İstanbul ve Tekirdağ İlleri arası Çorlu İlçesi	C ve E	C ve E
C	Avrupa Yakası- İstanbul ve Tekirdağ İlleri arası Marmaraereğlisi İlçesi	B ve E	B ve E
D	Avrupa Yakası- İstanbul İli Silivri İlçesi	A-E ve G	A-E ve G
E	Avrupa Yakası- İstanbul İli Silivri İlçesi	B-C-D ve H	B-C-D ve H
F	Avrupa Yakası- İstanbul İli Çatalca İlçesi	A-G ve J	A-G ve I
G	Avrupa Yakası- İstanbul İli Çatalca İlçesi	D-F-H ve J	D-F-H ve J
H	Avrupa Yakası- İstanbul İli Büyükçekmece İlçesi	E-G ve L	E-G ve L
I	Avrupa Yakası- İstanbul İli Eyüpsultan İlçesi	Yok	F-J ve M

J	Avrupa Yakası- İstanbul İli Eyüpsultan-Kağıthane İlçeleri arası	G-F ve K	G-I ve K
K	Anadolu Yakası- İstanbul İli Ümraniye İlçesi	J-L ve M	J-L ve M
L	Anadolu Yakası- İstanbul İli Ataşehir-Ümraniye İlçeleri Arası	H-K ve N	H-K ve N
M	Anadolu Yakası- İstanbul İli Çekmeköy İlçesi	K ve N	I-K ve N
N	Anadolu Yakası- İstanbul İli Pendik İlçesi	L ve M	L ve M

4.2 Ağ Yapısının Modellenmesi

Sosyal ağ analizinde model oluşturulurken ilk aşamada yapılması gereken bir komşuluk matrisi oluşturulmaktadır. Oluşturulacak olan bu matris sayesinde her bir düğümün kaç komşusunun olduğu ve düğümler arasındaki bağlantı durumu rahatlıkla tespit edilmektedir. Bu sayede ağ yapısı sayısallaştırılmış olur. Matrisin boyutları düğüm sayısı ile orantılı olmaktadır. İlk durumda 13 düğüm noktası bulunduğu için matris boyutu 13×13 ve ikinci durumda 14 düğüm noktası bulunduğu için matris boyutu 14×14 tür. Her iki çalışma durumu için oluşturulan komşuluk matrisleri aşağıdaki Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3'te gösterilmektedir.

Çizelge 4.2 Birinci çalışma durumu için oluşturulan komşuluk matrisi

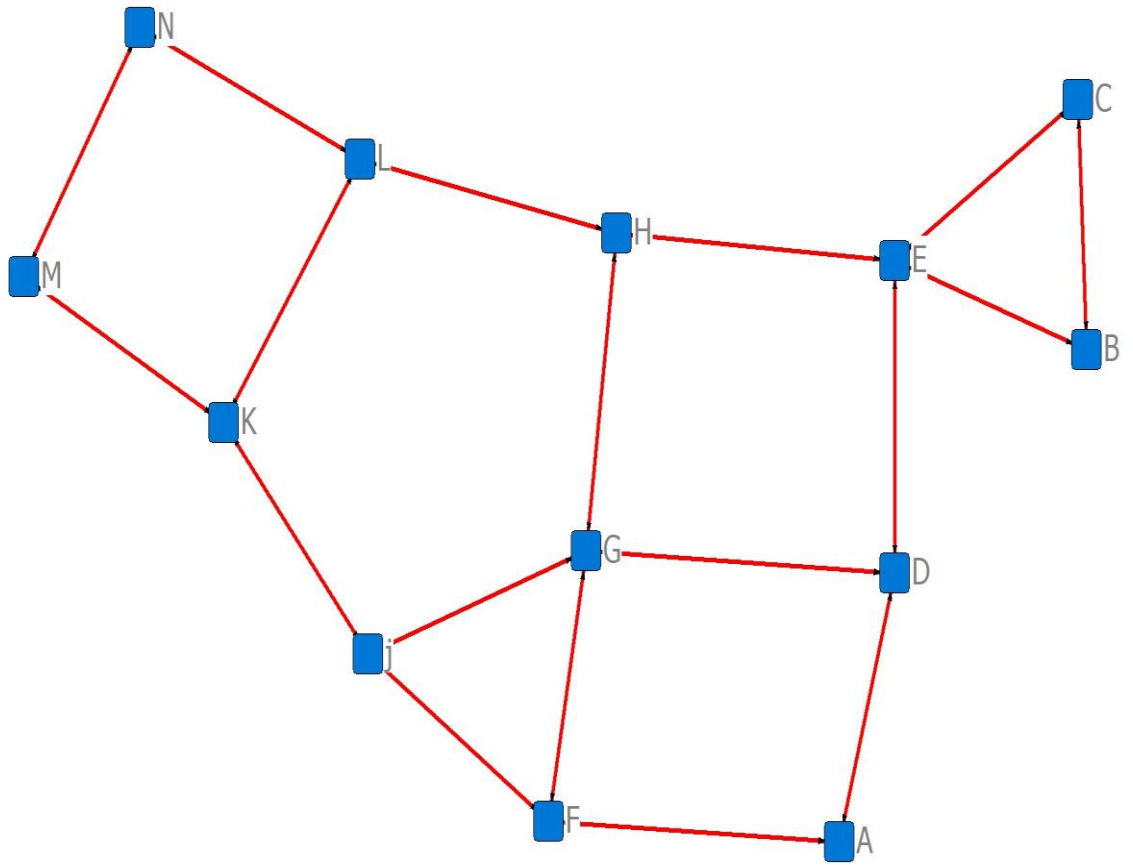
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N
A	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
D	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
E	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
F	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
G	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0
H	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
J	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0
K	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
L	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0

Çizelge 4.3 İkinci çalışma durumu için oluşturulan komşuluk matrisi

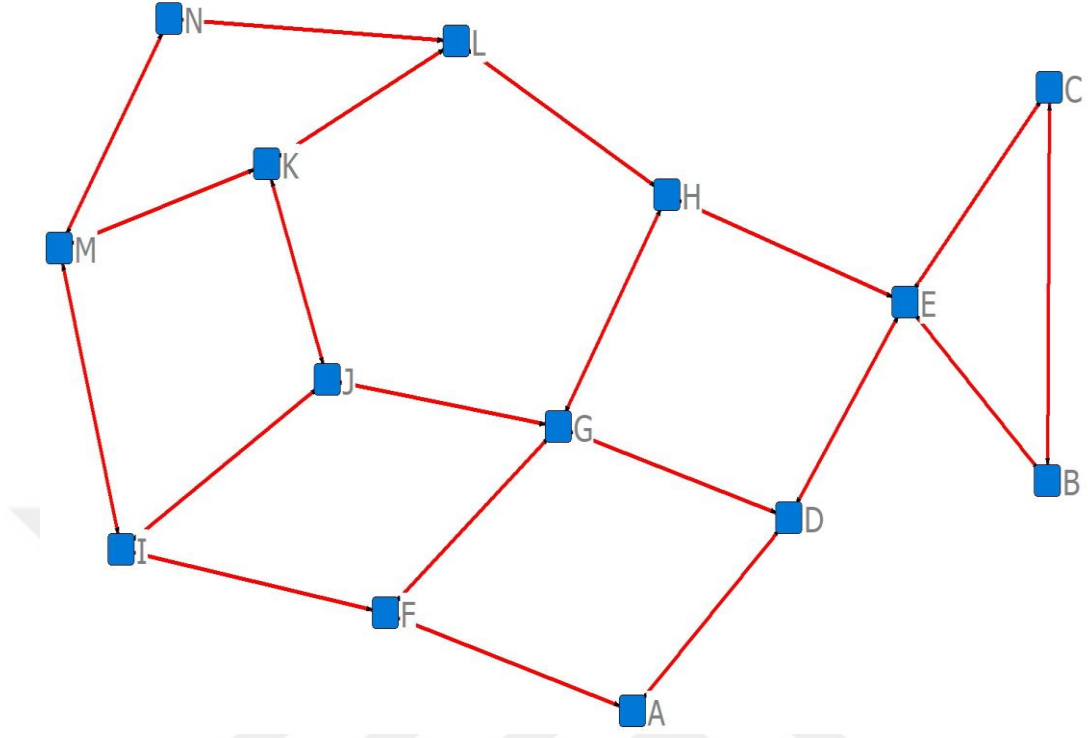
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
A	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
E	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
F	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
G	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
H	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
I	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
J	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
L	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1
M	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0

Komşuluk matrisi belirlendikten sonra her düğüm noktası için trafik hacim değerleri komşuluk matrisinde ilgili yerlere yazılmaktadır. Bu aşamada; her bir kavşaktan komşu diğer bir kavşağa geçişteki trafik hacim değerleri kullanılmaktadır. Bu değer matriste iki kavşağın kesişim bölgesinde 1 yazan bölgeye yerleştirilmektedir. Değerler girilirken esas alınan kavşak matrisin yatay ekseninden, komşusu olan kavşak ise düşey ekseninden seçilmektedir.

Bir sonraki aşamada ise bu matris excel dosyası Ucinet programının matris editörü sekmesine eklenir. Daha sonra Ucinet dosya uzantısı olacak şekilde kaydedilme işlemi yapılır. Oluşturulan yeni dosya Netdraw sekmesinden açılarak ağ modeli görselleştirilmiş olur. Aşağıda Şekil 4.3'te birinci çalışma durumu için modellenen ağ yapısı Şekil 4.4'te ise ikinci çalışma durumu için modellenen ağ yapısı verilmektedir. SAA yapılarında diğer birçok ağ yapısında da olduğu gibi ağ yapısı düğüm noktaları ile çevrelenmiştir. Bu sebeple kenarlarda bulunan düğüm noktalarından ağ dışına çıkan bağlar ve onların değerleri analiz yapılırken kullanılmamaktadır.



Şekil 4.3 Birinci çalışma durumu için modellenen ağ yapısı



Şekil 4.4 İkinci çalışma durumu için modellenen ağ yapısı

Programda modellenen ağ yapıları komşuluk matrisi ve düğüm noktalarının gerçek konumlarından oluşan karayolu ağ yapısı ile uyumlu olmalıdır. Bir düğümden başka düğüme geçerken ilerlenecek yollar, her düğümün diğer düğümlerle olan komşulukları, kenar ve içteki düğümler gerçek ağ yapısına benzer şekilde yerleştirilmelidir.

4.3 Merkezilik Değerlerinin Hesaplanması

Ağ modellenmesi yapıldıktan sonra çalışma; merkezilik değerlerini incelemeye uygun hale gelmiştir. Yakınlık, derece, arasındalık, özvektör ve Bonacich gücü merkezilik ölçütleri karşılaştırılırken, ağ yapısında bulunan en yüksek değerlere sahip ilk 10 düğüm noktası esas alınmaktadır. Her merkezilik kavramının kendine has özellikleri olması sebebiyle bu kavramları ayrı ayrı incelemek gerekmektedir. Bu çalışmada merkezilik değerleri incelenirken temel merkezilik kavramlarından başlayıp daha sonra karmaşık olan merkezilik değerleri hesaplanmıştır.

4.3.1 Yakınlık merkeziliği değerleri

Daha önce bahsedildiği üzere bu merkezilik kavramında esas olan şey ağ yapısındaki düğümlerin buldukları konumlardır. Düğümlerin birbiriyle olan komşulukları temel belirleyici kriterdir. Ağ yapısında bulunan bağlantı değerlerinin bu merkezilik kavramı için belirleyici bir özelliği olmamaktadır. Bu yüzden yol ağında orta noktalarda olan düğümlerin yakınlık merkezilik değerlerinin daha büyük çıkması beklenmektedir. Yakınlık merkeziliği düğümler arası en kısa mesafe temelli olduğu için bu merkezilik hesaplanırken iki düğüm noktası arasında birden fazla güzergâh olduğuna dikkat edilmelidir. Aynı şekilde en kısa jeodezik mesafe de birden fazla olabilmektedir. Bu sebeple işlemin daha kolay ve doğru yapılabilmesi için yakınlık matrisi oluşturmak gerekmektedir. Yakınlık matrisi sayesinde düğüm noktaları arası geçişler sayısallaştırıldığı için yakınlık merkeziliğinin değerini hesaplamak daha pratik hale gelmiş olmaktadır.

Çizelge 4.4 Birinci çalışma durumu için oluşturulan yakınlık matrisi

	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N
A	0	3	3	1	2	1	2	3	2	3	4	4	5
B	3	0	1	2	1	4	3	2	4	5	3	5	4
C	3	1	0	2	1	4	3	2	4	4	3	5	4
D	1	2	2	0	1	2	1	2	2	3	3	4	4
E	2	1	1	1	0	3	2	1	3	3	2	4	3
F	1	4	4	2	3	0	1	2	1	2	3	3	4
G	2	3	3	1	2	1	0	1	1	2	2	3	3
H	3	2	2	2	1	2	1	0	2	2	1	3	2
J	2	4	4	2	3	1	1	2	0	1	2	2	3
K	3	5	4	3	3	2	2	2	1	0	1	1	2
L	4	3	3	3	2	3	2	1	2	1	0	2	1
M	4	5	5	4	4	3	3	3	2	1	2	0	1
N	5	4	4	4	3	4	3	2	3	2	1	1	0

Çizelge 4.5 İkinci çalışma durumu için oluşturulan yakınlık matrisi

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
A	0	3	3	1	2	1	2	3	2	3	4	4	3	4
B	3	0	1	2	1	4	3	2	5	4	5	3	5	4
C	3	1	0	2	1	4	3	2	5	4	4	3	5	4
D	1	2	2	0	1	2	1	2	3	2	3	3	4	4
E	2	1	1	1	0	3	2	1	4	3	3	2	4	3
F	1	4	4	2	3	0	1	2	1	2	3	3	2	3
G	2	3	3	1	2	1	0	1	2	1	2	2	3	3
H	3	2	2	2	1	2	1	0	3	2	2	1	3	2
I	2	5	5	3	4	1	2	3	0	1	2	3	1	2
J	3	4	4	2	3	2	1	2	1	0	1	2	2	3
K	4	5	4	3	3	3	2	2	2	1	0	1	1	2
L	4	3	3	3	2	3	2	1	3	2	1	0	2	1
M	3	5	5	4	4	2	3	3	1	2	1	2	0	1
N	4	4	4	4	3	3	3	2	2	3	2	1	1	0

Çizelge 4.6 Düğüm noktalarının diğer düğümlere geçişteki en kısa patikalar toplamı

Birinci Durum						
A	B	C	D	E	F	G
33	37	36	27	26	30	24
H	I	J	K	L	M	N
23	Yok	27	29	27	37	36
İkinci Durum						
A	B	C	D	E	F	G
35	42	41	30	30	31	26
H	I	J	K	L	M	N
26	34	30	33	30	36	36

Düğüm noktalarının komşuluk durumuna göre oluşturulan matrisler Çizelge 4.4 ve 4.5'te elde edilmiştir. Matriste her bir düğüm noktasının karşılığındaki değerler diğer düğüm noktasına ulaşmadaki mesafeleri verir. Bu değerler Çizelge 4.6 da gösterilmektedir. Bu değerler sonucu her iki durum için hesaplanan yakınlık merkeziliği değerleri Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7 Her iki çalışma durumu için yakınlık merkeziliği değerleri

Birinci Durum		İkinci Durum	
H	0,521739	G	0,5
G	0,5	H	0,5
E	0,461538462	E	0,433333333
L	0,444444444	J	0,433333333
J	0,444444444	D	0,433333333
D	0,444444444	L	0,433333333
K	0,413793103	F	0,419354839
F	0,4	K	0,393939394
A	0,363636364	I	0,382352941
C	0,333333333	A	0,371428571

Her iki çalışma durumu için yakınlık merkeziliği değerleri incelendiğinde H ve G düğüm noktaları en büyük değerlere sahip olduğu görülmektedir. Birinci durum için H düğüm noktası G düğüm noktasına göre daha büyük değere sahipken ikinci durumda her ikisinin de aynı değere sahiptirler. En büyük değerlere sahip iki düğüm noktasının da ağ yapısında orta noktalarda olduğu görülmektedir. Daha önce de belirtildiği gibi yakınlık merkeziliği tamamen ağ yapısı odaklı bir merkezilik ölçütü olduğu için elde edilen sonuçlar bu kavramı destekler niteliktedir.

Diğer düğüm noktalarının sıralamasına bakılacak olursa; E düğüm noktası her iki çalışma durumunda da B ve C düğüm noktalarından sonra gelen en büyük değere sahip düğüm noktalarından birisidir. Buna gerekçe olarak herhangi bir düğüm noktasından B ve C düğüm noktalarına geçişte E düğüm noktasına uğrama zorunluluğu söylenebilir.

Çünkü bu düğüm noktalarına geçişte E düğüm noktası alternatifsiz bir durumdadır. Benzer şekilde her iki çalışma durumunda da üst sıralarda bulunan L-J ve D düğüm noktalarından diğer düğümlere geçiş adımları az olduğu için yakınlık merkeziliğinin büyük olduğu görülmektedir. İkinci çalışma durumunda ağ yapısına katılan I düğüm noktasının yakınlık merkeziliği değerinin çok büyük olmadığı görülmektedir. Buna gerekçe olarak ise düğüm noktasının kentin en kuzey noktalarından biri olması sebebiyle güney ve orta noktalarda bulunan düğüm noktaları arası geçişte daha az etkin olduğu söylenebilir.

4.3.2 Derece merkeziliği değerleri

Bir diğer temel merkezilik kavramı olan derece merkeziliğinde yakınlık merkezinin aksine ağ yapısının önemi oldukça düşüktür. Bu merkezilik kavramı hesaplanırken önemli olan düğüm noktalarına bağlı olan bağlantıların değerleridir. Çünkü bağlantı sayısının çokluğundan ziyade her bir bağlantıya ait değerler önemlidir.

Çalışmada kavşaklara bağlı yollardaki trafik hacim verileri kullanılırken her kavşağa en yakın olan trafik sayım verileri kullanılmıştır. Bu sayede kavşaklara ait derece merkeziliği hesaplanırken daha doğru sonuçlar elde edilmiş olur. Bazı yol kesimlerinde ise yolun kısa olma durumu veya kavşaklar haricinde o yoldan ayrılma olayı olmadığı için yol üzerinde hesaplanan tek bir trafik hacim verisi yeterli olabilmektedir. Aşağıda Çizelge 4.8’de her iki çalışma durumu için ortaya çıkan derece merkeziliği değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.8 Her iki çalışma durumu için derece merkeziliği değerleri

Birinci Durum		İkinci Durum	
L	516549	L	508555
J	421119	K	402090
K	401575	J	395673
N	166094	N	163792
G	142994	G	154385

H	106491	H	118348
E	65959	M	96047
M	45230	E	73950
D	45077	D	51787
C	20812	I	40762

Değerler incelendiğinde her iki çalışma durumunda da trafik hacim değerlerinin en büyük olduğu kavşak olan L düğüm noktası birinci sıradadır. Fakat aşağılara doğru inildikçe bazı düğüm noktalarının sıralamasında değişiklikler olduğu görülmektedir. Örneğin ilk çalışma durumunda; ikinci ve üçüncü sıralamada bulunan J ve K düğümlerinin ikinci çalışma durumunda yer değiştiği görülmektedir. Ağ yapısına sonradan eklenmiş olan I düğüm noktasının Avrupa yakasında KMO üzerinde bulunması ve kıtalar arası geçişte alternatif oluşturan YSS Köprüsü devamında bulunduğu için J düğüm noktasının etkisini azalttığı görülmektedir. Ayrıca yıllara göre artış gösteren taşıt sayısı ile birlikte kavşaklarda trafik hacim verilerinin artış göstermesi beklenirken J ve N düğüm noktalarında azalma göstermiştir. Bu sonuç; ikinci çalışma durumundaki ağ yapısında çoğunluğun aksine bazı kavşakların kullanımının seyreklediğini göstermektedir.

4.3.3 Arasındalık merkeziliği değerleri

Arasındalık merkeziliği tıpkı yakınlık merkeziliği gibi en kısa yol temelli bir merkezilik kavramı olmasına rağmen bir düğümün diğer düğümlere olan yakınlığından ziyade, diğer düğümler arasındaki en kısa yollar arasına yerleştirilmiş olmasıyla ilgilenmektedir. Bu sebeple arasındalık merkeziliği, yakınlık merkeziliğinin bir adım ötesi olarak nitelendirilmektedir. Bir düğümün arasındalık merkeziliği hesaplanırken, diğer düğümler arasındaki en kısa mesafeler hesaplanır, daha sonra belirlenen en kısa mesafelerden kaç tanesinin o düğüm üzerinden geçtiği belirlenmektedir. Bir düğüm ne kadar çok en kısa mesafeler üzerinde bulunuyorsa o düğüm noktasının arasındalık merkeziliği de o kadar fazla olmaktadır. Bu hesaplamayı yaparken dikkat edilmesi gereken en önemli husus, daha önce belirtildiği gibi düğümler arasında en kısa yoldan birden fazla olabileceğidir. En kısa mesafelerin birden fazla olması durumunda ise değerler o güzergâh üzerindeki düğüm noktalarına paylaştırılmaktadır.

Çizelge 4.9 Her iki çalışma durumu için arasındalık merkeziliği değerleri

Birinci Durum		İkinci Durum	
E	33,763	E	30,983
H	33,611	H	29,744
L	24,949	G	25,833
G	21,818	L	19,017
K	17,146	D	15,662
D	15,253	F	12,671
J	14,874	I	10,577
F	7,475	J	10,192
M	3,788	K	7,585
N	3,788	M	7,585

Çizelge 4.9’da verilmiş olan arasındalık merkeziliği değerleri incelendiğinde her iki çalışma durumunda da ilk sırada E düğüm noktasının olduğu görülmektedir. Bu durumun sebebi incelendiğinde E düğümü; C ve B düğümlerine geçişinde tek ihtimal olduğu için her zaman en kısa mesafe üzerinde olmasından kaynaklanmaktadır. İkinci sırada bulunan H düğümü incelendiğinde ise Avrupa ve Asya kıtalarındaki geçişte F ve G düğüm noktaları gibi benzer noktalarda bulunmaktadır. Fakat F ve G düğümlerinden Asya kıtasına geçişte I ve J düğümlerine uğrama zorunluluğu varken, H düğümünden Asya kıtasına geçişte başka bir düğüm noktasına uğrama zorunluluğu yoktur. Bu durum H kavşağının en kısa mesafeler üzerinde bulunmasını sağlamaktadır. İkinci çalışma durumunda I düğümünün eklenmesi durumunda ise; J-K ve L düğümleri için alternatif bir yol meydana getirdiği için bu düğümlere ait arasındalık merkeziliği değerlerini azalttığı görülmektedir.

4.3.4 Özvektör merkeziliği değerleri

Derece merkeziliğinin geliştirilmiş bir hali olan özvektör merkeziliği ağ yapısındaki tüm düğümleri eşit olarak görmemektedir. Derece merkeziliği gibi bağlantıların sayısına ve bağlantıların kalitesine bağlıdır. Fakat bu merkezilikte ağ

yapısındaki güçlü olan düğümlerin, ilişkili olduğu daha zayıf olan düğümler üzerinde etkili olduğu varsayılmaktadır. Eğer bir düğüm noktası az sayıda yüksek kaliteli bağlantıya sahipse, çok sayıda orta kaliteli bağlantıya sahip bir düğümden daha etkili olabilmektedir. Aşağıda Çizelge 4.10'da her iki çalışma durumuna ait özvektör merkeziliği değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.10 Her iki çalışma durumu için özvektör merkeziliği değerleri

Birinci Durum		İkinci Durum	
L	0,553	L	0,574
K	0,528	K	0,518
J	0,429	J	0,393
H	0,32	H	0,366
N	0,248	N	0,247
G	0,233	G	0,187
F	0,085	M	0,091
M	0,058	I	0,077
D	0,034	E	0,045
E	0,034	D	0,029

Özvektör merkeziliği değerleri incelendiğinde her iki durum için en büyük değere sahip altı düğüm noktasının da sıralamadaki yerleri değişmemiştir. Derecelerinin yüksek olduğu düğümlerin kendisine bağlı düğümleri etkilediğinden kaynaklı olarak sıralamanın pek değişmediği görülmektedir. Her iki çalışma durumunda da ilk sırada yer alan L düğümünün hem derecesi büyüktür hem de güçlü düğümlere komşudur. İlk çalışma durumunda derece merkeziliği bakımında ikinci sırada bulunan J düğümüne komşu olan düğümlerin derecelerinin daha düşük olduğu için bu düğüm özvektör merkeziliğinde üçüncü sırada bulunmaktadır. J düğümünün üst sırasında bulunan K düğüm noktası derece merkeziliği olarak J düğümünden daha küçük değere sahip olmasına rağmen derecesi büyük olan L düğüm noktasına komşu olduğu için özvektör merkeziliği değerinde J düğümünün üstünde yer almaktadır. Öte yandan ağ yapısına ikinci durumda

eklenmiş olan I düğümünün üst sıraları etkilememekle birlikte dereceleri yüksek dereceye sahip olan komşu düğüm noktaları sayesinde sekizinci sıraya yerleştiği görülmektedir.

4.3.5 Bonacich gücü merkeziliği değerleri

Bonacich gücü ağ yapısını hem derece bakımından hem de komşuluklar bakımından incelediği için diğer merkezilik kavramlarının ötesinde bir ölçüttür. Derece merkeziliği gibi düğümlerin bağ değerlerini içermektedir. Ayrıca özvektör merkeziliği gibi komşu düğümlerin derecelerini de incelemesinin yanında ağdaki tüm komşulukları da hesaba katması sebebiyle arındalık ve yakınlık merkeziliği gibi ağ yapısına da önem vermektedir. Aşağıda Çizelge 4.11’de her iki çalışma durumuna ait Bonacich gücü merkezilik değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.11 Her iki çalışma durumu için Bonacich gücü merkeziliği değerleri

Birinci Durum		İkinci Durum	
L	78160776	K	80128328
K	77112864	L	68472496
N	57223936	J	60620028
J	53638424	H	50518176
H	49054532	N	33966540
G	31645060	G	32196792
F	11707991	M	15508986
M	11152561	I	13719325
E	5692315	E	7213459
D	5371831	D	5668435

Sonuçlar incelendiğinde birinci çalışma durumu için L düğüm noktasının en büyük değere sahip olduğu görülmektedir. L düğüm noktası hem özvektör hem de derece merkeziliklerinde en büyük değere sahip olmasıyla birlikte arındalık ve yakınlık merkeziliğinde de üst sıralarda bulunmaktadır. Fakat çalışma alanı için kavşakların trafik hacim değerleri daha büyük öneme sahip olması itibarıyla temel belirleyici kriter düğüm

noktalarının değerleridir. Bununla birlikte sıralamada aşağıya doğru inildikçe L düğümüne yakında bulunan ve dereceleri yüksek olan düğüm noktalarına ait değerlerin de büyük olduğu görülmektedir. Örneğin ikinci sırada bulunan K düğüm noktası hem derecesi yüksek olan bir düğümdür hem de ağ yapısında L düğümüne komşu durumundadır. Aynı şekilde N-J-H düğüm noktaları da bu duruma uygun olarak sıralanmıştır.

İkinci çalışma durumu için sonuçlar incelendiğinde ise K düğüm noktası derecesinin L düğümüne göre düşük olmasına rağmen ilk sırada bulunması dikkat çekmektedir. Bu sonuçtan da anlaşıldığı üzere Bonacich gücü merkeziliği sadece düğüm derecesi odaklı bir merkezilik kavramı değildir. Birinci durumla benzer şekilde alt sıralara indikçe birbirine yakın düğümlere ait Bonacich gücü değerlerinin de yakın olduğu görülmektedir.

Öte yandan dikkat çeken bir diğer husus ise ikinci durumda ağ yapısına eklenmiş olan KMO ve YSS Köprüsünün İstanbul'un kuzeyinde yapılması ile merkezi kavşağın daha kuzeydeki bir kavşağa geçmesi beklenmektedir. Sonuçlar da bu durumu destekler nitelikte olup ilk çalışma durumunda daha güneyde bulunan L kavşağı en merkezi düğüm noktası olurken ikinci çalışma durumunda merkezilik biraz daha kuzeye kayarak en merkezi düğüm noktası K kavşağı olmuştur. Ayrıca her iki çalışma durumunda da birbirine yakın kavşakların yüksek değerlere sahip olması da uyumlu bir sonuç ortaya koymuştur.

4.4 Tartışma

Sosyal ağ analizinde ağ yapısını iyi yorumlayabilmek için ağı çeşitli yönlerden incelemek gerekmektedir. Bu kapsamda yapılan bu çalışmada ağ yapısı beş farklı merkezilik kavramıyla incelenerek sonuçlar elde edilmiştir. Sosyal ağ analizinin yapısı itibariyle içerdiği tüm merkezilik kavramlarının amacı ağ yapısını geliştirmektir. Fakat her bir merkezilik kavramı ağ yapısını farklı açılardan incelediği için farklı sonuçlar elde edilmektedir. Önemli olan sistemin uygulandığı ağ yapısına hangi merkezilik kavramının daha uygun olduğunu tespit edebilmektir.

Ağ yapılarından bazıları için düğümler arası bağ değerlerinin oluşma durumu söz konusu değildir. Bu tür ağlar için düğümler arasındaki tüm bağlar eşit kabul edildiği için merkezilik değeri hesaplanırken ağ yapısını esas alan yakınlık ve arasındalık gibi merkezilik kavramları ön planda tutulmaktadır. Bazı ağ yapılarında ise bu durumun tam tersi olacak şekilde ağlardaki düğüm noktaları arası bağ değerleri farklılık oluşturmaktadır. Yani düğümler arası tüm bağ değerleri eşit kabul edilmemektedir. Fakat bu ağlar için ise düğüm noktalarının ağ yapısındaki konumları ve birbirleri arasındaki geçiş durumları önemli değildir. Bu şekilde olan ağ yapılarında derece ve özvektör gibi merkezilik kavramları ön planda tutulmaktadır.

Bu ağların haricinde başka bir ağ yapısında ise hem düğüm noktalarının ağ içerisindeki konumları ve birbirleri arasındaki geçişler hem de düğüm noktaları arasındaki bağ değerleri önemlidir. Bu tür ağlar için yapıyı her iki yönden de incelemek gerekmektedir. Bu çalışma; hem ağ yapısı hem de düğümler arası bağ değerlerinin önemli olduğu bir çalışma olduğu için farklı merkezilik kavramları kullanılarak inceleme yapılmış ve yorumlanmıştır. Temel merkezilik kavramlarında biri olan yakınlık merkeziliği için ağ yapısında orta noktalarda bulunan H ve G düğümlerine ait değerlerin büyük çıkmıştır. Eğer ağ yapısı için düğüm noktalarına ait değerler bulunmasaydı veya ağ yapısını etkilemiyor olsaydı bu merkezilik kavramının güzel sonuçlar verdiği söylenebilirdi. Fakat yapılan çalışma için karayolu ağı üzerindeki trafik hacim değerleri önemli olduğu için bu ağ yapısında bağ değerlerinin önemli olduğu reddedilemez bir durumdur.

Başka bir temel merkezilik kavramı olan derece merkeziliğinde ise her iki durumda da L düğümünün en yüksek değerde olması H ve G ye göre daha kabul edilebilir bir durumdur. Çünkü L düğümü büyük bağ değerlerine sahiptir ve ağ yapısında da en köşede bulunan bir düğüm değildir. Ayrıca bir karayolu ağ yapısındaki en kritik kavşak belirlenirken büyük hacim değerine sahip olan kavşaklardan olan bir kavşağın en kritik kavşak olması beklenmektedir. Bu durumlar L kavşağının en kritik kavşak olma durumunu desteklemektedir. Ancak derece merkezilik değerleri hesaplanırken ağ yapısının dikkate alınmamış olması bu çalışma için olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. Çünkü yapılan bu çalışmada karayolu ağ yapısındaki kavşakların konumlarının da önemli yere sahip olması sebebiyle derece merkeziliği kavramının tam doğru sonuçlar verdiği

söylenememektedir. L düğümü ağ yapısında en köşe noktalardan biri olmuş olsa; derece merkeziliğinin büyük değerlere sahip olması mümkündür. Bu sebeple bu ağ yapısı için en belirleyici merkezilik kavramı olarak görülmemektedir.

Karayolu ağ yapısı; diğer birçok ağ yapısına göre daha kapsamlı olması itibariyle bu ağ yapısını daha iyi analiz edebilmek için temel merkezilik kavramları yeterli olmamaktadır. Bu sebeple yakınlık ve derece merkeziliğinin bir adım ötesi olan arasındalık ve özvektör merkeziliği yönünden ağ yapısı incelenmelidir. Bu çalışma için arasındalık merkezi değerleri incelendiğinde her iki çalışma durumunda da E düğüm noktasına ait değerlerin büyük çıktığı görülmektedir.

Arasındalık merkeziliği en kısa yollar üzerinde bulunma öncelikli bir kavram olması ve E düğüm noktasının C ve B düğümlerine geçişte tek ihtimal olması sebebiyle bu düğüm noktasına ait değerlerin büyük çıktığı görülmektedir. Öte yandan E düğüm noktasına ait bağ değerlerinin büyük olmaması bu merkezilik kavramını desteklememektedir. Ayrıca yakınlık merkeziliğinde büyük değere sahip düğümler daha orta noktalarda bulunmasına rağmen arasındalık merkeziliğinde biraz daha köşe noktalara yakın bir düğümün yüksek değere sahip olması da olumsuz bir durum oluşturmuştur. Tüm bu sebeplerden ötürü arasındalık merkeziliğinin de karayolu ağ yapısı için temel belirleyici merkezilik kavramı olmadığını ortaya koymaktadır.

Derece merkeziliğinin bir adım ötesi olarak ortaya atılan özvektör merkeziliğinde ise bağ değerlerinin önemli bir yere sahip olması ve derecesi büyük olan düğümlerin zayıf düğümleri etkilemesi sebebiyle bu ağ yapısı için daha doğru sonuçlar vermesi beklenmektedir. Çünkü derecesi büyük düğümlerin zayıf düğümleri etkilemesi az da olsa ağ yapısının ve düğümlerin dizilişinin kullanıldığını ortaya koymaktadır. Özvektör merkeziliği sonuçlarında her iki çalışma durumu için tıpkı derece merkeziliğinde olduğu gibi en büyük değere sahip düğüm noktası L'dir. Bu merkezilik kavramında da L düğümünün en büyük değere sahip olması hem bağ değerlerinin hesaba katılması hem de ağ yapısının etkili olması sebebiyle karayolu ağ yapısı için diğer merkezilik kavramlarına göre daha doğru sonuçlar verdiği söylenebilir.

Son olarak incelenmiş olan Bonacich gücü kavramı bazı kaynaklarda merkezilik kavramlarından ayrı bir kavram olarak gösterilse de özvektör merkeziliğine benzerliği söz konusudur. Özvektör merkeziliğinden farklı olarak ise ağ yapısındaki tüm komşulukları göz önüne aldığı söylenebilmektedir. Özvektör merkeziliğinde güçlü düğümlerin komşusu olan zayıf düğümleri etkilediğinden bahsederken bu kavram için düğümlerin sadece komşularını değil her düğümün ağdaki tüm komşuluklarını dikkate alması söz konusudur. Bu sebeple de düğümlerin bağ değerleriyle beraber ağ yapısını da önemsendiği söylenebilmektedir.

Çalışmada iki durum için K ve L düğüm noktalarına ait Bonacich gücü değerlerinin büyük olması derece ve özvektör merkeziliğinden farklı sonuçları ortaya koymaktadır. Eğer her iki çalışma durumunda da L düğüm noktası en büyük değere sahip olsaydı ağ yapısının durumu fazla etkilemediği söylenebilirdi. Fakat K düğümünün bağ değerleri L düğümünden daha küçük olmasına rağmen Bonacich gücü merkeziliğinin yüksek olması bu merkezilik kavramında ağ yapısının da önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

Ağ yapıları kendine ait özellikleri sayesinde farklı merkezilik kavramlarını daha etkin ve belirleyici kılmaktadır. İncelenen bu ağ yapısı karayolu ağ yapısını oluşturan kavşaklar ve bu kavşakları bağlayan yolları içerdiği için hem kavşakların yol ağında buldukları konumları hem de kavşakları birbirine bağlayan yolların trafik hacim değerleri bu ağ yapısı için önemli durumlardır. Bu sebeple bu ağ yapısını sadece düğüm noktaları arasındaki komşuluk durumu veya düğüm noktalarına ait bağ değerleri açısından incelemek çok doğru ve gerçekçi sonuçlar verememektedir. Karayolu ağ yapısını detaylı inceleyebilmek için bu iki durumu da dikkate alacak bir merkezilik kavramıyla analiz etmek gerekmektedir. Karayolu ağ yapısı için her iki durumu da en verimli şekilde incelemekte olan merkezilik kavramı en doğru sonuçları vermektedir. Bu sebeple belirlenen durumlar göz önüne alınıp modellenen ağ yapısı ve analizler neticesinde bu çalışma için en gerçekçi sonuçlar veren merkezilik ölçütünün Bonacich gücü olduğu görülmektedir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

5.1 Sonuç

Karayolu ağ yapılarının modellenmesi ve analiz edilebilmesi için bu ağları çeşitli yönlerden incelemek gerekmektedir. Bu incelemelerin ise sadece gözlemlere dayanarak değil sayısal verilerle desteklenerek yapılması gerekmektedir. Gözlem yapılarak belirli bir yol kesimindeki trafik sıkışıklığı rahatlıkla tespit edilebilmektedir. Fakat sadece gözlem neticesinde yapılan iyileştirmeler zaman zaman daha büyük problemlere yol açabilmektedir. Bu sebeple yol ağlarını daha iyi değerlendirmek için sadece bir yolu değil, incelenecek bölge içindeki bütün yolları birlikte değerlendirmek gerekmektedir. Bu amaçla da ulaşım planlamaları yapılırken çeşitli analiz ve modelleme yöntemleri kullanılmaktadır. Özellikle akıllı ulaşım sistemlerinin kullanılmasıyla birlikte birçok yazılım ve program geliştirilerek modelleme ve analizler yapılabilmektedir. Bu analiz ve modellemeler, gözlemsel yöntemleri hem destekler niteliktedir hem de ağ yapısını lokal olarak incelemek yerine global olarak inceleyip daha detaylı yorumlar yapılabilmesine olanak sağlamaktadır.

SAA'nın beş farklı merkezilik kavramı kullanılarak ağ yapısındaki en büyük 10 değere sahip kavşaklar sıralanmıştır. Temel merkezilik kavramlarından biri olan derece merkeziliğinde sadece düğüm noktalarına bağlı yolların hacim değerlerinin dikkate alınması ve ağ yapısında düğüm noktalarının bulunduğu konumların önemli olmaması sebebiyle bu ağ yapısı için en belirleyici kavram olarak tercih edilmemiştir. Bir diğer temel merkezilik kavramı olan yakınlık merkeziliğinde ise derece merkeziliğinin aksine yolların hacim değerleri değil sadece ağ yapısı önemli olduğu için en belirleyici kavram olarak tercih edilmemiştir.

Yakınlık merkeziliğinin bir adım ötesi olarak görülen arasındalık merkeziliği de sadece ağ yapısı temelli bir merkezilik kavramı olması bu ağ yapısı için tercih edilme durumunu azaltmıştır. Derece merkeziliğinin geliştirilmiş hali olan özvektör merkeziliğinde ise hacim değerleriyle birlikte güçlü düğümlerin komşusu olan zayıf düğümleri etkilemesi itibarıyla az da olsa ağ yapısının da önemli olması bu ağ yapısı için diğer üç merkezilik kavramına göre daha tercih edilebilir bir merkezilik ölçütü olduğu

söylenmektedir. Son olarak Bonacich gücü merkeziliğinin hem hacim değerlerini hem de ağdaki tüm komşulukları dikkate aldığı için bu çalışma adına en belirleyici merkezilik kavramı olarak belirlenmiştir.

Bonacich gücü merkezilik kavramında en büyük değerlere sahip olan K (Ümraniye-Tem Bağlantı Yolu) ve L (Anadolu Otoyolu) kavşaklarının hem hacim değerlerinin büyük olması, hem de ağ yapısının en önemli elemanları olan boğaz köprülerinin kesişim noktalarında olması itibariyle en kritik kavşaklar olarak belirlenmiştir. Öte yandan ikinci çalışma durumunda eklenmiş olan YSS Köprüsü ve KMO'nun İstanbul şehrinin kuzey kesiminde olması merkezi kavşağın da kuzeye doğru geçme beklentisi oluşturmaktadır. Sonuçlarda da bu duruma uygun olarak birinci durumda en büyük değere sahip olan L kavşağından, ikinci durumda bu kavşağın kuzeyinde bulunan K kavşağı en büyük değere sahip olarak bu durumu desteklemiştir.

Herhangi bir karayolu ağ yapısında bir kavşağa yapılan iyileştirme sebebiyle bu kavşağa yakın başka kavşaklarda trafik sıkışıklığının arttığı çokça karşılaşılan bir durumdur. Fakat SAA'da belirlenen en merkezi düğümün iyileştirilmesi durumunda tüm ağ yapısının optimum düzeyde etkilenecektir. Bu bağlamda İstanbul'da bulunan devlet yolları ve otoyollardan oluşan ağ yapısı için belirlenen en merkezi kavşağın iyileştirilmesi durumunda ağ yapısındaki diğer kavşaklara da olumlu etki edeceği ön görülmektedir. Ayrıca SAA sayesinde ağ yapısına eklenecek yeni yol veya kavşakların tüm ağa olan etkisi incelenerek oluşturacağı etkiler önceden tahmin edilebilecektir. SAA'nın tüm bu faydaları göz önüne alındığında İstanbul gibi trafik sıkışıklığının çokça yaşandığı ve karayolu ağ yapısının yoğun olduğu bir kentte çok önemli bir yere sahip olacağı söylenebilir.

Tüm bu sebepler neticesinde SAA'nın ulaşım planlamalarında kullanılmasının gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Bu analiz yönteminin hem ülke yönetimleri hem de yerel yönetimler tarafından kullanılması durumunda ulaşım problemlerine geçici çözümlerden ziyade daha kalıcı çözümler sunacağı düşünülmektedir.

5.2 Öneriler

Kritik olarak belirlenen her iki kavşağın bulunduğu alanlar Anadolu Yakası Ümraniye İlçesi sınırlarında yer almaktadır. İstanbul'un Anadolu Yakasındaki en kalabalık üç ilçesinden ikisi Ümraniye ve Üsküdar ilçeleri olması itibariyle bu kavşaklar her iki ilçe için de önemli bir yere sahiptir. Her iki kavşak da boğaz köprülerinin Anadolu Yakasındaki bağlantı yolları üzerinde bulunması; Ümraniye ve Üsküdar ilçeleri için birer geçiş noktası olmasını sağlamaktadır. Bu yüzden her iki kavşağın trafik hacminin önemli bir kısmını bu iki ilçe karşılamaktadır.

Öte yandan her iki kavşak da geometrik olarak üç yapraklı yonca şeklinde katlı kavşaklardır. Yonca yaprağı şeklindeki bu karayolu adaları kavşaktan Ümraniye İlçesine ayrılan ve Ümraniye İlçesinden kavşağa katılan taşıtların geçişini sağlamaktadır. Bu geçiş için taşıt yoğunluğu oldukça fazla olmasına rağmen geçiş yollarının tek şeritli olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca her iki kavşaktaki karayolu adaları 100 metreyi aşan yarıçaplara sahiptir. Yol kesimlerinin bu kadar büyük çapa sahip olması ise taşıtların yola girmesi ve yoldan ayrılması için oldukça uzun dönemeçlerden geçmelerine ve vakit kaybına sebebiyet vermektedir.

Kent içi ulaşım planlamasının yapılabilmesi ve mevcut durumun iyileştirilmesi sayesinde karayolu ulaşım ağlarında maksimum verimin elde edilmesi mümkündür. Bu amaçla yapılan çalışmada her iki çalışma durumu için belirlenen en kritik kavşaklarda benzer özelliklerin olduğu görülmektedir. Bu kavşaklarda iyileştirilmesi gereken sorunun ise taşıtların kavşağa giriş ve çıkışında kullandıkları karayolu adalarının çok büyük çapa sahip olması ve tek şeritli olması olduğu tespit edilmiştir. Yonca yaprağı şeklindeki kavşağın dört yapraklı yonca yaprağı şekline getirilmesi, kavşağa geçişi sağlayan adaların boyutunun küçültülmesi ve bu geçiş yollarının tek şeritli yoldan iki şeritli yollara çevrilmesi gibi iyileştirmeler yapılabilir. Bu kavşaklar yoğun nüfuslu ilçelere geçiş bölgelerinde oldukları için bu geçişlerin hızlandırılması trafiğin daha akıcı hale gelmesini sağlayacaktır. Kavşaklardaki iyileştirmeler sağlandığında boğaz köprülerindeki trafik yoğunluğu azalacak ve ilçelere geçişler hızlanacağı için İstanbul karayolu ağ yapısında maksimum verim sağlanacağı söylenebilir.

KAYNAKLAR

- Abraham, A., Hassanien A.E. and Snasel V., 2010. Computational Social Network Analysis Trends, Tools and Research Advances. Springer Dordrecht Heidelberg London, New York. DOI 10.1007/978-1-84882-229-0.
- Aggarwal, C., 2011. An Introduction to Social Network Data Analytics. In Social Network Data Analytics, Springer, 1-15, http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-8462-3_1.
- Ağcasulu, H., 2018. Sosyal Bilimlerde İlişkileri İnceleyen Bir Yöntem: Sosyal Ağ Analizi. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi 22 (Özel Sayı), 1915-1933.
- Anonim, 1995. İnşaat Mühendisliği El Kitabı, İnşaat Mühendisleri Odası, Web Sitesi: http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/076c0fddfd81194_ek.pdf, Erişim Tarihi: 19.10.2018.
- Anonim, 2015a. Devlet Yolları Trafik Hacim Haritaları, Karayolları Genel Müdürlüğü, Web Sitesi: <http://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Trafik/trafikhacimharitasi/2015HacimHaritalari/2015%20Y%C4%B1%C4%B1%20Devlet%20Yollar%C4%B1%20Hacim%20Haritas%C4%B1.pdf>, Erişim Tarihi: 12.08.2018.
- Anonim, 2015b. 1., 4. ve 14. Bölge Müdürlükleri Otoyol Hacim Haritaları, Karayolları Genel Müdürlüğü, Web Sitesi: http://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Trafik/trafikhacimharitasi/2015HacimHaritalari/1_4_14otoyol2015.pdf, Erişim Tarihi: 13.08.2018.
- Anonim, 2017a. Yaya Kaynaklı Trafik Kazaları, Jandarma Genel Komutanlığı, Web Sitesi: https://www.jandarma.gov.tr/asayis/trf.s/trafik_istatistikhaziran_2017.xls, Erişim Tarihi: 12.10.2018.

Anonim, 2017b. Dünyanın En Kalabalık 20 Şehri, Web Sitesi: <https://www.eritela.com/dunyanin-en-kalabalik-sehirleri/>, Erişim Tarihi: 10.07.2018.

Anonim, 2017c. Devlet Yolları Trafik Hacim Haritaları, Karayolları Genel Müdürlüğü, Web Sitesi: <http://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Trafik/trafikhacimharitasi/2017HacimHaritalari/Hacim2017Devlet.pdf>, Erişim Tarihi: 14.08.2018.

Anonim, 2017d. 1., 4. ve 14. Bölge Müdürlükleri Otoyol Hacim Haritaları, Karayolları Genel Müdürlüğü, Web Sitesi: http://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Trafik/trafikhacimharitasi/2017HacimHaritalari/1_4_14otoyol2017.pdf, Erişim Tarihi: 15.08.2018.

Anonim, 2018a. Türkiye İstatistik Kurumu, Motorlu Kara Taşıtları, Web Sitesi: <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=27647>, Erişim Tarihi: 11.09.2018.

Anonim, 2018b. Trafik araç sayım sistemleri, Karayolları Genel Müdürlüğü, Web Sitesi: <http://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Root/SSS/TrafikSayimi.aspx>, Erişim Tarihi: 10.07.2018.

Anonim, 2018c. Yıllık Trafik Hacim Verileri, Karayolları Genel Müdürlüğü, Web Sitesi: <http://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Trafik/TrafikHacimHaritasi.aspx>, Erişim Tarihi: 19.06.2018.

Anonim, 2018d. İllere Göre Otomobil Sayısı İstatistikleri. Web Sitesi: <https://www.cnnturk.com/yasam/tuik-turkiyenin-otomobil-zengini-illerini-acikladi> Page =1, Erişim Tarihi: 11.07.2018.

Anonim, 2018e. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Yönetim Merkezi Trafik Yoğunluk Haritası, Web Sitesi: https://uym.ibb.gov.tr/YHarita/Harita_tr.aspx, Erişim Tarihi: 21.08.2018.

Anonim, 2019a. 15 Temmuz Şehitler Köprüsü Tarihçesi, Web Sitesi: https://tr.wikipedia.org/wiki/15_Temmuz_%C5%9Eehitler_K%C3%B6pr%C3%BCs%C3%BC, Erişim Tarihi: 21.10.2018.

Anonim, 2019b. Fatih Sultan Mehmet Köprüsü Tarihçesi, Web Sitesi: https://tr.wikipedia.org/wiki/Fatih_Sultan_Mehmet_K%C3%B6pr%C3%BCs%C3%BC, Erişim Tarihi: 21.10.2018.

Anonim, 2019c. Yavuz Sultan Selim Köprüsü Tarihçesi, Web Sitesi: https://tr.wikipedia.org/wiki/Yavuz_Sultan_Selim_K%C3%B6pr%C3%BCs%C3%BC, Erişim Tarihi: 21.10.2018.

Anonymus, 2011. Social Network Analysis Theory and Applications. Website: <http://code.pediapress.com/> for more information, Date of Access: 11.09.2018.

Anonymus, 2019. Social Network Analysis Software, Website: https://en.wikipedia.org/wiki/Social_network_analysis_software, Date of Access: 21.01.2019.

Asaithambi, G. and Basheer S., 2017. Analysis and Modeling of Vehicle Following Behavior in Mixed Traffic Conditions. World Conference on Transport Research in Shanghai, Transportation Research Procedia, 25 (2017), 5094–5103.

Bede, Z., Németh B. and Gáspár P., 2017. Modeling and Simulation Based Analysis of Multi-Class Traffic with Look-Ahead Controlled Vehicles. 20th EURO Working Group on Transportation Meeting in Budapest- Hungary, Transportation Research Procedia 27 (2017), 593–599.

Beuthe, M., Degrandart F., Geerts J.F. and Jourquin B., 2001. External Costs of the Belgian Interurban Freight Traffic : A Network Analysis of Their Internalisation. World Conference on Transportation Research (WCTR) at: Seoul, South Korea, DOI: 10.13140/2.1.2988.1603.

- Bursa, B., Gajica N. and Mailera M., 2019. Insights into the Congestion Patterns on Alpine Motorways Based on Separate Traffic Lane Analysis. 21st EURO Working Group on Transportation Meeting, Braunschweig- Germany, Transportation Research Procedia, 37 (2019), 441–448.
- Bürhan, Y., 2017. Akademik Ağlarda Bağlantı Tahmini Uygulaması ve Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yazılım Mühendisliği Anabilim Dalı, Elazığ.
- Cheng, Y.Y., Roy L.K.W., Lim E. and Zhu F., 2015. Measuring Centralities for Transportation Networks Beyond Structures. Applications of Social Media and Social Network Analysis, 23-39.
- Cronin, B., 2015. Getting Started in Social Network Analysis with Netdraw. University of Greenwich Business School Occasional Paper, Greenwich, England.
- Çodur, M.Y., 2007. Otomobil Sahipliğinin Yapay Sinir Ağlarıyla Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum.
- Diakaki, C., Papageorgiou M., Papamichail I. and Nikolos I., 2015. Overview and Analysis of Vehicle Automation and Communication Systems From A Motorway Traffic Management Perspective. Transportation Research Part A, 75 (2015), 147–165.
- Dorry, S. and Decoville A., 2016. Governance and Transportation Policy Networks in The Crossborder Metropolitan Region of Luxembourg: A Social Network Analysis. European Urban and Regional Studies, 23 (1), 69–85, (DOI: 10.1177/0969776413490528)

- El-adaway, I.H., Abotaleb I.S. and Vechan E., 2017. Social Network Analysis Approach for Improved Transportation Planning. *Journal of Infrastructure Systems*, 23 (2), 1-14.
- El-adaway, I.H., Abotaleb I.S. and Vechan E., 2018. Identifying the Most Critical Transportation Intersections Using Social Network Analysis. *Transportation Planning and Technology*, 41 (4), 353–374.
- Erickson, B.H., 1997. *Social Network Analysis: Methods and Applications*. New York: Cambridge University Press, 30 (3), 1-9.
- Faust, Katherine., 1997. Centrality in Affiliation Networks. *Social Networks*, 19 (1997), 157-191.
- Fu, X., Luo J.D. and Boss M., 2017. *Social Network Analysis Interdisciplinary Approaches and Case Studies*. Taylor & Francis Group, International Standard Book Number-13: 978-1-4987-3664-8.
- Ghiasi, A., Hussain O., Qian Z. and Li X., 2017. A Mixed Traffic Capacity Analysis and Lane Management Model for Connected Automated Vehicles: A Markov Chain Method. *Transportation Research Part B*, 106 (2017), 266–292.
- Gülpınar, V., 2013. *Yapay Sinir Ağları İşleyişinin Sosyal Ağ Analizi Yardımı İle Çözümlemesi*. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Anabilim Dalı İstatistik Bilim Dalı, İstanbul.
- Gürsakal, N. 2009. *Sosyal Ağ Analizi Pajek Ucinet ve Gmine Uygulamalı*. 1. Baskı, Bursa, Türkiye: Dora Yayıncılık.
- Gürsakal, N., 2016. *Sosyal Ağ Analizi*. Anadolu Üniversitesi, Açıköğretim Fakültesi Yayını No: 2240, ISBN: 978-975-06-2004-1.

- Güzeller, C.O., Eser M.T. ve Aksu G., 2016. Ucinet İle Sosyal Ağ Analizi. Maya Akademi Yayın Dağıtım Eğitim Danışmanlık, Ankara. ISBN: 978-605-4515-67-7.
- Hagan, R., Feng Y. and Bush J., 2015. Centrality Metrics. University of Tennessee Knoxville, http://web.eecs.utk.edu/~cphillip/cs594_spring2015_projects/Centrality Project.pdf
- Hart, M.G., Ypma R.J.F., Garcia R.R., Price S.J. and Suckling J., 2016. Graph Theory Analysis of Complex Brain Networks: New Concepts in Brain Mapping Applied to Neurosurgery. *Journal of Neurosurgery*, DOI: 10.3171/2015.4.JNS142683.
- Heydari, S., 2018. A Flexible Discrete Density Random Parameters Model for Count Data: Embracing Unobserved Heterogeneity in Highway Safety Analysis. *Analytic Methods in Accident Research* 20 (2018), 68–80.
- Joshi, M. and Hadi T.H., 2015. A Review of Network Traffic Analysis and Prediction Techniques. *Networking and Internet Architecture*, arXiv:1507.05722.
- Khoo, H.L. and Asitha K.S., 2016. An Impact Analysis of Traffic Image Information System on Driver Travel Choice. *Transportation Research Part A*, 88 (2016), 175–194.
- Kopal, B., 2011. Boğaziçi Köprüsü Üzerindeki Trafik Sıkışıklığının Hız Yönetimi Yöntemiyle Azaltılması. Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Programı, İstanbul.
- Krüger, N.A., 2012. Estimating Traffic Demand Risk A Multiscale Analysis. *Transportation Research Part A*, 46 (2012), 1741–1751.
- Lykova, S. and Asakura Y., 2018. Tensor Robust Principal Component Analysis with Continuum Modeling of Traffic Flow: Application to Abnormal Traffic Pattern

Extraction in Large Transportation Networks. International Symposium of Transport Simulation and the International Workshop on Traffic Data Collection and its Standardization, Transportation Research Procedia, 34 (2018), 187–194.

Ma, X., Xing Y. and Lu J, 2018. Causation Analysis of Hazardous Material Road Transportation Accidents by Bayesian Network Using Genie. Journal of Advanced Transportation, Article ID 6248105, 12 pages <https://doi.org/10.1155/2018/6248105>.

Narayanan, R., Udayakumar R., Kumar K. and Subbaraj L., 2003. Quantification of Congestion Using Fuzzy Logic and Network Analysis Using GIS. Map India Conference, India.

Nguyen, H.D., 2016. Saturation Flow Rate Analysis at Signalized Intersections for Mixed Traffic Conditions in Motorcycle Dependent Cities. International Symposium on Enhancing Highway Performance, Transportation Research Procedia, 15 (2016), 694–708.

Nie, Y., 2010. Equilibrium Analysis of Macroscopic Traffic Oscillations. Transportation Research Part B, 44 (2010), 62–72.

Öz, L., 2015. İstanbul Kent İçi Çevre Yolu Trafik Verilerinin Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kentsel Sistemler Ve Ulaştırma Yönetimi, İstanbul.

Park, K. and Yılmaz A., 2010. A Social Network Analysis Approach to Analyze Road Networks. Annual Conference San Diego, California.

Parthasarathi, P. and Levinson D., 2018. Network Structure and the Journey to Work: An Intra-metropolitan Analysis. Transportation Research Part A, 118 (2018) 292–304.

- Ponnurangama, P. and Umadevi D.G., 2016. Traffic Impact Analysis (TIA) for Chennai IT Corridor. 11th Transportation Planning and Implementation Methodologies for Developing Countries, Mumbai- India, Transportation Research Procedia, 17 (2016), 234 – 243.
- Sabah, L., 2018. Sosyal Ağ Analizi ve Salgın Modelleme. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Düzce.
- Suleiman, G.M., 2013. Trafik Sıkışıklığı Nedeniyle Oluşan Gecikmelerin Hız Yönetimi İle Modellenmesi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Takashima, M. and Shiomi Y., 2018. Analysis on Sag Bottleneck Phenomena Based on Multiclass Traffic State Estimation. International Symposium of Transport Simulation and the International Workshop on Traffic Data Collection and its Standardization, Transportation Research Procedia, 34 (2018), 20–27.
- Tse, R., Zhang L.F. Lei P. and Pau G., 2018. Social Network Based Crowd Sensing for Intelligent Transportation and Climate Applications. Mobile Networks and Applications, 23, 177–183.
- Tunalı, V., 2016. Sosyal Ağ Analizine Giriş. Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Ticaret Limited Şirketi, Ankara, Yayın no: 1609, ISBN: 978-605-320-516-6.
- Uygun, M., 2018. Türkiye'de Sağlık Turizmi Alanında Paydaş Analizi: Ankara'da Sosyal Ağ Analizi Yaklaşımı Uygulaması. Doktora Tezi, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Ankara.
- Wen, H., Sun J., Zeng Q., Zhang X. and Yuan Q., 2018. The Effects of Traffic Composition on Freeway Crash Frequency by Injury Severity: A Bayesian

Multivariate Spatial Modeling Approach. *Journal of Advanced Transportation*, <https://doi.org/10.1155/2018/6964828>.

Whitelegg, J. ve Haq G., 2014. Hedef Sıfır: Karayolu Trafik Kazalarında Meydana Gelen Ölüm ve Yaralanma Vakalarını Sıfıra İndirme Hedefinin Benimsenmesi. Stockholm Çevre Enstitüsü.

Yu, C., 2011. Social Network Analysis — Centrality Measures. ICS 668 Final Project, University of Hawai Department of Information and Computer Sciences.

Yücel, Ş., 2015. Şehir içi Yol Ağlarının Trafik Analizinde Bluetooth Teknolojisinin Kullanımı. Yüksek Lisans, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara.

Yüceetin, K., 2011. Sosyal Ağ Analizi Yöntemi İle Ağızdan Ağıza Pazarlama Etkisinin Arttırılması: Veri Setleri Üzerinde Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Pazarlama Yüksek Lisans Programı, İzmir.

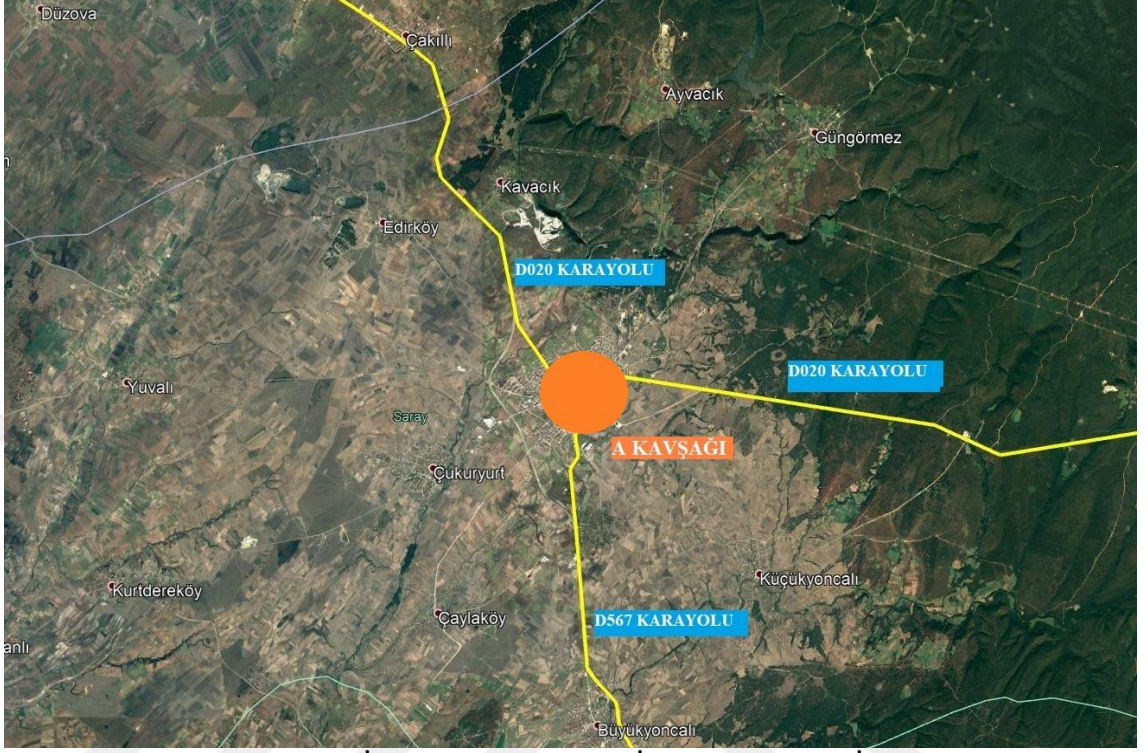
Zhang, S. and Huang Z., 2019. Fractal Analysis of the Relation Between the Observation Scale and the Prediction Cycle in Short-Term Traffic Flow Prediction. *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*, 17, 1–8, (<https://doi.org/10.1007/s13177-017-0151-5>).

Zhang, Y. and Ioannou P.A., 2018. Stability Analysis and Variable Speed Limit Control of A Traffic Flow Model. *Transportation Research Part B*, 118 (2018), 31–65.

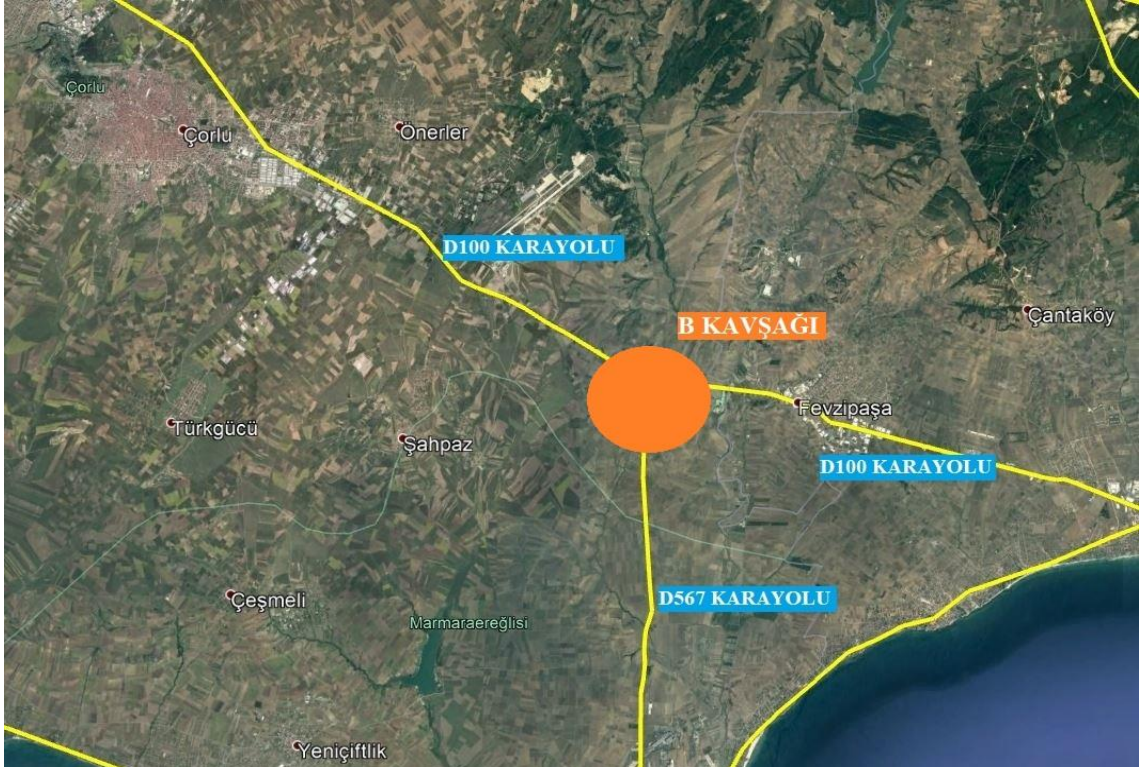
Zheng, Z., Ahn S., Chen D. and Laval J., 2011. Applications of Wavelet Transform For Analysis Of Freeway Traffic: Bottlenecks, Transient Traffic and Traffic Oscillations. *Transportation Research Part B*, 45 (2011), 372–384.

EKLER

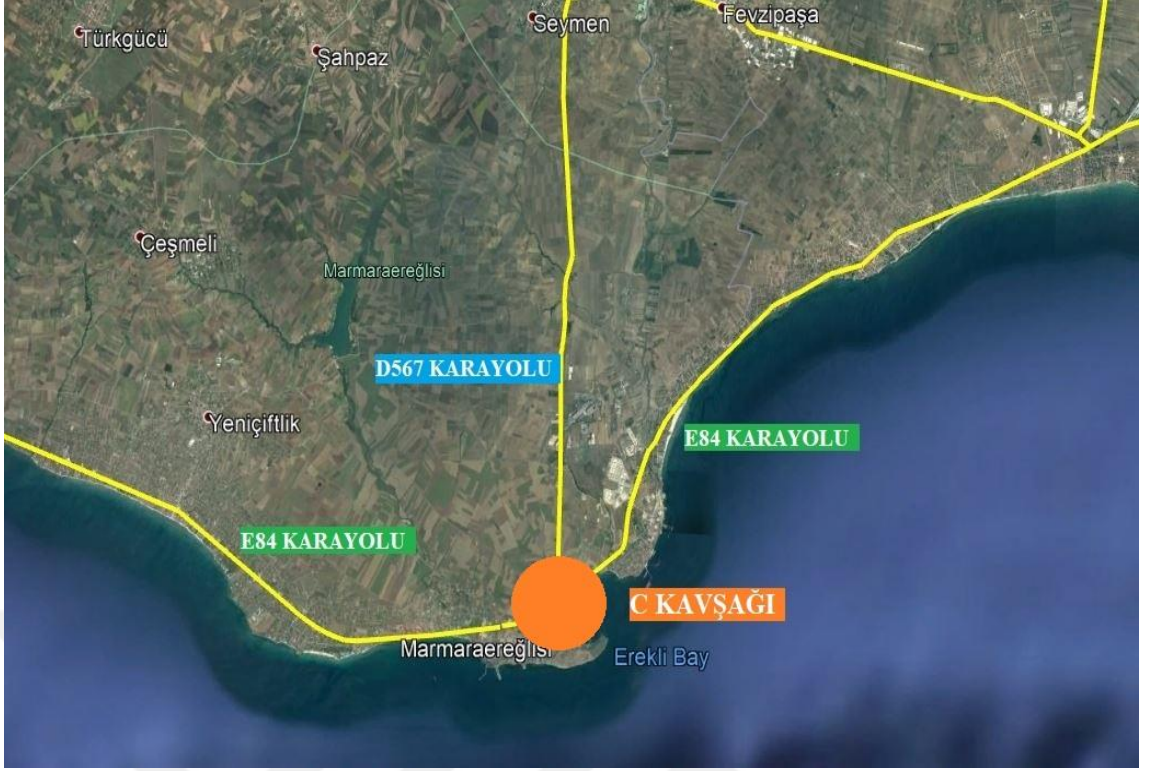
EK-1



A kavşağı; Avrupa Yakası- İstanbul ve Tekirdağ İlleri arası Saray İlçesi



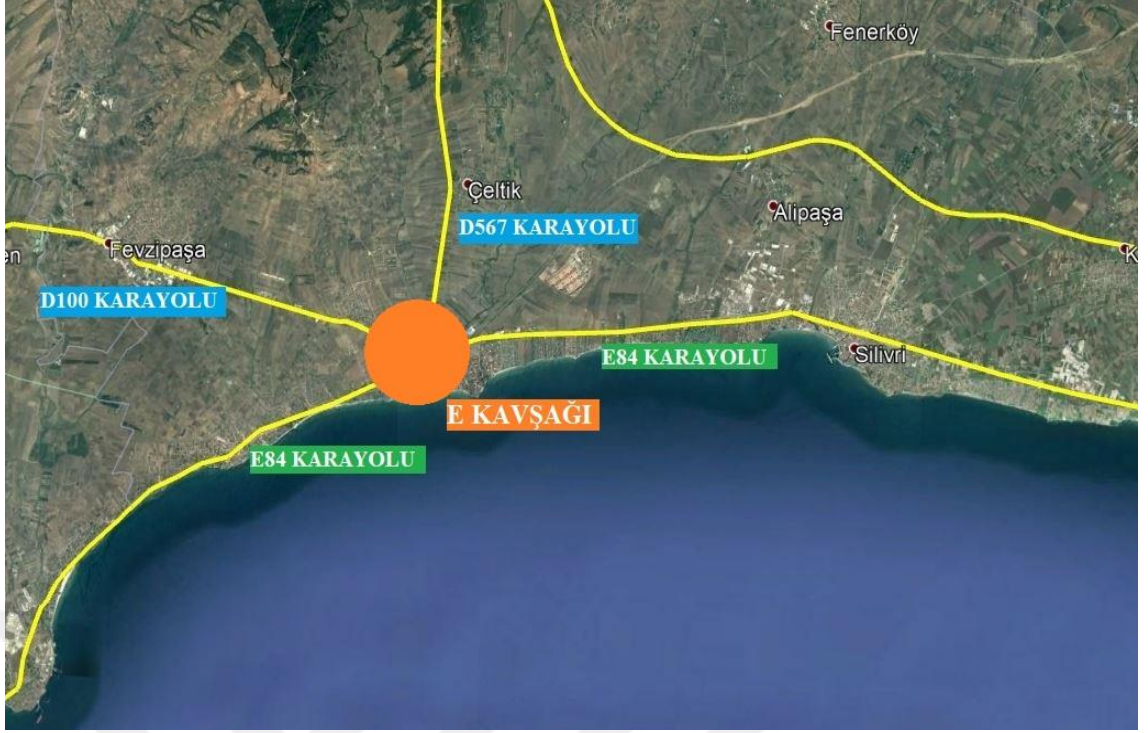
B kavşağı; Avrupa Yakası- İstanbul ve Tekirdağ İlleri arası Çorlu İlçesi



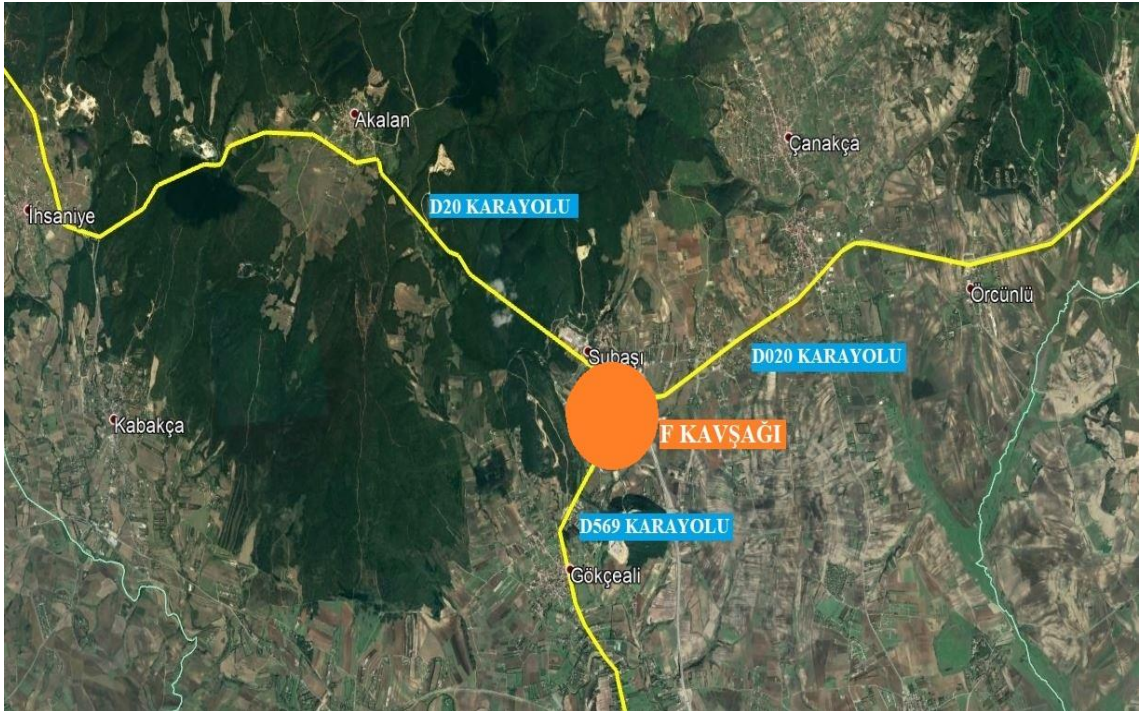
C kavşağı; Avrupa Yakası- İstanbul ve Tekirdağ İlleri arası Marmaraereğlisi İlçesi



D kavşağı; Avrupa Yakası- İstanbul İli Silivri İlçesi



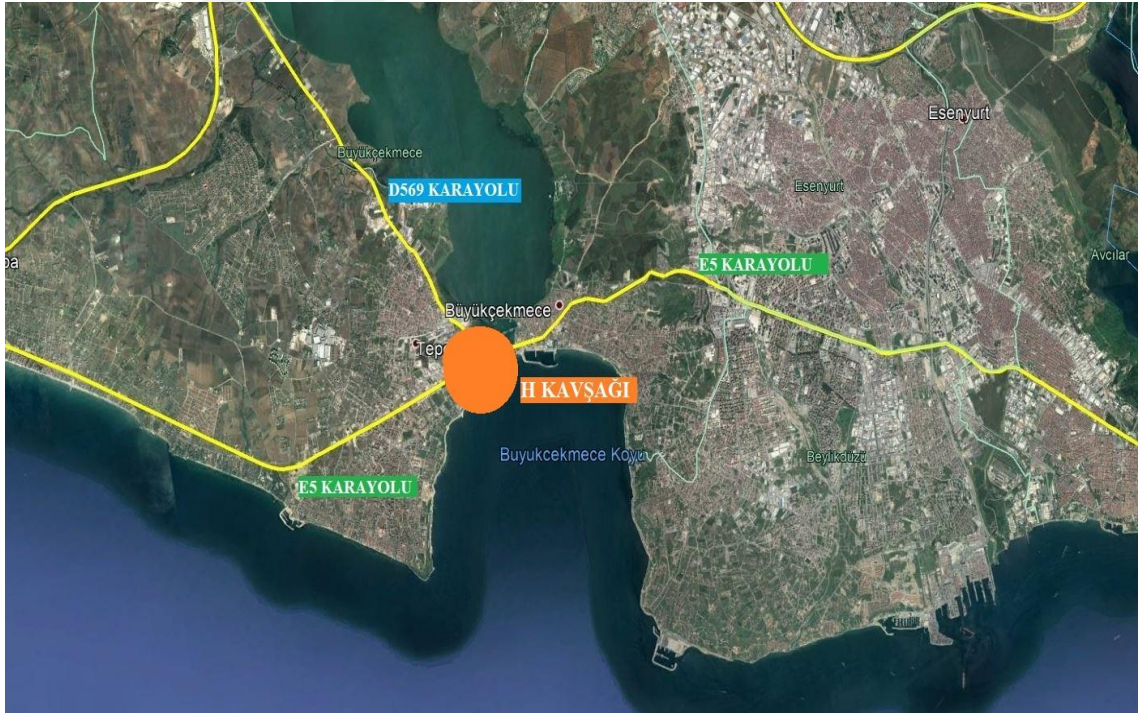
E kavşagi; Avrupa Yakası- İstanbul İli Silivri İlçesi



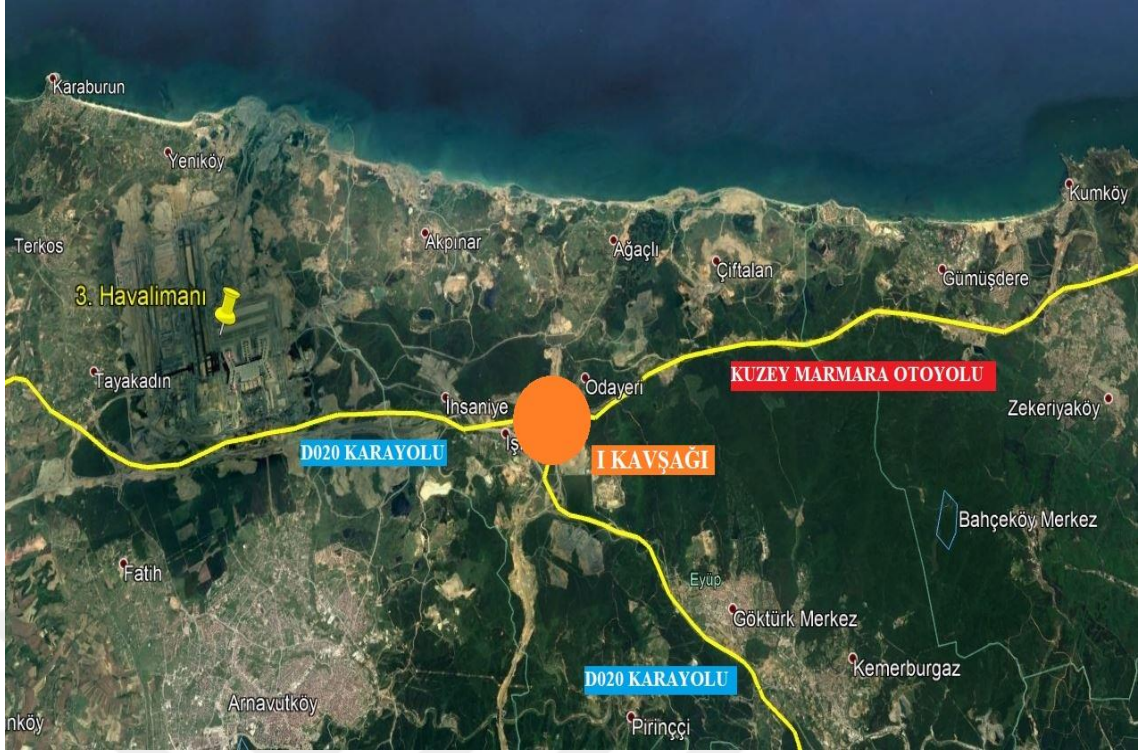
F kavşagi; Avrupa Yakası- İstanbul İli Çatalca İlçesi



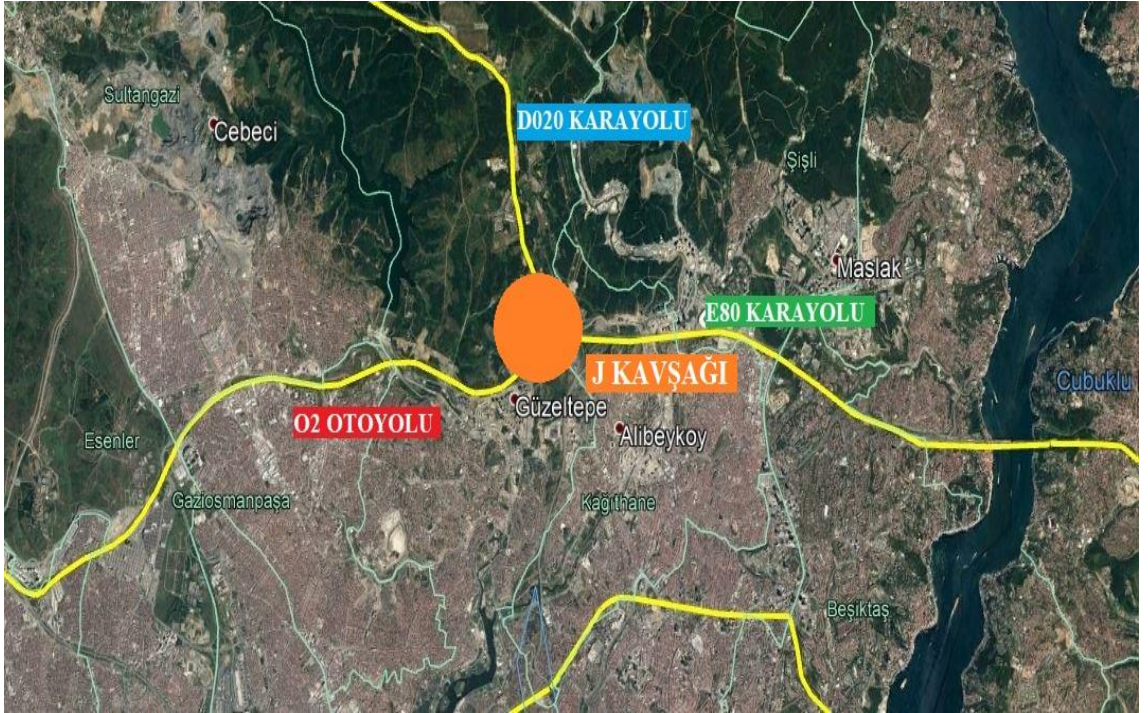
G kavşağı; Avrupa Yakası- İstanbul İli Çatalca İlçesi



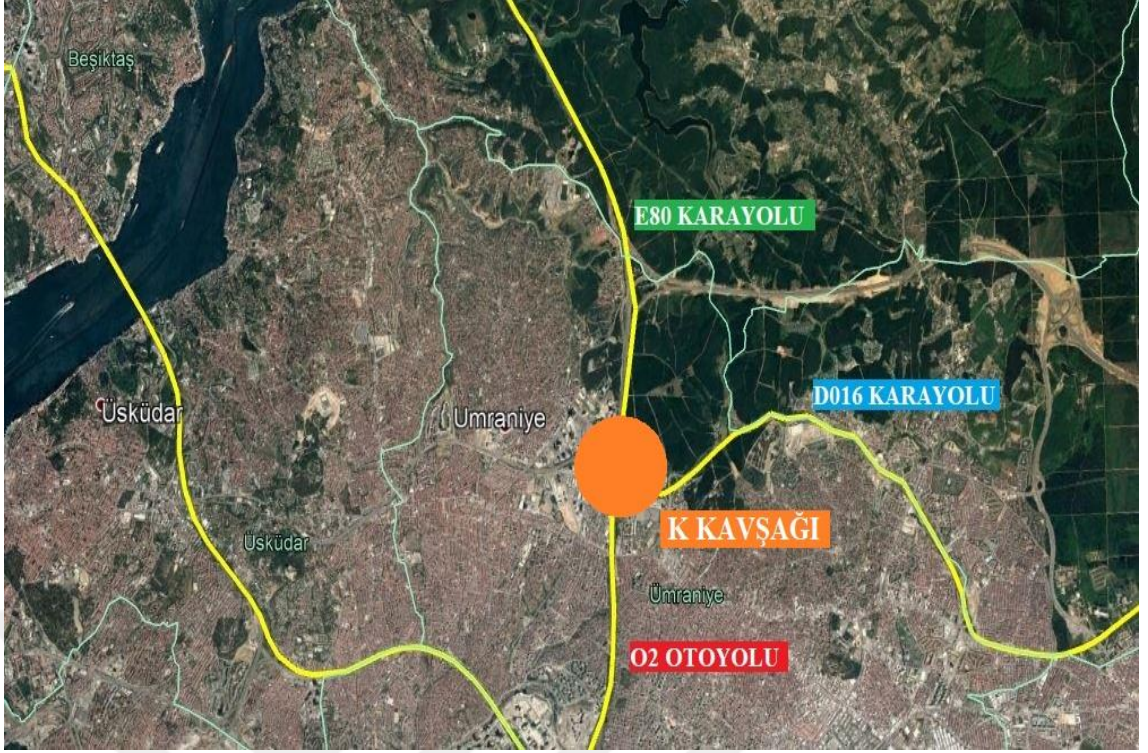
H kavşağı; Avrupa Yakası- İstanbul İli Büyükçekmece İlçesi



I kavşağı; Avrupa Yakası- İstanbul İli Eyüpsultan İlçesi



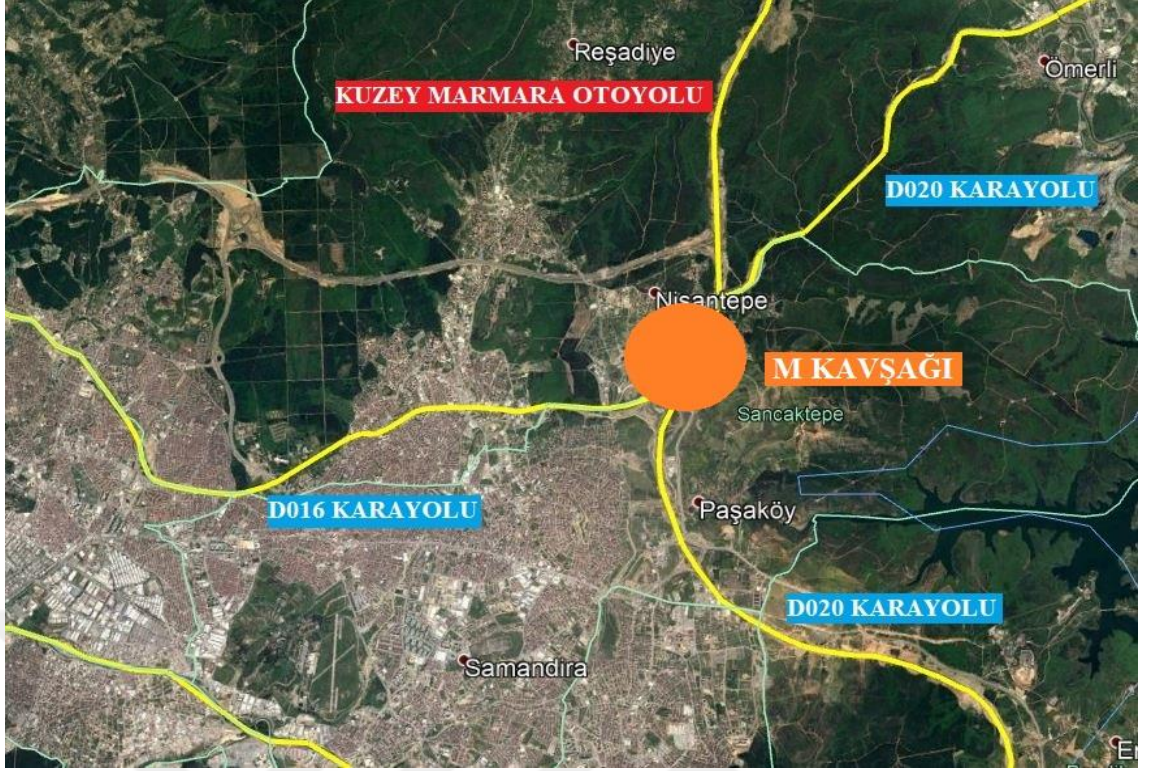
J kavşağı; Avrupa Yakası- İstanbul İli Eyüpsultan-Kağıthane İlçeleri arası



K kavşağı; Anadolu Yakası- İstanbul İli Ümraniye İlçesi



L kavşağı; Anadolu Yakası- İstanbul İli Ataşehir-Ümraniye İlçeleri Arası

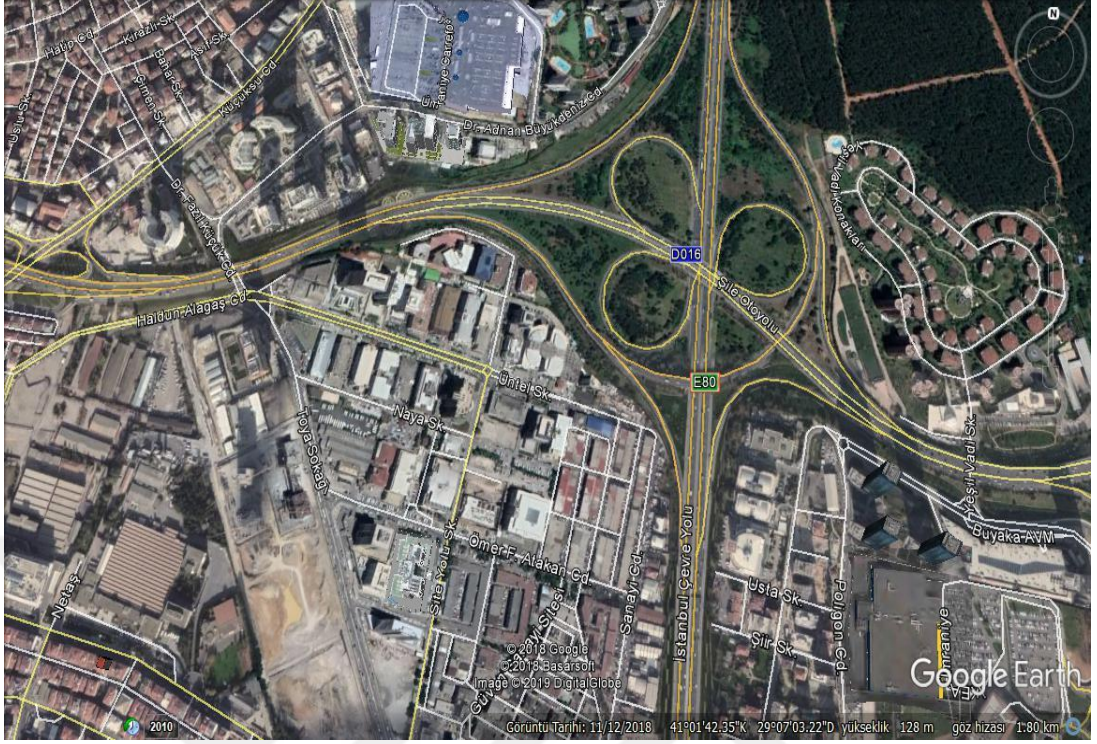


M kavşağı; Anadolu Yakası- İstanbul İli Çekmeköy İlçesi

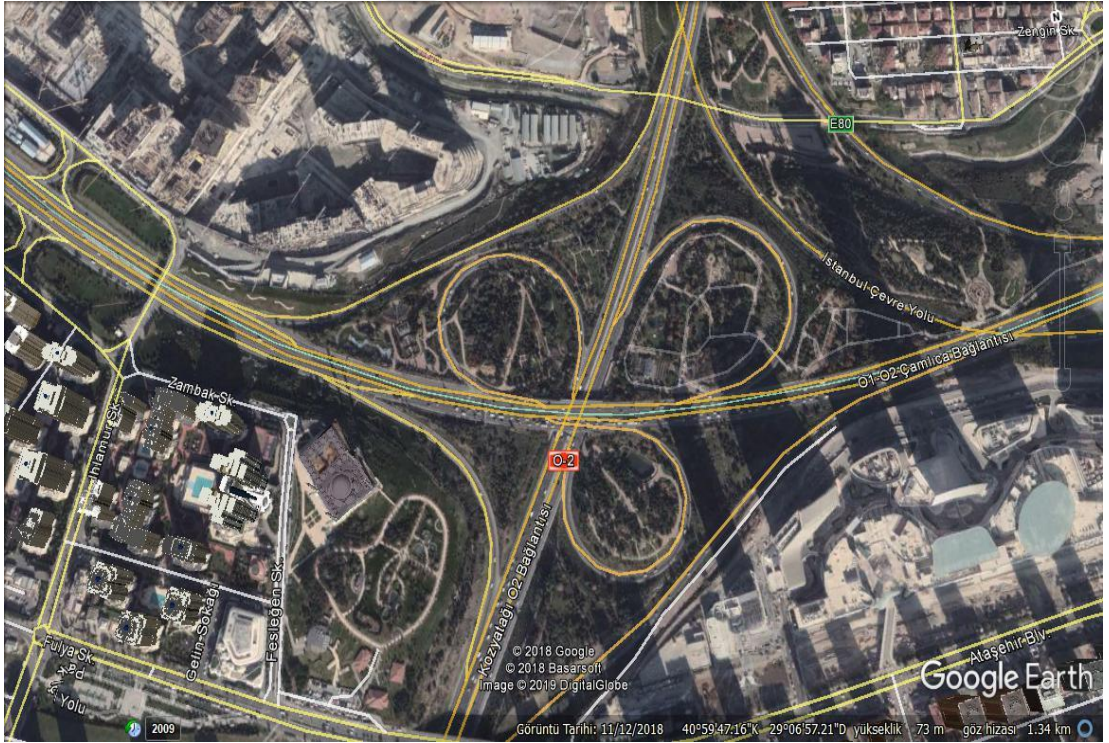


N kavşağı; Anadolu Yakası- İstanbul İli Pendik İlçesi

EK-2



İlk çalışma durumu için en kritik kavşak olarak belirlenen Ümraniye Tem Bağlantı Yolu



İkinci çalışma durumu için en kritik kavşak olarak belirlenen Anadolu Otoyolu Kavşağı

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı-Soyadı : Emre KUŞKAPAN
Uyruğu : T.C.
Doğum Tarihi ve Yeri : 26.08.1991 Erzurum
Telefon : 4445388/2418
e-mail : emre.kuskapan@erzurum.edu.tr

Eğitim

Derece	Üniversite	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Erzurum Teknik Üniversitesi	2019
Lisans	Yıldız Teknik Üniversitesi	2015
Lise	Erzincan Fen Lisesi	2010

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Erzurum Büyükşehir Belediyesi Kentsel Dönüşüm Daire Başkanlığı: 2015-2016
Erzurum Büyükşehir Belediyesi Kentsel Dönüşüm Daire Başkanlığı: 2016-2017
Özel Sektör: 2017-2018
Erzurum Teknik Üniversitesi: 2018 ve halen

Yayımlar (Hakemli Dergilerde)

Identification of Black-Sites Using Geographical Information System (2018), International Journal for Traffic and Transport Engineering
Traffic Accidents Caused by Pedestrians in Turkey (2019), International Journal for Traffic and Transport Engineering

Uluslararası Kongre Sunumları

Intelligent Transportation Systems at the Intersection Management (2018), Balıkesir
Detecting and Preventing Icing in the Prevention of Traffic Accidents: A Case Study of Erzurum (2018), Balıkesir

Applications of Intelligent Transportation Systems in Urban Parking Management: A Case Study of Erzurum (2018), Balıkesir

Turkey Railway Transport History and Policies (2018), Sırbistan

Comparison of Modern and Conventional Methods at the Entrance and Exit of Tunnels (2018), Sırbistan

Smart Parking System: A Case Study of Istanbul (2018), Erzurum

Toplu Taşımada Elektrikli Araç Dönemine Geçilmesi: Erzurum İli Örneği (2019), Muğla

Akıllı Yol Sistemlerine Yönelik Uygulama Çalışmaları (2019), Muğla

