

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**



**MEVCUT KAVŞAKLARIN İŞLEVİNİN CBS DESTEKLİ
KONUMSAL VE İSTATİSTİKSEL OLARAK
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Doktora Tezi

Aziz Uğur TONA

Danışman

Doç. Dr. Erdem Emin MARAŞ

SAMSUN
2023

TEZ KABUL VE ONAYI

Aziz Uğur TONA tarafından, Doç. Dr. Erdem Emin MARAŞ danışmanlığında hazırlanan “MEVCUT KAVŞAKLARIN İŞLEVİNİN CBS DESTEKLİ KONUMSAL VE İSTATİSTİKSEL OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 27.9.2023 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Faik Ahmet SESLİ Ondokuz Mayıs Üniversitesi Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Doç. Dr. Erdem Emin MARAŞ Samsun Üniversitesi Pilotaj Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Doç. Dr. Mehmet Ali DERELİ Giresun Üniversitesi Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Dr. Öğr. Üyesi GÜL USLU Sinop Üniversitesi İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Vahdettin DEMİR Karatay Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Ahmet TABAK
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Doktora tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet ☐ (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır ☒

03 /08 / 2023
Aziz Uğur TONA

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı : MEVCUT KAVŞAKLARIN İŞLEVİNİN CBS DESTEKLİ KONUMSAL VE İSTATİSTİKSEL OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 03.08.2023 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 13

Tek kaynak oranı : % 2 çıkmıştır.

03 /08 / 2023
Doç. Dr. Erdem Emin MARAŞ

ÖZET

MEVCUT KAVŞAKLARIN İŞLEVİNİN CBS DESTEKLİ KONUMSAL VE İSTATİSTİKSEL OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Aziz Uğur TONA
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Doktora, Eylül/2023
Danışman: Doç. Dr. Erdem Emin MARAŞ

Bu tez çalışmasında Samsun ili Atakum ilçesi Atatürk Bulvarı üzerinde bulunan Karayolları- Toplu Konut Bulvarı arasında olan 9 adet sinyalize kavşak yoğunluk düzeyleri, 15 kriter ele alınarak hesaplanmış ve yoğunluk belirleme yöntemlerine göre incelenmiştir. İlk olarak kavşak yoğunluklarının belirlenmesinde kullanılan kriterlerden biri olan kavşak etrafındaki araç sayıları gün içi yapılan ölçümlerle elde edilmiştir. Daha sonra gün içinde rutin ulaşım gerektiren ve bu sebeple trafik yoğunluğunu en fazla etkileyen temel unsurlardan olan okul, resmi kurum, hastane ve yerleşim yeri katmanları CBS ortamına aktarılarak sık kullanılan kavşaklar buffer analizi yöntemiyle tespit edilmiştir. Çalışmanın bir sonraki aşamasında, kavşaklardaki sinyalize ışıklarda araçların dur-kalk yapmasından kaynaklanan emisyon faktörleri hesaplanmış, ardından Bilgisayar Destekli Gürültü Azaltma (Computer Aided Noise Abatement (CadnaA)) yazılımında gürültü analizleri gerçekleştirilmiş ve gürültü haritaları oluşturulmuştur. Bu haritalarda en yoğun ve en az yoğun gürültüye sahip olan kavşaklar belirtilmiştir. Daha sonra yakıt tüketimi hesaplanarak uygun kavşak modelleri yapılması durumunda yakıt tüketiminin değişimleri tespit edilmiştir. Ayrıca kavşaklar etrafında oluşan kuyruk uzunlukları, gecikme süreleri ve trafik kazaları da hesaplanarak kavşak yoğunluk düzeyleri hesaplanmıştır. Bütün kriterlerin bir arada değerlendirilip kavşak yoğunluk sıralamalarını oluşturabilmek için öncelikle Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemi olan İçerik Geçerlilik Yöntemi (Content Validity Method (CVM)) kullanılarak uzman görüşleri doğrultusunda 8 ana kriter belirlenmiştir. Daha sonra En önemli -En önemsiz (Best- Worst Method (BWM)) yöntemi ile kriterler üzerinde oluşan optimum ağırlıklar doğrusal bir optimizasyon modeli aracılığıyla belirlendi. Son olarak Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solutions (TOPSIS) yöntemi ile puanlandırma yapılarak kavşakların yoğunluk düzeyleri tespit edilmiştir. Sonuçlara göre en yoğun kavşak Karayolları kavşağı çıkarken en az yoğun olan kavşak ise Toplu Konut Bulvarı kavşağı çıkmıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda trafik yoğunluğunu çözmek için kavşak modelleri oluşturulmuş ve öneri olarak sunulmuştur. Önerilen kavşak modellerinin hayata geçirilmesi ile sadece yakıt tasarrufu yıllık yaklaşık 6.000.000 €'ya karşılık gelmektedir. Bu tasarruf ile tahmini 3 yıl içerisinde bütün tasarım maliyetlerinin karşılanabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Sözcükler: Kavşak, CBS, Yoğunluk Analizi, En önemli- En önemsiz değerlendirme Yöntemi, İçerik Geçerlilik Yöntemi, Trafik, Gürültü.

ABSTRACT

EVALUATION OF THE FUNCTIONALITY OF EXISTING INTERSECTIONS THROUGH GIS-SUPPORTED SPATIAL AND STATISTICAL ANALYSIS

Aziz Uğur TONA
Ondokuz Mayıs University
Institute of Graduate Studies
Department of Geomatic Engineering
Ph.D., September/2023
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Erdem Emin MARAŞ

In this thesis study, the density levels of 9 signalized intersections between Karayolları and Toplu Konut Boulevard, located on Atatürk Boulevard in Atakum district of Samsun province, were calculated by considering 15 criteria and examined according to density determination methods. First of all, the number of vehicles around the intersection, which is one of the criteria used to determine intersection density, was obtained through daily measurements. Then, the layers of schools, public institutions, hospitals and settlements, which require routine transportation during the day and therefore are among the basic elements that affect traffic density the most, were transferred to the GIS environment and frequently used intersections were determined by the buffer analysis method. In the next stage of the study, emission factors resulting from stop-start vehicles at signalized lights at intersections were calculated, then noise analyzes were performed in Computer Aided Noise Abatement (CadnaA) software and noise maps were created. The intersections with the busiest and least intense noise are indicated on these maps. Then, the fuel consumption was calculated and the changes in fuel consumption were determined if appropriate intersection models were made. In addition, intersection density levels were calculated by calculating queue lengths, delay times and traffic accidents around intersections. In order to evaluate all the criteria together and create intersection density rankings, 8 main criteria were determined in line with expert opinions by using the Content Validity Method (CVM), which is a Multi-Criteria Decision Making (MCDM) method. Then, the optimum weights on the criteria were determined through a linear optimization model using the Best-Worst Method (BWM) method. Finally, the density levels of the intersections were determined by scoring with the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solutions (TOPSIS) method. According to the results, the busiest intersection was the Karayolları intersection, while the least busy intersection was the Toplu Konut Boulevard intersection. In line with these results, intersection models were created and presented as suggestions to solve traffic congestion. By implementing the proposed intersection models, fuel savings alone correspond to approximately €6,000,000 annually. It is thought that with this savings, all design costs can be covered within an estimated 3 years.

Keywords: Intersection, GIS, Density Analysis, Best- Worst Method, Content Validity Method, Traffic, Noise.

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Doktora tezim boyunca yardımlarını esirgemeyen, her konuda her zaman yardımcı olan değerli danışman hocam Doç. Dr. Erdem Emin MARAŞ'a teşekkürü bir borç bilirim. Tez çalışmam boyunca katkılarıyla ve eksiklerimi göstererek süreci daha verimli hale getiren kıymetli hocalarım Prof. Dr. Faik Ahmet SESLİ ve Doç. Dr. Mehmet Ali DERELİ' e de teşekkür ederim. Yine bu süreçte kendisine danıştığım ve her zaman destek bulduğum Dr. Öğr. Üyesi Vahdettin DEMİR'e ve tezimde desteklerini sürekli gösteren mesai arkadaşlarım Arş. Gör. İpek YILMAZ, Arş. Gör. Azize UYAR ve Arş. Gör. Hasan DİLMAÇ'a da teşekkür ederim. Tezimdeki değerli katkıları için Dr. Öğr. Üyesi Kadir DÖNMEZ ve Rasim GÜNDÜZ'e de teşekkür ederim. Bu süreçte moral ve motivasyon açısından sürekli yanımda olan, hiçbir yardımı esirgemeyen sevgili eşim F.Merve KETENCİ TONA' ya, ve bu günlere gelmemde her türlü fedakârlığı gösteren ve hep yanımda olan Annem ve Babama sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Son olarak akademik gelişimimde büyük katkısı olan mesai arkadaşım ve kıymetli dostum merhum Arş. Gör. Nihat KARAAHMETOĞLU'nu rahmetle anarım.

Aziz Uğur TONA

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

TEZ KABUL VE ONAYI.....	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Tezin amacı	3
1.2. Literatür taraması	5
2. KURAMSAL TEMELLER VE ESASLARI	10
2.1. Kavşak tasarımı faktörleri	10
2.1.1. İnsan faktörü.....	11
2.1.2. Trafik faktörü	11
2.1.3. Fiziki faktör	11
2.1.4. Ekonomik faktör.....	11
2.1.5. Çevresel faktör	11
2.2. Kavşak tipleri	12
2.2.1. Eşdüzey (Hemzemin) kavşaklar.....	12
2.2.1.1. Kol sayısına göre eşdüzey kavşaklar	12
2.2.1.2. Denetim sistemine göre eş düzey kavşaklar	14
2.2.2. Farklı seviyeli (katlı) kavşaklar.....	17
2.2.2.1. Üç kollu kavşaklar	17
2.2.2.2. Dört kollu kavşaklar.....	18
2.3. Trafik yoğunluğu nedeni ile ortaya çıkan olumsuz faktörler	20
2.3.1. Hava kirliliği	21
2.3.1.1. Karayolları ulaşımının hava kirliliğine etkileri	23
2.3.1.2. Egzoz gazları	24
2.3.2. Gürültü kirliliği	24
2.3.2.1. Gürültü Birimleri.....	25
2.3.2.2. Gürültü Göstergeleri.....	27
2.3.2.3. Trafik Gürültüsü Değerlemeleri	27
2.3.2.4. Ulaşım Gürültü Kaynakları	28
2.3.3. Gürültü haritaları	29
2.3.3.1. Gürültü haritalarının hesaplanmasında kullanılan veriler	30
2.3.3.2. Gürültü haritalarının hazırlanma yöntemleri.....	30
2.3.3.3. CBS verilerinin gürültü haritasında kullanılması.....	31
2.3.4. Trafik Kazaları	32
2.3.5. Zaman kaybı	33
2.3.6. Psikolojik etkenler.....	33
2.4. Kavşakların düzenlenmesinde coğrafi bilgi sistemlerinin kullanılması.....	34
3. MATERYAL VE METOT	35
3.1. Çalışma alanı	35
3.2. Verilerin toplanması	37
3.3. Kavşaklarda yapılan çalışmalar.....	37

3.3.1. Trafik sayımları	38
3.3.2. Yoğunluk analizi	44
3.3.2.1. Nokta yoğunluk analizi	44
3.3.2.2. Kernel (Çekirdek) yoğunluk analizi.....	44
3.3.2.3. Çizgi yoğunluk analizi	45
3.3.3. Tampon (Buffer) analizi.....	48
3.3.3.1. Nokta tabanlı buffer analizi.....	49
3.3.3.2. Çizgi tabanlı buffer analizi.....	49
3.3.3.3. Poligon tabanlı buffer analizi	49
3.4. Emisyon ve yakıt sarfiyatlarının hesaplanması	49
3.4.1. Tier 1 yöntemi	51
3.5. Gürültü haritalarının oluşturulması	54
3.6. Çok kriterli karar verme yöntemleri.....	57
3.6.1. Kriterlerin belirlenmesi	58
3.6.2. Belirlenen kriterlere kapsam geçerlilik yöntemi uygulanması (CVM=	
Content Validity Method)	62
3.6.2.1. Uzman grubunun oluşturulması	63
3.6.2.2. Kriter değerlendirme formunun hazırlanması ve uzman görüşlerinin	
çıktısı	64
3.6.2.3. Verilerin analizi.....	65
3.6.3. En önemli – En önemsiz değerlendirme yöntemi (BWM= The Best Worst	
Method)	67
3.6.4. TOPSIS yöntemi	70
3.6.4.1. Duyarlılık analizi.....	73
4. BULGULAR	74
4.1. Trafik sayımları sonucu oluşan kavşak yoğunluk haritaları.....	74
4.2. Trafik akışını etkileyen katmanlara göre buffer analizi ile kavşak	
yoğunluğunun belirlenmesi	83
4.3. Emisyon salınımı ve yakıt tüketim değerlerinin karşılaştırılması	86
4.4. Kavşaklar etrafında oluşan gürültü düzeylerinin gösterilmesi	99
4.4.1. Sinyalize bir yolda yavaşlayan şekilde hareket eden araçlar için gürültü	
haritaları	100
4.4.2. Akıcı bir yolda hareket eden araçlar için gürültü haritaları	103
4.5. Trafik kaza sayılarına göre kavşak yoğunluklarının incelenmesi	105
4.6. CVM methodu sonucu belirlenen kriterler.....	109
4.7. En önemli – En önemsiz değerlendirme (BWM) ile kriterlerin ağırlıklarının	
belirlenmesi	110
4.8. TOPSIS yöntemiyle kavşakların yoğunluk sıralamalarının belirlenmesi	111
4.8.1. TOPSIS yöntemi sonucu oluşan sıralamanın duyarlılık analizi ile	
değerlendirilmesi.....	114
4.9. Önerilen kavşak tasarım modelleri.....	115
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	137
KAYNAKLAR	143
EKLER.....	149
Ek 1. Çalışma alanındaki 9 kavşağın drone ile çekilmiş görüntüleri	149
Ek 2. Çalışma alanındaki kavşakların trafik yönleri	153
Ek 3. Kavşaklarda gün içinde hesaplanan trafik hacim değerleri	158
Ek 4. Güzergahlar arası oluşan emisyon ve yakıt tüketim değerlerinin	
karşılaştırılması.....	167
Ek 5. Emniyet Müdürlüğü veri izin formu	183

Ek 6. Samsun Büyükşehir Belediyesi veri izin formu.....	184
Ek 7. Araştırma Anket Formu	185
Ek 8.Ankete Yönelik Açıklama.....	185
Ek 9. Kriter Karşılaştırma �rneği	187
Ek 10. Kriter Değerlendirme Aşaması	188
�Z GE�M��	189



SİMGELER VE KISALTMALAR

CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CVM	: Content Validity Method
CadnaA	: Computer Aided Noise Abatement
BWM	: Best – Worst Method
ÇKKV	: Çok Kriterleri Karar Verme Yöntemleri
MCDM	: Multi-Criteria Decision Making
TOPSIS	: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solutions
AUS	: Akıllı Ulaşım Sistemleri
DKKS	: Dinamik Kavşak Kontrol Sistemi
dB	: Desibel
ISO	: Uluslararası Standart Örgütü
YEDAŞ	: Yeşilırmak Elektrik Dağıtım A.Ş
KGO	: Kapsam Geçerlilik Oranı
KGİ	: Kapsam Geçerlik İndeksi
LEE	: Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
EOB	: Eşdeğer Otomobil Birimi
GIS	: Geographic Information System
SBB	: Samsun Büyükşehir Belediyesi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Samsun Atakum İlçesi İsmet İnönü Bulvarı T kavşak örneği	13
Şekil 2.2. D.S.İ. Yeşilyurt dört kollu kavşak örneği (SBB, 2023)	14
Şekil 2.3. Tebrizkapı modern dönel kavşağı (Baş vd., 2020)	16
Şekil 2.4. Modern dönel kavşak elemanları (Akın, 2020).	16
Şekil 2.5. Trompet kavşak örneği (Camcı, 2019)	18
Şekil 2.6. Yarım yonca kavşak örneği (Sesli, 2017)	18
Şekil 2.7. Diamond kavşak örneği (Sesli, 2017)	19
Şekil 2.8. Yonca kavşak örneği (Sesli, 2017).	20
Şekil 2.9. Hava kirliliği kaynakları (Özen, 2006).	23
Şekil 2.10. 24 saatlik tam bir gün için trafik akış tablosu	28
Şekil 2.11. Rahatsızlık Veren Gürültü Kaynakları (Toklu, 2011)	32
Şekil 3.1. Çalışma alanı, google-earth görüntüsü	36
Şekil 3.2. Çalışma alanı drone ile çekilmiş görüntüsü	37
Şekil 3.3. Çizgi Yoğunluğunun uzunluğunu belirlemek için kullanılan raster hücre ve dairesel komşuluk gösterimi(Silverman, 1986).	46
Şekil 3.4. Populasyon alanı (Araç sayıları)	47
Şekil 3.5. Çizgi yoğunluk analizi verileri	47
Şekil 3.6. İş akış şeması	48
Şekil 3.7. Tampon (Buffer) analizi gösterimi (Yıldırım, 2016)	48
Şekil 3.8. Verilerin girildiği cadnaA arayüzü örneği	56
Şekil 3.9. Gecikme sürelerinin seyir halinde yapılan hesaplamaları örneği	61
Şekil 3.10. Gecikme sürelerinin seyir halinde yapılan hesaplamaları örneği 2	61
Şekil 3.11. CVM yöntemi iş akış şeması	63
Şekil 3.12. BMW referans karşılaştırma (Işıldar, 2018).	68
Şekil 4.1. Karayolları kavşağı yoğunluk haritası	74
Şekil 4.2. İsmet İnönü Bulvarı kavşağı yoğunluk haritası	75
Şekil 4.3. D.S.İ. Yeşilyurt kavşağı yoğunluk haritası	76
Şekil 4.4. YEDAŞ kavşağı yoğunluk haritası	77
Şekil 4.5. Türk iş kavşağı yoğunluk haritası	78
Şekil 4.6. Ömürevleri kavşağı yoğunluk haritası	79
Şekil 4.7. Atakent TV. kavşağı yoğunluk haritası	80
Şekil 4.8. Vatan Caddesi kavşağı yoğunluk haritası	81
Şekil 4.9. Toplu Konut Bulvarı kavşağı yoğunluk haritası	82
Şekil 4.10. Yerleşim yeri kernel yoğunluk analizi haritası	83
Şekil 4.11. Atakum ilçesi içinde bulunan okullar, hastaneler, yerleşim yerleri ve kurumların ArcGIS görünümü	84

Şekil 4.12. 500 metrelik buffer analizi haritası	85
Şekil 4.13. 1000 metrelik buffer analizi haritası	86
Şekil 4.14. Çalışma alanı içerisindeki güzergahların numaralandırılması	87
Şekil 4.15. CO ₂ ve CO gazının emisyon salınım farkları (Üniversite)	91
Şekil 4.16. NO _x ve PM gazının emisyon salınım farkları (Üniversite).....	92
Şekil 4.17. CO ₂ ve CO gazının emisyon salınım farkları (Merkez).....	94
Şekil 4.18. NO _x ve PM gazının emisyon salınım farkları (Merkez)	94
Şekil 4.19. CO gazının araç türleri ve araç sayısına göre değişen emisyon salınım farkları .	95
Şekil 4.20. NO _x kirlilik haritası.....	96
Şekil 4.21. CO kirlilik haritası	97
Şekil 4.22. PM kirlilik haritası.....	98
Şekil 4.23. CO ₂ kirlilik haritası	99
Şekil 4.24. Trafik gürültüsünün çalışma alanı üzerinde 3 boyutlu gösterimi (Ortalama Hız:35).....	100
Şekil 4.25. Çalışma alanı 2 boyutlu trafik gürültü haritası (Ortalama Hız:35)	101
Şekil 4.26. Karayolları K.- İsmet İnönü Bulvarı K. arası bölgenin 3 boyutlu gösterimi (ortalama hız:35)	102
Şekil 4.27. Atakent TV. K. – Vatan Caddesi K. arası bölgenin 3 boyutlu gösterimi (ortalama hız:35).....	102
Şekil 4.28. Trafik gürültüsünün çalışma alanı üzerinde 3 boyutlu gösterimi (Ortalama Hız Hafif Araç.70 Ağır Araç.50)	103
Şekil 4.29. Çalışma alanı 2 boyutlu trafik gürültü haritası (Ortalama Hız Hafif Araç.70 Ağır Araç.50	104
Şekil 4.30. Karayolları K.- İsmet İnönü Bulvarı K. arası arası bölgenin 3 boyutlu gösterimi (Ortalama Hız Hafif Araç.70 Ağır Araç.50).....	104
Şekil 4.31. Çalışma alanı güzergahında son 3 yılda meydana gelen trafik kaza noktaları ..	105
Şekil 4.32. Karayolları K. – İsmet İnönü Bulvarı K. - D.S.İ Yeşilyurt kavşaklarının 100 metre çevresinde meydana gelen trafik kaza sayıları	106
Şekil 4.33. YEDAŞ K.- Türk-iş K. – Ömürevleri kavşaklarının 100 metre çevresinde meydana gelen trafik kaza sayıları	107
Şekil 4.34. Atakent TV. K. – Vatan Caddesi K. – Toplu Konut Bulvarı kavşaklarının 100 metre çevresinde meydana gelen trafik kaza sayıları	108
Şekil 4.35. TOPSIS yöntemi sonucu oluşan kavşak yoğunluklarının gösterimi.....	114
Şekil 4.36. Duyarlılık analizi sonuçları.....	115
Şekil 4.37. Karayolları kavşağı güncel durumu	117
Şekil 4.38. Karayolları kavşağı 3 boyutlu katlı kavşak tasarımı	118
Şekil 4.39. Karayolları kavşağı 3 boyutlu katlı kavşak tasarımı 2.....	118
Şekil 4.40. İsmet İnönü Bulvarı kavşağı güncel durumu	119
Şekil 4.41. İsmet İnönü Bulvarı trompet kavşak tasarım örneği.....	120
Şekil 4.42. İsmet İnönü Bulvarı trompet kavşak tasarım örneği 2.....	120

Şekil 4.43. D.S.İ. Yeşilyurt kavşağı güncel durumu	122
Şekil 4.44. D.S.İ. Yeşilyurt Kavşağı Önerilen Tasarım	122
Şekil 4.45. YEDAŞ kavşağı güncel durumu	124
Şekil 4.46. YEDAŞ kavşağı önerilen tasarım	124
Şekil 4.47. Türk iş kavşağı güncel durumu	126
Şekil 4.48. Türk iş kavşağı 3 boyutlu tasarımı	126
Şekil 4.49. Türk iş kavşağı 3 boyutlu tasarımı 2	127
Şekil 4.50. Ömürevleri kavşağı güncel durumu	128
Şekil 4.51. Ömürevleri kavşağı 3 boyutlu tasarımı	128
Şekil 4.52. Ömürevleri kavşağı 3 boyutlu tasarımı 2	129
Şekil 4.53. Atakent TV. kavşağı güncel durumu	130
Şekil 4.54. Atakent TV. kavşağı 3 boyutlu tasarımı	130
Şekil 4.55. Atakent TV. kavşağı 3 boyutlu tasarımı 2	131
Şekil 4.56. Vatan Caddesi kavşağı güncel durumu	132
Şekil 4.57. Vatan Caddesi kavşağı 3 boyutlu tasarımı	132
Şekil 4.58. Vatan Caddesi kavşağı 3 boyutlu tasarımı 2	133
Şekil 4.59. Toplu Konut Bulvarı kavşağı güncel durumu	134
Şekil 4.60. Toplu Konut Bulvarı 3 boyutlu kavşak tasarımı	134
Şekil 4.61. Toplu Konut Bulvarı 3 boyutlu kavşak tasarımı 2	135

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. Araç tipleri ve yakıt tüketimine göre emisyon faktörleri (EEA, 2019).	22
Tablo 2.2. Araç türlerine göre gürültü seviyeleri (Erdoğan vd., 2007).....	29
Tablo 3.1. Kavşaklardan gün içinde geçen toplam otomobil sayıları	39
Tablo 3.2. Kavşaklardan gün içinde geçen toplam motosiklet sayıları.....	40
Tablo 3.3. Kavşaklardan gün içinde geçen toplam minibüs- kamyonet sayıları.....	41
Tablo 3.4. Kavşaklardan gün içinde geçen toplam otobüs-kamyon-tır sayıları.....	42
Tablo 3.5. Kavşaklardan gün içinde geçen toplam araç sayısı	43
Tablo 3.6. Samsun merkeze kayıtlı araçların yakıt tiplerine göre dağılımı	50
Tablo 3.7. Samsun merkeze kayıtlı araç sayılarının yakıt cinslerine göre yüzdesel olarak dağılımı.....	51
Tablo 3.8. Tier 1 yönteminde-arac kategorisine göre km başına tipik yakıt tüketimi değerleri (EEA, 2019)	52
Tablo 3.9. Tier 1 yönteminde-arac kategorisine göre belirlenen emisyon faktörleri (EEA, 2019).....	53
Tablo 3.10. Araç kategorisine göre hıza bağlı oluşan emisyon ve yakıt tüketim değerleri ...	54
Tablo 3.11. Çalışma alanı üniversite yönü güzergahlarında saatlik geçen ortalama araç sayıları ve ağır araç yüzdeleri.....	55
Tablo 3.12. Çalışma alanı merkez yönü güzergahlarında saatlik geçen ortalama araç sayıları ve ağır araç yüzdeleri.....	56
Tablo 3.13. Gürültü ses sınırları	57
Tablo 3.14. Kuyruk uzunlukları (Devre/ Araç).....	59
Tablo 3.15. Kavşaklarda meydana gelen gecikme süreleri (sn).....	60
Tablo 3.16. Uzmanlara ait genel bilgiler.....	64
Tablo 3.17. KGO'ların minimum/kritik değerleri (KGÖ= CVR critical) (Ayre and Scally, 2014).....	67
Tablo 3.18. Tutarlılık indeksi (CI)	70
Tablo 3.19. Karar matrisi (Akyüz vd, 2011).....	71
Tablo 3.20. Puan ölçeği	72
Tablo 4.1. Karayolları K.- İsmet İnönü Bulvarı K. arası oluşan emisyon ve yakıt tüketim değerlerinin karşılaştırılması	88
Tablo 4.2. İsmet İnönü Bulvarı K.- Karayolları K. arası oluşan emisyon ve yakıt tüketim değerlerinin karşılaştırılması	89
Tablo 4.3. Üniversite yönüne doğru olan güzergahlarda oluşan toplam emisyon salınımı ve yakıt tüketimi değerleri.....	90
Tablo 4.4. Merkez yönüne doğru olan güzergahlarda oluşan toplam emisyon salınımı ve yakıt tüketimi değerleri.....	93
Tablo 4.5. CVM methodu sonucu belirlenen ana kriterler.....	109
Tablo 4.6. Karar verici bazda ağırlıklar ve nihai kriter ağırlıkları (geometrik ortalama ile elde edilmiş)	111

Tablo 4.7. Kriterlerin kavşaklara göre gösterdikleri değerlerin karar matrisi.....	112
Tablo 4.8. Karar matrisinin normalleştirilmesi	112
Tablo 4.9. “D” ağırlıklı matris ile ideal verilerin tespit edilmesi.....	113
Tablo 4.10. S^* ve $S -$ değerleri.....	113
Tablo 4.11. Kavşakların yoğunluk sıralamaları	113
Tablo 4.12. Duyarlılık analizi ağırlık senaryoları	114
Tablo 4.13. Kavşaklar için önerilen tasarımlar ve yaklaşık maliyetleri.....	135



1. GİRİŞ

Değişen ve sürekli gelişen dünyada, bilim ve teknolojinin hızla ilerlemesiyle beraber sosyal ve ekonomik iyileşme devamında nüfusun artmasına sebep olmuştur. Ülkemizde nüfusun artmasıyla birlikte her geçen gün trafiğe çıkan araç sayısı hızla artarak, bilhassa şehir merkezlerinin olduğu bölgelerde trafik problemini maksimuma çıkarmaktadır (Tırak, 2019). Şehirlerin hızla gelişmesi, ilerlemekte olan teknolojiyle birlikte motorlu araç sayısında ciddi bir artışa yol açmıştır. Motorlu taşıt sayısının artmasıyla birlikte trafik kazaları ve büyük tahribatlı kayıplar artmaya başlamıştır (Üçer, 2000).

Günümüzde kent içi karayolu ulaşımında oluşan kaza ve trafik sıkışıklıklarının büyük bir bölümü kent içi kavşaklarda meydana gelmektedir. Kent içi ulaşım kavşakların bu nedenle önemi her geçen gün artmaktadır. Kent içi ulaşım sürdürülebilirliğinin ve trafik güvenliğinin sağlanabilmesi için kent trafiğini dağıtan ve toplayan güzergâhların incelenerek alınması gereken bütün tedbirlerin oluşturulması gerekir (Koç, 2010).

Ulaşım ağı, şehir içi ve şehir dışı olarak ikiye ayrıldığında, büyük tahribatlar kent dışında olsa da şehir içi trafik sorunları, ekonomik ve sosyal olarak büyük kayıplara neden olmaktadır. Özellikle büyük şehirlerde, bu sorunlar günlük yaşamın bir parçası haline gelmiştir (Oğuzhan, 2015).

Bütün bir ulaşım ağı ele alındığında problemlerin yoğunlaştığı noktaların kavşak alanları olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple kavşaklar çözüm noktasında ele alınması gereken öncelikli trafik unsurlarıdır (Oğuzhan, 2015).

Şehir içi bir kavşaktan beklenen güvenilir ve trafiği rahatlatacak düzeyde bir kapasiteye sahip olmasıdır. Bu özelliklerin yapılabilmesi içinde kavşağın ihtiyaçları karşılayacak şekilde tasarlanması gerekir (KGM, 2005; Hatipoğlu vd., 2018).

Mevcut kavşakların ise günümüz teknoloji şartlarına ve sosyal hayat standartlarına uyum sağlayacak şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Özellikle kentlerin ana arterleri üzerinde bulunan kent ile özdeşleşmiş kavşakların işlevselliğini zamanla kaybetmiş olması kentteki günlük yaşam ve güvenlik zafiyetleri oluşturmasının yanında, kentin çehresini ve kalitesini de olumsuz etkilemektedir (Oğuzhan, 2015).

Karayolu sistemlerinin, özellikle şehir içinde aşırı yüklenmeleri trafiğin çıkmaza girmesine neden olmaktadır. Trafik yoğunluğunun sonuçları; gecikmeler sebebiyle oluşan zaman kaybı, korna sesi ve motor seslerinden dolayı oluşan gürültü kirliliği, rölantide çalışan araçlarda yakıt tüketiminin artması ve bu tüketimden kaynaklanan hava kirliliklerin çevreye verdiği zararlar. Ayrıca yoğun trafikte kaza riski artmaktadır (Koç, 2010).

Günümüzde artan trafik yoğunluğu, kavşakların verimli bir şekilde tasarlanmasını ve trafiğin akıcı bir şekilde yönetilmesini önemli hale getirmiştir. Bu nedenle, kavşaklardaki yoğunluk düzeylerini belirlemek ve en uygun çözümleri bulmak için bu tez çalışmasının ilk aşamasında, çalışma alanındaki kavşaklar detaylı bir şekilde incelenmiş ve bu kavşaklarda oluşan yoğunlukların hesaplanabilmesi için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu bağlamda, öncelikle kavşak etrafındaki kollardan geçen araç sayımları gerçekleştirilmiştir. Daha sonra, bu sayımların sonuçları CBS ortamına aktararak çizgi yoğunluk analizi yöntemiyle her kavşak için yoğunluk haritaları oluşturulmuştur. Ayrıca çalışma alanı içerisindeki yerleşim yerlerinin yoğunluğu da kernel yoğunluk analizi yöntemiyle belirlenmiş ve kurumlar, okullar ve hastanelerin konumları CBS ortamına entegre edilerek buffer analizi uygulanmıştır. Buffer analizinin uygulanmasının nedeni çalışma alanındaki en sık ve en az tercih edilen kavşakları ortaya çıkarmaktır. İkinci aşamada araçların yaydığı emisyonlar ve yakıt tüketimi hesaplamaları karşılaştırmalı bir şekilde yapılarak elde edilen emisyon salınımları ve yakıt tüketim değişimleri incelenmiştir. Üçüncü aşamada ise, Cadna A programı kullanılarak, yolun akıcılığı veya yavaşlığı, ağır araç yüzdeleri, ortalama hız ve saatlik araç trafiği gibi faktörlerin değerlendirildiği verilerle karşılaştırmalı gürültü haritaları oluşturulmuştur. Ayrıca, farklı senaryolar oluşturup gürültü salınımindaki değişimi göstermek amacıyla araç hızı ve yolun akış durumu değiştirilmiştir. Bozkurt ve Selek, (2019)' da yapmış oldukları çalışmadan ilham alınmıştır. Karşılaştırmalı şekilde yapılan gürültü haritaları ile ortaya çıkan değişimler ile en yoğun ve en az yoğun gürültüye sahip olan kavşaklar gösterilmiştir. Dördüncü aşamada son 3 yılda kavşağın 100 metre etrafında meydana gelen trafik kazaları CBS ortamına aktarılıp buffer analizi ile tespit edilmiş, daha sonra kaza yoğunluk haritaları oluşturulmuş ve kaza yoğunluklarına göre kavşakların yoğunluk değerlendirilmesi yapılmıştır. Ayrıca çalışma alanı üzerindeki kavşaklardaki kuyruk uzunluğu ve gecikme süreleri ekip çalışması ile incelenmiş ve bu kriterler üzerinden de kavşak yoğunlukları

belirlenmiştir. Son aşamada ise çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak kavşaklardan geçen günlük araç sayılarından, kuyruk uzunluklarına, kaza istatistiklerinden gecikme sürelerine kadar kavşakların yoğunlukları üzerinde etkiye sahip olan çeşitli kriterler göz önünde bulundurularak çok kriterli karar verme yöntemleri uygulanmıştır. Bütün kriterleri bir arada değerlendirip kavşakları yoğunluk düzeylerine göre sıralamak için çok kriterli karar verme yöntemlerinden sırasıyla CVM yöntemi, Best- Worst yöntemi ve TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Belirlenen kriterlerden kavşaklar üzerinde yoğunluk oluşmasına neden olan ana kriterleri uzman görüşleri doğrultusunda CVM yöntemi ile belirlenmiş, Daha sonra Best- Worst yöntemi ile kriterler karşılaştırmalı bir şekilde ağırlıklandırılarak uzmanlara göre en uygun olan alternatifler belirlenmiştir. Son olarak TOPSIS yöntemi ile de kavşakların yoğunluk düzeylerine göre sıralanması yapılmıştır. Yoğunluk düzeylerine göre çeşitli kavşak modelleri (Battı- Çıktı, modern dönel kavşak, yaya -alt geçit, yaya üst geçit, katlı kavşak v.b.) sunularak trafik sıkışıklığını rahatlatabilecek bir çalışma ortaya konulmuştur.

1.1. Tezin amacı

Samsun ili Atakum ilçesindeki mevcut trafik kontrol sistemleri detaylı bir şekilde incelenmiş olup Türkiye'nin ve Samsun ilinin trafik sinyalizasyon sistemine ve trafik yönetimine katkıda bulunabilmesi için yenilikçi bir trafik uyarımalı kavşak modeli geliştirilmek istenmektedir. Bu kavşaklarda sürekli dur-kalk yapıp yolda geçirilen zaman kaybı en üst noktalara çıkmaktadır. İnsanların trafikteki sabrı azalmakta ve insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Araçların ışıklarda sürekli dur-kalk işlemini yapmasından dolayı yakıt tüketimi çok fazla artmaktadır. Ayrıca araçlardan zehirli gazlar yayılmakta bu da hava kirliliğine yol açmaktadır. Trafik sıkışıklığından ötürü; korna sesi, motor sesi, trafik kazaları, gibi sebeplerde gürültü oluşturmaktadır.

Samsun ili Atakum ilçesi Atatürk Bulvarı üzerinde bulunan Karayolları- Toplu Konut Bulvarı arasında olan 9 adet ışıklı kavşağın kent içinde oluşturduğu olumsuzlukları gidermek için CBS desteği ile çeşitli kavşak modelleri (Battı- Çıktı, alt geçit, üst geçit, katlı kavşak v.b.) oluşturulması gerekmektedir.

Bu çalışma ile 9 kavşak birçok farklı yönden ele alınmış, kavşak yoğunluk düzeyleri çeşitli yöntemlerle hesaplanmış ve trafik akışını rahatlatabilecek modeller belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışmanın amacına ulaşmak için hedefler aşağıda sıralanmaktadır.

- Kavşakların kollarından geçen araç sayıları hesaplanarak kavşakların araç sayısı bakımından yoğunluk düzeylerinin belirlenmesi
- Trafiğin yoğunluğunu en çok etkileyen okullar, kurumlar, hastaneler ve yerleşim yeri katmanlarının harita üzerinde tespit edilip buffer analizi ile gösterilmesi
- Trafiğin yoğun olduğu bölgelerde araçlardan yayılan emisyon salınımını karşılaştırmalı şekilde inceleyerek uygun kavşak düzenlemesiyle emisyon salınımının azaltılabileceğini göstermek.
- Yakıt sarfiyatı karşılaştırmalı bir şekilde hesaplanarak uygun kavşak düzenlemesiyle yakıt tüketiminin azaltılabileceğini ortaya koymak .
- Araç hızı ve yolun akış durumu değiştirilerek gürültü haritaları oluşturmak
- Kavşaklar etrafında meydana gelen maddi ve manevi kazaların azaltılması için son yıllarda bu güzergahlarda meydana gelen kazaların incelenerek en yoğun kaza noktalarının belirlenmesi
- Kavşaklar etrafında sinyalize ışıklardan dolayı biriken kuyruk uzunluklarının hesaplanması ile kavşakların yoğunluklarının belirlenmesi
- Kavşaklarda trafik yoğunluğundan dolayı meydana gelen gecikmeleri incelemek
- Çok kriterli karar verme yöntemleri ile bütün kriterleri bir arada ele alıp ana kriterleri belirleyerek kavşakları yoğunluklarına göre sıralandırmaktır.

Bu hedefler doğrultusunda önerilen çalışma ile yerel bir soruna çözüm getirilecektir. Bu tez çalışması çalışma alanı içerisindeki kavşakların yoğunluk düzeylerini belirlemek ve trafik sıkışıklığını rahatlatabilecek çözümler sunmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Ayrıca bir diğer amaç, kullanılacak olan yazılım programlarıyla olumsuz olan faktörler hesaplanıp kavşaklara yoğunluklarına göre modeller oluşturmaktır. Farklı modelleme yöntemlerine sahip olan bu programlar (Cadna A, Netcad, Copert, ArcGIS) ile problemi farklı açılardan gözlemleme imkânı verecektir. Kavşaklardaki problemlerin giderilmesi için CBS desteği ile beraber karşılaştırmalı yöntemlerle incelemeler sağlanarak farklı bir bakış açısı getirilmeye çalışılacaktır. Ayrıca ortaya çıkan sonuçlar karşılaştırılarak, sonuçların birbirleriyle kalibre edilmesini sağlayacaktır.

1.2. Literatür taraması

Kavşak yoğunluğu, bir kavşaktaki araç sayısı, hızı ve sirkülasyonu gibi faktörlere bağlıdır. Kavşak yoğunluğunun artması, trafik akışının yavaşlaması, trafik kazalarının artması ve hava kirliliği gibi sorunlara neden olabilir. Birçok araştırma, kavşak yoğunluğunu azaltmak ve trafik akışını iyileştirmek için farklı yöntemler önermiştir. Literatür de daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde;

Tuncuk (2004), Coğrafi Bilgi Sistemlerini kullanarak Isparta ilinde trafik kazalarının yoğun olduğu bölgeler, bu bölgelerdeki kaza yoğunluğunun en fazla olduğu kavşaklar ve kaza kara noktalarını tespit etmiştir. Arcinfo 7.21 programı kullanarak digitizer ile sayısallaştırılan Isparta ili imar haritası üzerinde, tespit edilen kara noktaları ve kazaya sebep olabilecek bölgeleri göstermiştir. Isparta Trafik Bölge Müdürlüğü'nden, 1998-2002 yılları arasında gerçekleşen trafik kazalarının tutanaklarını alarak bir veri tabanı oluşturmuştur. Coğrafi kodlama referans sistemleri ile trafik kazası çarpışma diyagramları kullanarak topoloji ağı kurmuştur. CBS' nin kaza analizi yapılırken neden kullanıldığı, kullanılan yöntemi ve çalışmada kullanılan veri tabanının oluşturulmasını göstermiştir. Kavşak kara noktalarında oluşan kazaların incelenmesine öncelik vermiştir. Kavşaklarda oluşan kazalarda kaç adet kaza meydana geldiği ve kara nokta olarak tespit edilen cadde ve sokak kesişimlerini çalışmasında çizelgeler ile göstermiştir. Belirlediği kara noktadaki kaza sebeplerini bulabilmek için, tek tek verileri irdelemektense bütün olarak tabakalarda sorgulama yaparak istenilen sonuca daha kolay bir şekilde ulaşabileceği sonucuna varmıştır. Bunun sayesinde trafik kaza tespit tutanaklarında bulunan 62 kolonluk kaza bilgilerine ulaşabilme imkanı oluşturmuştur.

Tunalıoğlu (2005), Katlı kavşak sistemleri ile ilgili yapmış olduğu çalışmada, trafik problemlerinin çözümüne yönelik , şehir içi ve şehir dışı bölgelerde karayollarının diğer kesişme durumlarına göre; yüksek güvenlik kapasitesine sahip olan katlı kavşak sistemleri ile bağlantılı yolları incelemiştir. Bu tez çalışması içinde ; katlı kavşak yapımını gerektiren koşullar, katlı kavşak tipleri, katlı kavşak tasarımında esas alınacak prensipler, bağlantı yollarının özellikleri ve Altunizade katlı kavşağının örneği bulunmaktadır. Bunun yanı sıra bağlantı yollarında, geometrik tasarım ilkelerine göre uygun minimum kurp özellikleri ve tasarım hızları da çalışma da bulunmaktadır. Katlı kavşakları altı esas sınıfa ayırarak ilişkili olarak karşılaştırmalarını yapmıştır. Yaptığı araştırmaların sonucunda, bölgenin fiziksel ve

sosyal yapısına uygun tipin seçilmesine, katlı kavşak tasarımında trafik etütlerinin belirleyici önemine, taşıt özellikleri ve sürücü davranışlarına odaklanmıştır.

Öztürk (2006), Trafik sıkışıklığını azaltmak için trafik kontrol sistemlerinde kullanılan algılayıcılar, trafiği yönlendirmek amaçlı degisken mesaj isaretleri, kavşak kontrol cihazları vs. tanıtmıştır. Çalışmanın amacı kavşak ve yol ihtiyaçlarına göre , kazaların büyük bir çoğunluğunun olduğu kavşaklarda yapılabilecek olan planlama ve projelendirmelerle, bu sorunu en aza indirmek ve kavşaklardaki trafik akışını , trafik yoğunluğuna göre öncelik verilecek alternatif yollara yönlendirerek, sürücülerin güvenli ve huzurlu bir şekilde gidecekleri yere ulaşmalarını sağlamaktır. Çalışmanın sonucunda akıllı trafik kontrol sistemleri vasıtasıyla bir şehrin ulaşım sorununun en aza düşeceğini, güvenliğin maksimum düzeye çıkarken gereksiz zaman ve maddi kayıpların önleneceğini savunmuştur. Özellikle büyük şehirlerdeki trafik sıkışıklığının sosyal yasama olumsuz etkisinin en aza ineceğini, insanların stresten uzak, huzurlu bir şekilde yolculuk etmelerinin mümkün olacağı sonucuna varmıştır.

Çiçek (2007), Ankara İlinde 2004 ve 2005 yıllarında meydana gelen ölümlü ve yaralamalı kazaları Coğrafi Bilgi Sistemi ile irdelemiş ve yapılan altyapı çalışmalarının trafik güvenliği noktasındaki olumlu ya da olumsuz etkilerini araştırmıştır. Yapmış olduğu çalışmada, Ankara ilinin ana hatlarından olan ve Ankara'yı çevreleyen Samsun Yolu, Konya Yolu, İstanbul Yolu ve Eskişehir yolunda meydana gelen kazalar, kaza konum bilgileri ve bu kazaları tematik haritalar üzerinden incelemiş, bu hatlar üzerinde yapılan yol genişletme ve katlı kavşak gibi altyapı çalışmalarının trafik kazalarına ne gibi etkileri olabileceğini incelemiştir. Çalışmanın sonucunda farklı seviyede yeniden incelenen kavşakların kesişmeli şekilde belirli tipteki kazaların artmasında etkili olduğunu saptamıştır. Bu çalışma, kentsel ölçekte planlanan altyapı projelerinin trafik güvenliği açısından potansiyel problemlerini ortaya koymayı amaçlamıştır.

Özer vd. (2009), Tokat şehir merkezinde (65 farklı noktada 17:00 ile 19:00 saatleri arasında ölçümler gerçekleştirerek) Tokat gibi yaklaşık 100.000 nüfusa sahip küçük bir şehirde bile gürültü kirliliğinin önemli boyutlara ulaştığını ve bu nedenle gürültünün ülkenin mutlaka önlem alması gereken çevresel problemlerden biri haline geldiğini açıklamışlardır.

Bozkurt (2010), Kırıkkale İli kent merkezindeki trafiği dağıtıcı ve toplayıcı özelliğe sahip olan Samsun Bulvarı üzerindeki 5 sinyalize kavşak; geometrik özellikleri, sinyal parametreleri, trafik yükü ve akımları, çevresel özellikleri ve kaza verileri açılarından incelemiş, mevcut durumda yaşanan problemleri tespit ederek çözüm önerileri sunmuştur. İncelenen bu 5 sinyalize kavşağa yönelik sunulan çözüm önerileri ile Samsun Bulvarı'nın daha güvenli bir trafik akımına sahip olması ve trafik sıkışıklığı konusunda yaşanan problemlerin giderilmesini amaçlamıştır. Bu çözüm önerileri incelendiğinde bazı önlemler önermiştir. Sinyalizasyon sistemlerinin iyileştirilmesi, incelenen üç kavşakta bulunan benzin istasyonlarının giriş çıkışlarının kavşaktaki trafiği olumsuz etkisini azaltıcı düzenlenmesi, Samsun Bulvarı genelinde yaya güvenliği ve yaya ulaşımı için kaldırım düzenlemeleri, minibüs duraklarının düzenlenmesi ve geometrik düzenlemelerin yapılmasını önermiştir. İncelenen 5 kavşakta, sinyal parametreleri trafik yüklerine uygun olarak yeniden düzenlenmesi gerektiğini öne sürmüştür.

Ertunç (2013), Yapmış olduğu çalışmada ilk olarak Antalya İlinin uydu görüntüsünü ArcGIS10 yazılımı ile sayısallaştırmıştır. Antalya il merkezinde 2009 ve 2010 yılları arasında meydana gelen ölümlü-yaralanmalı trafik kaza verilerini kullanarak ArcGIS10 yazılımında bir veri tabanı oluşturmuştur. “kavşak” ve “bulvar-cadde-sokak”lardaki ölümlü-yaralanmalı trafik kazalarını birbirinden ayırmış ve her birinde meydana gelen kazalara ait kaza verilerini (kaza ayı, kaza günü, kaza saat aralığı, kaza oluş türü, kaza karakteri, ölü sayısı, yaralı sayısı, hava durumu, kavşak türü, trafik lambası, yolun geometrik özellikleri, araç sayısı, araç cinsi, sürücünün cinsiyeti-yaş aralığı-öğrenim durumu gibi) kullanarak, kazaların hem görsel hem de grafikler halinde istatistiksel değerlendirmelerini yapmıştır. CBS ortamında kavşaklarda meydana gelen kazaların yoğun olduğu bölgeleri tesbit etmiş ve bu tespitler sonucunda 2009 yılında 41, 2010 yılında 57 kavşak kaza kara noktası belirlemiştir. Ayrıca ArcGIS10 yazılımındaki uydu görüntüsü üzerinde bulvar-cadde-kavşaklarda yıllar itibariyle 29 kazaya meyilli bölge tesbit etmiş, bunlarda da kazaya sebebiyet veren etkenleri hem görsel hem de grafikler ve çizelgeler halinde istatistiksel olarak değerlendirmiştir.

Salamati vd., (2015), dönel kavşaklar ile ışıklı kavşaklar arasında emisyon salınımları açısından bir karşılaştırma yapmıştır. Sonuçlar, düşük talep/kapasite oranlarında dönel kavşakların ışıklı kavşaklara göre daha az emisyon salınımı

gerçekleştirdiği sonucuna varmıştır. Fakat, kapasite/talep oranı arttıkça, ışıklı kavşakların emisyon performansının daha iyi olduğunu belirtmiştir.

Shahkar (2015), 113,5 km uzunluğundaki Trabzon bölünmüş sahil yolunda yer alan 010-21 ve 010-22 kesim nolu (Beşikdüzü-Of) yolu üzerinde 2011, 2012 ve 2013 yıllarında meydana gelen trafik kazalarını inceleyerek kazaların yoğun olduğu bölgeleri kaza kara noktaları sayı yöntemini kullanarak tespit etmiştir. Bu analizde Karayolları Genel Müdürlüğü'nde bulunan verileri Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımıyla incelemiştir. Trabzon sahil yolunda meydana gelen kazaları kavşak durumu, oluş şekli, ölümlü, yaralanmalı, zaman dilimi, yağış miktarı ve hava sıcaklığı durumuna göre irdelemiş ve bu faktörlerin kara noktalarının tespitinde neden olup olmadığını ortaya koymuştur. CBS ortamında yaptığı sorgulamalarla kaza nedenlerini de ortaya çıkarmaya çalışmıştır. Böylece trafik kaza tutanaklarındaki verileri kullanmasıyla CBS'nin kaza analizinde etkinliğini göstermiş ve meydana gelen kazaların detaylı analizini gerçekleştirmiştir.

Güçlü (2016), Van ili için ulaşımında kent içi trafik problemlerinin çözümü için Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) uygulamalarını irdelemiş ve buna yönelik Uygulama Paketleri üzerinde durmuştur. Ulaşım problemleri ele alındığında şehir içi trafik problemlerinin en fazla kavşaklarda yaşandığı görülmektedir. Bu problemlerin birçok parametreden oluştuğu bilinmekle birlikte en önemli problemin kavşakların daha etkili kullanılamamasından dolayı olduğunu vurgulamıştır. Sonuç olarak, Cumhuriyet Caddesi boyunca Soydan, Beşyol, İki Nisan ve Eski Vali Konağı kavşaklarında yaşanan trafik problemleri, Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) ile çözülebilir. Önerilen Dinamik Kavşak Kontrol Sistemi (DKKS) ile bu kavşakların daha verimli bir şekilde kullanılması sağlanabilir. Önerilen sistem çerçevesinde Trafik Kontrol Merkezinden Trafik sayımlarına ve aradaki iletişimi sağlayabilecek altyapıya kadar birçok öneride bulunmuştur.

Sesli (2017), Kastamonu kentinde bulunan 25 adet kavşağı irdelemiş, 2 adet kavşağı ise detaylı bir şekilde anlatmıştır. İncelenen kavşaklara ilişkin mevcut sorunlar, bu sorunlara yönelik yaklaşım önerileri ve yapılan çalışmaların denetim işlemleri hakkında araştırmalar hazırlamıştır. Çalışma ile kavşak tasarımı hazırlanmadan önce saha çalışmasının sonucunda kavşaktaki sorunun doğru bir şekilde ve eksiksiz olarak tespitinin yapılabileceğini görmüştür. Araştırmaların yalnızca çalışma yapılacak alanda değil aynı zamanda daha geniş bir alanda yapılmasının gerektiğini ve kapsamlı çalışma sonucunda doğru sonuçlara ulaşılabileceğini açıklamıştır.

Yiğit (2019), Trafik tesislerinde ağır araç etkisini, takip aralığı, kuyruk uzunluğu ve gecikme değerlerinin performans kriterlerini ele alarak tespit etmeye çalışmıştır. Analizler için analitik yöntemler, trafik analiz programı ve benzetim programını kullanmıştır. Ağır araç etkisini değerlendirmek için ise önemli bir değişken olan Eşdeğer Otomobil Birimi (EOB) hesaplamıştır.

Yılmaz vd. (2019), EMEP/CORINAIR emisyon faktörü veri tabanından taşıt kategorilerine, motor teknolojisine ve yakıt türlerine göre uygun emisyon faktörlerini seçmiş, seçtiği emisyon faktörleriyle otobüs seferleri ve şahsi araç sayılarını kullanarak trafikten kaynaklı hava kirletici emisyon miktarlarını network analizi ile tahmin etmiştir.

Siyavuş (2022), İlk olarak Üsküdar ilçesinde 2016-2020 yılları arasında meydana gelen trafik kazalarını İstanbul Trafik Denetleme Şube Müdürlüğünden temin ederek kaza türlerini ve oluş sebeplerini incelemiştir. Daha sonra kazaların olduğu noktaları ARCGIS ortamına aktararak haritalandırmıştır. Yol yüzeyleri ve kazaya karışan katmanları yorumlayarak kaza riskinin yüksek olduğu noktaları tespit etmeye çalışmıştır. Çalışmanın sonucunda kazaların büyük bir kısmının merkezlerin dikkatsizliğinden ve kavşaklara da bağlı olarak Altunizade Kavşağı, Paşa Limanı Caddesi ve 15 Temmuz Şehitler Köprüsü girişinde olduğunu tespit etmiştir.

Doğan vd. (2023), Kastamonu ilinden başlayıp Niğde ilinde biten Devrekani Kavşağı mevkiinde 2010 ile 2022 yılları arasında yaşanmış olan trafik kazalarını incelemiştir. Bu kavşağın bulunduğu nokta 2019 yılında köprülülük kavşak olmuştur. 2019 yılından önce ise kontrolsüz (hemzemin) kavşak olarak çalışmasından dolayı çok fazla kaza meydana gelmiştir. Devrekani kavşağı mevkiinde 2010 ile 2018 yılları arasında birçok önemli kaza olmuştur. Oluşan kazaları azaltmak amacıyla 2018 yılı içinde KGM tarafından kavşak noktasının köprülülük kavşağına çevrilmesine karar verilmiştir. İnşa çalışması sırasında titizlikle alınan tedbirler sayesinde bölgede ölüme sebep olabilecek bir kaza olmaması da dikkat çekmektedir. Bu veriler sonucunda yapılan köprü kavşağının ne kadar önemli ve gerekli olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak, kontrolsüz kavşaklarda yapılan iyileştirme çalışmalarının olumlu faydaları olduğunu tespit etmiş ve benzer olan noktalarda önlemler alınırsa trafik kazalarını azaltacağı sonucuna varmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE ESASLARI

Kavşaklar, trafik akışının kesiştiği önemli noktalardır ve yoğun trafiğin olduğu bölgelerde sık sık görülmektedirler. Bu nedenle, kavşakların tasarımı ve düzenlenmesi, güvenli ve akıcı bir trafik akışı sağlamak için son derece önemlidir. Bu kısımda kavşaklar hakkında detaylı bilgi verilmiş ve trafik açısından önemi anlatılmıştır. Sinyalize kavşaklardaki sıkışıklıklar hava kirliliği, gürültü kirliliği, trafik kazaları, psikolojik etkenler ve zaman kaybı gibi sorunlara neden olduğundan bu başlıklar detaylı olarak incelenmiştir. Ayrıca CBS uygulamaları, kavşak yoğunluklarının detaylı bir şekilde analiz edilmesine olanak sağlamakta ve bu analizler kavşakların daha güvenli ve verimli bir şekilde düzenlenmesi için kritik bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, kavşak düzenlemesi ve tasarımı konusunda yapılan çalışmalarda CBS uygulamalarının kullanımı da ayrı bir başlık olarak ele alınmıştır.

2.1. Kavşak tasarımı faktörleri

Kavşaklar farklı doğrultulardan gelip yine farklı doğrultulara giden akımların, önceden belirlenen düzene göre sırayla kullandıkları alanlar, yol birleşimleri olarak tanımlanabilir. En genel tanımıyla iki veya daha çok karayolunun birleşmesi veya kesişmesi ile oluşan ortak alanlara kavşak denir (Üçer, 2000). İstatistiklere göre, hemen hemen her ülkede, kentiçi ve kırsal yollarda, trafik kazalarının %40~%60'ı birden fazla yolun birleşmeleri veya kesişmeleri ile oluşan ışıklı kavşaklarda meydana gelmektedir. Diğer yandan, özellikle kentiçi ulaşımında, gecikmelerin %70'den fazlasının yine bu tip kavşaklardaki duraklamalardan ileri geldiği gözlemlerle ortaya çıkmıştır. Kavşakların kent içinde oluşturduğu olumsuzlukların en aza indirilmesi, trafik yoğunluğu üzerindeki etkilerinin azaltılması, stratejik planlamalar ile mümkün olmaktadır. Kavşaklar genellikle üç veya dört kollu olup, dörtten fazla kollu olması arzu edilmez (Bozkurt, 2010).

Kavşaklardaki olumsuzlukları artıran temel unsurlar; trafikte meydana gelen maddi ve manevi kazalar, trafik yoğunluğundan dolayı meydana gelen gecikmeler, trafiğin yoğun olduğu bölgelerde araçlardan yayılan zehirli gazlar, yakıt tüketiminin fazla olması, araçlardan yayılan gürültü şeklinde kısaca özetlemek mümkündür. Kavşakların yol ağlarındaki trafiğin sürekli olarak devam etmesinde doğrudan etkisi vardır. Bundan dolayı düzenlenecek kavşağın yapımı oldukça önemli olmakla birlikte mühendislik çalışmalarının titizlikle yapılması gerekir. Kavşak tasarımı genel olarak

ele alındığında 5 ana faktörden oluşmaktadır. Bu faktörler; insan faktörü, trafik faktörü, fiziki faktör, ekonomik faktör ve çevresel faktördür (Bozkurt, 2010).

2.1.1. İnsan faktörü

Çalışma yapılacak bölgede sürücü, yaya alışkanlıkları tespit edilmelidir. Kavşağı kullanacak yayaların ve sürücülerin, beklentilerinin neler olduğu incelenmelidir. Bu noktada sürücü ve yayaların düzenlemeler yapılırken sürücüyü zor durumda bırakacak düzenlemeler yerine, kazaya neden olmayacak biçimde düzenlemeler yapılmalıdır (Saphioğlu ve Karaşahin, 2010).

2.1.2. Trafik faktörü

Kavşak tasarımı, birçok faktörü içermektedir. Bu faktörler arasında kavşaktaki geometrik yapı, taşıtların hızları ve boyutları, kavşağın gerçek kapasitesi, yaya ve sürücü hareketleri yer almaktadır. Ayrıca, kaza verileri de göz önünde bulundurularak çözüm ve öneriler geliştirilmelidir. Tüm bu etkenlerin birlikte ele alınması, güvenli ve verimli bir kavşak tasarımı için önemlidir.

2.1.3. Fiziki faktör

Kavşak tasarımında fiziki yapı, sürücü ve yaya davranışlarını etkileyen temel faktörlerden biridir. Kavşağı oluşturan fonksiyonel alanlar, bölgenin fiziki durumuna göre düzenlenir ve bu çalışmalarla araçların geçiş hızları kontrol altında tutulur. Böylece, kavşağın bulunduğu bölgenin fiziki yapısı, araçların hızlarını doğrudan etkileyerek güvenli bir ulaşım sağlanmasına katkıda bulunur (Bozkurt, 2010).

2.1.4. Ekonomik faktör

Kavşak tasarımında ekonomik faktör farklı alanlarda değerlendirme gerektiren önemli bir konudur. Çalışmanın yapıldığı bölgede maliyetin gelişmeye oranı, çalışmanın gelecek yıllara olan katkısının değerlendirilmesi işi ekonomik faktörün kapsamına girmektedir. Aynı şekilde, kavşağı kullanan araçların yakıt kullanımındaki değişim ve yapılan kavşağın maliyetinin ne kadar sürede geri dönüş sağlayacağı gibi konular, ekonomik faktör olarak irdelenmesi gereken diğer önemli konulardır.

2.1.5. Çevresel faktör

Kavşakların trafik hacmi ve etkinliği, çevresel faktörler, yol türleri ve bölgesel iklim koşulları gibi birçok etkene bağlı olarak değişebilir. Bu nedenle kavşak tasarım çalışmaları yapılırken çevresel uyum, güvenlik ve trafik akışı gibi faktörler birlikte değerlendirilerek çalışma gerçekleştirilmelidir.

2.2. Kavşak tipleri

Yol performansı, hız, kapasite, güvenlik ve işletme maliyeti gibi özelliklere bağlı olarak tasarlanmasından dolayı kavşaklar karayolunun önemli unsurlarındandır. Kavşaklar iki veya daha fazla karayolundaki doğrusal veya kesişen trafik akışlarını kapsadığı gibi, aynı zamanda bu yollar arasındaki dönüş hareketlerini de kapsar. Bu hareketler, kavşak tipine uygun geometrik tasarımlar ve trafik kontrolü ile gerçekleştirilir (Namlı, 2015).

Kavşaklar basitten karmaşığa doğru eşdüzey kavşaklar ve farklı seviyeli (katlı) kavşaklar olarak sıralanabilir. Bu kavşak türlerinin detayları aşağıda verilmiştir.

2.2.1. Eşdüzey (Hemzemin) kavşaklar

Eş düzey kavşaklar, trafik akımlarında kavşakların kesiştikleri düzeyin aynı olduğu kavşak tipi olarak tanımlanmaktadır (Göktuğ, 2022). Maliyet ve uygulanabilirlik bağlamında daha sık tercih edilen eş düzey kavşaklar, bu avantajlarına karşın trafik kazaları, trafik yoğunluğu, gecikme gibi dezavantajları da beraberinde getirmektedir. Trafikte meydana gelen kazaların %40- %60 arası bu tür kavşaklarda oluşmaktadır (Akın, 2020).

Eşdüzey kavşaklar;

1)- Kol Sayısına Göre,

- Üç kollu eşdüzey kavşaklar (T ve Y kavşak)
- Dört kollu eşdüzey kavşaklar
- Çok kollu eşdüzey kavşaklar

2)- Denetim Sistemine Göre

- Sinyalize (Denetimli) Kavşaklar
- Sinyalize olmayan (denetimsiz) kavşaklar
- Dönel Kavşaklar
 - Modern Dönel Kavşak
 - Sinyalize Dönel Kavşak olarak sınıflandırılabilir (Akın, 2020).

2.2.1.1. Kol sayısına göre eşdüzey kavşaklar

Üç kollu T kavşaklar : 2x1 şeritli kırsal yollarda yada 2x2 şeritli kentiçi yollarda uygulanabilen kavşak türüdür. Düşük trafik hacminin olduğu kırsal yollarda kanalize edilmeden uygulanabilirken yüksek trafik hacmi olan kentiçi yollarda kanalize edilerek uygulanması daha doğrudur (Camcı, 2019).

Trafik akışının fazla olduğu ana yol-tali yol kesişimlerinde, trafiği kontrol altında tutmak ve araçların rahatça dönüş yapabilmeleri için uygun yarıçapları sağlamak amacıyla kullanılırlar. Üç kollu T kavşakalarda ana yol ile tali yolun dik açıya yakın bir kesişme oluşturması beklenir (Camcı, 2019; Akın, 2020). Şekil 2.1’de Samsun Atakum İlçesindeki İsmet İnönü Bulvarı T kavşak örneği gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Samsun Atakum İlçesi İsmet İnönü Bulvarı T kavşak örneği

Üç kollu Y tipi kavşaklar: Tali yolların dar açılı olarak bağlandığı yollarda ve dik veya dike yakın kavşak düzenlemesi yapılamayan durumlarda tercih edilir (Sesli, 2017; Akın, 2020).

Dört kollu kavşaklar : Dört kola sahip olan kavşaklara denir. Dört kollu kavşaklarda ana yol ile tali yol arasındaki açının 90° ye yakın olması beklenir. Ana yol üzerindeki trafik akışının daha hızlı bir şekilde oluşması için hızın değiştirebileceği şerit bulunmalıdır (Akın, 2020; Camcı, 2019 ; Sesli, 2017). Şekil 2.2’ de Samsun Atakum İlçesindeki D.S.İ. Yeşilyurt dört kollu kavşak örneği gösterilmiştir.



Şekil 2.2. D.S.İ. Yeşilyurt dört kollu kavşak örneği (SBB, 2023)

Çok kollu kavşaklar : Çok kollu kavşaklarda, trafik akışının düzenli ve güvenli bir şekilde sağlanması için uygun planlama ve düzenleme yapılması gereklidir. Bu nedenle, dört koldan fazla bağlantı varsa, bağlantı sayısının sınırlandırılması gerekir. Eğer bu mümkün değilse, en azından bir veya daha fazla kolun uygun mesafede bir diğer kola bağlanarak iki farklı kavşak oluşturulması hedeflenir. Ancak bazı durumlarda bu yöntemlerin uygulanması mümkün olmayabilir. Bu durumlarda, dur-kontrollü geçiş gibi alternatif yöntemler kullanılabilir (Camcı, 2019).

2.2.1.2. Denetim sistemine göre eş düzey kavşaklar

Sinyalize (Denetimli) kavşaklar : Araç hareketlerinin ışıklı levhalarla veya polis yardımıyla yürütüldüğü kavşak türüdür. Sinyalize olmayan kavşaklara göre riski daha düşüktür. Trafik yoğunluğunun az olduğu yerlerde tercih edildiği durumlarda araçların sürekli dur- kalk yapmasından dolayı kuyruk uzunlukları, gecikmeler, emisyon salınımları gibi olumsuzlukların artmasına neden olmaktadır. Kavşaklarda kullanılan yaygın bir denetim yöntemi trafik yoğunluğunun zamana göre ışıkla yönetilmesidir. Bu sinyalizasyon, faz planları, trafik hacmine ve kavşak geometrisine göre önceden belirlenir (Akın, 2020).

Sinyalize olmayan (denetimsiz) kavşaklar : Bu tip kavşaklar, taşıt trafiğinin devamlılığı için sinyalizasyon sistemi olmayan ve ışısız trafik işaretleri kullanılan kavşaklardır. Bu kavşaklarda, yüksek trafik yoğunluğuna ve geometrik standartlara sahip anayol, diğer yollarda hareket eden taşıtlardan önce kavşak bölgesinde hareket etme hakkına sahiptir. Tali yollar ise, "DUR" veya "YOL VER" gibi trafik işaret

levhaları ile donatılarak, trafiğin güvenliğini sağlanması amaçlanır. Bu kavşaklar, yoğun trafiği yönetmek için önemlidir ve trafik akışının düzenli ve güvenli bir şekilde devam etmesini sağlarlar (Akın, 2020; Yayla, 2014). Yaya - Araç kesişiminin daha az yoğun olduğu kavşaklarda uygulanması daha iyi sonuçlar verir. Sinyalize sistemlerin yarattığı gecikmeler bu tip kavşaklarda olmaması olumlu taraftır (Sesli, 2017).

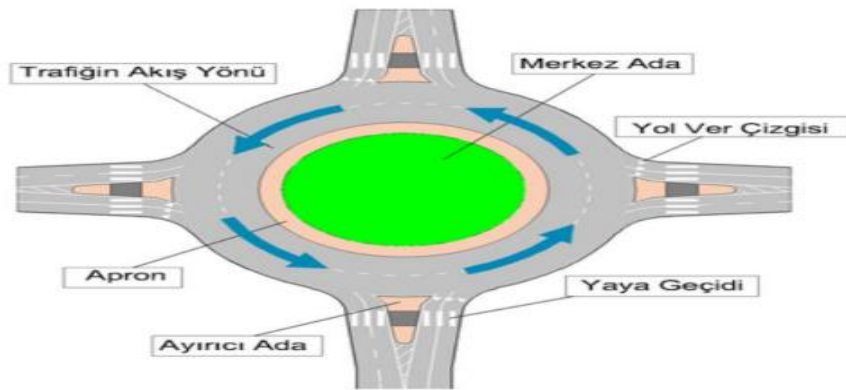
Dönel kavşaklar : Araçların dairesel bir yörünge etrafında hareket etmesini ve farklı yönlerde yayılmasına olanak sağlayan kavşak türüdür. Bu kavşak tipinde bütün yol ağlarından eş zamanlı bir şekilde kavşak üzerinden giriş ve çıkış sağlanabilir (Akın, 2020). Ayrıca bu kavşaklar, konumlarına göre, düz veya düze yakın arazilerde trafik hacimlerine bağlı olarak elips veya daire şeklinde tasarlanabilirler. Trafik hacimleri anayol ve tali yolda benzer olduğunda, kavşaklar genellikle daire şeklinde tasarlanırken, trafik hacimleri birbirinden farklı olduğunda ise elips şeklinde tasarlanırlar (Erol, 2018). Dönel kavşaklar, trafiğin düzenli akışını sağlamak için önemlidir ve sürücülerin hareketlerini tahmin edebilecekleri bir tasarım sunarlar. Bu kavşak türünde dönüşler daima saat yönünün tersi istikamette yapılır (Sesli, 2017; Akın, 2020). Dönel kavşakların tasarımı yapılırken; kavşağın geometrik özellikleri, kavşak kolları üzerinde oluşan saatlik trafik hacmi, kavşak içerisindeki depolama alanının kapasitesi, sinyalize dönel kavşaklarda sinyalizasyon faz planının yeterlilik düzeyi tasarlanırken dikkat edilmesi gereken kısımlardır (Akın, 2020).

Modern dönel kavşaklar: Trafik akımını yönlendirme üzerine herhangi bir sinyalizasyon sisteminin bulunmadığı kavşak tipidir. Dönel kavşaktaki araç sürücülerini bu kavşak tipi sayesinde yayaların ve diğer araçların hareketlerini inceleyerek kontrollü bir şekilde geçiş yaparlar (Erol, 2018). Erzurum ili tebrizkapı modern dönel kavşak örneği Şekil 2.3' te gösterilmiştir (Baş vd., 2020).



Şekil 2.3. Tebrizkapı modern dönel kavşağı (Baş vd., 2020)

Bu kavşak türleri tasarlanırken kavşağa giriş ve çıkış çapları azaltılarak uygulanır. Böylelikle kavşağa girerken araçlar hızlarını azaltmakta ve trafik güvenliği artmaktadır. Ayrıca trafik ışıkları olmadığı için dur- kalk süresi , yakıt tüketimi, emisyon salınımı gibi durumlarda azalma olur. Dönel kavşaklarda, trafik akışı "yol ver" ilkesine göre düzenlenir ve geçiş önceliği, kavşak çevresinde dönen araçlarda olduğu için, giriş ve çıkışlar sırasında çakışmaların olması nedeniyle karmaşık bir durum ortaya çıkmaz. Bu sayede, kavşak çevresindeki güvenlik ve hareketlilik büyük ölçüde sağlanır. Modern dönel kavşağın elemanlarının yer aldığı şekil 2.4’ te kavşak tipi daha net bir şekilde anlaşılmaktadır (Sesli, 2017; Akın, 2020).



Şekil 2.4. Modern dönel kavşak elemanları (Akın, 2020).

Sinyalize dönel kavşaklar: Merkez ada ve kavşak yaklaşım kollarının belirli noktalarında sinyalizasyon sistemleri bulunan sinyalizasyon sistemleri ile trafik akımının yönlendirildiği eşdüzey kavşak tipidir. Bu kavşak türü, sinyalize ve dönel

kavşakların birleşiminden oluşur. Sinyalli dönel kavşaklar, trafik kültürü bakımından az gelişmiş ülkelerde kavşağın trafik kurallarına uygun kullanılmamasından dolayı kavşak kapasitesinin düştüğü bölgelerde daha çok tercih edilir .Ülkemizdeki karayolu ağlarında, giderek artan sayıda bulunan sinyalize dönel kavşakların tasarlanma amacı; kavşak içerisinde seyir halindeki araç trafiği ile kavşağa giriş yapacak araç trafiğinin kesişimlerini engelleyerek, potansiyel kazaları en aza indirmektir (Akın, 2020).

2.2.2. Farklı seviyeli (katlı) kavşaklar

Trafiğin fazla olduğu kavşaklar eşdüzey kavşak modeli ile işletilemeyebilir. Ayrıca otoyollar gibi bazı yollarda da eşdüzey kavşaklar trafik hacmini kaldıramayabilir. Böyle durumlarda da Katlı kavşaklar tercih edilir (Aydar, 2011; Göktuğ, 2022).

Seviyeli kavşaklar sayesinde trafik sıkışıklığı, yakıt sarfıyatı, çevre kirliliği gibi durumlarda önemli ölçüde azalmalar görülür (Akın, 2020). Bu kavşak tasarımı yapılırken tasarım yapılacak alanın genişlik, uzunluk, eğim gibi özelliklere dikkat edilerek yapılmalıdır. Bununla birlikte sürücülerin kavşağa giriş ve çıkışta yönlendirmelerinin uygun mesafelere göre yapılması, sürücülerin görüş açlarına uygun tasarlanmalıdır (Sesli, 2017). Ardişık kavşaklarda kavşakları tek tek incelemek yerine toplu olarak ele alınmalıdır.

Katlı kavşak tiplerini üç veya dört kollu olarak alt sınıflara ayırmak mümkündür Bu kavşak tipleri ile ilgili detaylar kısaca aşağıda verilmiştir.

2.2.2.1. Üç kollu kavşaklar

Üç koldan oluşan ve bir veya daha fazla farklı seviyeli bağlantı yolu ile tek taraflı tali yol kesişimlerini içeren bir kavşak türüdür. Tali yollar, dik açığa yakın olarak bağlandığında "T tasarımı" olarak adlandırılırken, dar açılı olarak bağlandığında "Y tasarımı" şeklinde adlandırılır (Sesli, 2017).

Trompet kavşak

Tali yolun düşük , ana yolun yoğun trafiğe sahip olduğu durumlarda tercih edilen kavşak tipidir. Tek yapı modeli ile oluşturulabilir. Ana yol ve tali yolu bağlamak için kullanılır. (Sesli, 2017; Camcı, 2019). Şekil 2.5'te örneği verilmiştir.



Şekil 2.5. Trompet kavşak örneği (Camcı, 2019)

Yarım yonca kavşak

Her iki yönde de sola dönüşün döngü rampaları üzerinden yapıldığı kavşak türüdür. Örneği şekil 2.6’da verilmiştir.



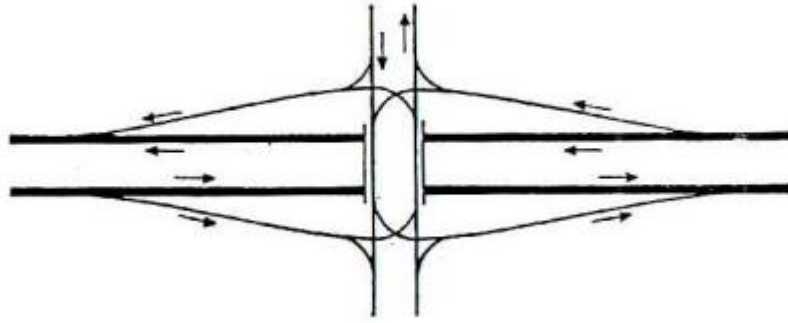
Şekil 2.6. Yarım yonca kavşak örneği (Sesli, 2017)

2.2.2.2. Dört kollu kavşaklar

Bu kavşak tipi; diamond kavşak ,döngülü kavşak, dönel kavşak, yonca kavşak, direksiyonel ve yarı direksiyonel kavşak, tek nokta kavşak olmak üzere kendi içinde sınıflara ayrılmaktadır (Sesli, 2017).

Diamond kavşak

Anayola paralel olacak şekilde dört rampadan oluşan ve her rampanın kesmiş olduğu yola sola-sağa şeklinde dönüş imkanı sunan, uygulaması en kolay olup en çok tercih edilen kavşak tipidir. Örneği Şekil 2.7’de gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Diamond kavşak örneği (Sesli, 2017)

Döngülü kavşak

Bu tür kavşaklar, az trafik yoğunluğuna sahip alanlarda ve topoğrafyanın etkisiyle oluşan, dönüş hareketlerinin minimum tasarım kriterlerine sahip iki yönlü rampalarla gerçekleştirildiği kavşaklardır. Ayrıca, bu kavşakların rampa terminalleri basit bir T şekline sahiptir (Sesli, 2017).

Dönel kavşak

Eş düzey kavşakların seviyeli uygulaması olup sol-sağ-U dönüş trafik hacminin ve kesişen kol sayısının fazla olduğu kavşak tipidir. Kesişen yolların ayrıldığı bir ana güzergaha sahip bir kavşak türüdür. Rampalardaki trafiği dönel ada etrafına yönlendirerek transit trafik yoğunluğunu azaltır. Ancak örülme hareketleri kapasite azalmasına neden olduğundan, bu kavşakların kullanımını sınırlandırmaktadır. Beş veya daha fazla kesişimin bulunduğu ana yollar üzerinde, örülmelerin sorun oluşturmayacağı yerlerde dönel kavşaklar uygulanabilir, ancak transit trafiğin dışındaki hareketlerin nispeten az olması gerekir (Sesli, 2017; Camcı, 2019).

Yonca kavşak

Sağa ve sola hareketleri oluşturan kavşak tipi, iki farklı rampa türüyle donatılmıştır. Sağa dönüş hareketleri dış rampalar kullanılarak gerçekleştirilirken, sola dönüş hareketleri iç rampalar kullanılarak oluşturulur. Ayrıca sola dönüşlerde çakışma durumunun engellendiği dört kollu kavşak tipidir. Örneği Şekil 2.8’de verilmiştir (Sesli, 2017; Camcı, 2019).



Şekil 2.8. Yonca kavşak örneği (Sesli, 2017).

Direksiyonel ve yarı direksiyonel kavşak

Diagonal bağlantılarla farklı yönler arasında bağlantı sağlanarak, daha yüksek hız, kapasite ve güvenlik sağlanan gelişmiş bir katlı kavşak türüdür. Eğer tüm yönler doğrudan erişime sahipse, bu kavşak tipi "direksiyonel" olarak adlandırılırken, döngüler kullanılarak erişim sağlanıp sonlandırılıyorsa "yarı direksiyonel" olarak adlandırılır. Yarı direksiyonel kavşaklar, döngüsel (luslu) veya doğrusal olabilir (Sesli, 2017).

Tek nokta kavşak

Dört kollu eşdüzey kavşaklarla sağlanan katlı kavşak tipi, anayol trafiğinin kesintiye uğramadan devam ettiği ve dar kamulaştırma alanı gerektiren bir kavşak türüdür. Bu kavşakta, sol dönüşler birbirleriyle kıyaslanarak sağlanırken, sağ dönüşler ise serbest olarak gerçekleştirilmektedir (Sesli, 2017).

2.3. Trafik yoğunluğu nedeni ile ortaya çıkan olumsuz faktörler

Kent içindeki yollardaki olumsuz etkilerin birçoğu kavşaklardan dolayı olmaktadır. Kavşakların yapılma sebebi trafik kazaları, psikolojik etkiler, hava kirliliği, gürültü kirliliği, kuyruk uzunluğu, zaman kaybı ve yakıt sarfıyatı gibi birçok olumsuz durumun minumuma indirgenmesi içindir. Yoğun trafiğe sahip olan alanlardaki sinyalizasyon kavşaklar yeniden optimize edildiği takdirde bu problemlerin büyük bir kısmı giderilebilir. Bu tip olumsuz durumların detayları, nasıl oluştuğu ve

kavşak tasarımını nasıl etkilediği gibi faktörleri görebilmek için alt başlıklar halinde detaylı olarak açıklanmıştır.

2.3.1.Hava kirliliği

Hava kirliliği, günümüzde özellikle büyük şehirlerde insan sağlığı için tehlikeli boyutlara ulaşarak çevre sorunları arasında en önemli ve güncel tartışma konularından biri haline gelmiştir. Bu sorun, gelecekte dünyayı ciddi bir şekilde tehdit ederek ekolojik dengeyi tehlikeye atmaktadır (Ağacan, 2014). Dünya nüfusunun hızla artmasına bağlı olarak, enerji kullanımının artması ve sanayinin gelişmesiyle birlikte, şehirleşme sürecindeki ilerlemeler de beraberinde hava kirliliğini getirmektedir. Bu durum insan sağlığı ve diğer canlılar üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Ayrıca özellikle şehir içinde, karayolu sistemlerinin aşırı yüklenmesi trafiğin çıkmaza girmesine yol açabilmektedir. Trafikte oluşan yoğunluğun sonucunda da rölanti de çalışan araçlarda yakıt sarfıyatının artması ve bu tüketim üzerinden kaynaklanan kirlilik sonucu araçların egzozlarından yayılan zehirli gazlar çevreye zarar vermektedir (MEB, 2011). Ülkemizde bulunan birçok aracın hala egzoz emisyon değerlerinin Avrupa standartlarının altında olduğu göz önünde bulundurulursa durumun önemi daha iyi kavranmış olur (Akmaz, 2012). Benzin ve motorin kullanan motorlu taşıtlardan atmosfere salınan egzoz gazlarının bileşiminde; karbon monoksit (CO), azot oksitler (NO_x), Karbondioksit (CO₂) ve partikül maddeler (PM) gibi önemli kirleticiler bulunmaktadır (Elbir vd., 2010). Benzinli olan motorlarda CO; dizel motorlarda ise NO_x ve partikül madde gibi kirleticiler daha önemlidir (Alkaya vd., 2000). Emisyon değerlerinin hesaplanmasında kullanılan genel bir denklem Tablo 2.1' de verilmiştir.

Tablo 2.1. Araç tipleri ve yakıt tüketimine göre emisyon faktörleri (EEA, 2019).

Araç Tipi	Yakıt Türü	Emisyon Faktörü (g/kg yakıt)			
		CO	NO _x	CO ₂	PM
Otomobil	Benzin	84.7	8.73	8.84	0.03
	Dizel	3.33	12.96	8.74	1.10
	LPG	84.7	15.20	8.84	0.00
Hafif Ticari Araçlar (Minibüs ve Kamyonet)	Benzin	152.3	13.22	6.07	0.02
	Dizel	7.40	14.91	6.41	1.52
	LPG	NA	16.00	NA	0.00
Ağır Ticari Araçlar (Otobüs ve Kamyon, Traktör, Çekici, Özel Amaçlı Araç, Tanker, Arazi Taşıtı, Diğerleri)	Benzin	7.58	15.00	NA	0.94
	Dizel	NA	33.37	2.54	1.20
	CNG	5.70	13.00	3.31	0.02
Motorsiklet (2 tekerlekli)	Benzin	497.7	6.64	53.8	2.20

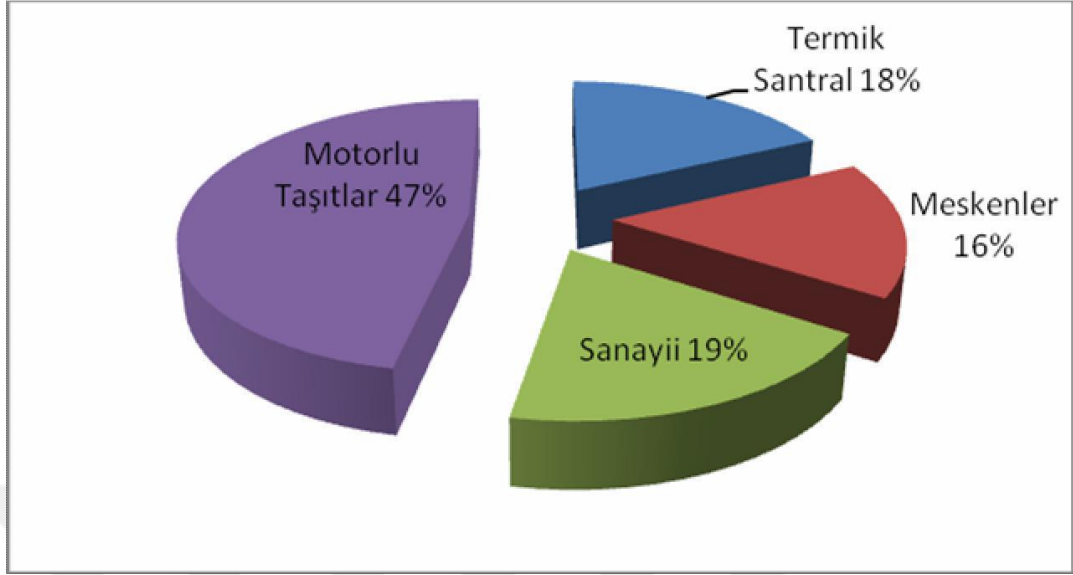
Yayılan emisyonların hesaplanması için kullanılan formül Denklem 2.1'de sunulmaktadır. Bu tez çalışmasında da emisyon hesabı yapılırken Denklem 2.1'e göre uygulanmıştır (Cuci vd., 2015).

Emisyon (g)= Alınan yol (km) x Yakıt tüketimi (g/km) x Emisyon faktörü (g/kg) **(2.1)**

Dünya genelinde 1,1 milyardan fazla insan, düşük hava kalitesine sahip şehirlerde yaşamaktadır. Şehirlerdeki hava kirliliğinin başlıca nedenleri endüstriyel gazlar, araçlar ve enerji üretimidir (Sümer, 2014).

Ulaşım araçlarından dolayı kaynaklanan kirlenme özellikle, en büyük kirleticidir. Hava kirliliğine sebep olan kirleticilerin dağılımı Şekil 2.9' da gösterilmektedir. Bu şekil incelendiğinde sanayinin %19, meskenlerin %16, termik santrallerin %18, motorlu taşıtların ise %47'lik paya sahip olduğu görülmektedir. Trafik kaynaklı kirliliğin düzeltilmesi için Halkın toplu taşıma araçlarına yönlendirilmesi, güzergahların yeniden düzenlenmesi, yakıt kalitesinin iyileştirilmesi,

yeşil dalga sistemleri düzenlenerek trafik ışıklarında bekleme süresinin azaltılarak trafik akışı daha hızlı sağlanmalıdır (Özen, 2006).



Şekil 2.9. Hava kirliliği kaynakları (Özen, 2006).

2.3.1.1.Karayolları ulaşımının hava kirliliğine etkileri

Kent içi ve kentler arası yolcu ve yük ulaşımında demiryolu, deniz yolu, ve boru hattı gibi alternatif ulaşırma alt sistemlerinin yetersiz olması nedeniyle ülkemizde kara yolu kullanımı önemli bir ağırlık taşımaktadır. Ancak, bu durum gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi artan nüfusa bağlı olarak taşıt trafiğinde yoğunlukları beraberinde getirerek toplumsal ve ekolojik sorunlara yol açmaktadır. Kara yolu kullanımının yaygın olması, motorlu taşıtların egzoz gazlarından kaynaklanan hava kirliliğini ve bu durumun insan sağlığına ve çevreye verdiği zararları önemli ölçüde artırmaktadır. Özellikle kent merkezlerinde nüfus ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde, benzin ve dizel taşıtların egzoz emisyonları ciddi sağlık sorunlarına yol açabilmektedir (Özen, 2006; Elbir vd., 2010).

Kavşaklardaki sinyalize ışıkların neden olduğu gecikmeler, kirletici gazların büyük oranda salınmasına yol açmaktadır. Kavşaklarda sinyalize ışıkların bulunması nedeniyle seyir halinde olan araçların hızları ortalama 10 km'ye kadar düşmektedir. Bu durum daha fazla kirletici gaz emisyonu salınımı olmasına neden olmaktadır. Egzozlardan yayılan emisyon türlerinden öneme sahip olan bazı türleri aşağıdaki başlıkta detaylı olarak anlatılmıştır (Özen, 2006).

2.3.1.2. Egzoz gazları

Azot oksitler (NO_x) : Nitrojen oksitlerin kirliliğinin yarısı taşımacılıktan kaynaklanmaktadır ve bu oksitler asit yağmurlarının başlıca nedenlerindendir. Karayolu taşıtları bu kirliliğin büyük çoğunluğunu üretirken, bu oranın yüzde 80'i şehiriçi kısımlarda oluşmaktadır. Azot oksit, atmosferdeki yüksek konsantrasyonu ve özellikleri nedeniyle insan sağlığına en fazla olumsuz etki gösteren azot bileşiğidir. Taşıtlarda motor içinde oluşan yüksek sıcaklık seviyeleri nedeniyle havadaki azot ve oksijenin birleşmesi ortaya çıkar. Azot oksit konsantrasyonları seyir halindeyken ve hızlanma anında en yüksek seviyeye ulaşmaktadır (Özen, 2006).

Karbon monoksit (CO) : Karayolu üzerinde bulunan taşıtlar karbon monoksitlerin yaklaşık yüzde 90'nini dışarı yaymaktadır. Bu da sınırlı olan mekânlarda sağlık için zararlı etkiler oluşturmaktadır (Özen, 2006). Kokusuz, renksiz ve tatsız bir gaz olan CO motorlu taşıtlarda kullanılan yakıtın eksik yanması sonucu ortaya çıkmaktadır Özellikle benzinli taşıtlarda motor rölantide çalışırken dışarı verilmektedir. Kapalı bir ortamda çalışan aracın egzozundan çıkan karbonmonoksit, havadaki oksijenle reaksiyona girerek karbon dioksite dönüşür ve bu durum, orada bulunanlar için ölümcül bir tehdit oluşturabilir (Cuci vd., 2015).

Karbon dioksit (CO₂) : CO₂ hacim olarak sera etkisinin oluşumunda %60 lık oran ile en çok iklim değişikliği sorununa yol açan gazdır. Karayolu taşımacılığı, bu gazın oluşumunun yaklaşık yüzde yirmisinden ve son yıllarda hızla artan miktarından sorumludur (Çetintaş vd., 2016).

Diğer kimyasal kirleticiler (PM): Bu kirleticiler dizel yakıtların yanmasıyla ortaya çıkan kanserojen benzen, sülfür dioksit ve özellikle küçük yaşlardaki çocukların beyinlerine zarar veren kurşun olarak sıralanabilir. Gelişmiş olan ülkelerde kurşunsuz benzinin piyasaya sürülmesi ile kurşun emisyonunun salınımında azalma görülmektedir.

2.3.2. Gürültü kirliliği

Çevre kirlilikleri arasında önemli sorunlardan biri de gürültü kirliliğidir (Vehid vd., 2011). Trafiğin sebep olduğu çevre etkilerinden biri olan gürültü, genellikle, egzozdan, araçların motorlarından ve süspansiyondan kaynaklanmaktadır. Motor gücüne, hızına, yolların eğim derecelerine ve seyir halindeki araçların türüne bağlı olarak değişebilen trafik gürültüsünün hem toplumsal yapı hem de insan yaşamı

üzerinde önemli etkileri vardır. Gürültünün insanlara olan etkileri psikolojik, fizyolojik ve sosyal durumlarına bağlı olarak değişmektedir. Trafik yoğunluğunun artması gürültü etkisi oluşturan kaynaklarının sayısında yükseliş ve farkına varılacak seviyelerde hava kirliliğini beraberinde getirmiştir. Bunun için motorlu araçlardan yayılan kirlilik ve gürültü emisyon oranlarında gittikçe daralan sınırlamalar zorunlu hale gelmiştir. Gürültü problemi gittikçe büyüyen ve ülkemizde pek dikkate alınmayan bir sağlık problemidir. Gürültü bir yandan insanların işitme fonksiyonları üzerinde olumsuz etki bırakırken öte yandan diğer vücut işlevlerinin de olumsuz olarak etkilenmesine sebebiyet vermektedir. İnsanlar normalde tek bir gürültü kaynağına maruz kalmazlar. Genellikle şehir merkezlerinde yaşayan insanlar en çok karayolu üzerindeki trafik gürültüsüne maruz kalır. Bunun da en önemli nedenlerinden biri kavşaklardır (Maraş, 2011).

- Korna sesi, insan faktörü
- Araç motor sesi, fren sesi, lastik sesi
- Kazalar sonucu oluşan yüksek desibelli sesler

Genellikle yol teması kaynaklı gürültü, motordan kaynaklanan gürültüden daha yüksek hızlarda, örneğin 60 km/saat ve üstünde, baskın hale gelir. Trafik gürültü seviyeleri, trafik akış oranına bağlı olarak hesaplanır. Ancak trafik hareketlerinin sinyalizasyon, kavşaklar, topoğrafya gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterdiği bölgelerde, trafik gürültüsünün ayrıca ölçülmesi gerekebilir. Gürültü, insanların duyduğu sese verdiği tepkiyle ilgili olduğu için doğrudan ölçümü mümkün değildir. Bu nedenle gürültü ölçüm cihazları, ses basıncını ölçerek çalışır. Havada yayılan ses titreşimlerini algılayarak bunları elektrik sinyallerine dönüştürür ve ölçeklendirir (Toklu, 2011).

Sesin şiddetini ölçmede yaygın olarak kullanılan ölçü birimi desibeldir (cbs), ve gürültü ayarlanması ve kontrolünde sıkça kullanılır. Uluslararası Standart Örgütü (ISO) tarafından kabul edilen normal gürültü düzeyi 58 dB'dir.

2.3.2.1. Gürültü Birimleri

Gürültü ölçümlerinin belirlenmesinde çeşitli göstergeler ve birimler kullanılmaktadır. Bunlar gürültünün içeriğini ve insanların üzerindeki etkilerini gösterme de kullanılır (Savaş, 2019).

Eşdeğer Sürekli Ses Basınç Düzeyi

Ölçülmesi istenen bir gürültüden ortaya çıkan ses basıncı düzeyleri ölçüm boyunca çeşitli değişimlere uğradığından L_{eq} göstergesi gibi zaman ağırlıklı ortalama bir değer kullanılarak hesaplanması gerekir. Belirlenen zaman dilimini ifade eden gürültü düzeyi Denklem (2.2)'de gösterilmiştir (Maraş, 2011; Erdoğan vd., 2007).

$$L_{eq} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{T} \int_0^T 10^{L(t)/10} dt \right] \quad (2.2)$$

A – Ağırlıklı Eşdeğer Sürekli Ses Basınç Düzeyi

Ölçülen gürültünün A ağırlık şebekesi kullanılarak hesaplandığı durumlarda Denklem (2.3) kullanılır (Maraş, 2011).

$$L_{Aeq} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{T} \int_0^T 10^{L_p A \frac{t}{10}} dt \right] dB(A) \quad (2.3)$$

Ses Etkilenim Düzeyi

Tekil ses olaylarının oluşturduğu etkiyi ortaya çıkarmakta kullanılır. Devamlılık göstermeyen bir gürültü olayının, sürekli olmayan bir olay veya işlemten kaynaklanan gürültünün enerjisiyle eşdeğer enerjiye sahip olduğu ve 1 saniye boyunca etkilediği varsayılan sabit A ağırlıklı ses düzeyidir. Denklem (2.4) ile hesaplanır (Maraş, 2011).

$$SEL = L_{eq}(t) + \log \left(\frac{t}{t_0} \right), dB(A) \quad (2.4)$$

Maksimum Düzey, L_{max}

Belirlenen zaman arasında ortaya konulan en yüksek düzeyi sunar. Genel olarak ağırlıksız şekilde dB birimiyle ifade edilir(Maraş, 2011).

Yığılmış Düzey

Zamanın belirli bir seviyesinde aşılacak gürültü düzeyini gösterir. Örneğin L_{10} zamanın %10'unda aşılacak düzeydir. Gürültünün karakteristik olan özelliğini ortaya çıkarırken kullanılabilir (Maraş, 2011).

2.3.2.2. Gürültü Göstergeleri

L_{gündüz} = Gündüz zaman dilimine göre belirlenen A ağırlıklı uzun dönem ses düzeyidir. Tanımlanan aralığı gündüz saatleri için 07:00-19:00 zaman aralığındadır (Savaş, 2019; Maraş, 2011).

L_{akşam} = Akşam zaman dilimine göre belirlenen A ağırlıklı uzun dönem ses düzeyidir. Tanımlanan akşam saatleri aralığı 19:00-23:00 zaman aralığındadır (Savaş, 2019; Maraş, 2011).

L_{gece} = Gece zaman dilimine göre belirlenen A ağırlıklı uzun dönem ses düzeyidir. Tanımlanan gece saatleri için 23:00-07:00 zaman aralığındadır (Savaş, 2019; Maraş, 2011).

L_{gag} = (Gündüz-akşam-gece gürültü göstergesi): EU Directive 2002/49/EC’de A ağırlıklı uzun dönem ses düzeyi ortalamasını ifade eder, (day-evening-night) göstergesiyle açıklanmıştır ve Denklem (2.5)’de gösterildiği gibi hesaplanır (Maraş, 2011). 24 saatlik A-ağırlıklı eşdeğer ses düzeyi, Gündüz (07:00-19:00 saatleri arasındaki 7 saatlik dönem), Akşam (19:00-23:00 saatleri arasındaki 4 saatlik dönem ve 5 dB artırılmış), ve Gece (23:00-07:00 saatleri arasındaki 8 saatlik dönem ve 10 dB artırılmış) eşdeğer ses düzeylerinin ağırlıklandırılması sonucu hesaplanmaktadır (Aşcıgil, 2009).

$$L_{gag} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{T} \int_0^T 10^{L_{pA}(t)/10} dt \right], dB(A) \quad (2.5)$$

L_{gündüz} : 07.00-19.00 saatleri arasındaki düzeyi L_{Aeq}

L_{akşam} : 19.00-23.00 saatleri arasındaki L_{Aeq} düzeyi

L_{gece} : 23.00-07.00 saatleri arasındaki L_{Aeq} düzeyi

2.3.2.3. Trafik Gürültüsü Değerlemeleri

Avrupa Birliği birlik içindeki standartların oluşması için L_{gag} ve L_{gece} birimlerinin kullanılmasını zorunlu yapmıştır. Üye olan ülkeler sınır limitini kendileri belirlemekle beraber bu birimleri dikkate alacaklardır. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliğinde de L_{gag} ve L_{gece} birimlerinin gösterilmesi talep edilmektedir. Amaç tüm gün boyunca kişilerin etkilenmiş olduğu gürültü düzeylerinin açığa çıkarılmasıdır. Ayrıca hem AB hem de Türkiye de ki mevzuatlarda insanların dinlenme anları olan ve gece olarak ifade edilen (23.00 –

07.00) zaman diliminin de ele alınmasının zorunluluğuna vurgu yapılmıştır (Maraş, 2011).

Bu tez çalışmasında 15' er dakikalık periyotlarda gündüz için trafik sayımları elde edilmiştir. Değerler saatlik değerlere dönüştürülmüş daha sonra da ortalamaları alınarak gündüz için değerler elde edilmiştir. Akşam ve Gece için sayım yapılamadığından Kurra (2009), tarafından önerilen 24 saatlik sayımlar tablosu kullanılmıştır (Şekil 2.10).

Araç 2.2: Gündüz ve gece'lik iki periyod veya 24 saatlik tam bir gün için trafik akış verisi		
Yöntem	zorluk	doğruluk
Dağılım verisi (resmi istatistiklerde) mevcut ise:		
Gündüz, akşam ve gece değerlerini bulmak için dağılım uygulanır.		1 dB 15
Dağılım verisi (resmi istatistiklerde) mevcut değil ise:		
Aşağıdaki örnekte verilmiş hatta dağılım uygulanır:		1 dB 17
Örnek: END'de tanımlı varsayılan aralıklar: Gündüz (12h: 7:00 - 19:00), akşam (4h: 19:00 - 23:00), gece (8h: 23:00 - 07:00)		
o 16h gündüz ve 8h gece sayımları: - o gündüz = gündüz sayımlarının 12/16'sı - o akşam = gündüz sayımlarının 4/16'sı - o gece = gece sayımlarının 8/8'i		
o 14h gündüz ve 10h gece sayımları: - o gündüz = gündüz sayımlarının 12/14'u - o akşam = (gündüz 2/14) + (gece 2/10) - o gece = gece sayımlarının 8/10'u		
o 12h gündüz ve 12h gece sayımları: - o gündüz = gündüz sayımlarının 12/12'si - o akşam = gece sayımlarının 4/12'si - o gece = gece sayımlarının 8/12'si		
o 24h sayımlar (önemli dipnot) ¹³ - o gündüz = sayımların 70% i - o akşam = sayımların 20% si - o gece = sayımların 10% u		1 dB

Şekil 2.10. 24 saatlik tam bir gün için trafik akış tablosu

2.3.2.4. Ulaşım Gürültü Kaynakları

Günümüzde karayolu, havayolu, su yolu ve demiryolu taşımacılığında ulaşım gürültüleri için farklı çalışmalar devam etmektedir. Ancak üzerinde en çok çalışılan ulaşım gürültüsü çok daha yaygın olması sebebiyle karayolu gürültüsüdür (Maraş, 2011). Karayolunda meydana gelen gürültülerde araç türü ve sayısı önemlidir.

Tablo 2.2' de farklı araç türlerine göre oluşan gürültü seviyeleri gösterilmiştir (Erdoğan vd., 2007).

Tablo 2.2. Araç türlerine göre gürültü seviyeleri (Erdoğan vd., 2007).

Taşıt Türü	Azami Gürültü (dBA)
Otomobil	75
Otobüs (Şehir içi)	85
Otobüs (Şehir dışı)	80
Kamyon (80 km/saat)	85
Ağır Araçlar	85

Karayolu ulaşımında motorlu taşıtlar için gürültü kaynaklarına ilişkin verilerin saptanması

Trafik gürültüsü, trafik hacmine, araçların çeşitlerine ve sürüş şekline bağlı olarak meydana gelir. Oluşan gürültü, zemin topografyası, yol seviyesi, yüzeyler ve engellerden yansımalar gibi çeşitli yayılım koşullarına bağlı olarak farklı ses alanlarına yayılım gösterir (Aşçıgil, 2009).

Motorlu taşıt trafiği için;

- Ulaşım hızları,
- Ortalama trafik hacmi,
- Ağır taşıt sayıları,
- Trafik akımının özellikleri (hızlanan ve yavaşlayan trafik, ışıklar, kavşaklar),

temel verilerdir. Ayrıca sağlanan coğrafik ve ulaşım haritaları ile gerçek durumun uyumu kontrol edilmelidir (Maraş, 2011).

2.3.3. Gürültü haritaları

Çevresel gürültünün mevcutdaki durumunu ifade etmek için kullanılan en önemli araçlardan biri gürültü haritalarıdır. Tek nokta yerine belirli bir bölge içinde gürültünün nasıl yayıldığının tespit edilmesi için gürültü haritaları kullanılmaktadır. Ayrıca mevcut gürültü seviyelerini belirleme, gürültüye hassas veya gürültü kaynağı bölgeleri sınıflandırma, kriterler belirleme ve gürültü azaltım planlarını oluşturma amacıyla da kullanılmaktadır (Aşçıgil, 2009). Gürültü haritalarının oluşturulması için temel olarak belirli bir bölgedeki mevcut gürültü düzeylerinin çeşitli görseller ile açığa çıkarılması şeklinde ifade edilebilir. Gürültü haritalarının oluşturulması için haritalanacak alandaki ses basıncı seviyelerinin belirli yüksekliklerde veya belirli aralıklarda oluşturulması gerekir. Bunun için hem hesaplama veya modelleme

yöntemleri, hem de gürültü ölçümleri kullanılarak bu düzeyler elde edilir. Daha sonrasında ise elde edilmiş olan düzeyler haritalama teknikleriyle grid üzerinde eş gürültü eğrileri oluşturulmak için kullanılır (Maraş, 2011).

2.3.3.1. Gürültü haritalarının hesaplanmasında kullanılan veriler

Gürültü haritaları modelleme yöntemi ile yapıldığı zaman bilgisayar yazılımına modellenecek alana ilişkin bazı parametrelerin bilgisayar yazılımına girilmesi gerekmektedir. Yazılım bu verileri kullanarak bölgeyi uygun hesap yöntemine göre dönüştürür ve ses basıncı hesaplamalarını gerçekleştirir. Gürültü haritalarının üretiminde kullanılacak veriler çevre verileri ve kaynak verileri olarak iki grupta ifade edilmektedir. CBS'den alınacak veriler çevre veri grubuna dahil edilmektedir (Maraş, 2011).

Çevre verileri

Coğrafi veriler: Gürültü haritası üretilecek bölgenin sınırları da dahil olmak üzere, bölgeye ait zeminin topografyasını açıklamaktadır. Yükselti, yollar, eş yükseklik eğrileri, yükseklik noktaları, kesmeler v.b. gibi verilerdir.

Fizyografik veriler: Zeminin yapısı, yutuculuğu ve yansıtıcılığını ifade eden verilerdir. Zemin yansıtıcı, yutucu veya karışık zemin tip ise tanımlanmalıdır.

Meteorolojik veriler: Sesin atmosferde yayılımını etkileyen bağıl nem, sıcaklık, rüzgar yönü ve şiddeti gibi verilerdir.

Kaynak verileri

Karayolu gürültüsü için kavşaklar, günlük veya saatlik araç sayıları, hafif/ağır araç yüzdeleri, trafiğin akış rejimi, araçların ortalama hızları, yol eğimi, şeritler, yol genişlikleri, trafik lambaları gibi veriler yazılıma girilmelidir (Savaş, 2019).

2.3.3.2. Gürültü haritalarının hazırlanma yöntemleri

Gürültü haritaları ses basıncı seviyelerinin belirli olan aralıklarda hesaplanması sonucu elde edildikten sonra gridlere yerleştirilmesi ile hesaplanır. Bunun için ses basıncı düzeyleri ya bölgede hesaplama ya da ölçüm modelleri ile elde edilmelidir. Günümüzde birçok ticari gürültü haritalama yazılımları vardır. Bunlar arasında en sık olarak kullanılanlar Soundplan, CadnaA, Lima ve Immi yazılımlarıdır (Maraş, 2011). Çevre ve kaynak verilerinin girilmesinin ardından hesaplama yöntem seçimleri ve hassasiyet ayarları yapılmalıdır. Programlara göre değişiklik göstermekle beraber yapılması gereken ayarlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1) Hesaplama yöntemlerinin seçimi: Programlar çeşitli standart ve yöntemleri desteklemektedir. Bu nedenle endüstri, karayolu, demiryolu ve havayolu hesaplamalarının hangi yöntemler doğrultusunda yapılacağını tespit edilmesi gerekmektedir.

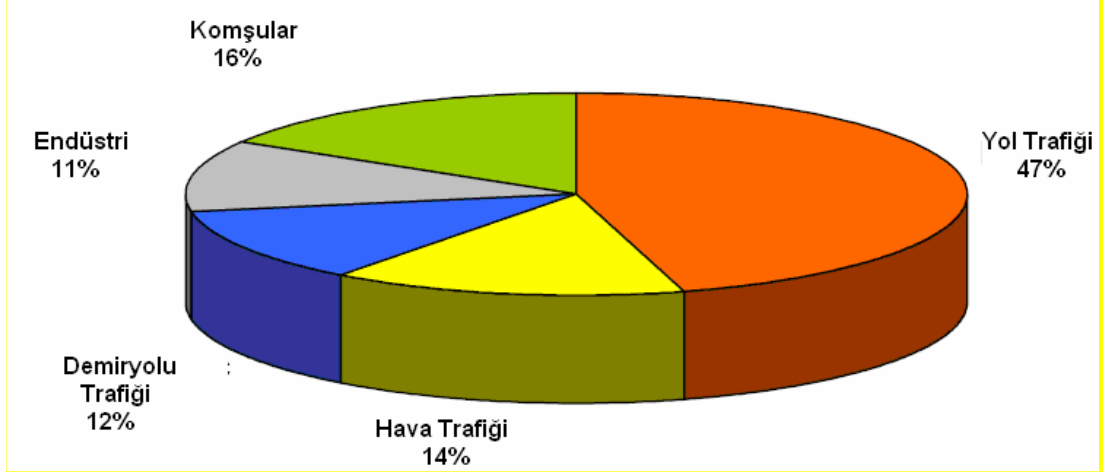
2) Grid Aralığı: Ses basıncının hangi aralıklarla hesaplanacağını belirler. Başka bir ifadeyle sanal olarak hesaplanacak olan alıcı noktalarının aralığıdır.

3) Yansıma: Bina cephelerinden yansıyan gürültülerin hesaplanması için, yansımanın hesaplanacağı derecelerin ve gerekli ayarlamaların yapılması gerekmektedir.

4) Kaynak arama mesafesi: Kaynak etkisinin en fazla ne kadarlık bir yarıçapta hesaplamaya katılması gerektiğinin ayarındır (Savaş, 2019).

2.3.3.3. CBS verilerinin gürültü haritasında kullanılması

Gürültü haritalarının üretilmesindeki temel amacı tüm çevresel faktörlerden kaynaklanan gürültü düzeylerinin insan üzerindeki etkilerinin tespiti ve en aza indirilmesi olduğundan, gürültü analizleri insanların yoğun olarak bulunduğu alan ve tesislerin dağılımı dikkate alınarak yapılmak zorundadır. Bu durum ancak gürültü haritalarının diğer coğrafi verilerle birlikte analizi ile mümkündür. Bu anlamda, CBS gürültü haritaları ile diğer coğrafi katmanların bütünleşik bir yapıda analiz ve incelenmesine olanak sağlamaktadır (Toklu, 2011). Gürültü düzeylerinin analizindeki bir diğer amaç, CBS ile elde edilen tahmin modelleri sayesinde gürültü düzeylerini zamansal veya mekânsal olarak karşılaştırıp görselleştirebilmesidir (Maraş, 2011). CBS ile gürültü düzeylerinin tahmin modeli ile elde edilmesi, analizi, zamansal veya mekânsal karşılaştırılması ve görselleştirilmesi olanaklı hale gelmektedir. Günümüzde, gürültü analizleri için hazırlanan haritalar eskiden iki boyutlu olarak tasarlanırken, CBS ile üç boyutlu arazi modelleri ve bina modelleri eklenerek daha ayrıntılı analizler yapılabilir hale gelmiştir. Bu da karşılaştırmalı haritaların üretilmesine imkan tanımıştır. (Toklu, 2011). Şekil 2.11’ de rahatsızlık veren gürültü kaynakları ile ilgili Almanya’da yapılan bir çalışma örneği gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Rahatsızlık Veren Gürültü Kaynakları (Toklu, 2011)

Şekil 2.11.'de Almanya'da yapılmış bir araştırmaya göre rahatsızlık veren gürültü kaynaklarının arasında trafik gürültüsü % 47 paya sahiptir. Motorlu araçlardan kaynaklanan gürültü %73'tür (Toklu, 2011). Kent gürültüsünü artıran nedenlerin ilk başında trafik yoğunluğunun çok fazla olması, sürücülerin sabırsız davranıp sürekli korna çalması gibi nedenler gelmektedir. Bugün türkiyede ki motorlu taşıt sayısı yaklaşık olarak 24 milyona yaklaşmaktadır. Türkiye genelindeki artışa paralel olarak Samsundaki araç sayısı da artmaktadır. Samsundaki motorlu taşıt sayısı 2023 yılı itibariye 420,775 e ulaşmış olup Türkiye' deki araç sayısının ortalama 1.5' u kadarlık kısmını oluşturmaktadır (TÜİK, 2023).

2.3.4. Trafik Kazaları

Trafik kazalarının nedenleri arasında, artan trafik yoğunluğu, trafik eğitimi eksikliği, toplumun sosyal ve kültürel yapısından kaynaklanan bazı davranışlar, yol altyapısının ve ulaşım tesislerinin düzenlenmesindeki yanlışlıklar ile trafik yönetim ve denetimindeki yetersizlikler yer almaktadır. Bu unsurlar birbirleriyle etkileşim içinde olduğu için, birinde meydana gelen olumsuz bir sonucun diğer unsurları da etkileyerek trafik sorunlarının oluşmasına sebep olması kaçınılmazdır. Trafik kazaları sonucunda maddi ve manevi birçok kayıp yaşanmakta ve maalesef bu kazaların önüne geçilememektedir. Kavşaklardaki trafik kazaları, maddi hasar ve can kayıpları açısından kavşak tasarımının ne kadar önemli olduğunu vurgulamaktadır. Yanlış tasarlanmış, standartlara uymayan ve sürücülerin algılamasını güçleştiren kavşaklar, karayollarında önemli kaza noktaları haline gelmektedir (Akmaz, 2012). Trafik kazalarını azaltmak için ayrılan kaynaklar kısıtlı olduğundan, en etkili sonuçları elde etmek için öncelikli olarak en fazla kaza yoğunluğuna sahip kesimlere odaklanmak

gereklidir. Bu nedenle, ölümlü ve yaralanmalı kazaların azaltılması veya belirli bir hedefin altına düşürülmesi için bu riskli bölgelerin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır (Şişman vd., 2010). Kentlerin ana arterleri üzerinde bulunan ve kente özdeşleşmiş kavşakların zamanla işlevselliğini kaybetmesi, günlük yaşamı olumsuz etkileyerek güvenlik açısından zaafiyetler oluşturmaktadır. Trafik yoğunluğunun sürücülerde stres ve sinir bozukluklarına neden olduğu bilinmekte ve aynı zamanda kaza riskini artırmaktadır. Bu nedenle, kavşaklarda meydana gelen kazalar ve bu kazaların oluşma şekli dikkatle incelenmelidir. Kavşaktaki kazaların nedenleri ve oluşma şekilleri, sorunun tespiti ve çözümü için büyük önem taşımaktadır (Sesli, 2017)

2.3.5. Zaman kaybı

Gelişmekte olan şehirlerde hızla artan araç trafiği, günlük yaşantıyı olumsuz yönde etkilemektedir. Bu sebeple trafiğin etkili bir şekilde yönetilmesi ve trafik tesislerinin en verimli biçimde kullanılması büyük önem taşımaktadır. Araç sayısındaki sürekli artış, trafikteki araç yoğunluğunu ve buna bağlı olarak trafik tesislerindeki gecikmeleri ciddi şekilde artırmaktadır (Yiğit, 2019). Trafikteki araç sayısındaki bu artış, trafik akışında düşük hız, tıkanıklık ve gecikme gibi sorunları da beraberinde getirmektedir. Bu tür problemlerin kent içinde en yoğun şekilde yaşandığı bölgeler ise kavşak noktaları olarak bilinmektedir (Alemdar, 2019).

Kent içinde yoğun trafik olan kavşakların zaman yönetimi üzerinde oldukça olumsuz etkileri bulunmaktadır. Kavşaklarda ışıklı kavşaklarda ortalama bekleme süresi 60 ile 72 sn arasında değişmektedir. Trafiğin en yoğun olduğu zaman işe gidiş saatleri (07:30-09:30) arası ve işten çıkış saatleri (16:30-17:30) arası trafiğe aşırı yüklenmelerden dolayı arka arkaya dizilen araçların sayısı artarak kuyruk oluşturmaya neden olmaktadır. Bu durumda araçların sinyalizasyon ışığından geçişini uzatmaktadır. Eğer kavşaklar uygun modellenirse bu sıkışıklık minimuma düşürülebilir (Alemdar, 2019).

2.3.6. Psikolojik etkenler

- Gürültü,
- Zaman Kaybı,
- Kaza Oranı,
- Hava Kirliliği
- Yakıt Sarfıyatı;

Diğer başlıkların bütünü ele alındığında bu durumların insan psikolojisini olumsuz etkilediği görülmüş olur (Alemdar, 2019).

Yoğun trafikte yaşanan stres ve sinir bozucu durumlar günümüzde insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen nedenler arasında ilk sıralarda yer almaktadır (Alemdar, 2019).

2.4. Kavşakların düzenlenmesinde coğrafi bilgi sistemlerinin kullanılması

Trafik güvenliği çalışmaları için doğru bilgiye ulaşmak ve trafik kazalarını en aza indirmek amacıyla, tüm kaza bilgilerinin konumlarıyla birlikte toplanması ve depolanması gerekmektedir. Bu verilerin istatistiksel değerlendirmeleri yapılarak, olayların ve fiziki durumların ihmal edilmeden, etkili planların oluşturulması mümkündür. CBS sayesinde, bu süreç hızlı ve ayrıntılı bir şekilde gerçekleştirilebilir. Aynı zamanda, sanal ortamda bu verilerin görüntülenmesi, farklı senaryoların üretilmesi ve muhtemel sonuçların test edilmesi de mümkündür. (Ertunç, 2013).

Kentler üzerindeki yoğunluğu azaltabilmek için CBS üzerinden birtakım çalışmalar yapılabilir. CBS ile, günümüz koşullarına daha hızlı bir uyum sağlanabilecektir. Kavşak düzenlemeleri ile ilgili planlama ve altyapı çalışmalarında da CBS kullanımına geçilmesi kaçınılmazdır. CBS hem uygulama, hem planlama hemde zaman içinde değişikliklerin gerçekleştirilmesinde ve gerektiğinde de bilgilerin paylaşılması için uygun bir ortam sağlar (Ertunç, 2013).

3. MATERYAL VE METOT

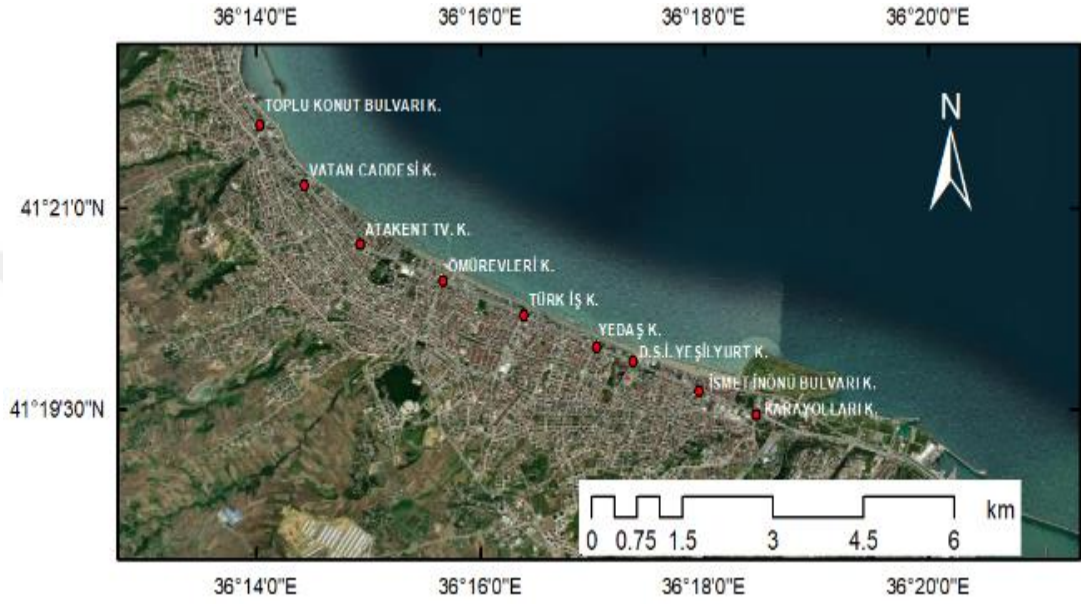
Bu çalışma çerçevesinde, Samsun ili Atakum ilçesi Atatürk Bulvarı üzerinde bulunan Karayolları - Toplu Konut Bulvarı arasında olan 9 kavşak incelenmiş ve çalışma kapsamında kullanılmış olan programlar yardımıyla olumsuz olan faktörler hesaplanıp ne gibi çözümler oluşturulabileceği hesaplanmıştır. Trafik sıkışıklığının en yoğun olduğu noktaların tespiti ve bu tespitler sonucunda ortaya çıkan muhtemel sonuçların test edilmesi için CBS programı kullanılmıştır. Bu çalışma, anayol üzerinde günlük araç trafiği, ışıklı kavşaklarda dur-kalk işlemlerinin neden olduğu yakıt tüketimi, zehirli gaz salınımı ve gürültü seviyeleri gibi ölçümleri analiz etmeyi ve verilerin sayısal dağılımlarını belirlemeyi amaçlamıştır. Bu kapsamda, saha çalışmaları ve diğer yazılım programları (CadnaA, Copert) da kullanıldı. Çalışma alanını tanımlamak, kavşaklardaki trafik yoğunluğunu tespit etmek, hava kirliliği, yakıt tüketimi, gürültü kirliliği ve çok kriterli karar verme yöntemleri gibi analiz yöntemleri detaylı olarak ele alınmıştır.

3.1. Çalışma alanı

Kavşaklarda kontroller sinyalizasyon sistemleri sayesinde sağlanmaktadır. Ancak kavşaklarda istenilen şekilde sinyalizasyon sistemlerinin oluşturulması için kavşak geometrisi oldukça önemlidir. Önerilen çalışma kapsamında çalışma alanı olarak Samsun ilinin en kalabalık ve trafik hareketliliğinin en yoğun olarak hissedildiği ilçelerden biri olan Atakum ilçesi özel olarak irdelenmek üzere değerlendirmeye alınmıştır. Çalışma alanı için Karayolları- Toplu Konut Bulvarı arasındaki 9 kavşak trafik değerlendirmelerini incelemek için seçilmiştir. Kavşakların yapıları incelendiğinde, Karayolları K, D.S.İ. Yeşilyurt K., YEDAŞ K., Türk iş K., Ömürevleri K., Vatan Caddesi K. ve Toplu Konut Bulvarı K. 4 kollu kavşak geometrisine sahipken, İsmet İnönü Bulvarı K. ve Atakent TV. K. 3 kollu kavşak geometrisine sahiptir. Bu hat etrafında Karayolları Genel Müdürlüğü, YEDAŞ (Yeşilirmak Elektrik Dağıtım A.Ş), Medical Park Hastanesi, KYK öğrenci yurdu, Emniyet Genel Müdürlüğü, PTT, Üniversite gibi kamusal binalar ve çeşitli sosyal alanların bulunduğu bir merkez konumunda bulunmaktadır. Bu hattın uzunluğu 7.7 km'dir. Bu hat üzerinde trafik akış hızı değeri gece 00.00 dan sonra sinyalizasyon ışıkları aktif olmadığında yaklaşık 80 km/saat hızına kadar çıkabilirken, sinyalizasyon ışıkları aktifken 15 km/saat hızına kadar düşebilmektedir. Samsun genelinde trafik hacim haritasına göre trafikte en yoğun olan ilçe Atakumdur. Günlük ortalama olarak 55 bin 665 araç geçmektedir. Bu ortalamalara

göre Atakum ilçesinde yaklaşık olarak 47 bin 990 otomobil, 2 bin 366 orta yüklü ticari taşıt, 286 otobüs, 4 bin 669 kamyon ve 354’de çekici ve yarı römorklu araçlar günlük geçiş yapmaktadır (KGM, 2021).

Çalışma alanı Şekil 3.1’ de gösterilmektedir. Bu anayol hattı üzerinde 9 tane sinyalize kavşak bulunmaktadır. Bu kavşaklar şehir içindeki karayolu ulaşımında ve şehirlerarası yol olarak (Sinop yolu) kullanılmaktadır.



Şekil 3.1. Çalışma alanı, google-earth görüntüsü

Karayolları kavşağı - Toplu Konut Bulvarı kavşağı arasında drone ile çekilen görüntüler Samsun Büyükşehir Belediyesi’ den alınarak kavşaklar daha detaylı gösterilmiştir (Ek 6.). Çalışma alanına ait drone ile çekilmiş görüntü Şekil 3.2’de verilmiştir. Ayrıca çalışma alanı içerisindeki 9 kavşağın drone ile çekilmiş görüntüleri de Ek 1 kısmında gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Çalışma alanı drone ile çekilmiş görüntüsü

3.2. Verilerin toplanması

Trafik hacim verilerinin toplanması ve değerlendirilmesi, modern dünya şehirlerinde trafiğin kontrolü, denetimi ve yönetimi açısından son derece önemli bir konudur. Bu veriler, trafik sıkışıklığı, yol güvenliği, ulaşım planlaması ve tasarımı, çevre kirliliği, gürültü kirliliği ve emisyon salınımı gibi bir çok konuda kritik kararlar alınması için gereklidir. Trafik hacim verileri farklı yöntemler aracılığıyla toplanabilir. Bu çalışma da trafik hacim verileri; Karayolları kavşağı, D.S.İ. Yeşilyurt kavşağı ve YEDAŞ Kavşağı' da kavşağın her bir kolunda 2 kişi olacak şekilde 8 kişilik ekiple saha çalışması şeklinde yapılırken, İsmet İnönü Bulvarı kavşağı, Türk iş kavşağı, Ömürevleri kavşağı, Atakent kavşağı, Vatan Caddesi kavşağı ve Toplu Konut Bulvarı kavşağında ise kavşakların her bir kolunu detaylı şekilde görecektir şekilde kamera kullanılarak sayılmıştır. Ölçümler hafta içinde trafik yoğunluğunun fazla olduğu belirli zamanlarda yapılmıştır. Değerlendirmeye alınan koridora gelen trafik yönleri Ek 2 kısmında verilmiştir. Ayrıca, her bir kavşak kolunun isimlendirilmesi şekillerde görülmektedir. Bu isimlendirmeler tablolara işlenerek trafik sayımı yapılmıştır (Ek 2).

3.3. Kavşaklarda yapılan çalışmalar

Samsun ili Atakum ilçesinde bulunan kavşakların yoğunluğu, trafik akışının verimli bir şekilde sağlanması ve olası trafik sıkışıklıklarının önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu sebeple, kavşakların yoğunluğunun tespiti için farklı yöntemler kullanılmıştır. Bunlardan biri, her bir kavşak için gün içinde belirli zaman aralıklarında araç sayımı yapmaktır. Bu yöntem sayesinde, kavşakların yoğunluk

düzeyleri belirlenerek trafik yönetiminde daha etkili kararlar alınabilir. Ayrıca, Yoğunluk Analizi ve Buffer Analizi gibi CBS analizleri de yapılarak, kavşaklardaki yoğunluğun farklı yöntemlerle de belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu analizlerde, kavşaklara yakın bölgelerdeki yerleşim yerleri, okullar, kurumlar ve hastaneler gibi faktörler dikkate alınmıştır. Bu sayede, kavşakların bulunduğu bölgenin genelindeki trafik yoğunluğu hakkında da bilgi sahibi olunmuştur. Tüm bu yöntemlerin kullanılmasıyla, Atakum ilçesindeki kavşakların yoğunluğu ve trafik akışı hakkında kapsamlı bir veri seti elde edilmiştir. Bu veriler, trafik yönetimi ve planlaması konusunda önemli bir kaynak oluşturabilir ve Atakum ilçesi için daha etkin bir trafik yönetimi planlanmasına yardımcı olabilir. Konu hakkındaki ana noktalar alt başlıklar şeklinde anlatılmıştır.

3.3.1. Trafik sayımları

Belirli bir zaman dilimi içinde trafiğe katılan araçların sayımının yapılarak kaydedilmesi veya bu araçların hareketlerinin belirli şekillerde tespit edilmesi işlemine trafik sayımları denir. Bu sayımların amacı kavşakları yoğunluk düzeylerine göre belirlemektir. Trafik sayımları kapsamında otomobiller, motorsikletler, minibüsler, kamyonetler, otobüsler, kamyonlar, tırlar ve römorklar gibi çeşitli araçlar ele alınarak gün içinde belirli zaman aralıklarında sayımları yapılmıştır.

Atakum ilçesinde bulunan kavşaklardaki yoğunluğu tespit etmek için kavşakların her biri için gün içinde belirli aralıklarla araç sayımı yapılmıştır.

Her bir kavşakta, sola ve sağa dönen araçlar ile düz giden araçlar olmak üzere farklı trafik akımları için 07.30-19.00 saatleri arasında 15 dakikalık periyotlar halinde sayım verileri alınmış ve bu verilerin trafik cinsleri ayrı olarak işlenmiştir. Her trafik akımı için, 15 dakikalık trafik hacim değerleri elde edilmiş ve bu değerlerin tablolastırılmasıyla, incelenen kavşaklarda maksimum ve minimum yoğunluğa sahip olan kavşaklar tespit edilmiştir. Trafik hacim değerlerinin detaylı olan tabloları Ek 3'te verilmiştir. Kavşaklardan gün içinde geçen toplam araç sayıları araçların cinslerine göre hazırlanmış ve Tablo 3.1 ile Tablo 3.5 arasında verilmiştir.

Tablo 3.1. Kavşaklardan gün içinde geçen toplam otomobil sayıları

Saat	Yönler ↓	Karayolları kavşağı	İsmet İnönü Bulvarı Kavşağı	D.S.İ.Yeşilyurt kavşağı	YEDAŞ kavşağı	Türk iş kavşağı	Ömürevleri kavşağı	Atakent TV. kavşağı	Vatan Caddesi kavşağı	Toplu Konut Bulvarı kavşağı	
	07.00-19.00	Üniversite:	16906	14782	14494	13574	13212	15182	11398	15050	12976
		Merkez:	21754	19722	19074	19876	17508	19186	16858	15772	14250
		Tramvay:	3188	2226	2304	3262	5044	5098	2622	2649	1982
		Sahil Yolu:	3646	-	2030	918	910	782	-	-	748
	19.00-23.00	Üniversite:	4830	4224	4141	3880	3775	4338	3257	4300	3707
		Merkez:	6215	5635	5450	5679	5002	5482	4817	4506	4071
		Tramvay:	911	636	658	932	1441	1457	749	757	567
		Sahil Yolu:	1042	-	580	262	260	224	-	-	214
	23.00-07.00	Üniversite:	2415	2112	2072	1940	1888	2170	1630	2153	1857
		Merkez:	3107	2818	2725	2840	2501	2742	2411	2501	2032
		Tramvay:	456	319	330	466	725	731	378	358	284
		Sahil Yolu:	525	-	290	130	128	110	-	-	108
Toplam		64995	52474	54148	53759	52394	57502	44120	48046	42796	

Tablo 3.1. incelendiğinde 9 adet kavşak üzerinde yapılan ölçümler sonucunda en fazla otomobil geçişinin olduğu kavşak Karayolları kavşağı iken en az yoğun olan kavşak ise Toplu Konut Bulvarı kavşağıdır . Kavşak yoğunluğunu tespit etmek için en çok bakılması gereken kısım ise tramvay yönüne doğru olan kısımdır. Bu kısımda en yoğun olan kavşaklar ise Türk iş ve Ömürevleri kavşaklarıdır.

Tablo 3.2. Kavşaklardan gün içinde geçen toplam motosiklet sayıları

Saat	Yönler ↓	Karayolları kavşağı	İsmet İnönü Bulvarı Kavşağı	D.S.İ.Yeşilyurt kavşağı	YEDAŞ kavşağı	Türk iş kavşağı	Ömürevleri kavşağı	Atakent TV. kavşağı	Vatan Caddesi kavşağı	Toplu Konut Bulvarı kavşağı
07.00-19.00	Üniversite:	258	366	482	364	362	422	350	406	202
	Merkez:	266	332	486	508	408	614	416	420	354
	Tramvay:	80	124	72	114	228	166	264	122	100
	Sahil Yolu:	72	-	104	40	22	40	-	-	32
19.00-23.00	Üniversite:	74	105	138	104	103	123	102	118	290
	Merkez:	76	95	139	145	117	176	596	124	102
	Tramvay:	23	35	21	33	65	48	77	39	31
	Sahil Yolu:	21	-	30	12	7	12	-	-	12
23.00-07.00	Üniversite:	38	52	69	52	51	60	51	55	148
	Merkez:	39	47	70	73	59	89	295	60	50
	Tramvay:	12	19	11	17	33	25	41	21	17
	Sahil Yolu:	10	-	16	6	4	7	-	-	8
Toplam		969	1175	1638	1468	1459	1782	2192	1365	1346

Tablo 3.2. incelendiğinde gün içinde en fazla motosiklet geçişinin olduğu kavşak Atakent TV. kavşağı iken en az yoğun olan kavşak ise İsmet İnönü Bulvarı kavşağıdır.

Tablo 3.3. Kavşaklardan gün içinde geçen toplam minibüs- kamyonet sayıları

Yönler ↓	Karayolları kavşağı	İsmet İnönü Bulvarı Kavşağı	D.S.İ.Yeşilyurt kavşağı	YEDAŞ kavşağı	Türk iş kavşağı	Ömürevleri kavşağı	Atakent TV. kavşağı	Vatan Caddesi kavşağı	Toplu Konut Bulvarı kavşağı		
Saat	07.00-19.00	Üniversite:	2292	2120	2030	1584	1878	1680	1454	2064	1942
		Merkez:	2878	2604	2478	2654	2156	2034	1818	1720	1790
		Tramvay:	442	342	370	350	520	682	322	306	230
		Sahil Yolu:	234	-	104	24	80	92	-	-	62
	19.00-23.00	Üniversite:	655	606	580	453	537	481	416	590	555
		Merkez:	822	744	708	760	616	582	520	492	512
		Tramvay:	126	98	106	101	150	196	92	88	66
		Sahil Yolu:	67	-	30	7	23	27	-	-	19
	23.00-07.00	Üniversite:	328	302	291	227	270	242	211	291	278
		Merkez:	411	373	354	380	310	295	263	247	258
		Tramvay:	63	48	53	51	76	98	48	43	35
		Sahil Yolu:	35	-	16	4	12	15	-	-	10
Toplam		8353	7237	7120	6595	6628	6424	5144	5841	5757	

Tablo 3.3. incelendiğinde gün içinde en fazla Minibüs-Kamyonet geçişinin olduğu kavşak D.S.İ. Yeşilyurt kavşağı iken en az yoğun olan kavşak Atakent TV. kavşağıdır.

Tablo 3.4. Kavşaklardan gün içinde geçen toplam otobüs-kamyon-tır sayıları

Yönler ↓	Karayolları kavşağı	İsmet İnönü Bulvarı Kavşağı	D.S.İ.Yeşilyurt kavşağı	YEDAŞ kavşağı	Türk iş kavşağı	Ömürevleri kavşağı	Atakent TV. kavşağı	Vatan Caddesi kavşağı	Toplu Konut Bulvarı kavşağı		
Saat	07.00-19.00	Üniversite:	886	988	956	982	896	988	786	974	908
		Merkez:	1042	916	1204	896	934	820	1014	826	982
		Tramvay:	92	28	138	44	86	214	50	134	96
		Sahil Yolu:	48	-	14	4	12	10	-	-	2
	19.00-23.00	Üniversite:	253	282	273	281	256	283	226	280	261
		Merkez:	298	262	344	256	267	236	291	236	281
		Tramvay:	26	9	40	13	25	62	15	39	29
		Sahil Yolu:	14	-	5	1	4	4	-	-	1
	23.00-07.00	Üniversite:	127	145	136	142	126	142	114	141	132
		Merkez:	150	140	172	127	134	119	147	115	140
		Tramvay:	13	6	20	7	13	33	8	20	14
		Sahil Yolu:	7	-	2	1	2	2	-	-	1
Toplam		2956	2776	3304	2754	2755	2913	2651	2765	2847	

Tablo 3.4. incelendiğinde, gün içinde en fazla Otobüs-Kamyon-Tır geçişinin olduğu kavşak D.S.İ. Yeşilyurt kavşağı iken en az yoğun olan kavşak ise Atakent TV. kavşağıdır.

Tablo 3.5. Kavşaklardan gün içinde geçen toplam araç sayısı

Saat	Yönler ↓	Karayolları kavşağı	İsmet İnönü Bulvarı Kavşağı	D.S.İ. Yeşilyurt kavşağı	YEDAŞ kavşağı	Türk iş kavşağı	Ömürevleri kavşağı	Atakent TV. kavşağı	Vatan Caddesi kavşağı	Toplu Konut Bulvarı kavşağı	
	07.00-19.00	Üniversite:	20342	18256	17962	16504	16348	18271	13988	18494	16028
		Merkez:	25940	23574	23242	23934	21006	22654	20106	18738	17376
		Tramvay:	3802	2720	2884	3770	5878	6160	3258	3211	2408
		Sahil Yolu:	4000	-	2252	986	1024	924	-	-	844
	19.00-23.00	Üniversite:	5812	5220	5135	4715	4674	5220	3998	5284	4580
		Merkez:	7412	6736	6642	6838	6004	6472	5745	5354	4966
		Tramvay:	1086	777	824	1078	1680	1761	930	918	688
		Sahil Yolu:	1145	-	644	283	294	264	-	-	240
	23.00-07.00	Üniversite:	2908	2613	2570	2359	2338	2612	1997	2642	2289
		Merkez:	3705	3371	3324	3421	3003	3236	2856	2679	2501
		Tramvay:	545	392	416	546	842	859	465	458	343
Sahil Yolu:		575	-	331	143	149	134	-	-	121	
Toplam		77272	63659	66226	64577	63240	68568	53343	57778	52384	

Tablo 3.5. incelendiğinde, gün içinde en fazla araç geçişinin olduğu kavşak Karayolları kavşağı iken, en az yoğun olan kavşak ise Toplu Konut Bulvarı kavşağıdır. 9 kavşak için belirli zaman aralıklarında yapılan araç sayımlarının sonucunda yoğunluk analizleri tek tek ele alınarak en yoğun olan kavşaklar tespit edilmeye çalışılmıştır. Yapılan araç sayımlarının CBS ortamına aktarılarak haritalandırılması için çizgi yoğunluk analizi yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem aşağıda detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

3.3.2. Yoğunluk analizi

Yoğunluk analizi, coğrafi verilerdeki nokta, çizgi veya alanların yoğunluğunu ve dağılımını analiz etmek için kullanılan bir yöntemdir (Aktepe ve Aydın, 2013). Bu analizler genellikle, bir bölgedeki nüfus yoğunluğu, trafik yoğunluğu, su kaynakları veya doğal afetler gibi konuları incelemek için kullanılır (Bakak, 2016). Yoğunluk analizi, bir bölgenin hangi kısımlarının daha yoğun olduğunu belirlemek için çeşitli gösterimler kullanır. Nokta, çizgi ve kernel şeklinde analizler yapılarak yoğunluklar belirlenir. Bu analiz yöntemlerinin detaylı açıklamaları alt başlıklar halinde anlatılmıştır.

3.3.2.1. Nokta yoğunluk analizi

Nokta yoğunluk analizi, coğrafi verilerin analizinde sıklıkla kullanılan bir tekniktir. Bu analiz yöntemi, öncelikle belirli bir bölge veya tarama alanı belirlenerek işleme başlar. Daha sonra bu bölgedeki her bir nokta veya nesne sayısı, bölgenin büyüklüğüne bölünerek hücre değerleri hesaplanır. Bu hücre değerleri, belirli bir yarıçap etrafındaki noktaların yoğunluğunu hesaplamak için kullanılır. (Bakak, 2016; Wang et al., 2022). Nokta yoğunluk analizi, ayrıık noktalarla ifade edilen verilerin analizi ile belirli bir yarıçap etrafındaki noktalardaki yoğunlukları hesaplamak için kullanılır (Duran, 2014). Sonuç olarak, nokta yoğunluk analizi, belirli bir bölgedeki nesnelerin dağılımını daha iyi anlamak için kullanılan bir tekniktir.

3.3.2.2. Kernel (Çekirdek) yoğunluk analizi

Kernel (Çekirdek) yoğunluk analiz yöntemi, verilerin sürekli bir şekilde dağılımını görselleştirmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, noktasal ve çizgisel verilerin hesaplanmasına olanak tanır. Noktasal veriler, her bir noktanın yoğunluğuna karşılık gelir. Noktaların bulunduğu alanı karelerle bölerek bir ızgara oluşturur. Her kare, içerisinde düşen noktaların sayısına göre bir histogram ile yoğunluk belirler. Çizgisel veriler ise, kernel yoğunluğu grafiğindeki eğrilerin yükseklikleri ve şekilleri ile ilişkilidir (Toprak ve Sunkar,

2022). Bu yöntemde, noktaların dağılım sıklığı, gözlenen frekans dağılımı ile beklenen değer karşılaştırılarak test edilir. Kernel yoğunluk analizi, hücreler yerine, tanımlanmış bir yarıçapa sahip olan çember içerisindeki noktaların yoğunluğunu ve bu kaynaktan uzaklaştıkça değişen noktasal yoğunluğu ifade eder. Bu analiz yöntemi, noktaların dağılımını daha detaylı ve kesin bir şekilde ölçmek için kullanılır (Bakak, 2016). Kernel yoğunluğu analiz yönteminde, yüzey değeri noktanın bulunduğu yerde en yüksek olur ve noktadan uzaklaştıkça azalır. Arama yarıçapı mesafesi, kernel yoğunluğunun sıfıra ulaştığı mesafedir. Bu mesafe, verilerin yoğunluğunun hesaplanması için kullanılan bir parametredir (Bakak, 2016).

Kernel yoğunluk aracı haritadaki ayrıntıların yoğunluğunu bu ayrıntıların çevresinde hesaplar. Yoğunlukların hesaplamalarında kullanılan formül Denklem 3.1’de verilmiştir (Toprak ve Sunkar, 2022). Sonuç olarak, her bir noktanın üzerinde düzgün, yumuşak ve eğik bir yüzey tanımlanmış olur (Tağıl ve Alevkayalı, 2013).

$$K(i) = \sum_{d < r} \frac{3}{\tau^2} \left(1 - \frac{d^2}{\tau^2}\right)^2 \quad (3.1)$$

K: Kernel yoğunluğu

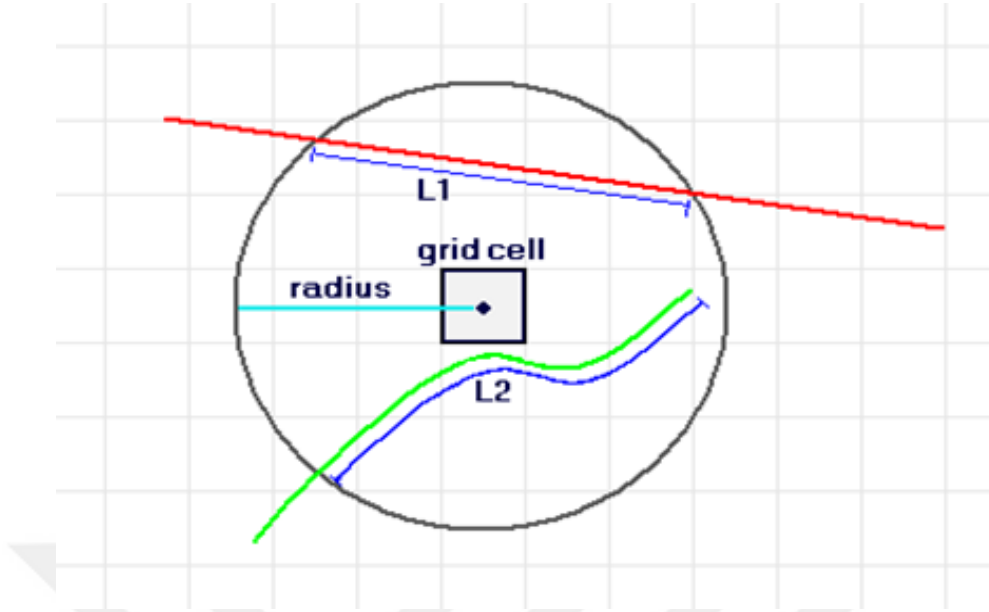
d: mesafe

τ : Bant genişliği

r: yarı çap

3.3.2.3. Çizgi yoğunluk analizi

Bu yoğunluk analiz yöntemi, her bir raster hücre etrafındaki doğrusal özelliğin yoğunluğunu hesaplar (Ogato et al., 2020; Chavare, 2011). Yoğunluk, alan başına düşen uzunluk birimi cinsinden hesaplanır. Arama yarıçapı kullanılarak her raster hücre merkezinin etrafına bir daire çizilir. Her çizginin dairenin içine düşen kısmının uzunluğu popülasyon alanı değeriyle çarpılır. Bulunan değerler toplanır ve toplam dairenin alanına bölünür. Yoğunluk değerinin doğrusal birimi metre ise, alan birimleri kilometrekare olarak ayarlanır ve sonuçta oluşan çizgi yoğunluğu kilometrekare başına metre olur. Komşuluk içindeki çizginin bir bölümü yoğunluk hesaplanırken dikkate alınır (Chavare, 2011). Şekil 3.3’ te yöntem detayları yer almaktadır.



Şekil 3.3. Çizgi Yoğunluğunun uzunluğunu belirlemek için kullanılan raster hücre ve dairesel komşuluk gösterimi(Silverman, 1986).

Denklem 3.2’de dairesel komşuluğu ile bir tarama hücresi gösterilmektedir. L1 ve L2 çizgileri, her çizginin daire içine düşen kısmının uzunluğunu göstermektedir. Bu gösterime denk gelen popülasyon değerleri V1 ve V2’ dir. Böylece;

$$Yoğunluk = \frac{(L1.V1) + (L2.V2)}{Daire Alanı} \quad (3.2)$$

İle elde edilir (Silverman, 1986).

Bu tez çalışmasında gün içinde yapılan araç sayımlarının yoğunluk analizinin gösteriminde bu yöntem kullanılmıştır. Çalışmada, araç sayımları kullanılarak haritalandırılması için çizgi yoğunluk analizi yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntemin kullanılmasının nedeni çalışma alanının her kısmını kapsadığından dolayıdır. Çalışmada, hücre boyutu, popülasyon alanı (araç sayıları) ve kullanılan yarıçap gibi parametreler belirlenmiştir. Bu parametreler, Şekil 3.4 ve Şekil 3.5’ te CBS ara yüzünde gösterilmiştir. Son olarak çalışmanın iş akış şeması da gösterilerek çalışmanın nasıl yapıldığı açıklanmıştır (Şekil 3.6).

FID	Shape *	Id	cizgiarac
0	Polyline	0	20342
1	Polyline	0	23574
2	Polyline	0	2720
3	Polyline	0	18256
4	Polyline	0	23242
5	Polyline	0	2252
6	Polyline	0	2884
7	Polyline	0	17962
8	Polyline	0	23934
9	Polyline	0	986
10	Polyline	0	3770
11	Polyline	0	16504
12	Polyline	0	21006
13	Polyline	0	1024
14	Polyline	0	16348
15	Polyline	0	4000
16	Polyline	0	3802
17	Polyline	0	25940
18	Polyline	0	5878

Şekil 3.4. Populasyon alanı (Araç sayıları)

Line Density

Input polyline features
cizgi

Population field
cizgiarac

Output raster
C:\Users\ASUS\Documents\ArcGIS\Default.gdb\LineDen_shp15

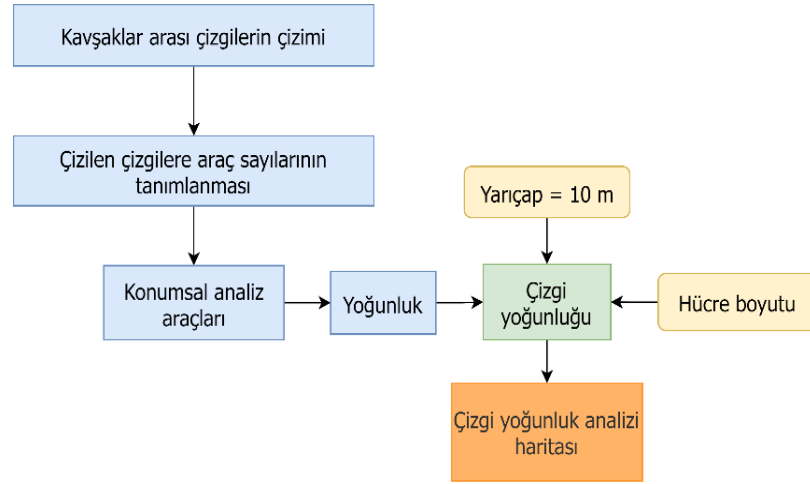
Output cell size (optional)
1

Search radius (optional)
10

Area units (optional)
SQUARE_KILOMETERS

OK Cancel Environments... Show Help >>

Şekil 3.5. Çizgi yoğunluk analizi verileri

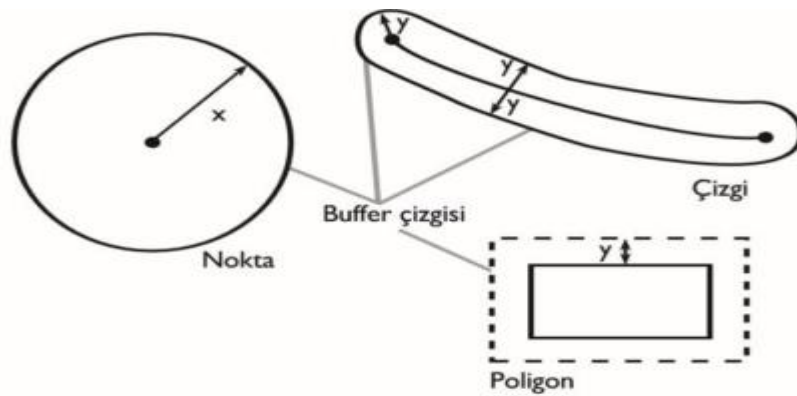


Şekil 3.6. İş akış şeması

3.3.3. Tampon (Buffer) analizi

Tampon analizi CBS’de mekânsal analizin en önemli kısımlarından biridir. Ana amacı sınırı etrafında belirli bir mesafede nokta, çizgi veya poligon üzerinden bir bölgesel alan, yani tampon bölgeleri oluşturmak olarak da tanımlanabilir. Yaygın olarak kullanılan şekli tampon analizidir (Yıldırım, 2016; Dong et al., 2003). Coğrafi özellikler dikkate alınarak, noktalar ve çizgiler kullanılarak belirli uzaklıklarda etrafında bir tampon alan oluşturulur. Daha sonra tamponlar içerisindeki detaylar belirlenir. Bu analiz yöntemi ile yola yakınlık, mesafe, nüfus yoğunluğu gibi bir çok şey bulunabilir (Taşkaya ve Ulutaş, 2021).

Tampon analizi aşağıda belirtildiği üzere 3 farklı şekilde uygulanır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Tampon (Buffer) analizi gösterimi (Yıldırım, 2016)

3.3.3.1. Nokta tabanlı buffer analizi

Belirli bir yarıçapta bir daire oluşturularak, nokta tipindeki herhangi bir coğrafi detay merkez kabul edilir. Bu daire, yeni bir tampon bölge oluşturur ve bu bölge içindeki diğer coğrafi detaylar belirlenir (Taşkaya ve Ulutaş, 2021)

3.3.3.2. Çizgi tabanlı buffer analizi

Belirli bir uzaklıkta çizgi tipindeki herhangi bir coğrafi detayın çevrelenerek yeni bir tampon bölge oluşturulmasını ve bu bölge içinde yer alan diğer coğrafi detayların belirlenmesini sağlar (Taşkaya ve Ulutaş, 2021)

3.3.3.3. Poligon tabanlı buffer analizi

Poligon tipinde olan herhangi bir coğrafi detayın belirli bir uzaklıkta çevrelenerek yeni tampon bölgelerin elde edilmesini ve bu yeni bölgelerin içinde yer alan diğer coğrafi detayların tespit edilmesi işlemidir (Taşkaya ve Ulutaş, 2021).

3.4. Emisyon ve yakıt sarfiyatlarının hesaplanması

Sinyalize kavşakların bulunmadığı yollarda araç kullanımı, trafik akışını olumsuz etkileyebilecek dur kalk şeklindeki hareketlerin önüne geçerek daha akıcı bir trafiğin oluşmasına katkı sağlar. Bu akıcı trafik araçların motor döngüsünün kesintiye uğramasını önleyerek yakıt sarfiyatını azaltabilir. Araçların sürekli dur kalk yapması ise motorun devir daimini etkileyerek, araçtaki yakıt sarfiyatını artırabilir. Özellikle sıkışık trafikte durma bekleme sırasında harcanan yakıt, düzgün bir trafik akışı oluştuğunda harcanan yakıtın çok daha fazlasına neden olabilir. Kent içi ulaşımında en çok kullanılan araçlardan otomobillerin benzinli ve dizel türlerinin ortalama olarak ne yaktığı üzerinde örnek verilecek olursa, Benzinli bir otomobil km de 70 g (1 g= 0.001 lt)'den 0.07 lt benzin yakar. 1 km de 0.07 lt yakan bir araç 100 km de ortalama 7 lt benzin yakar. Dizel bir otomobil km de 60 g (1g=0.001)'dan 0.06 litre mazot yakar. 1 km de 0.06 lt yakan bir araç 100 km de ortalama 6 litre mazot yakar. Bu hesaplamalar sonucunda ortalama benzinli bir araç 1 litre benzinle şehir dışında 14-15 km , şehir içinde ışıklardaki dur-kalk işleminden ötürü en fazla 9-10 km gitmektedir. Yani %30-35 lik kısım kavşaklardaki ışıklarda dur-kalk işleminde gitmektedir. Çünkü ortalama 70 km hızla giden bir araç sinyalize bir kavşakta durduğunda tekrar aynı ivmeye ulaşmaya kadar fazladan ekstra yakıt yakmaktadır. Araçların türleri, kullandıkları yakıt türleri ve sayıları, çevresel etkilere neden olan emisyon salınımının belirleyici faktörleridir. Emisyonlar, araçların yaydığı zararlı gazların çevreye salınımıdır ve

çevresel etkileri büyük ölçüde etkiler. Özellikle fosil yakıtların kullanıldığı taşıtlar, atmosfere çeşitli zehirli gazlar ve partiküller bırakarak çevreye zarar verirler.

Bu tez çalışmasında da bir aracın ortalama 70 km hız ile giderken meydana gelen emisyon faktörü ve sinyalize kavşaklardan dolayı hızın 10 km'ye kadar düştüğünde oluşan emisyon faktörleri ve Atakum ilçesinde yer alan 9 adet kavşakta oluşan yakıt tüketim değerleri hesaplanarak alternatif çözümler üretilmeye çalışılmıştır. Öncelikle Samsun Emniyet Müdürlüğünden alınan 2022 yılına ait veriler yardımıyla araçların yakıt tiplerine göre dağılımı gösterilmiştir (Ek 5.) (Tablo 3.6.).

Tablo 3.6. Samsun merkeze kayıtlı araçların yakıt tiplerine göre dağılımı

Araç Tipi	Benzin	Motorin	LPG	Diğer
Otomobil	26759	47132	45670	471
Hafif Ticari Araçlar (Minibüs ve Kamyonet)	-	47709	-	-
Ağır Ticari Araçlar (Otobüs ve Kamyon, Traktör, Çekici, Özel Amaçlı Araç, Tanker, Arazi Taşıtı, Diğerleri)	-	19857	-	2058
Motorsiklet (2 tekerlekli)	17742	-	-	-
Genel Toplam	44501	207398	45670	2529

Tablo 3.6' daki veriler kullanılarak, çalışma alanında bulunan araç sayılarının yakıt türlerine göre yüzdelik dağılımı hesaplanmıştır. Oluşturulan sayıların yüzdesel dağılımı Tablo 3.7' de gösterilmektedir.

Tablo 3.7. Samsun merkeze kayıtlı araç sayılarının yakıt cinslerine göre yüzdesel olarak dağılımı

Benzin	Dizel	LPG
22.4%	39.4%	38.2%

Bu çalışmada ölçülen emisyon ve yakıt tüketim değerleri Tablo 3.7’ de verilen yüzdelikler dikkate alınarak yapılmıştır.

Çalışmada ortalama yakıt tüketim miktarları ve emisyon değerlerini elde edebilmek için “EMEP/CORINAIR “ Hava Kirletici Emisyon Envant Envanteri Klavuzu” isimli veri tabanında yer alan CORINAIR tabanlı emisyon faktörleri Tier 1 yöntemine göre uygulanmıştır. Bu yöntemin detayları 3.4.1. başlığında anlatılmıştır.

3.4.1. Tier 1 yöntemi

Tier 1 yöntemi yakıtı ve ortalama yakıt bileşenlerinin emisyonlarını aktif indikatör olarak kullanmaktadır. Pratik olarak yol taşımacılığı bütün ülkelerde anahtar kategori rolündedir. Bu nedenle Tier 1 metodları sadece detaylı yakıt verilerinin olmadığı durumlarda kullanılmalıdır. Tier 1 yöntemi ulaşımda kullanılan her bir yakıt türü için belirli istatistiklere sahip olması gerekir. Yakıt tüketim miktarının ne kadar olduğu gibi bilgiler gereklidir. Araç cinsine göre km başına düşen yakıt tüketim değerlerini hesaplayan EEA Tier 1 yönteminin verileri dikkate alınmıştır.

Egzoz emisyonları üzerinden yakıt tüketiminin hesabı için Tier 1 yaklaşımı aşağıdaki genel Denklemi (3.3) kullanır (EEA, 2019).

$$E_i = \sum_j \left(\sum_m (FC_{j,m} \times EF_{i,j,m}) \right) \quad (3.3)$$

E_i = Kirletici emisyonu [g],

$FC_{j,m}$ = Her bir araç kategorisinin yakıt tüketimi [kg],

$EF_{i,j,m}$ = araç kategorisi ve yakıt türü için kirleticinin yakıt tüketimine bağlı emisyon faktörü [g/kg]

Güzergah üzerindeki araçlar için emisyon ve yakıt tüketim değerleri 2 ayrı şekilde yapılmıştır. Sinyalize kavşaklardan ötürü yavaşlayan şekilde hareket eden araçlar için ayrı olarak, ortalama 70 km hızla hareket eden araçlar için ayrı olarak emisyon ve yakıt tüketim değerleri hesaplanmıştır. Bu yöntemin 2 farklı şekilde yapılmasındaki amaç ışıık olmadığında sabit bir hızla hareket eden aracın yavaşlayan

şekilde hareket eden araca göre ne kadar emisyon ve yakıt tüketim değeri farkı oluşturduğunu göstermek içindir.

Yavaşlayan şekilde hareket eden araçlar için yakıt değerleri ülkelerin yıllık tüketim değerlerinin tahminiyle copert programı üzerinden hesaplanırken, 70 km hızındaki yakıt tüketimleri kılavuz da ortalama olarak verilen değerler (Tablo 3.8.) kullanılarak tespit edilmiştir (EEA, 2019).

Tablo 3.8. Tier 1 yönteminde-arac kategorisine göre km başına tipik yakıt tüketimi değerleri (EEA, 2019)

Araç Tipi	Yakıt	Yakıt Tüketimi (g/km)
Otomobil	Benzin	70
	Dizel	60
	LPG	57.5
Hafif Ticari Araçlar (Minibüs ve Kamyonet)	Benzin	86.5
	Dizel	62.6
	LPG	100
Ağır Ticari Araçlar (Otobüs ve Kamyon, Traktör, Çekici, Özel Amaçlı Araç, Tanker, Arazi Taşıtı, Diğerleri)	Benzin	80
	Dizel	240
	LPG	500
Motorsiklet (2 tekerlekli)	Benzin	35

Yavaşlayan ve ortalama hızla giden araçların emisyon değerlerinin hesaplanmasında kullanılan değerler Tablo 3.9’ da verilmiştir.

Tablo 3.9. Tier 1 yönteminde-araç kategorisine göre belirlenen emisyon faktörleri (EEA, 2019)

Araç Tipi	Yakıt Türü	Emisyon Faktörü							
		CO ₂ (g/kg)		CO (g/kg)		NO _x (g/kg)		PM (g/kg)	
		Ort	Maks	Ort	Maks	Ort	Maks	Ort	Maks
Otomobil	Benzin	8.84	9.89	84.7	269.5	8.73	29.89	0.03	0.04
	Dizel	8.74	11.3	3.33	8.19	12.96	13.88	1.1	2.64
	LPG	8.84	9.89	84.7	117	15.2	34.3	0	0
Hafif Ticari Araçlar (Minibüs, Kamyonet)	Dizel	6.41	7.72	7.4	11.71	14.91	18.43	1.52	2.99
Ağır Ticari Araçlar (Otobüs,Kamyon, Tır)	Dizel	2.54	3.32	7.58	10.57	33.37	38.29	0.94	1.57
Motosiklet	Benzin	53.8	110	497.7	664.5	6.64	10.73	2.2	6.02

Tablo 3.9’ daki maksimum değerler yavaşlayan şekilde hareket eden araçların hıza bağlı değişen emisyon faktörlerini hesaplamak için kullanılırken, ortalama değerler akıcı bir şekilde giden (ortalama 70 km hız) araçların emisyon faktörlerini tespit etmek için kullanılmıştır. Trafik kaynaklı kirletici emisyon değerleri excel programında hesaplanmıştır. Tablo 3.9’ da verilen EMEP/CORINAIR “Hava Kirletici Emisyon Envanteri Kılavuzu” a göre hesaplanan ortalama ve maksimum emisyon faktörleri (EEA, 2019) kullanılarak hıza bağlı oluşan emisyon değişimleri hesaplanmıştır. Bu emisyon değişimleri copert programından ve Tablo 3.8 den elde edilen yakıt tüketim değerleri ile Tablo 3.9’ daki emisyon faktörlerinin birlikte hesaplanmasıyla hıza göre tespit edilmiştir (Tablo 3.10). Tablo 3.9’ da yer alan emisyon faktörleri km başına düşen emisyonu bulabilmek için g/kg dan g/km cinsine çevrilmiş ve tablo 3.10 oluşturulmuştur.

Tablo 3.10. Araç kategorisine göre hıza bağlı oluşan emisyon ve yakıt tüketim değerleri

Araç Türleri	Hız	CO ₂ (g/km)	CO (g/km)	No _x (g/km)	PM (g/km)	Yakıt Tüketimi
Otomobil- Benzin	0-10	1.06	28.94	3.21	0.0043	107.397
	11	1.03	27.96	3.1	0.0041	103.769
	15	0.91	24.77	2.75	0.0037	91.901
	70	0.62	5.93	0.61	0.0021	70
Otomobil- Dizel	0-10	0.96	0.69	1.18	0.2237	84.77
	11	0.92	0.67	1.13	0.2154	81.61
	15	0.81	0.59	1.01	0.1896	71.82
	70	0.52	0.2	0.78	0.066	60
Otomobil- LPG	0-10	1.17	13.84	4.06	0	118.292
	11	1.13	13.36	3.92	0	114.156
	15	1.03	12.14	3.56	0	103.741
	70	0.75	7.2	1.29	0	85
Motorsiklet- Benzin	0-10	5.28	31.9	0.515	0.289	48
	11	4.84	29.24	0.472	0.265	44
	15	4.4	26.58	0.429	0.241	40
	70	1.88	17.42	0.232	0.08	35
Minibüs- Kamyonet	0-10	0.883	1.339	2.107	0.342	114.34
	11	0.867	1.314	2.069	0.336	112.25
	15	0.799	1.212	1.907	0.309	103.48
	70	0.512	0.591	1.19	0.122	80
Ötobüs- Kamyon-Tır	0-10	1.81	5.78	20.92	0.858	546.439
	11	1.74	5.55	20.12	0.825	525.537
	15	1.52	4.85	17.59	0.721	459.286
	70	0.61	1.82	8	0.226	240

3.5. Gürültü haritalarının oluşturulması

Gürültü haritaları ses basıncı seviyelerinin belirli aralıklarda hesaplanması sonucunda elde edildikten sonra gridlere yerleştirilmesi ile hesaplanır. Bunun için ses basıncı düzeyleri ya bölgede hesaplama ya da ölçüm modelleri ile elde edilmelidir. Gürültü haritalarının elde edilmesi için haritalanacak bölgedeki ses basıncı seviyelerinin belirli yüksekliklerde veya aralıklarda oluşturulması gerekir. Bunun için hem gürültü ölçümleri, hem de hesaplama yöntemleri kullanılarak bu düzeyler elde edilir. Gürültü haritaları hıza bağlı olarak değişmektedir (Maraş, 2011).

Bu çalışma da da CadnaA yazılımı üzerinden hıza göre değişen gürültü haritaları oluşturulmuştur. Gürültü haritaları oluşturulurken gürültünün hesabı için saatlik veya günlük geçen hafif / ağır araç sayıları ve yüzdeleri ,yolun akıcı veya yavaşlayan şekilde olması, ağır araç yüzdesi, ortalama hız gibi veriler CadnaA yazılımına girilerek

hesaplamalar yapılmıştır. Hafif araç 14 kişiye kadar taşıma kapasitesi olan araçlardan oluşmaktadır. Otomobil, motorsiklet, minibüs/kamyonet bu kategoride bulunan araç türlerinden bazılarıdır. Hafif araç sayısı da saatlik geçen ortalama araç sayısı miktarıdır (Maraş, 2011). Ağır araç sayısı ise hafif araçlar dışında kalan araçlardan oluşur. Otobüs, Kamyon ve Tır bu kategoriye örnek olarak verilebilir. Gürültü hesaplaması yapılırken, saatlik olarak geçen tüm araçların içerisinde ağır araç yüzdesi belirlenir. Araç hızları ise yol güzergahından geçen araçların ortalama hızlarını belirtmektedir (Maraş, 2011).

Gürültü hesaplamalarının yapılması için kullanılan veriler Tablo 3.11 ve Tablo 3.12’ de verilmiştir. Bu veriler gün içinde belirli periyotlarla saatlik geçen ortalama araç sayısı ve ağır araç yüzdeleri dikkate alınarak hazırlanmıştır.

Tablo 3.11. Çalışma alanı üniversite yönü güzergahlarında saatlik geçen ortalama araç sayıları ve ağır araç yüzdeleri

Saat Aralıkları	Gündergâhlar	Gündüz (07.00-19.00)		Akşam (19.00-23.00)		Gece (23.00- 07.00)	
		Araç Sayısı (h)	Ağır Araç (p)	Araç Sayısı (h)	Ağır Araç (p)	Araç Sayısı (h)	Ağır Araç (p)
Karayolları K. → İsmet İnönü Bulvarı K.		1695	16	1453	16	365	16
İsmet İnönü Bulvar K. → D.S.İ.Yeşilyurt K.		1521	17	1305	17	327	17
D.S.İ.Yeşilyurt K. → YEDAŞ K.		1497	17	1284	17	321	17
YEDAŞ K. → Türk-iş K.		1375	16	1179	16	295	16
Türk-iş K. → Ömürevleri K.		1362	17	1305	17	292	17
Ömürevleri K. → Atakent TV. K.		1523	15	1000	15	327	15
Atakent TV. K. → Vatan Caddesi K.		1166	16	1321	16	250	16
Vatan Caddesi K. → Toplu Konut Bulvarı K.		1541	16	1145	16	330	16

h: Saatlik Geçen Ortalama Araç Sayısı

p: Saatlik Geçen Ortalama Ağır Araç Yüzdesi

Tablo 3.12. Çalışma alanı merkez yönü güzergahlarında saatlik geçen ortalama araç sayıları ve ağır araç yüzdeleri

Saat Aralıkları → Güzergâhlar ↓	Gündüz (07.00-19.00)		Akşam (19.00-23.00)		Gece (23.00- 07.00)	
	Araç Sayısı (h)	Ağır Araç (p)	Araç Sayısı (h)	Ağır Araç (p)	Araç Sayısı (h)	Ağır Araç (p)
İsmet İnönü Bulvarı K → Karayolları K.	1965	15	1684	15	421	15
D.S.İ.Yeşilyurt K. → İsmet İnönü Bulvar K.	1937	16	1661	16	416	16
YEDAŞ K. → D.S.İ.Yeşilyurt K.	1995	15	1710	15	428	15
Türk-iş K. → YEDAŞ K.	1751	15	1500	15	375	15
Ömürevleri K. → Türk-iş K.	1888	13	1618	13	405	13
Atakent TV. K. → Ömürevleri K.	1675	14	1436	14	357	14
Vatan Caddesi K. → Atakent TV. K.	1562	14	1339	14	335	14
Toplu Konut Bulvarı K. → Vatan Caddesi K.	1448	16	1242	16	313	16

h: Saatlik Geçen Ortalama Araç Sayısı

p: Saatlik Geçen Ortalama Ağır Araç Yüzdesi

Tablo 3.11 ve 3.12’ deki veriler CadnaA programında yol güzergahlarına işlenerek gürültü yayılım oranları tespit edilmeye çalışılmış ve haritalandırılması yapılmıştır. Verilerin girildiği CadnaA arayüzü örneği şekil 3.8’de gösterilmiştir.

Şekil 3.8. Verilerin girildiği cadnaA arayüzü örneği

Şekil 3.8’ de Karayolları kavşağından İsmet İnönü Bulvarı kavşağına doğru yavaşlayan şekilde hareket eden araçların gürültü yayılımını hesaplamak için girilen verilerin olduğu arayüz örnek olarak gösterilmiştir.

CadnaA yazılımı, bu arayüzde girilen hızlara göre ses şiddetinin dB cinsinden hesaplanmasını sağlamaktadır. Günlük yaşantımızda, insan kulağına göre gürültünün şiddetini ölçmek için yaygın olarak kullanılan ölçü desibel (dB) dir ve Uluslararası Standart Örgütü (ISO) tarafından normal kabul edilen gürültü düzeyi 58 dB'dir (Türküm, 1998). Sesin şiddeti günlük yaşantımızda karşımıza farklı şekillerde çıkmaktadır (Tablo 3.13).

Tablo 3.13. Gürültü ses sınırları

Desibel (dB)	Ses sınırı
10	Minimum işitme sınırı
40	Konut bölgeleri ses sınırı
50-60	Anayollar üzerindeki ses sınırı
70-80	Yoğun trafik bölgeleri ses sınırı
120-130	İnsanın acı duyduğu sınır

Bu tez çalışmasında da yavaşlayan ve akıcı bir şekilde hareket eden araçlar için 2 farklı şekilde gürültü haritaları oluşturulmuştur. Karşılaştırmalı bir şekilde analizler yapıp sonuçları değerlendirilerek hıza bağlı olarak ortaya çıkan gürültü farkları haritalandırılarak gösterilmiştir. Günümüzde çeşitli ticari gürültü haritalama yazılımları vardır. Bunlar arasında en yaygın olarak kullanılanlardan biri CadnaA dır. Bu nedenle gürültü hesaplarının yapılmasında CadnaA programı kullanılmıştır.

3.6. Çok kriterli karar verme yöntemleri

Geçmişten beri insanoğlu seçenekler içinden en uygun kararı vermek üzerinde önemli çaba göstermiştir. Bu sebepten dolayı karar vermeye dayalı olarak çeşitli yöntemler geliştirilmeye çalışılmıştır. Karar verme sürecindeki yöntemlerden biriside çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanmaktır. Çok kriterli karar verme yöntemleri, meslek seçiminden makine seçimine kadar birçok farklı alanda uygulanabilmektedir (Akyüz vd., 2011).

Bu tez çalışmasında da Samsun Atakum İlçesi Atatürk Bulvarı üzerinde yer alan 9 adet sinyalizasyon kavşak incelenmiştir. Doğru trafik uygulaması oluşturulması; Zaman kaybı, yakıt tasarrufu, gürültü gibi birçok olumsuz kriteri minimum seviyeye

düşürecektir. Bu olumsuz durumların giderilip trafiğin daha akıcı bir hale getirilebilmesi için Atatürk Bulvarı üzerinde yer alan 9 adet sinyalizasyon kavşak yerine farklı yol tasarımı (Battı- Çıktı, alt geçit, üst geçit, katlı kavşak) uygulamalarının yapılması gerekmektedir. Bu uygulamaların yapılabilmesi için de karar vericiler (Uzman Görüşü)'e ihtiyaç duyulmaktadır. Karar vericiler değerlendirme yaparken kavşaktan geçen araç sayısı, kuyruk uzunluğu, gecikme süreleri ve kavşaktaki günlük ortalama gürültü miktarı gibi sinyalizasyon kavşakları üzerinde büyük etkiye sahip olan pek çok önemli kriteri göz önüne alması gerekmektedir. Böylece kavşak yoğunluğunu etkileyen bütün kriterlerin bir arada değerlendirilmesi sağlanacaktır. Bu sebeplerden dolayı problemin çözümü için çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanılması gerekmektedir. Bu çalışma da kavşak yoğunluğunda etkiye sahip olduğu düşünülen kriterlerden hangilerinin etkin (önemli) kriterler olabileceğini belirlemek için Content Validity Method (CVM) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem ile her bir kriterin etkin olup olmadığı uzmanlara danışılmış ve etkin kriterler belirlenmiştir. Daha sonra elde edilen etkin kriterler Best-Worst-Method (BWM) yöntemi kullanılarak ağırlıklandırılmıştır. Bu yöntemde her bir kriter uzmanlara ayrı ayrı sorularak kendilerine göre en çok öneme sahip olan ve en az öneme sahip olanları belirlemeleri ve diğer kriterleri de bu ölçütlere göre değerlendirmesi istenmiştir. Ağırlıklandırılması yapılan kriterler TOPSIS yönteminde ele alınarak kavşakların yoğunluk sıralamaları yapılmıştır. Bu yöntemler hakkındaki detaylı bilgiler aşağıda verilmiştir.

3.6.1. Kriterlerin belirlenmesi

Literatür taraması ve uzman görüşlerinin birlikte ele alınmasıyla kavşaklar üzerinde kritik etkiye sahip olma ihtimali bulunan kriterler aşağıda listelenmiştir.

Kavşaktaki araç yoğunluğu (günlük toplam): 1 gün boyunca kavşak etrafında bulunan bütün kollardan gün içinde geçen toplam araç sayısını ifade eder.

Kavşaktaki kol sayısı: Kavşak üzerindeki yol güzergahlarında bulunan kol sayısıdır.

Kavşak Üzerindeki Toplam Şerit Sayısı: Anayol ve tali yol güzergahı üzerinde bulunan şerit sayılarının toplamını ifade eder.

Kavşak Etrafında meydana gelen trafik kaza sayısı: Son 3 yıl içerisinde Kavşağın 100 metre çevresinde meydana gelen trafik kaza sayısını ifade eder.

Kavşakta oluşan gürültü miktarı: İki kavşak arasında hareket eden araçların saatlik oluşturduğu gürültü miktarıdır. Yavaşlayan ve akıcı bir şekilde hareket eden araçlar için 2 farklı şekilde oluşturulmuştur. Karşılaştırmalı bir şekilde analizler yapıp sonuçları değerlendirilerek hıza bağlı olarak ortaya çıkan gürültü farkları gösterilmeye çalışılmıştır.

Araçlardan yayılan emisyon miktarı: İki kavşak arasında hareket eden araçlardan günlük yayılan emisyon miktarıdır.

Sinyalize kavşakların etrafında biriken ortalama kuyruk uzunluğu: Işıklarda (geliş gidiş) biriken saatlik ortalama kuyruk uzunluğu (taşıt/devre süresi) ortalamasıdır. Bu çalışma da çalışma alanı üzerindeki kavşaklarda kuyruk uzunluğu hesaplanırken, zirve saatlerde bir devre süresi içerisinde arka arkaya biriken araç sayıları ölçülmüştür. Kavşaklarda 3 kişilik ekiplerle çalışılmış ve kavşak kollarının kuyruk uzunluğunun ölçümünün eş zamanlı alınması sağlanmıştır. Bu ölçümler belirli saat aralıklarında her bir kol için tekrarlı bir şekilde yapıp kavşak ortalamaları alınmıştır. 17.00-18.00 arası zirve saatlerde bu ölçümler yapılmıştır (Tablo 3.14).

Tablo 3.14. Kuyruk uzunlukları (Devre/ Araç sayısı)

Şerit Ortalamaları	1.Şerit Ortalaması			2.Şerit Ortalaması			3.Şerit Ortalaması			Toplam Şerit Ortalaması			Kavşak Ortalama Kuyruk Uzunluğu
Yönler	Merkez	Üniversite	Tramvay	Merkez	Üniversite	Tramvay	Merkez	Üniversite	Tramvay	Merkez	Üniversite	Tramvay	
Kavşaklar													
Karayolları K.	12	47	16	13	49	21	14	52	0	13	49	19	27
İsmet İnönü Bulvarı K.	17	13	3	15	12	2	11	7	0	14	11	3	9
D.S.İ. Yeşilyurt K.	12	15	2	12	17	3	10	11	2	11	14	2	9
YEDAŞ K.	17	9	4	16	10	2	14	10	0	16	10	3	10
Türk iş K.	8	40	14	8	42	15	7	41	0	8	41	15	21
Ömürevleri K.	32	11	12	31	12	13	30	10	0	31	11	12	18
Atakent TV. K.	32	7	10	31	10	0	25	7	0	29	8	10	16
Vatan Caddesi K.	10	6	1	9	6	4	6	3	4	8	5	3	5
Toplu Konut Bulvarı K.	5	6	4	6	6	3	5	4	0	5	5	4	5

İki kavşak arasındaki güzergahta hareket eden araçların harcadığı yakıt miktarı: Bir kavşaktan diğerine giderken sinyalizasyon kavşakta yavaşlayarak hareket etmesinden dolayı harcanan fazla yakıt miktarıdır.

Kavşakta araçların ortalama gecikme süresi: Bir kavşağa girmeden yaklaşık 150 m önceki bir noktadan girdikten yaklaşık 150 m sonraki noktaya kadar yaşanan gecikmedir. Bu mesafe kavşağa giriş hızına göre değişiklik gösterebilir.

Araçların sinyalizasyon ışıklardan ötürü maruz kaldığı bekleme süresinden dolayı oluşur. Akıcı bir hızla ilerleyen bir aracın ışıklardan dolayı oluşan trafikte yavaşlamaya başladığı andan, kavşağı geçtikten sonra tekrar aynı hıza ulaştığı durum arasında oluşan süreye gecikme süresi denilebilir. Bir kavşağa girmeden ortalama 150 m önceki bir noktadan girdikten sonra ortalama 150 m sonraki noktaya kadar yaşanan gecikme olarak da söylenebilir. Bu tez çalışmasında da yukarıda belirtilen durumlar dikkate alınarak gecikme süreleri hesaplanmıştır. Hesaplamalar çalışma alanı güzergahı da araçla seyir halinde yapılmıştır. Gecikme kaybı yaşanan süreyi hesaplamak için kronometre kullanılmıştır. Bu ölçümler zirve saatlerde, tekrarlı bir şekilde yapılarak kontrollü bir şekilde elde edilmiştir. Elde edilen tekrarlı ölçümlerin ortalamaları alınarak gecikme süreleri hesaplanmıştır (Tablo 3.15).

Tablo 3.15. Kavşaklarda meydana gelen gecikme süreleri (sn)

Kavşaklar	Yönler	
	Üniversite	Merkez
Karayolları K.	130	140
İsmet İnönü Bulvarı K.	68	78
D.S.İ Yeşilyurt K.	64	76
YEDAŞ K.	62	83
Türk iş K.	80	90
Ömürevleri K.	72	92
Atakent TV. K.	95	80
Vatan Caddesi K.	40	41
Toplu Konut Bulvarı K.	45	38

Yapılan ölçümlerle alakalı örnekler Şekil 3.9 ve Şekil 3.10' da gösterilmektedir.



Şekil 3.9. Gecikme sürelerinin seyir halinde yapılan hesaplamaları örneği



Şekil 3.10. Gecikme sürelerinin seyir halinde yapılan hesaplamaları örneği 2

Kavşak kollarına zirve saatlerde giren araç sayısı: Kavşak alanının bulunduğu kola zirve saatlerde giren araç sayısı (saat) dır. Bu kola giren araçlar tramvay yönüne doğru hareket etmektedir. Kavşağın aktif bir şekilde kullanmasından dolayı önem arz etmektedir.

Ana yol üzerindeki kavşağın bir önceki ve bir sonraki kavşakla arasındaki ortalama mesafe: Kavşağın önceki ve sonraki kavşaklara olan yakınlığını ifade eder. Kavşağın diğer kavşaklara olan yakınlığına bakarak sonuç elde edilebilir.

Kavşaktaki tüm kollardan geçen yaya sayısı (zirve saati ortalaması): Trafiğin en yoğun olduğu saatlerde kavşak üzerinden geçen yaya sayısını gösterir (saatlik).

Kavşakta yön değiştiren ağır araç sayısı (Günlük ortalama): Kavşak alanının bulunduğu kola giren ağır araç sayısını gösterir.

Kavşağın yakınında bulunan durakların kavşağa olan uzaklığı: Kavşak etrafında bulunan durakların kavşağa olan mesafesini ifade eder. Bu mesafe kavşağın tasarımı açısından öneme sahiptir.

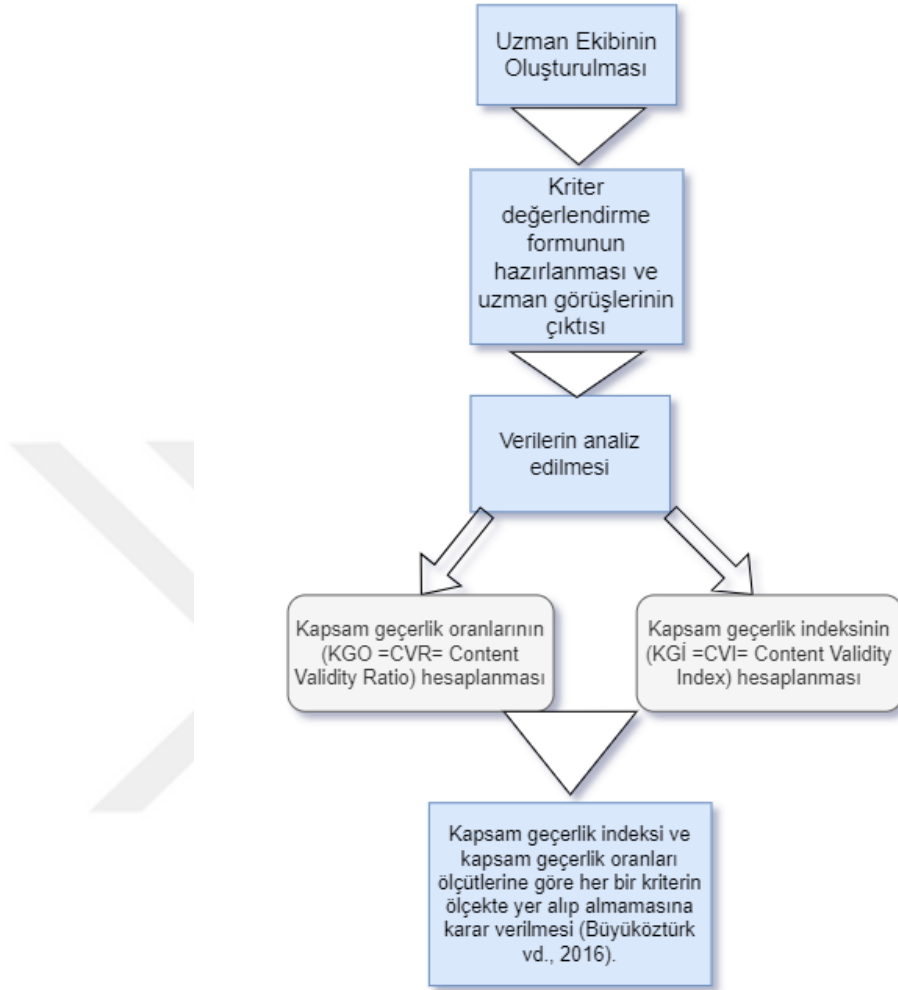
Kavşağın 150 m öncesinde veya sonrasında yol kenarında park eden araçlar: Kavşağın 150 m öncesinde veya sonrasında yol kenarında park eden araç sayısı (zirve saat) ifade eder. Bu sayı arttıkça trafikte sıkışıklıkları artar.

3.6.2. Belirlenen kriterlere kapsam geçerlilik yöntemi uygulanması (CVM= Content Validity Method)

CVM yöntemi 1975 yılında Lavshe tarafından temel iş yükü faktörlerini belirlemek amacıyla önerilerek ortaya çıkmıştır (Dönmez, 2023). Yapılan bilimsel çalışmaların doğruluğu ve uygulanabilirliğini test etmek için önemli bir ölçüttür. İçerik geçerliliği testi ile çalışmanın amaca ne boyutta yardımcı olduğu ortaya konulabilir. Gerek veri toplama süreci, gerekse kriterlerin analizi ve yorumlanması kısmında sonuçların tutarlı olması ve bu tutarlılığın nasıl oluştuğunu ortaya koymak gerekir (Yıldırım ve Şimşek, 2008). Bu testlerin doğru sonuç verebilmesi için yeterli sayıda uzman görüşü ele alınmalıdır. Çalışmalarda uzman sayısı yeterli tutulduğunda hazırlanan ölçeğin geçerliliği de yüksek olup doğru sonuçlar verecektir. Uzman dan beklenen hazırlanan formda yer alan maddelerin uygunluğunu, ölçülmesi istenen durum bakımından kendine göre değerlendirmesidir (Büyüköztürk, 2005). Kapsam geçerliliği ile çalışma içeriğine uygun kriterler belirlendikten sonra ölçek oluşturulabilir (Yeşilyurt ve Çapraz, 2018). Kapsam geçerliliğini yapmaya yönelik birçok farklı teknik geliştirilmiştir. En yaygın olarak kullanılanı Lawshe nin 1975 de geliştirdiği tekniktir (Lawshe, 1975). Sonuç olarak kapsam geçerliliği ile ilgili ölçeği hazırlarken ele alınan kriterler ölçülmek istenen durumu yeterli boyutta yansıtıyor mu sorusunun cevabı aranır. Araştırma sonuçlarının doğruluğu kontrol edilir. Uzmanlar burada her bir kriterin istenilen soruya yanıt vermede yeterli yada uygun bir soru olup olmadığına bakarak seçimini yaparlar (Büyüköztürk vd., 2016).

Bu çalışmada Samsun ili Atakum ilçesi Atatürk Bulvarı üzerinde kullanılan mevcut kavşaklar yerine daha akıcı yol tasarım uygulamalarının (alt geçit, üst geçit, battı çıktı, katlı kavşak vb.) yapılması için kavşaklar üzerinde etkiye sahip olan kriterlerin önem düzeylerinin belirlenmesi amacıyla bu yöntem kullanılmıştır. Bu

yöntemin kullanılmasının nedeni basit ve kolay anlaşılabilir bir teknik olmasından dolayıdır. Çalışma, şekil 3.11’de yer alan iş akış şemasına göre yürütülmüştür.



Şekil 3.11. CVM yöntemi iş akış şeması

3.6.2.1. Uzman grubunun oluşturulması

Kapsam geçerliliğin oluşturulması için yapılacak olan hesaplamalarda tarafsız sonuçlar elde edebilmek için seçilen uzmanların niteliği ve sayısı çok önemlidir. Yapılan analizlerin doğru sonuçlar verebilmesi için en az 5 en fazla 40 uzman seçilmelidir (Lawshe, 1975; Yeşilyurt ve Çapraz, 2018). Bu çalışma da 16 Uzman seçilmiştir. Uzmanlar ulaşım ve yol çalışmalarında birçok yıllık deneyime sahip kişiler tarafından seçilmiştir. Uzmanlarla ilgili temel bilgiler Tablo 3.16’ da verilmiştir.

Tablo 3.16. Uzmanlara ait genel bilgiler

Demografik Değişkenler		Frekans	Oran (%)
Cinsiyet	Erkek	14	87.5
	Kadın	2	12.5
Mesleki Deneyim (yıl)	1 -5	5	31.25
	5-10	5	31.25
	10 -15	3	18.75
	15-25	3	18.75
Meslek	Ulaştırma Müh.	3	18.75
	Endüstri Müh.	1	6.25
	Harita Müh.	3	18.75
	İnşaat Müh.	4	25
	Şehir ve Bölge Plan.	2	12.5
	Uçak Bakım	1	6.25
	Mekatronik Müh.	1	6.25
	Bilgisayar Programcılığı	1	6.25

3.6.2.2. Kriter değerlendirme formunun hazırlanması ve uzman görüşlerinin çıktısı

Bu çalışma da Lawshe (1975) tekniğinde olduğu gibi uzman görüşlerine ait derecelendirmeler “Uygun/ Kalsın”, ve “Uygun Değil/Çıkartılmalı” şeklinde oluşturulmuştur. Veri toplamak için 15 kriterin sorgulandığı uzman görüş formu dikkate alınarak çalışma yürütülmüştür.

1. Kavşaktaki araç yoğunluğu (günlük toplam) **(K1)**
2. Kavşaktaki kol sayısı **(K2)**
3. Anayoldaki (gidiş-geliş) toplam şerit sayısı **(K3)**
4. Son 3 yıl içerisinde kavşak etrafında meydana gelen trafik kaza sayısı **(K4)**
5. Kavşakta oluşan gürültü miktarı **(K5)**
6. Araçlardan yayılan emisyon miktarı **(K6)**
7. Sinyalize kavşakların etrafında biriken ortalama kuyruk uzunluğu **(K7)**
8. İki kavşak arasındaki güzergahta hareket eden araçların harcadığı yakıt miktarı **(K8)**
9. Kavşakta araçların ortalama gecikme süresi **(K9)**
10. Kavşak kollarına zirve saatlerde giren araç sayısı **(K10)**
11. Kavşağın bir önceki veya bir sonraki kavşakla arasındaki mesafe **(K11)**

12. Kavşaktaki tüm kollardan geçen yaya sayısı (zirve saati ortalaması) (K12)

13. Kavşakta yön değiştiren ağır araç sayısı (Günlük ortalama) (K13)

14. Kavşağa yakın olan durakların kavşak alanına mesafesi (K14)

15. Kavşağın 150 m öncesinde veya sonrasında yol kenarında park eden araçlar (K15)

Belirlenen kriterlerin daha kolay bir şekilde gösterilebilmesi için K1 den K15' e kadar kodlandırma yapılmıştır. Uzmanlardan formda yer alan 15 kriterden her biri için “Uygun/ Kalsın”, ve “Uygun Değil/Çıkartılmalı” seçeneklerinden birisini işaretlemeleri istenmiştir. Ölçek için Kapsam Geçerlilik Oranlarının hesaplanmasında “Uygun/ Kalsın” 1, “Uygun Değil/Çıkartılmalı” 0 olacak şekilde puanlanması istenmiştir. Kriterlerden her biri ile istenilen amaca ne boyutta hizmet ettiği sorgulanmıştır. Değerlendirmelerin sonucunda uzmanlar iş yükünü ölçmek açısından literatür taramaları ve çalışma da elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucu ortaya çıkan kriterlerden hangilerinin gerekli olduğuna karar verdiler (Yeşilyurt ve Çapraz, 2018).

3.6.2.3. Verilerin analizi

Çalışmada ölçekte yer almasına karar verilen kriterlerin kapsam geçerliliğinin tespiti için, uzman görüşlerinin sonuçları doğrultusunda ulaşılan nitel veriler KGİ VE KGO hesaplanarak nicel verilere çevrilmiştir.

Kapsam geçerlilik oranlarının (KGO) hesaplanması

KGO Denklem 3.4' te verilen içerik geçerlilik oranına (CVR) bağlı olarak çalışır (Dönmez, 2023; Ayre and Scally, 2014).

$$CVR = \frac{n_e - N/2}{N/2} \quad (3.4)$$

n_e maddeyi gerekli olarak seçen uzman sayısı

N ise çalışmaya katılan toplam uzman sayısıdır.

KGO, -1 (Mutlak Red) ile +1 (mutlak kabul) arasında bir değerden oluşur. Uzmanların tamamı ölçek üzerinden bulunan herhangi bir kriteri “Uygun/ Kalsın” şeklinde numaralandırırsa o kriterin KGO 1 olur. Uzmanların yarısından çoğu ölçekte bulunan herhangi bir kriteri “Uygun/ Kalsın” olarak değerlendirirse KGO 0 ile 0.99 arasında bir değer olur. KGO eşitliğine göre; uzmanların yarısından fazlası “Uygun/ Kalsın” şeklinde görüş bildirmiş ise $KGO > 0$, uzmanların yarısı ölçekteki kritere ilişkin “Uygun/ Kalsın” şeklinde görüş verirse $KGO = 0$, ve uzmanların yarısından azı “Uygun/ Kalsın” şeklinde görüş bildirmiş ise $KGO < 0$ olacaktır. Eğer KGO oranı

negatif veya 0 değerini alıyorsa bu şekilde bir değere sahip kriterin kapsam geçerliliği yoktur. Bundan dolayı ölçekteki bu maddeler doğrudan elenir (Yeşilyurt ve Çapraz, 2018, Büyüköztürk vd, 2016). Özetle KGO sayesinde kriterlerden hangilerinin gerekli olduğuna, bir kriterin çalışma için gerçekten uygun olup olmadığına karar verilir. KGO çalışmada ele alınan uzman sayısına göre değişiklik göstermektedir. Lowell Schipper, bu hassas değerleri belirli ölçülere göre hesaplamış, Lawshe (1975) de bu hesaplarla ortaya çıkan değerleri kullanarak KGO' ların Minimum/Kritik değerlerine göre bir tablo hazırlamıştır. Daha sonrasında Wilson vd. (2012), Lawshe nin hazırlamış olduğu tablo üzerinde bir takım hatalar tespit etmiş ve bu değerleri yeniden hesaplamışlardır. Ayre ve Scally (2014), bütün bu hesaplamaları incelemiş, eksikliklerini tespit etmiş ve uzman sayısının 1 kişi bile azalması veya artması sonucunda KGO oranının değişebileceği konusunda tespitler yapmış ve yeni bir tablo oluşturmuşlardır (Tablo 1). Bu tez çalışmasında Ayre ve Scally (2014), oluşturduğu tablodaki değerler dikkate alınarak KGO belirlenmiştir. 16 uzman için KGO =CVR kritik değerinin 0.5 olduğu Tablo 3.17'de görülmektedir.

Tablo 3.17. KGO'ların minimum/kritik değerleri (KGÖ= CVR critical) (Ayre and Scally, 2014).

Uzman Sayısı	Minimum Değer	Uzman Sayısı	Minimum Değer
5	1.000	23	0.391
6	1.000	24	0.417
7	1.000	25	0.440
8	0.750	26	0.385
9	0.778	27	0.407
10	0.800	28	0.357
11	0.636	29	0.379
12	0.667	30	0.333
13	0.538	31	0.355
14	0.571	32	0.375
15	0.600	33	0.333
16	0.500	34	0.353
17	0.529	35	0.314
18	0.444	36	0.333
19	0.474	37	0.297
20	0.500	38	0.316
21	0.429	39	0.333
22	0.455	40	0.300

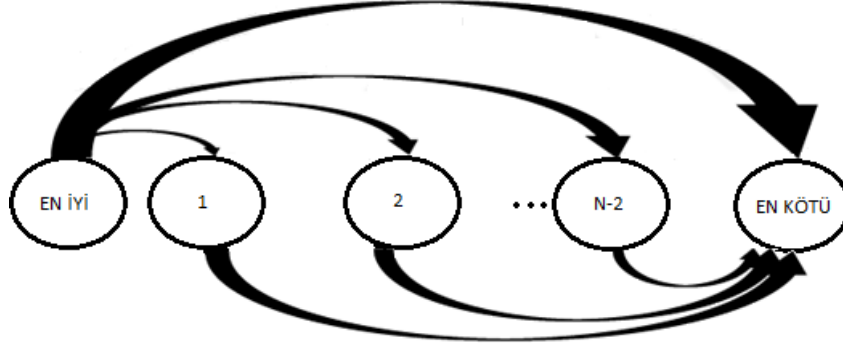
Kapsam geçerlilik indeksinin (KGİ =CVI) hesaplanması

Kapsam Geçerlilik oranı (KGO) ile ölçeğe dahil edilen kriterler tespit edildikten sonra Kapsam Geçerlilik İndeksi (KGİ) yapılan testin tamamı için uygulanır. KGİ hesabı ölçekte yer almasına karar verilen kriterlerin ortalaması alınarak yapılır. KGİ üzerinde inceleme yapılan testte gözlemlenen performans aralığı ile tanımlanmış bir iş performans alanının fonksiyon kapasitesi arasında fark edilen kesişmenin boyutlarını gösterir (Yeşilyurt ve Çapraz, 2018).

3.6.3.En önemli – En önemsiz değerlendirme yöntemi (BWM= The Best Worst Method)

BWM ilk olarak 2015 yılında Rezaei tarafından geleneksel analitik hiyerarşi sürecinden çok daha verimli olan Çok kriterli karar verme problemleri (ÇKKV) ni çözmek için önerildi (Liang et al., 2022; Yıldız, 2022). Çeşitli kriter ve alternatiflere göre ağırlıklar tanımlanarak son puanlar belirlenip, bunun sonucunda en iyi olan

alternatif seçilmektedir. Bu yöntemde puanlamaların nasıl yapıldığı ve karşılaştırmaların nasıl olduğu şekil 3.12’ de gösterilmektedir (Işıldar, 2018).



Şekil 3.12. BMW referans karşılaştırma (Işıldar, 2018).

En önemli kriteri diğer kriterlerle karşılaştıran, aynı şekilde en önemsiz kriteri de diğer kriterlerle karşılaştıran bir yöntemdir. Bu yöntem de amaç kriterler üzerinde oluşan optimum ağırlıkları karşılaştırma sistemi tarafından oluşturulan basit bir doğrusal optimizasyon modeli aracılığıyla belirlemek ve yapılan testlerin tutarlılık oranlarını göstermek içindir (Abadi et al., 2018). Bu testin sonucunda oluşan ağırlıklandırmaların daha gerçekçi olabilmesi için uzmanların konuya hakim kişiler tarafından seçilmesi gerekir. Bu yöntem de uzmanlar dan CVM yönteminden sonra belirlenmiş olan ana kriterler arasından en önemli ve en önemsiz olmak üzere 2 kriter belirlenmesi istenir. Belirlenen bu iki kriter ve diğer kriterlerle ikili karşılaştırma yapılması istenir. Testin sonucunda kriterler ağırlıklandırılarak en uygun olan alternatif belirlenmektedir. Bu yöntemi diğer yöntemlerden ayıran en önemli özelliği daha az ikili karşılaştırma yapması, daha kolay, güvenilir ve daha tutarlı olmasından dolayıdır (Battal Şal, 2021; Mumcu, 2021).

BWM 5 adımdan oluşur. Bu adımlar üzerinden kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi yapılmaktadır (Liang et al., 2022; Battal Şal, 2021).

1. İlk olarak kriterler ($c_1, c_2, c_3, \dots, c_n$) belirlenir.
2. n adet kriter arasından en önemsiz ve en önemli kriterler seçilir.
3. Puanlama 1 ile 9 arasında değişmektedir. En önemli olan kriterin diğer kriterlerle olan ikili karşılaştırması yapılırken bu puanlama değerleri arasında puanlama yapılması istenir. Aynı derece öneme sahip ise 1 puan, çok önemli görüyorsa 9 puan olarak değerlendirilmelidir. En önemli olan kriterin diğer kriterlerle olan değerlendirmesini gösteren Denklem 3.5’te verilmiştir.

$$A_B = (a_{B1}, a_{B2}, a_{B3}, \dots, a_{Bn}) \quad (3.5)$$

Burada, a_{Bn} , en önemli kriter olan B'nin n kriterine göre tercihini belirtmektedir.

4. En önemsiz kriterin diğer kriterlerle olan ikili karşılaştırması da 1 ile 9 puan aralığında değerler verilerek yapılır. En önemsiz kriterin diğer kriterle olan değerlendirilmesini gösteren Denklem 3.6'da verilmiştir.

$$A_W = (a_{1w}, a_{2w}, \dots, a_{nw})^T \quad (3.6)$$

5. Seçilen kriterlerin optimum ağırlıkları hesaplanır (Denklem 3.7) ($W_1, W_2, \dots, W_n$). Elde edilen sonuçların tutarlı olup olmadığını anlamak için tutarlılık göstergesine bakılır. Eğer bu gösterge 0'a yakınsa yüksek tutarlılığa sahip olduğunu gösterir.

$$\left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right|, \text{ ve } \left| \frac{w_j}{w_w} - a_{jw} \right| \quad (3.7)$$

farklarının maksimumunu minimum yapan model tüm j'ler için maksimumunu minimum yapan model Denklem 3.8'de gösterilmiştir.

$$\begin{aligned} \min \max_j & \left\{ \left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right|, \left| \frac{w_j}{w_w} - a_{jw} \right| \right\} \\ \text{kısıtlar} & \\ \sum_j W_j &= 1 \\ w_j &> 0 \text{ tüm } j \text{ değerleri için} \end{aligned} \quad (3.8)$$

Denklem 3.8 doğrusal hale Denklem 3.9'daki gibi çevrilebilir:

$$\begin{aligned} \min \xi & \\ \left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right| &\leq \xi \text{ tüm } j \text{ değerleri için} \\ \left| \frac{w_j}{w_w} - a_{jw} \right| &\leq \xi \text{ tüm } j \text{ değerleri için} \\ \sum_j W_j &= 1 \\ W_j &> 0 \text{ tüm } j \text{ değerleri için} \end{aligned} \quad (3.9)$$

Bütün bu işlemler yapıldıktan sonra kriterlerin ağırlıkları ve tutarlılık indeksi ξ hesaplanır. ξ Karşılaştırma sisteminin tutarlılık oranı olarak tanımlanır. Tutarlılık oranı 3.10'da yer alan denkleme göre belirlenmektedir.

$$\text{Tutarlılık oranı} = \frac{\xi}{\text{Tutarlılık İndeksi}} \quad (3.10)$$

Bu oran 0 a ne kadar yaklaşırsa tutarlılık o kadar fazla olur. Eğer 1 e doğru yaklaşırsa da tam tersi bir şekilde daha az tutarlılık gösterir (Liang et al., 2022, Battal Şal, 2021) (Tablo 3.18).

Tablo 3.18. Tutarlılık indeksi (CI)

α_{BW}	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tutarlılık İndeksi (max ξ)	0	0.44	1.00	1.63	2.30	3.00	3.73	4.47	5.23

3.6.4. TOPSIS yöntemi

TOPSIS yöntemi çok kriterli karar verme yöntemlerinden bir tanesidir. Hwang ve Yoon (1981), ilk ortaya çıkarmıştır. Daha sonra Yoon (1987), tarafından daha kapsamlı bir hale getirildi. Bu yöntem çok ölçütlü karar verme problemlerini çözmek için en bilinen tekniktir. Bu yöntemin mantığı pozitif ve negatif ideal çözüm ortaya çıkarmaktır. Seçilen alternatif, pozitif çözüme en kısa mesafeye sahip olmalıdır (Nadaban et al., 2016). Negatif ideal çözüm ise fayda kriterini minimum seviyede tutarken maliyet kriterini maksimum seviye de tutar. En uygun seçenek ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak olan seçenektir (Akyüz vd., 2011). Bu yöntem sayesinde alternatif olan seçeneklerin belirli kriterler eşliğinde ve kriterlerin alabileceği minimum ve maksimum değerler arasında ideal olan duruma göre karşılaştırılması işlemi yapılmaktadır (Yurdakul ve İç, 2003). TOPSIS yöntemi oluşturulurken aşağıda gösterilmiş olan 7 işlem adımından geçer (Aires and Ferreira, 2019; Akyüz vd, 2011; Yurdakul ve İç, 2003).

Adım 1: İlk olarak Karar matrisi oluşturulur (Tablo 3.19). Değerlendirmeye alınacak alternatifler ve ağırlık katsayıları elde edildikten sonra matris formatında ifade edilir. Karar matrisinde alternatifler ($a_1, a_2, \dots, a_n$) alt alta olacak şekilde sıralanır.

A_n : Muhtemel olan Alternatifler

y_k : Alternatif performansa ait kriterler $k=1$ den n' e kadar

($y_{1k} \dots y_{nk}$) : Her bir kriterin alternatif olan kritere ilişkin performans derecesini gösteren değer

Tablo 3.19. Karar matrisi (Akyüz vd, 2011)

Alternatifler	Kriterler		
	y_1	y_2	y_k
a_1	y_{11}	y_{12}	y_{1k}
a_2	y_{21}	y_{22}	y_{2k}
a_3	y_{31}	y_{32}	y_{3k}
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
a_n	y_{n1}	y_{n2}	y_{nk}

Adım 2: Karar Matrisinin Normalleştirilmesi İşlemi

Bu kısımda karar matrisinin içinde yer alan kriterlere ait puanların kareleri toplamının karekökü alınıp matrisin normalize edilme işlemi yapılır. 3.11 nolu denklemde gösterilmektedir (Yurdakul ve İç, 2003).

$$Z_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_1^n y_{ij}^2}} \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad j = 1, 2, \dots, k \quad (3.11)$$

Adım 3: Normalleştirilmiş olan Karar Matrisinin Ağırlıklandırılması İşlemi

Normalleştirilmiş olan karar matrisinin elemanları kriterlere verilmiş olan önem sırasına göre ağırlıklandırılır. i ağırlıklandırma kısmında 1-10 arasında yer alan puanlandırma ölçeğinin normalleştirilmiş olan hali kullanılır (Tablo 3.20). Denklem 3.12 ve Denklem 3.13'te gösterilmektedir (Yurdakul ve İç, 2003).

Tablo 3.20. Puan ölçeği

Kriter Değerlendirme	Rakamsal Değeri
En Önemsiz	0
Çok Önemsiz	1
Önemsiz	3
Ortalama	5
Önemli	7
Çok Önemli	9
En Önemsiz	10

$$X_{ij} = w_j \cdot z_{ij} \quad i=1, \dots, n; j=1, \dots, k \quad (w_j ; \text{herbir } j. \text{ kriterin ağırlığı}) \quad (3.12)$$

$$V = \begin{bmatrix} V_{11} & V_{12} & \dots & V_{1j} & \dots & \dots & V_{1n} & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ V_{i1} & V_{i2} & \dots & V_{ij} & \dots & \dots & V_{in} & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ V_{m1} & V_{m2} & \dots & V_{mj} & \dots & \dots & V_{mn} & \dots \end{bmatrix} \quad (3.13)$$

Adım 4. a^* ve a^- ideal olan noktaların tanımlanması:

Bu kısımda ağırlıklandırılmış olan matriste her bir kolon için maksimum ve minimum değerler belirlenir (Denklem 3.14 - Denklem 3.15).

$$a^* = \{x_1^*, x_2^*, \dots, \dots, x_k^*\} \text{ (maksimum değerler)} \quad (3.14)$$

$$a^- = \{x_1^-, x_2^-, \dots, \dots, x_k^-\} \text{ (minimum değerler)} \quad (3.15)$$

Adım 5. Maksimum şekilde ideal noktaya olan uzaklık Denklem 3.16' a göre hesaplanır.

$$S_i^* = \sum_{j=1}^k (x_{ij} - x_j^*)^2 \quad i = 1, \dots, n \quad (3.16)$$

Adım 6. Minimum şekilde ideal noktaya olan uzaklık Denklem 3.17' e göre hesaplanır.

$$S_i^- = \sum_{j=1}^k (x_{ij} - x_j^-)^2 \quad i = 1, \dots, n \quad (3.17)$$

Adım 7. Her alternatifin puanı ve değişkenli bir şekilde olan sıralamaları Denklem 3.18' de yer alan formüle göre hesaplanır.

$$C_i^* = S_i^- / S_i^+ \quad 0 \leq C_i^* \leq 1 \quad i = 1, \dots, n \quad (3.18)$$

Bu tez çalışmasında da amaç kavşakların TOPSIS yöntemi ile yoğunluklarını sıralamaktır. Bütün bu işlem adımları üzerinden yapılan hesaplamalar sonucunda kavşakların yoğunluklarına göre sıralaması yapılmıştır. Bu çerçevede kabul edilen 8 kriter üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır.

3.6.4.1. Duyarlılık analizi

Çok kriterli karar verme yöntemleri, genellikle karmaşık karar problemlerine çözüm bulmak amacıyla kullanılır ve bu yöntemlerin sonuçlarının güvenilirliği, girdi parametrelerindeki değişikliklere olan hassasiyetleriyle ilgilidir (Bakır ve Atalık, 2021). Bu güvenilirliği değerlendirmenin etkili bir yolu, duyarlılık analizi yapmaktır. Duyarlılık analizi, kriter ağırlıklarındaki değişikliklere karşı çözümün direncini test eder.

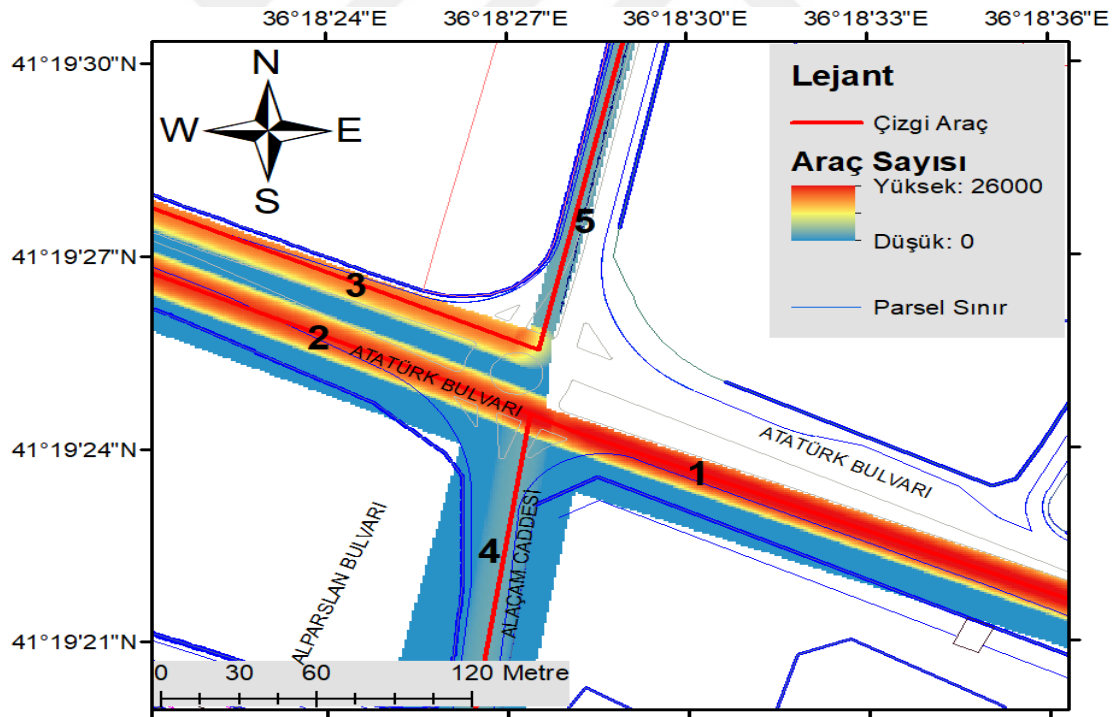
Bu çalışmada, elde edilen sıralamaların kriter ağırlıklarındaki değişikliklere karşı duyarlılığını anlamak amacıyla çeşitli ağırlık senaryoları oluşturulmuştur. Her senaryo, kriterlere farklı ağırlıklar atayarak çeşitli karar durumlarını temsil etmektedir. Örneğin, bir kriter diğerlerine göre daha fazla önem kazanırsa veya bir kriterin ağırlığı değişirse, sonuçlar üzerindeki etkileri değerlendirilir.

4. BULGULAR

Bu bölümde tez çalışmasının analizleri ve elde edilen bulguları açıklanmaktadır. Tezin konusu ve amacı, araştırma yöntemi ve veri toplama süreci önceki bölümlerde detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Bu aşamadan sonra, toplanan veriler analiz edilmiş ve sonuçlar çıkarılmıştır.

4.1. Trafik sayımları sonucu oluşan kavşak yoğunluk haritaları

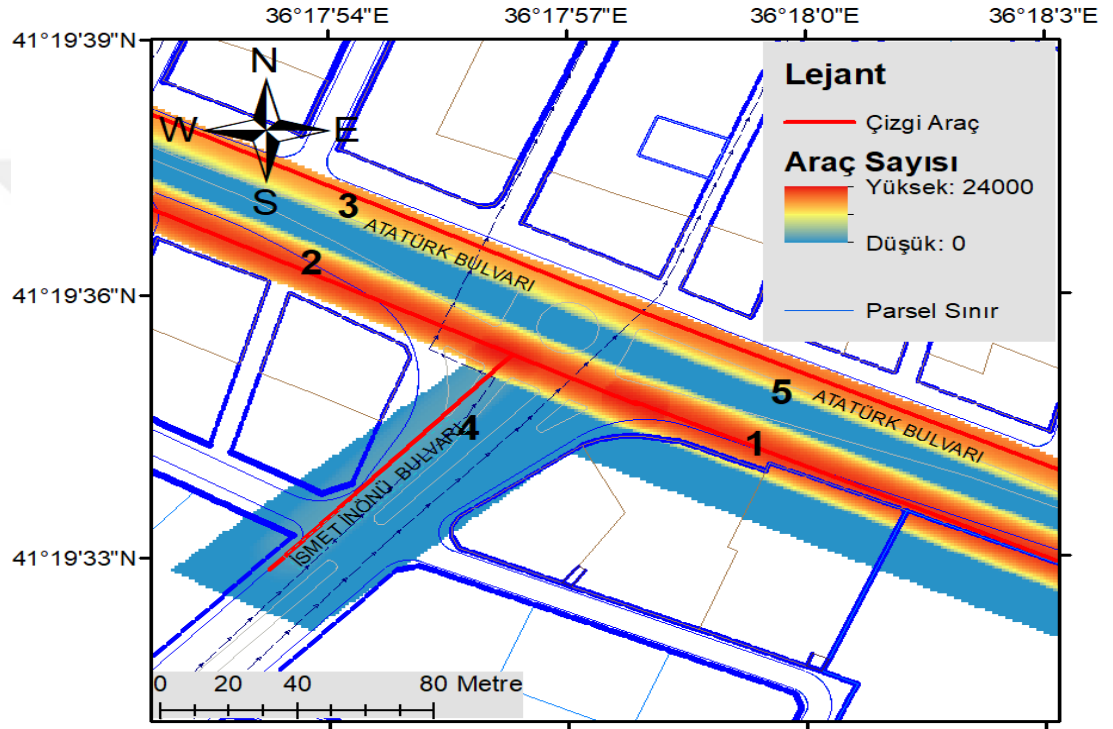
Samsun Atakum İlçesi Atatürk Bulvarı üzerinde yer alan Karayolları kavşağı-Toplu konut bulvarı kavşağı arasındaki dokuz kavşağın yoğunluk durumlarını değerlendirmek ve kavşaklardaki trafik akışının detaylı bir şekilde analiz edilmesi amacıyla araç sayımları yapılmıştır. Kavşaklar üzerinden 07.30-19.00 saatleri arasında geçen toplam araç sayımları ekip çalışması ve kamera ile çekim yapılarak hesaplanmıştır. Hesaplanan veriler CBS ortamına aktarılarak araç sayımlarına göre her kavşak için çizgi yoğunluk analizi yöntemiyle yoğunluk haritaları oluşturulmuştur. Oluşturulan yoğunluk haritaları şekil 4.1- Şekil 4.9 arasında gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Karayolları kavşağı yoğunluk haritası

Şekil 4.1 incelendiğinde güzergâh yönleri 1 ile 5 arası numaralandırılarak yoğunluk düzeyleri gösterilmiştir. 1 numaralı güzergah Karayolları kavşağından merkez yönüne doğru giden araçları, 2 numaralı güzergah İsmet İnönü Bulvarı kavşağından merkez yönüne doğru giden araçları, 3 numaralı güzergah Karayolları kavşağından merkez yönüne doğru giden araçları, 4 numaralı güzergah Alparslan Bulvarı kavşağından merkez yönüne doğru giden araçları, 5 numaralı güzergah Alaçam Caddesi kavşağından merkez yönüne doğru giden araçları göstermektedir.

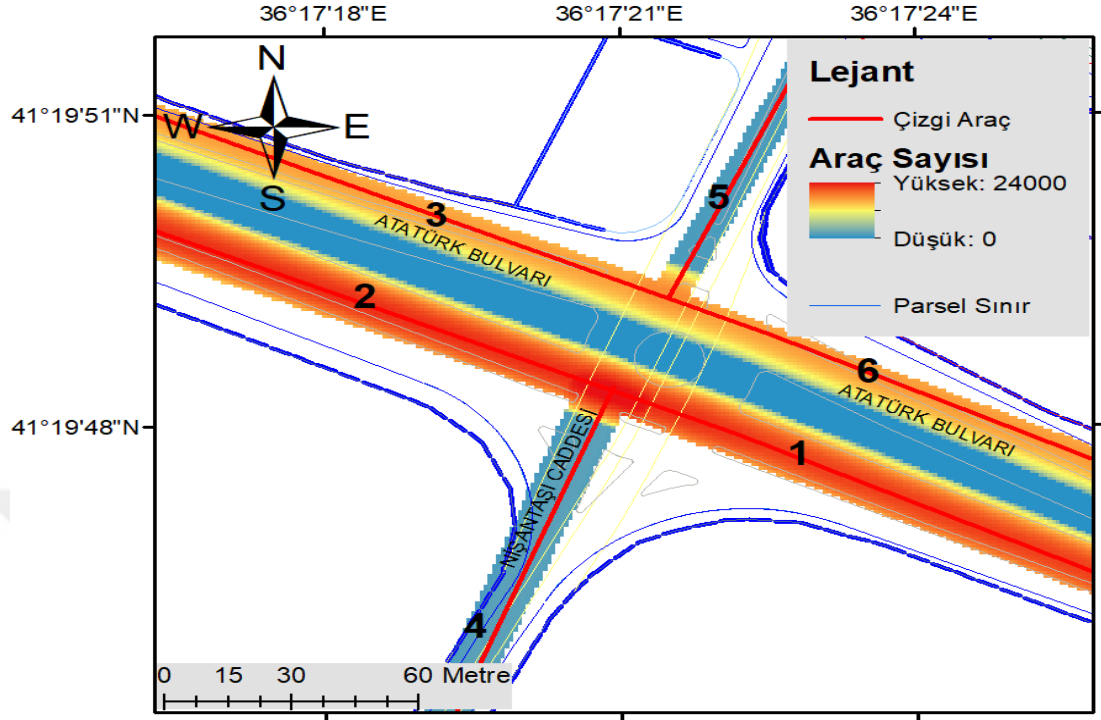
kavşağından üniversite yönüne doğru giden araçları, 4 numaralı güzergah Karayolları kavşağından tramvay yönüne doğru giden araçları, 5 numaralı güzergah da Karayolları kavşağından sahil yönüne doğru giden araçları göstermektedir. En yoğun kısım Karayolları kavşağından merkez yönüne giden 1 numaralı güzergâhtır. Bu güzergah yönüne doğru gün içinde toplam 25940 araç geçişi sağlanmıştır. En az yoğun olan kısım ise 4 numaralı güzergahtır. Bu yöne gün içinde toplam 3802 araç geçişi olmuştur. Şekil 4.2’ de İsmet İnönü Bulvarı kavşağındaki yoğunluk analiz haritası gösterilmiştir.



Şekil 4.2. İsmet İnönü Bulvarı kavşağı yoğunluk haritası

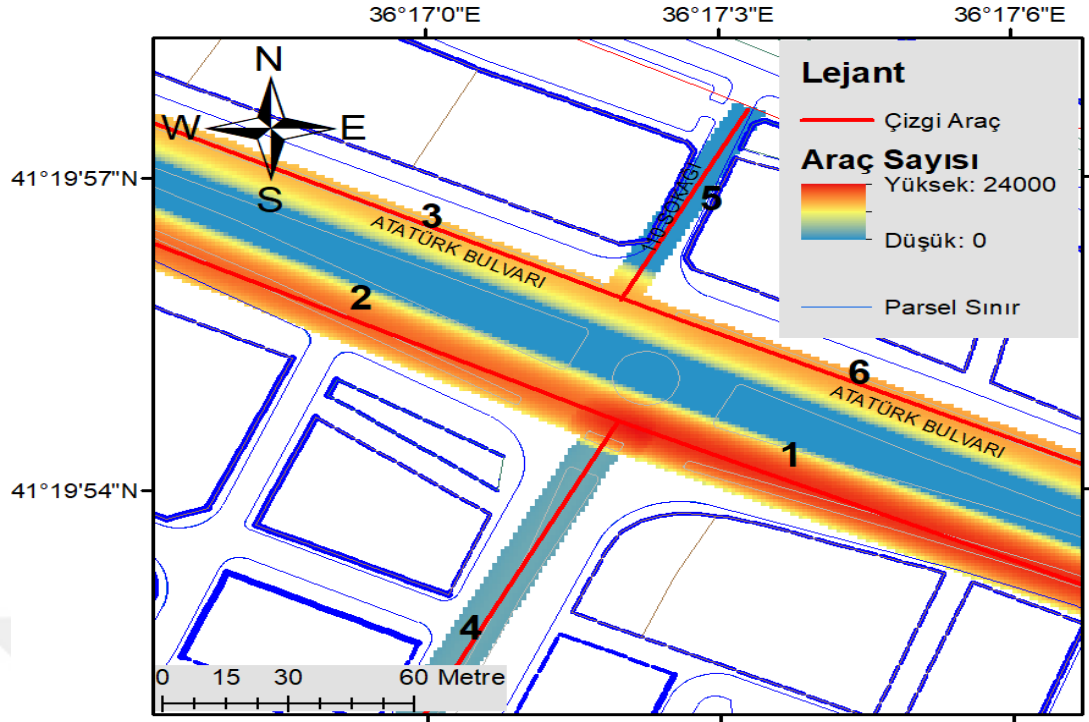
Şekil 4.2 incelendiğinde güzergâh yönleri 1 ile 5 arası numaralandırılarak yoğunluk düzeyleri gösterilmiştir. 1 numaralı güzergah İsmet İnönü Bulvarı kavşağından merkez yönüne doğru giden araçları, 2 numaralı güzergah D.S.İ. Yeşilyurt kavşağından merkez yönüne doğru giden araçları, 3 numaralı güzergah İsmet İnönü Bulvarı kavşağından üniversite yönüne doğru giden araçları, 4 numaralı güzergah İsmet İnönü Bulvarı kavşağından tramvay yönüne doğru giden araçları, 5 numaralı güzergah da Karayolları kavşağından üniversite yönüne doğru giden araçları göstermektedir. En yoğun kısım İsmet İnönü Bulvarı kavşağından merkez yönüne giden 1 numaralı güzergâhtır. Bu güzergah yönüne doğru gün içinde toplam 23574 araç geçişi sağlanmıştır. En az yoğun olan kısım ise 4 numaralı güzergahtır. Bu yöne

gün içinde toplam 2720 araç geçişi olmuştur. Şekil 4.3' te D.S.İ. Yeşilyurt kavşağındaki yoğunluk analiz haritası gösterilmiştir.



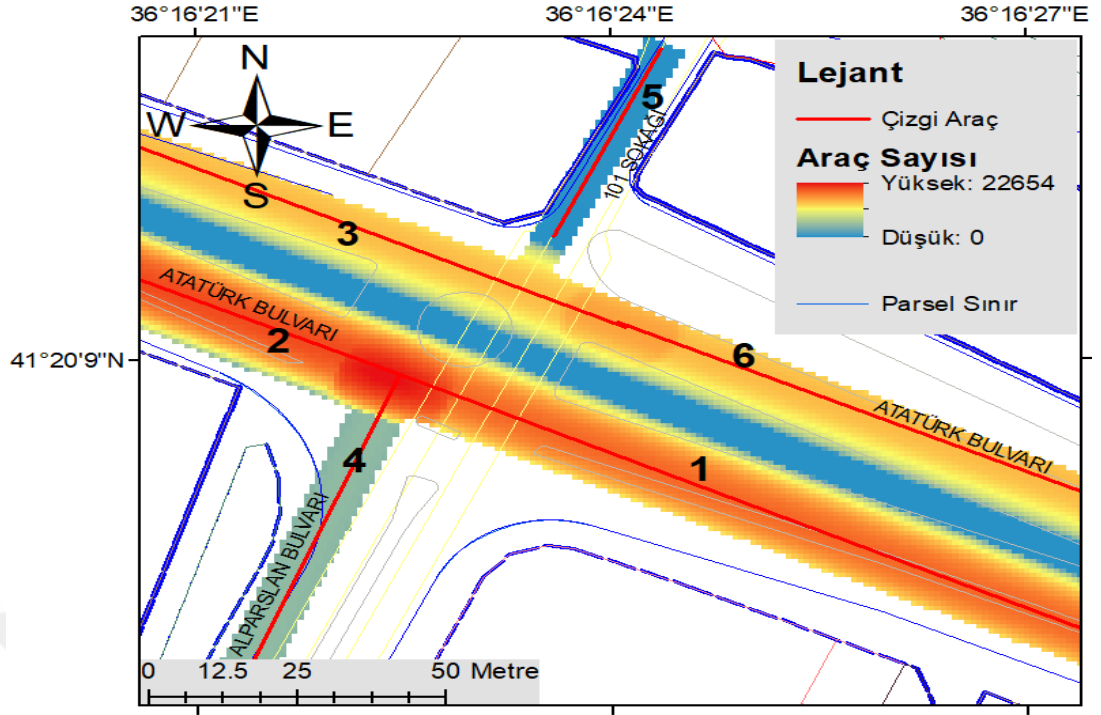
Şekil 4.3. D.S.İ. Yeşilyurt kavşağı yoğunluk haritası

Şekil 4.3 incelendiğinde güzergâh yönleri 1 ile 6 arası numaralandırılarak yoğunluk düzeyleri gösterilmiştir. 1 numaralı güzergah D.S.İ Yeşilyurt kavşağından merkez yönüne doğru giden araçları, 2 numaralı güzergah YEDAŞ kavşağından merkez yönüne doğru giden araçları, 3 numaralı güzergah D.S.İ Yeşilyurt kavşağından üniversite yönüne doğru giden araçları, 4 numaralı güzergah D.S.İ Yeşilyurt kavşağından tramvay yönüne doğru giden araçları, 5 numaralı güzergah D.S.İ Yeşilyurt kavşağından sahil yönüne doğru giden araçları, 6 numaralı güzergah da İsmet İnönü Bulvarı kavşağından üniversite yönüne doğru giden araçları göstermektedir. En yoğun kısım YEDAŞ kavşağından merkez yönüne giden 2 numaralı güzergâhtır. Bu güzergah yönüne doğru gün içinde toplam 23934 araç geçişi sağlanmıştır. En az yoğun olan kısım ise 5 numaralı güzergahtır. Bu yöne gün içinde toplam 2252 araç geçişi olmuştur. Şekil 4.4' te YEDAŞ kavşağındaki yoğunluk analiz haritası gösterilmiştir.



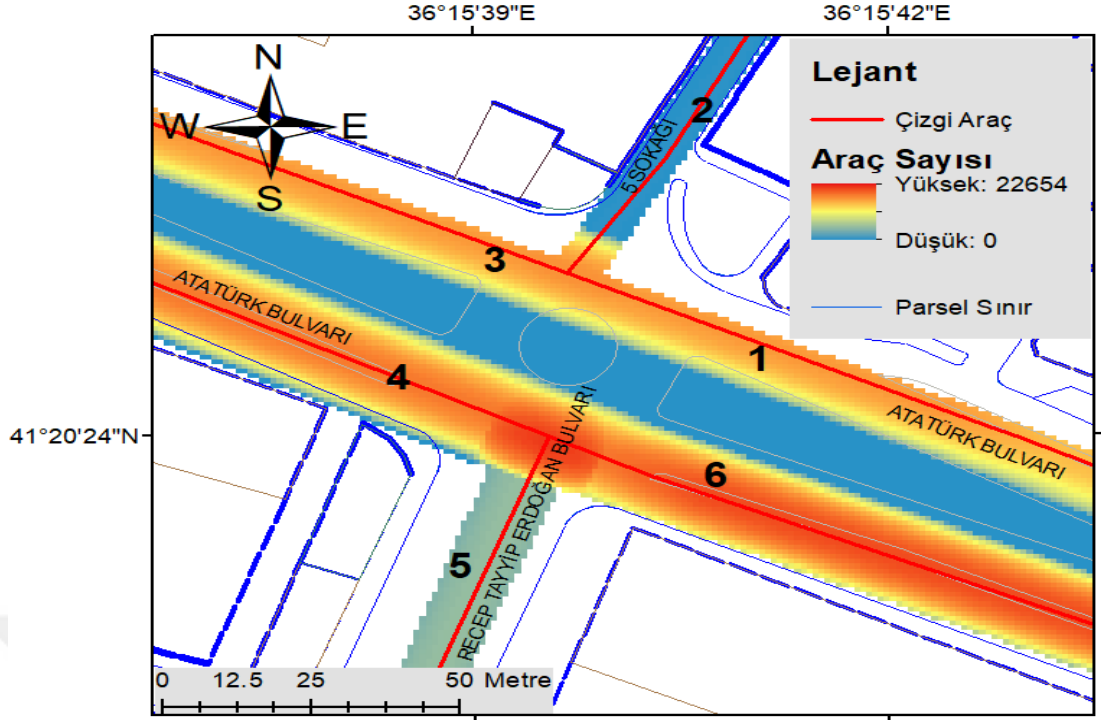
Şekil 4.4. YEDAŞ kavşağı yoğunluk haritası

Şekil 4.4 incelendiğinde güzergâh yönleri 1 ile 6 arası numaralandırılarak yoğunluk düzeyleri gösterilmiştir. 1 numaralı güzergah YEDAŞ kavşağından merkez yönüne doğru giden araçları, 2 numaralı güzergah Türk iş kavşağından merkez yönüne doğru giden araçları, 3 numaralı güzergah YEDAŞ kavşağından üniversite yönüne doğru giden araçları, 4 numaralı güzergah YEDAŞ kavşağından tramvay yönüne doğru giden araçları, 5 numaralı güzergah YEDAŞ kavşağından sahil yönüne doğru giden araçları, 6 numaralı güzergah da D.S.İ Yeşilyurt kavşağından üniversite yönüne doğru giden araçları göstermektedir. En yoğun kısım YEDAŞ kavşağından merkez yönüne giden 1 numaralı güzergâhtır. Bu güzergah yönüne doğru gün içinde toplam 23934 araç geçişi sağlanmıştır. En az yoğun olan kısım ise 5 numaralı güzergahtır. Bu yöne gün içinde toplam 986 araç geçişi olmuştur. Şekil 4.5'te Türk iş kavşağındaki yoğunluk analiz haritası gösterilmiştir.



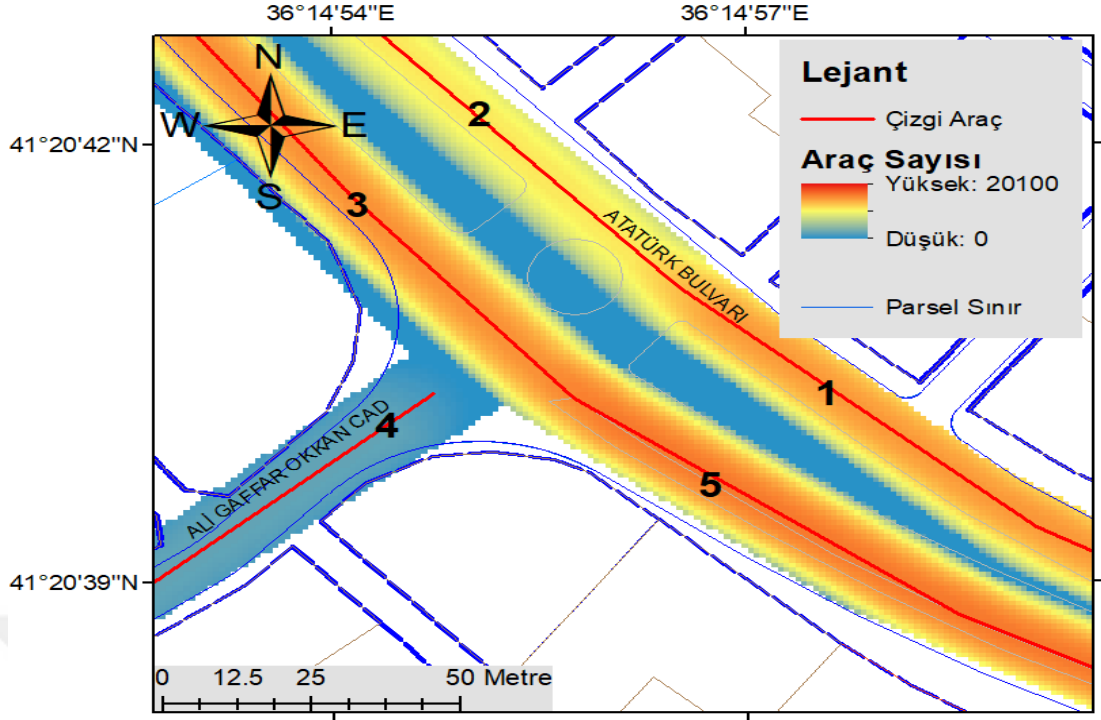
Şekil 4.5. Türk iş kavşağı yoğunluk haritası

Şekil 4.5 incelendiğinde güzergâh yönleri 1 ile 6 arası numaralandırılarak yoğunluk düzeyleri gösterilmiştir. 1 numaralı güzergah Türk iş kavşağından merkez yönüne doğru giden araçları, 2 numaralı güzergah Ömürevleri kavşağından merkez yönüne doğru giden araçları, 3 numaralı güzergah Türk iş kavşağından üniversite yönüne doğru giden araçları, 4 numaralı güzergah Türk iş kavşağından tramvay yönüne doğru giden araçları, 5 numaralı güzergah Türk iş kavşağından sahil yönüne doğru giden araçları, 6 numaralı güzergah da YEDAŞ kavşağından üniversite yönüne doğru giden araçları göstermektedir. En yoğun kısım Ömürevleri kavşağından merkez yönüne giden 2 numaralı güzergâhtır. Bu güzergah yönüne doğru gün içinde toplam 22654 araç geçişi sağlanmıştır. En az yoğun olan kısım ise 5 numaralı güzergahtır. Bu yöne gün içinde toplam 1024 araç geçişi olmuştur. Şekil 4.6' da Ömürevleri kavşağındaki yoğunluk analiz haritası gösterilmiştir.



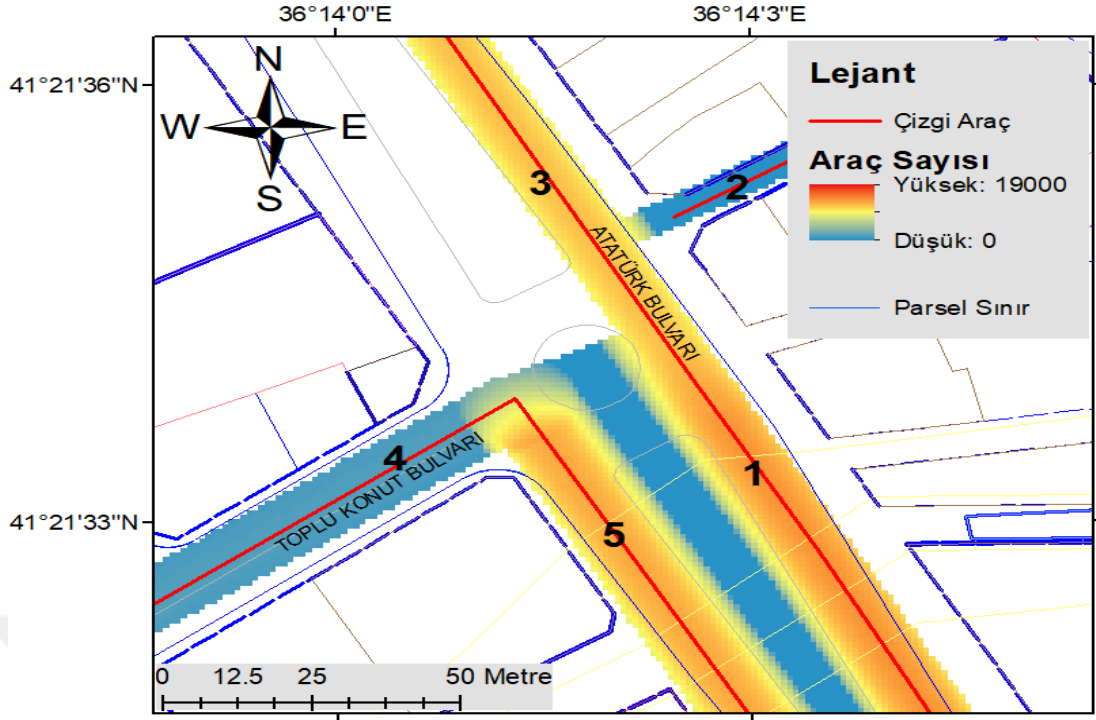
Şekil 4.6. Ömürevleri kavşağı yoğunluk haritası

Şekil 4.6 incelendiğinde güzergah yönleri 1 ile 6 arası numaralandırılarak yoğunluk düzeyleri gösterilmiştir. 1 numaralı güzergah Türk iş kavşağından üniversite yönüne doğru giden araçları, 2 numaralı güzergah Ömürevleri kavşağından sahil yönüne doğru giden araçları, 3 numaralı güzergah Ömürevleri kavşağından üniversite yönüne doğru giden araçları, 4 numaralı güzergah Atakent TV. kavşağından merkez yönüne doğru giden araçları, 5 numaralı güzergah Ömürevleri kavşağından tramvay yönüne doğru giden araçları, 6 numaralı güzergah da Ömürevleri kavşağından merkez yönüne doğru giden araçları göstermektedir. En yoğun kısım Ömürevleri kavşağından merkez yönüne giden 6 numaralı güzergâhtır. Bu güzergah yönüne doğru gün içinde toplam 22654 araç geçişi sağlanmıştır. En az yoğun olan kısım ise 2 numaralı güzergahtır. Bu yöne gün içinde toplam 924 araç geçişi olmuştur. Şekil 4.7’de Atakent TV. kavşağındaki yoğunluk analiz haritası gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Atakent TV. kavşağı yoğunluk haritası

Şekil 4.7 incelendiğinde güzergah yönleri 1 ile 5 arası numaralandırılarak yoğunluk düzeyleri gösterilmiştir. 1 numaralı güzergah Ömürevleri kavşağından üniversite yönüne doğru giden araçları, 2 numaralı güzergah Atakent TV. kavşağından üniversite yönüne doğru giden araçları, 3 numaralı güzergah Vatan Caddesi kavşağından merkez yönüne doğru giden araçları, 4 numaralı güzergah Atakent TV. kavşağından tramvay yönüne doğru giden araçları, 5 numaralı güzergah da Atakent TV. kavşağından merkez yönüne doğru giden araçları göstermektedir. En yoğun kısım Atakent TV. kavşağından merkez yönüne giden 5 numaralı güzergâhtır. Bu güzergah yönüne doğru gün içinde toplam 20106 araç geçişi sağlanmıştır. En az yoğun olan kısım ise 4 numaralı güzergâhtır. Bu yöne gün içinde toplam 3258 araç geçişi olmuştur. Şekil 4.8'de Vatan Caddesi kavşağındaki yoğunluk analiz haritası gösterilmiştir.



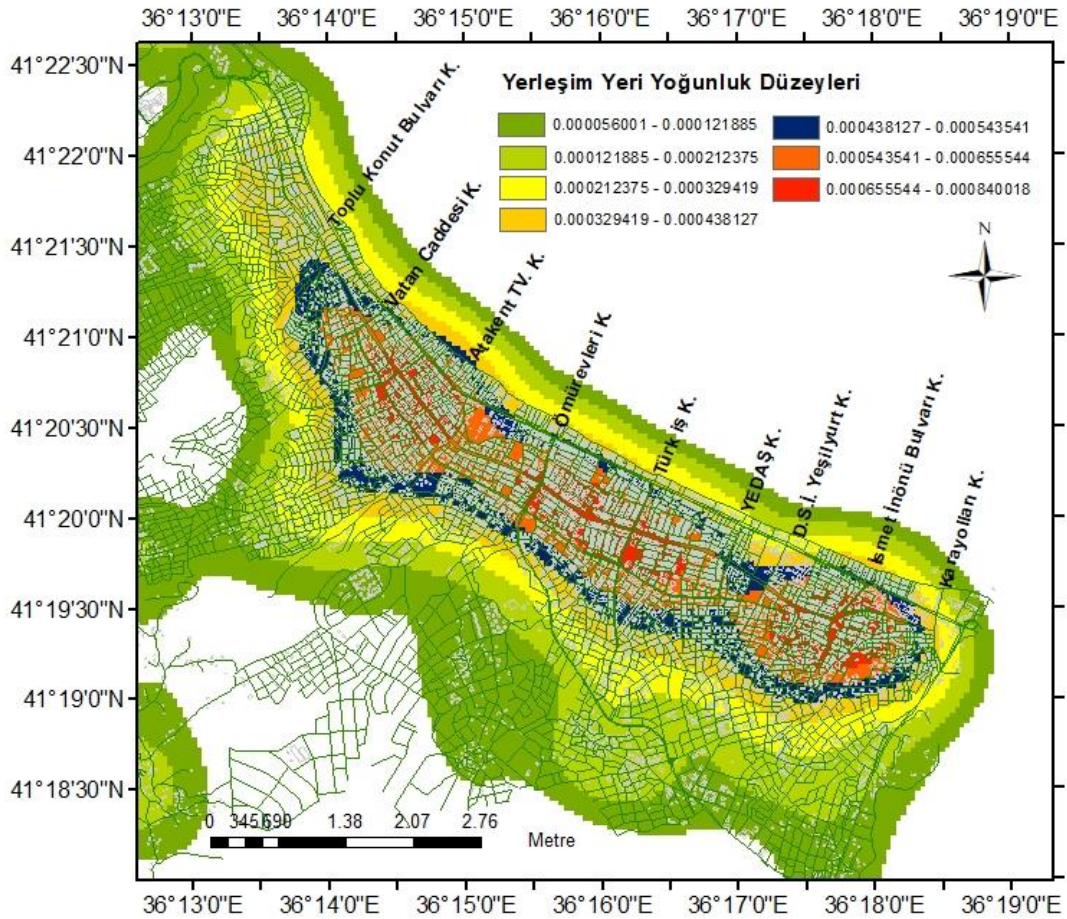
Şekil 4.9. Toplu Konut Bulvarı kavşağı yoğunluk haritası

Şekil 4.9 incelendiğinde güzergâh yönleri 1 ile 5 arası numaralandırılarak yoğunluk düzeyleri gösterilmiştir. 1 numaralı güzergâh Vatan Caddesi kavşağından üniversite yönüne doğru giden araçları, 2 numaralı güzergâh Toplu Konut Bulvarı kavşağından sahil yönüne doğru giden araçları, 3 numaralı güzergâh Toplu Konut Bulvarı kavşağından üniversite yönüne doğru giden araçları, 4 numaralı güzergâh Toplu Konut Bulvarı kavşağından tramvay yönüne doğru giden araçları, 5 numaralı güzergâh da Toplu Konut Bulvarı kavşağından merkez yönüne doğru giden araçları göstermektedir. En yoğun kısım Vatan Caddesi kavşağından üniversite yönüne giden 1 numaralı güzergâhtır. Bu güzergâh yönüne doğru gün içinde toplam 18494 araç geçişi sağlanmıştır. En az yoğun olan kısım ise 2 numaralı güzergâhtır. Bu yöne gün içinde toplam 844 araç geçişi olmuştur.

Elde edilen haritalar, kavşakların araç sayılarına göre yoğunluk durumlarının görselleştirilmesine olanak sağlamıştır. Sonuçlar incelendiğinde, Karayolları kavşağının en fazla yoğunluğa sahip olduğu, Toplu Konut Bulvarı kavşağının ise en az yoğunluğa sahip olduğu tespit edilmiştir.

4.2. Trafik akışını etkileyen katmanlara göre buffer analizi ile kavşak yoğunluğunun belirlenmesi

Trafikteki yoğunluğu en fazla etkileyen katmanlar okul, kurum, hastane ve yerleşim yerlerinin yoğun olduğu bölgelerdir. Seçilen yerler trafikte en sık kullanılan noktalar olduğundan dolayı tercih edilmiştir. İnsanların en sık gittiği yerler olduğundan dolayı bu durum kavşakların yoğunluğunun artmasına ve trafiğin yavaşlamasına neden olacaktır. Çalışma alanı güzergahındaki 9 kavşakta meydana gelen yoğunluk düzeylerini göstermek için öncelikle yapılara noktalar atılıp koordinat verilerek piksel değerlerinin yoğun olduğu kısımlar belirlenmiş daha sonra yerleşim yerlerinin yoğun olduğu bölgeler kernel yoğunluk analizi yöntemiyle tespit edilmiştir (Şekil 4.10.). Bir noktanın etrafında daireler çizerek oluşturulan istatistiksel hesaplama yapan bir yöntem olduğundan dolayı analiz için tercih edilmiştir.

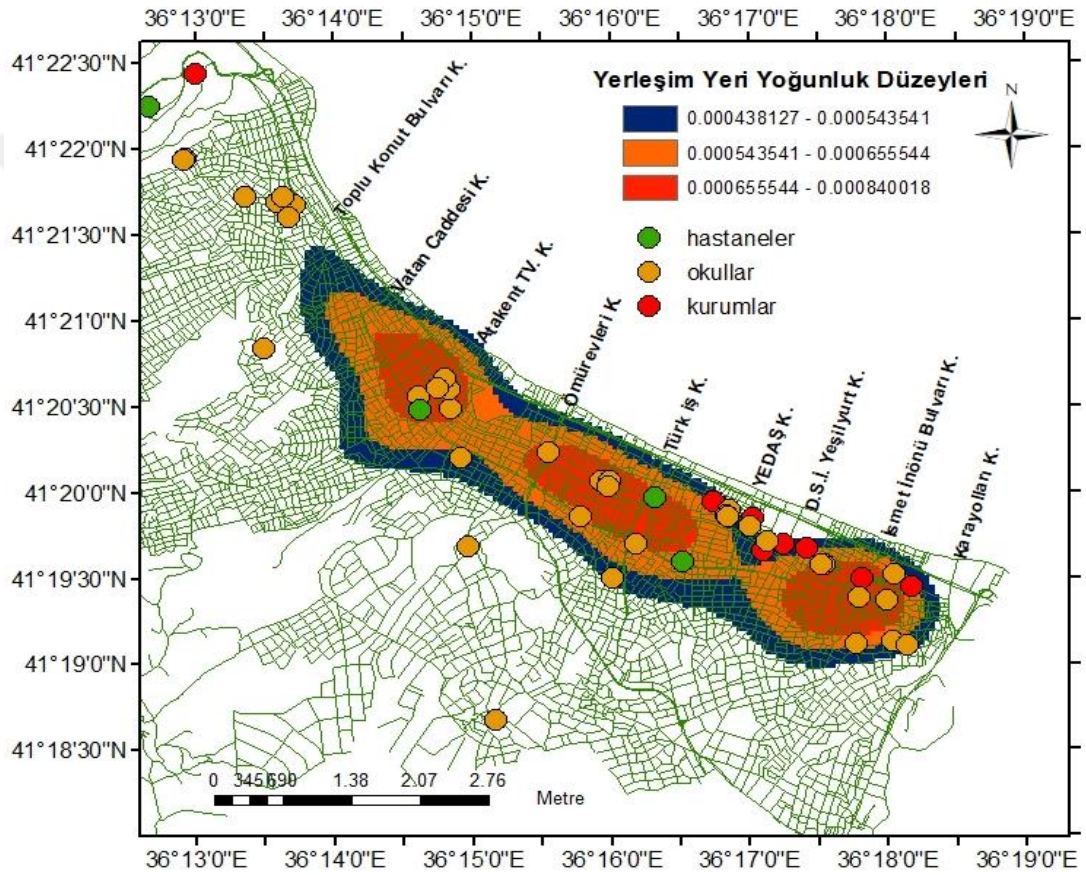


Şekil 4.10. Yerleşim yeri kernel yoğunluk analizi haritası

Şekil 4.10 incelendiğinde en yoğun olan bölgeler kırmızı renkle gösterilirken en az yoğun olan bölgeler yeşil renkli alanlarla gösterilmiştir. Bina yoğunlukları mavi renkli alandan itibaren artmakta ve yapılaşma mavi renkli sınırın dışında giderek

azalmaktadır. Bundan dolayı yerleşim yeri yoğunluk düzeyinde sınır renk olarak mavi renk seçilmiştir.

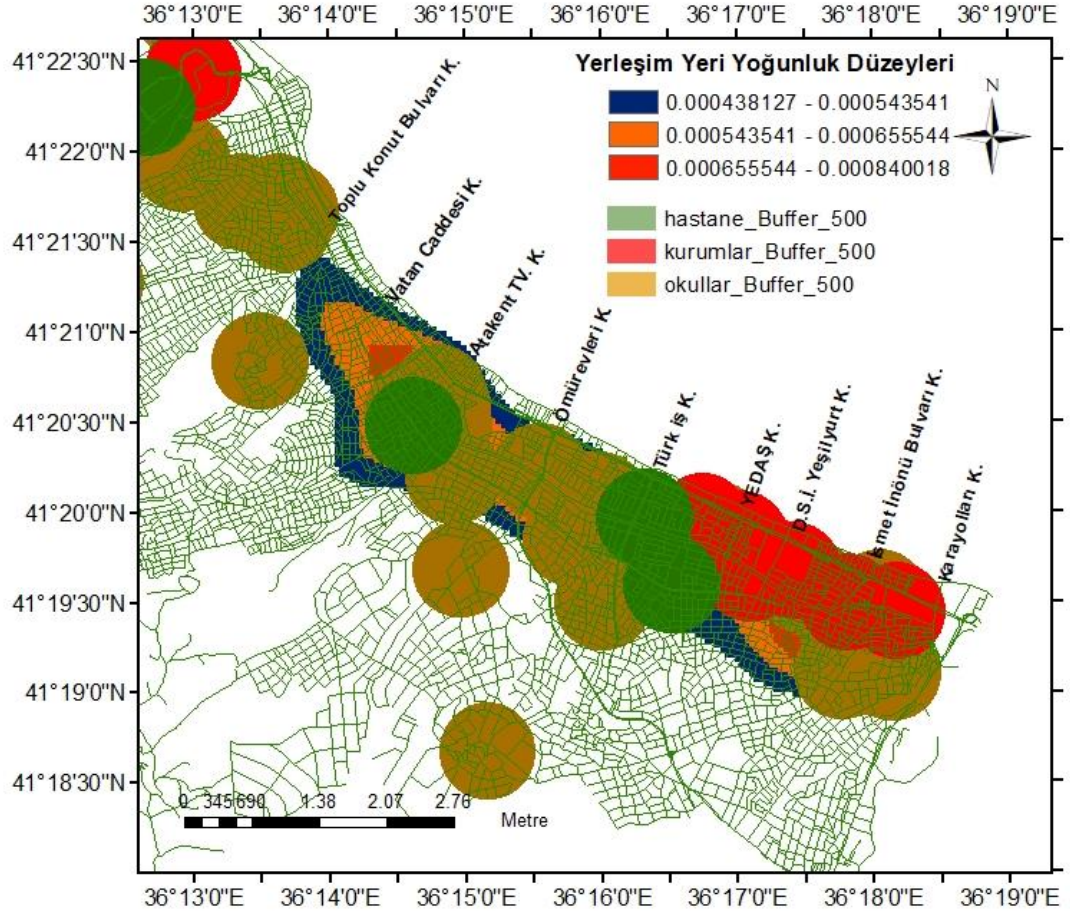
Yerleşim yerlerinin yoğun olduğu bölgeler tespit edildikten sonra kurumların, okulların ve hastanelerin konumları temin edilerek CBS ortamına aktarılmış ve buffer analizi uygulanmıştır. Buffer analizinin uygulanmasının nedeni çalışma alanındaki en sık ve en az tercih edilen kavşakları ortaya çıkarmaktır. Atakum ilçesi içinde bulunan okullar, hastaneler, kurumlar ve yerleşim yerlerinin yoğun olduğu bölgeler Şekil 4.11’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Atakum ilçesi içinde bulunan okullar, hastaneler, yerleşim yerleri ve kurumların ArcGIS görünümü

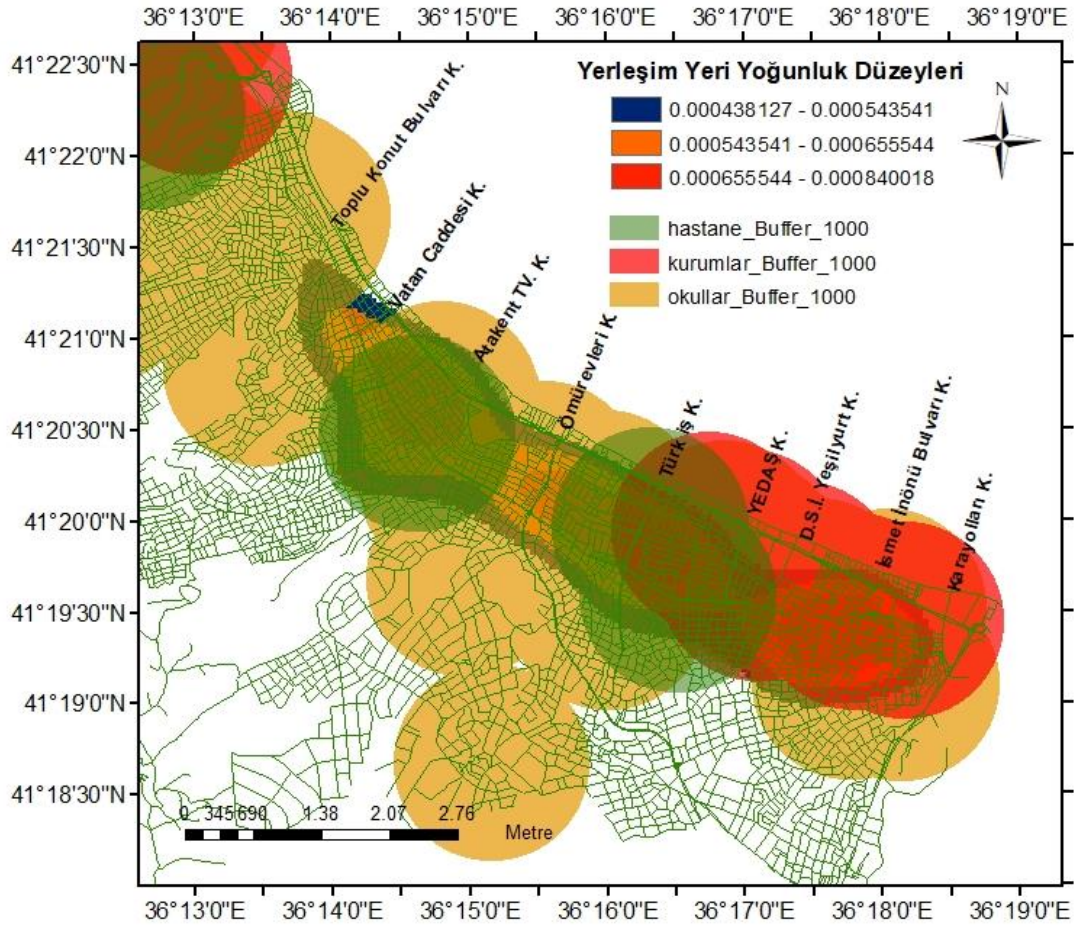
Alan içerisine daha önce aktarılmış olan yerleşim yerleri, okullar, kurumlar ve hastaneler üzerinden sırasıyla 500 ve 1000 metrelik tampon bölgeler oluşturularak kavşaklardaki kesişen kısımları belirlenmiştir. Buffer analizinin 500 ve 1000 metre uygulanmasının nedeni kavşak etrafında oluşan yoğunluğu anlamlı bir şekilde tespit etmek içindir.

Bu sayede kavşakların önem derecesi ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Örneğin; bir kavşak üzerinde tüm katmanların tampon bölgeleri kesişiyorsa, o kavşağın önemli olduğu sonucuna varılabilir. 500 ve 1000 metrelik buffer analizi haritası Şekil 4.12 ve Şekil 4.13' te gösterilmiştir.



Şekil 4.12. 500 metrelik buffer analizi haritası

500 metrelik buffer analizi yapıp kavşaklar tek tek incelendiğinde Karayolları kavşağında kurum katmanına ait tampon bölgenin kavşağın üzerine denk geldiği, İsmet İnönü Bulvarı, D.S.İ. Yeşilyurt ve YEDAŞ kavşaklarında okul, yerleşim yeri ve kurum, Türk İş kavşağında hastane ve yerleşim yeri, Ömürevleri ve Atakent TV. kavşağında yerleşim yeri ve okul, Vatan Caddesi kavşağında yerleşim yeri, Toplu Konut Bulvarı kavşağında okul katmanına ait tampon bölgelerin kesiştiği görülmüştür.



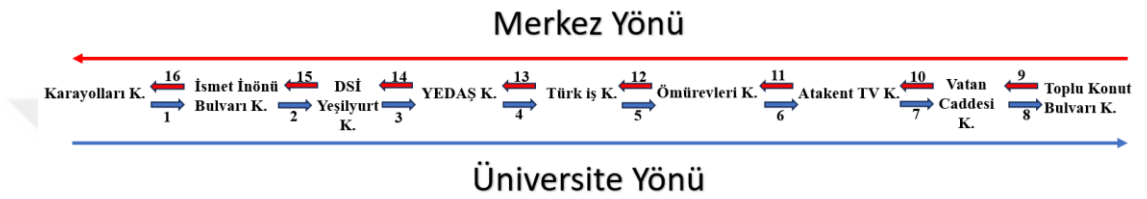
Şekil 4.13. 1000 metrelik buffer analizi haritası

1000 metrelik buffer analizi yapıldığında Karayolları kavşağında okul, yerleşim yeri ve kurum katmanına ait, İsmet İnönü Bulvarı ve D.S.İ. Yeşilyurt kavşaklarında okul, yerleşim yeri ve kurum, YEDAŞ ve Türk iş kavşaklarında hastane, okul, yerleşim yeri ve kurum, Ömürevleri kavşağında okul ve yerleşim yeri, Atakent TV. kavşağında okul, yerleşim yeri ve hastane, Vatan Caddesi kavşağında okul(az) ve yerleşim yeri, Toplu Konut Bulvarı kavşağında okul, katmanlarına ait tampon bölgelerin kesiştiği görülmüştür. 500 ve 1000 metre şeklinde yapılan buffer analizleri sonucunda en az yoğunluğa sahip olan kavşağın Vatan Caddesi kavşağı en fazla yoğunluğa sahip olanlar ise YEDAŞ ve türk iş kavşağı olduğu görülmüştür.

4.3. Emisyon salınımı ve yakıt tüketim değerlerinin karşılaştırılması

Emisyon yoğunlukları araçların cinslerine, yakıt türlerine ve sayısına göre değişen önemli bir faktördür. Yakıt tüketimi ise araçların kullanımında önemli bir rol oynayan faktördür. Araçların yakıt tüketimi, hem aracın performansını etkileyen bir özellik olarak görülürken, hem de ekonomik ve çevresel etkileriyle dikkate alınır. Düşük yakıt tüketimi, araç sahiplerine tasarruf sağlarken, çevreye daha az emisyon

salınımıyla katkıda bulunur. Tablo 3.10' daki veriler kullanılarak, araç sayılarına bağlı olarak oluşan emisyon salınımı ve yakıt tüketim değerlerinin Üniversite ve Merkez yönlerinde karşılaştırmalı bir şekilde analizi yapılmıştır. Bu yönlere doğru oluşturulan güzergahlar ve numaralandırılmaları şekil 4.14' te gösterilmiştir. Hesaplamalar yapılırken yavaşlayan durumdaki emisyonlar ve yakıt tüketimleri 0-10, 11, 15 hızlarında hesaplanmış olan emisyonlar ve yakıt tüketimlerinin ortalamaları alınarak oluşturulmuştur. Çalışmada araç türleri için temel kirleticilerin başında gelen karbondioksit (CO₂), karbonmonoksit (CO), Azot oksitler (NO_x) ve Partiküler Madde (PM) kirleticilerine ait emisyon sonuçları oluşturulmuştur.



Şekil 4.14. Çalışma alanı içerisindeki güzergahların numaralandırılması

Kavşaklarda bulunan araç cinslerine göre (Otomobil, Motosiklet, Minibüs-Kamyonet (M-K), Otobüs, Kamyon, Tır (O- K- T)) oluşan emisyon salınımı ve yakıt tüketimi değerleri 1 ve 16 numaralı güzergah için örnek olarak tablo 4.1 ve tablo 4.2'de gösterilmiştir. Tablo 4.3 ve Tablo 4.4'te ise Üniversite ve Merkez yönüne doğru olan güzergahlarda meydana gelen toplam emisyon salınımı ve yakıt tüketimi değerleri gösterilmiştir. Bu değerlerin araç cinslerine göre oluşan emisyon salınımı ve yakıt tüketimi sonuçları detaylı olarak Ek 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Karayolları K.- İsmet İnönü Bulvarı K. arası oluşan emisyon ve yakıt tüketim değerlerinin karşılaştırılması

1 nolu güzergah Mesafe:0.756 km						
Hız: Yavaşlayan						
Araç Türleri	Araç Sayısı	CO₂ (kg)	CO (kg)	No_x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
Otomobil (Benzin)	3791	289.52	7881.78	874.36	1.17	289.52
Otomobil (Dizel)	6660	358.47	259.85	442.42	83.78	399.78
Otomobil (LPG)	6454	606.93	7170.11	2103.28	0	546.78
Motosiklet	258	41.54	250.94	4.051	2.27	8.58
M-K	2292	161.98	245.61	386.55	62.72	190.64
O-K-T	887	577.79	1843.92	6681.63	273.97	341.89
Toplam	20342	2036.22	17652.21	10492.29	423.91	1777.19
1 nolu güzergah Mesafe:0.756 km						
Hız: 70 km/saat						
Araç Türleri	Araç Sayısı	CO₂ (kg)	CO (kg)	No_x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
Otomobil (Benzin)	3791	124.38	1189.67	122.38	0.42	200.62
Otomobil (Dizel)	6660	157.09	60.42	235.64	19.94	302.10
Otomobil (LPG)	6454	311.05	2986.09	535.01	0	414.73
Motosiklet	258	12.83	118.92	1.58	0.55	6.83
M-K	2292	70.97	81.92	164.96	16.91	138.62
O-K-T	887	98.06	292.58	1286.05	36.33	160.76
Toplam	20342	774.39	4729.60	2345.61	74.15	1223.65

Karşılaştırmalı bir şekilde yapılan ölçümler sonucunda en fazla emisyon salınımı CO gazında oluşurken en az PM’ de oluşmuştur (Tablo 4.1.). Ayrıca sinyalizasyon kavşakları kaldırılıp uygun kavşak modeli yapıldığında, akıcı bir hızla (Hız :70 km/s) giden araç türlerinde oluşan emisyon salınımları da Tablo 4.1’ de gösterilmiştir. En fazla emisyon salınımında azalma CO gazında olmuştur. Emisyon türlerindeki azalma sayesinde sera gazının etkisinin azalması (CO₂), ozon tabakası (CO ve No_x) ve partiküler madde (PM) oluşumunda düşüş ve iklim değişikliği gibi durumlarda azalış görülebilir. Yakıt türlerine göre kıyaslandığında ise en fazla salınım LPG’li araçlarda olurken en az da benzinli araçlarda olduğu görülmektedir.

Karşılaştırmalı bir şekilde yapılan yakıt tüketimi sonuçları karşılaştırıldığında, sinyalizasyon kavşakları kaldırılıp uygun kavşak modelleri yapıldığında, Karayolları kavşağının üniversite yönüne giden kolunda (1 nolu güzergah) yaklaşık 500 kg lık yakıt tasarrufu sağlanır.

Tablo 4.2. İsmet İnönü Bulvarı K.- Karayolları K. arası oluşan emisyon ve yakıt tüketim değerlerinin karşılaştırılması

16 nolu güzergah Mesafe:0.756 km						
Hız: Yavaşlayan						
Araç Türleri	Araç Sayısı	CO ₂ (kg)	CO (kg)	No _x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
Otomobil (Benzin)	4422	337.71	9193.68	1019.89	1.36	337.71
Otomobil (Dizel)	7770	418.21	303.16	516.16	97.74	466.41
Otomobil (LPG)	7530	708.11	8365.50	2453.94	0.00	637.94
Motosiklet	332	53.45	322.92	5.21	2.93	11.04
M-K	2604	184.03	279.04	439.17	71.26	216.59
O-K-T	916	597.36	1906.35	6907.87	283.24	353.46
Toplam	23574	2298.87	20370.65	11342.24	456.53	2023.15
16 nolu güzergah Mesafe:0.756 km						
Hız: 70						
Araç Türleri	Araç Sayısı	CO ₂ (kg)	CO (kg)	No _x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
Otomobil (Benzin)	4422	145.09	1387.69	142.75	0.49	234.01
Otomobil (Dizel)	7770	183.27	70.49	274.91	23.26	352.45
Otomobil (LPG)	7530	362.91	3483.92	624.20	0.00	483.88
Motosiklet	332	16.52	153.03	2.04	0.70	8.78
M-K	2604	80.63	93.08	187.41	19.21	157.49
O-K-T	916	101.38	302.48	1329.59	37.56	166.20
Toplam	23574	889.80	5490.69	2560.90	81.23	1402.81

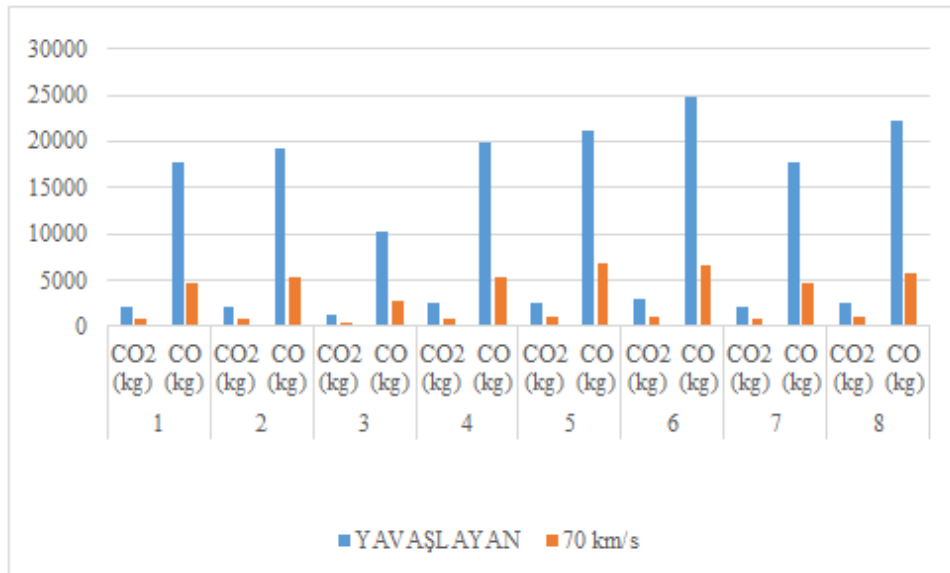
Karşılaştırmalı bir şekilde yapılan ölçümler sonucunda en fazla emisyon salınımı CO gazında oluşurken en az PM’ de oluşmuştur (Tablo 4.2.). Ayrıca sinyalizasyon kavşakları kaldırılıp uygun kavşak modeli yapıldığında, akıcı bir hızla (Hız :70 km/s) giden araç türlerinde oluşan emisyon salınımları da Tablo 4.2’ de gösterilmiştir. En fazla emisyon salınımında azalma CO gazında olmuştur. Yakıt türlerine göre kıyaslandığında ise en fazla salınım LPG’li araçlarda olurken en az da benzinli

araçlarda olduğu görülmektedir. Karayolları K. – Toplu Konut Bulvarı K. güzergahları arasında trafik kaynaklı meydana gelen analizler sonucunda araç türlerine göre emisyon sonuçları karşılaştırıldığında, en fazla kirlilik yayan araç türü otomobiller iken en az yayan motosikletlerdir. Karayolları kavşağı için karşılaştırmalı bir şekilde yapılan yakıt tüketimi sonuçları karşılaştırıldığında, sinyalize kavşaklar kaldırılıp uygun kavşak modeli yapıldığında, Karayolları kavşağının merkez yönüne giden kolunda yaklaşık 600 litrelik yakıt tasarrufu sağlanır. Tablo 4.1 ve Tablo 4.2 birlikte değerlendirildiğinde, Karayolları kavşağı üzerinde uygun kavşak modeli oluşturulduğunda 07.00 ile 19.00 arası saatler için yaklaşık olarak 1100 litrelik yakıt tasarrufu sağlanır.

Tablo 4.3. Üniversite yönüne doğru olan güzergahlarda oluşan toplam emisyon salınımı ve yakıt tüketimi değerleri

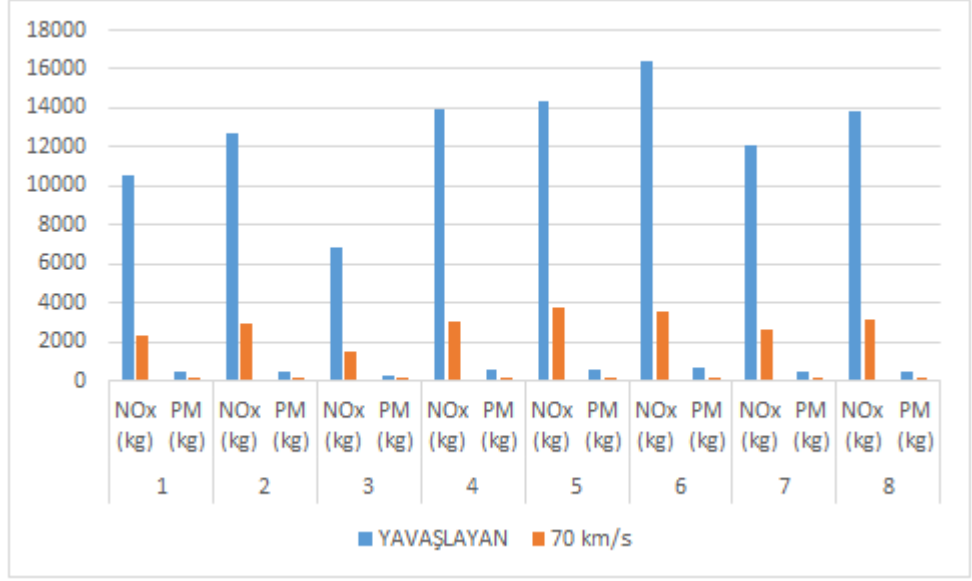
Güzergah	Araç Sayısı	CO ₂ (kg)	CO (kg)	NO _x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
1 (Yavaşlayan)	20341	2036.22	17652.21	10492.29	423.91	1777.19
1 (70 km/s)	20341	774.39	4729.60	2345.61	74.15	1223.65
2 (Yavaşlayan)	18257	2196.00	19271.50	12741.37	467.12	1798.08
2 (70 km/s)	18257	867.55	5213.92	2890.22	91.14	1365.26
3 (Yavaşlayan)	17962	1252.37	10305.90	6841.90	279.27	1052.24
3 (70 km/s)	17962	456.92	2766.64	1501.43	47.38	714.46
4 (Yavaşlayan)	16504	2439.20	19933.73	13982.13	561.21	2032.43
4 (70 km/s)	16504	873.98	5298.03	3029.49	92.65	1368.46
5 (Yavaşlayan)	16348	2578.15	21119.11	14317.70	584.36	2172.88
5 (70 km/s)	16348	937.27	6896.41	3764.49	98.29	1472.17
6 (Yavaşlayan)	18271	2961.21	24798.35	16352.55	652.59	2488.01
6 (70 km/s)	18271	1080.58	6631.96	3568.68	109.03	1687.76
7 (Yavaşlayan)	13988	2158.26	17712.22	12064.26	488.00	1804.89
7 (70 km/s)	13988	780.57	4734.05	2630.37	81.66	1220.61
8 (Yavaşlayan)	18494	2606.33	22206.01	13825.22	502.35	2192.66
8 (70 km/s)	18494	949.43	5745.98	3114.33	97.86	1490.05

Tablo 4.3 incelendiğinde, mevcut durumda (Yavaşlayan) kavşaklardan geçen araçlardan dış ortamlara verilen en yüksek salınımlar 6 nolu güzergahtadır. Bu güzergahta toplam 44764 kg emisyon salınımı oluşmuştur. Bu güzergahta en fazla emisyon salınımı 24798.35 kg lık değer ile CO gazında oluşurken en az emisyon salınımı 652.59 kg lık değer ile PM’ de oluşmuştur. Bu güzergahın en yoğun gaz salınımına neden olmasının sebepleri, alınan yolun diğer kısımlara göre daha fazla olmasıdır. Bu güzergahlar arasında diğer güzergahlara göre daha fazla araç geçişinin olmasıda diğer etkindir. En az emisyon salınımının olduğu güzergah ise 3 nolu güzergahtır. Bu güzergahta toplam 18680 kg emisyon salınımı oluşmuştur. Bunun nedeni güzergahlar arasında alınan yolun en az olması, araç geçişlerinin nispeten diğerlerine göre daha az olmasından dolayıdır. Güzergahlar arasında en yüksek kirlletici emisyon salınımları 10305.90 kg değer ile CO’da oluşurken en az emisyon salınımı 279.27 kg değer ile PM’ de oluşmuştur. Karayolları K. – Toplu Konut Bulvarı K. güzergahları arasında araç türlerine göre emisyon sonuçları karşılaştırıldığında, en fazla kirlilik yayan araç türü otomobiller iken en az yayan motosikletlerdir. Eğer akıcı bir hızla (70 km/s) gidilebilecek uygun kavşak tasarımları yapılırsa, 44764 kg lık toplam emisyon salınımı 11390 kg a kadar düşebilir. Üniversite yönünde oluşan emisyon türlerine göre karşılaştırmalı olarak oluşturulan salınımlar şekil 4.15 ve şekil 4.16’ da gösterilmiştir.



Şekil 4.15. CO₂ ve CO gazının emisyon salınım farkları (Üniversite)

Şekil 4.15 incelendiğinde CO₂ ve CO gazının en fazla salınım yaptığı güzergah 6 numaralı güzergah iken en az salınım yaptığı güzergah ise 3 numaralı güzergahtır.



Şekil 4.16. NO_x ve PM gazının emisyon salınım farkları (Üniversite)

Şekil 4.16 incelendiğinde NO_x ve PM gazının en fazla salınım yaptığı güzergah 6 numaralı güzergah iken en az salınım yaptığı güzergah ise 3 numaralı güzergahtır.

Karşılaştırmalı bir şekilde yapılan yakıt tüketimi sonuçları karşılaştırıldığında, mevcut durumda (yavaşlayan) en fazla yakıt tüketiminin olduğu güzergah 2488.01 litre ile 6 nolu güzergahtır. En az yakıt tüketiminin olduğu güzergah ise 1052.24 litre ile 3 nolu güzergahtır. mevcut durumda (yavaşlayan) güzergahlar üzerinde oluşan toplam yakıt tüketimi 15318.36 litre iken, uygun kavşak tasarımları ile (70 km/s) bu değer 10542,42 litre ye düşürülebilir.

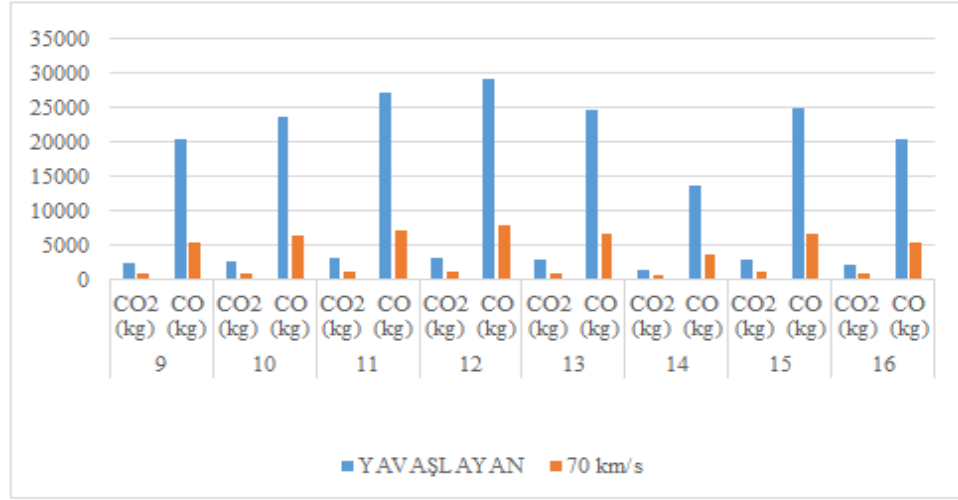
Merkez yönüne doğru oluşan toplam emisyon ve yakıt tüketim değerlerinin karşılaştırmalı şekilde gösterimleri ise tablo 4.4'te gösterilmiştir.

Tablo 4.4. Merkez yönüne doğru olan güzergahlarda oluşan toplam emisyon salınımı ve yakıt tüketimi değerleri

Güzergah	Araç Sayısı	CO ₂ (kg)	CO (kg)	NO _x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
9 (Yavaşlayan)	17376	2484.08	20443.48	13987.89	564.16	2087.81
9 (70 km/s)	17376	899.26	5442.00	3048.38	94.24	1411.42
10 (Yavaşlayan)	18739	2699.9	23601.9	13817.1	548.08	2316.48
10 (70 km/s)	18739	1021.57	6370.92	3069.37	94.48	1594.05
11 (Yavaşlayan)	20106	3188.41	27190.41	17197.17	683.14	2705.69
11 (70 km/s)	20106	1179.83	7283.59	3774.70	115.22	1844.92
12 (Yavaşlayan)	22654	3232.19	29213.56	15294.99	603.46	2802.47
12 (70 km/s)	22654	1257.83	7978.04	3455.86	107.23	1951.55
13 (Yavaşlayan)	21006	2852.63	24718.14	14694.41	589.34	2459.18
13 (70 km/s)	21006	1078.50	6653.60	3270.36	102.15	1691.11
14 (Yavaşlayan)	23934	1518.85	13688.31	6122.60	248.04	1328.16
14 (70 km/s)	23934	589.04	3655.35	1659.41	53.04	922.88
15 (Yavaşlayan)	23242	2993.39	25024.96	16298.56	658.87	2538.59
15 (70 km/s)	23242	1100.92	6695.13	3581.36	111.78	1727.34
16 (Yavaşlayan)	23574	2298.87	20370.65	11342.24	456.53	2023.15
16 (70 km/s)	23574	889.80	5490.69	2560.90	81.23	1402.81

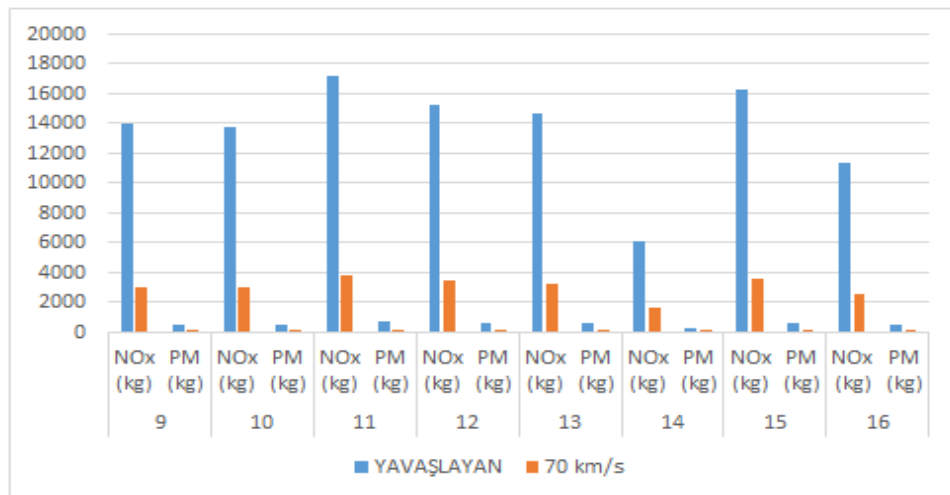
Tablo 4.4 incelendiğinde, mevcut durumda (Yavaşlayan) kavşaklardan geçen araçlardan dış ortamlara verilen en yüksek salınımlar 12 nolu güzergahtadır. Bu güzergahta toplam 48344 kg emisyon salınımı oluşmuştur. Bu güzergahta en fazla emisyon salınımı 29213.56 kg lık değer ile CO gazında oluşurken en az emisyon salınımı 603.46 kg lık değer ile PM’ de oluşmuştur. Bu güzergahın en yoğun gaz salınımına neden olmasının sebepleri, alınan yolun diğer kısımlara göre daha fazla olmasıdır. Bu güzergahlar arasında diğer güzergahlara göre daha fazla araç geçişinin olmasıda diğer etkindir. Eğer akıcı bir hızla (70 km/s) gidilebilecek uygun kavşak tasarımları yapılırsa, 48344 kg lık toplam emisyon salınımı 12799 kg’ a kadar

düşebilir. En az emisyon salınımının olduğu güzergah ise 14 nolu güzergahtır. Bu güzergahta toplam 13688.31 kg emisyon salınımı oluşmuştur. Bunun nedeni güzergahlar arasında alınan yolun en az olması, araç geçişlerinin nispeten diğerlerine göre daha az olmasından dolayıdır. Güzergahlar arasında en yüksek kirletici emisyon salınımları CO'da oluşurken en az salınımlar Partiküler Madde üzerinde oluşmuştur. Merkez yönünde oluşan emisyon türlerine göre karşılaştırmalı olarak oluşturulan salınımlar şekil 4.17 ve şekil 4.18' de gösterilmiştir.



Şekil 4.17. CO₂ ve CO gazının emisyon salınım farkları (Merkez)

Şekil 4.17 incelendiğinde CO₂ ve CO gazının en fazla salınım yaptığı güzergah 12 numaralı güzergah iken en az salınım yaptığı güzergah ise 14 numaralı güzergahtır.



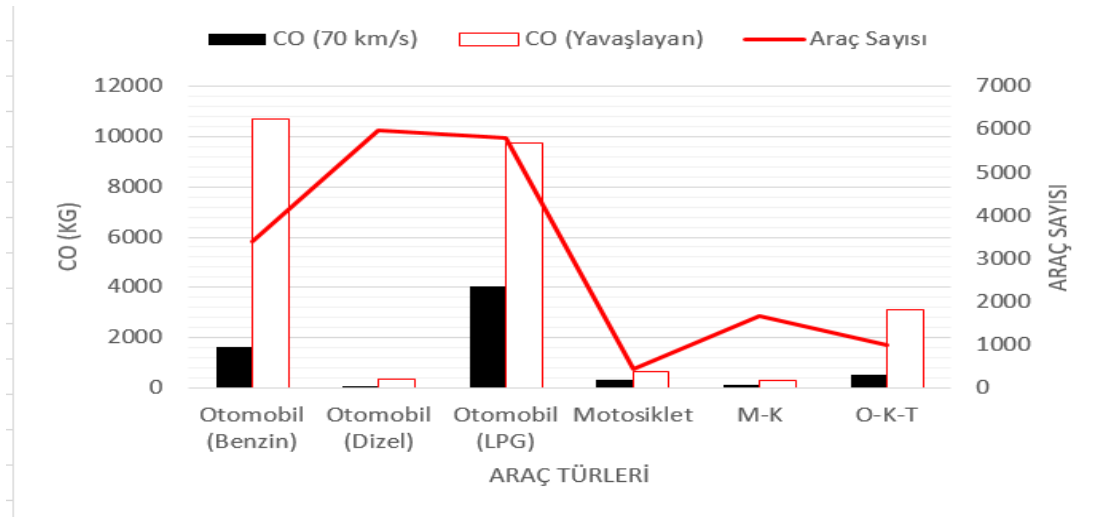
Şekil 4.18. NO_x ve PM gazının emisyon salınım farkları (Merkez)

Şekil 4.18 incelendiğinde NO_x ve PM gazının en fazla salınım yaptığı güzergah 11 numaralı güzergah iken en az salınım yaptığı güzergah ise 14 numaralı güzergahtır.

Karşılaştırmalı bir şekilde yapılan yakıt tüketimi sonuçları karşılaştırıldığında, mevcut durumda (yavaşlayan) en fazla yakıt tüketiminin olduğu güzergah 2802.47 litre ile 12 nolu güzergahtır. En az yakıt tüketiminin olduğu güzergah ise 1328.16 litre ile 14 nolu güzergahtır. mevcut durumda (yavaşlayan) güzergahlar üzerinde oluşan toplam yakıt tüketimi 18261.53 litre iken, uygun kavşak tasarımları ile (70 km/s) bu değer 12546 litre ye düşürülebilir.

Üniversite ve Merkez Yönünde oluşan toplam emisyon ve yakıt tüketim değerleri karşılaştırıldığında, kavşaklarda ışık olmadığı takdirde önemli ölçüde yakıt tasarrufu elde edileceği, araçlardan yayılan emisyon değerlerinin de büyük oranda azalacağı analizler ile gösterilmiştir.

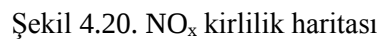
Emisyon türleri içinde en fazla emisyon salınımı karbonmonoksit (CO) de oluşurken bu salınımın en yoğun olarak görüldüğü kavşak ise 6 nolu güzergahtır. Bu güzergahta sayımları yapılan araç türleri ve araç sayısına göre değişen CO gazının salınımı şekil 4.19’ da örnek olarak gösterilmiştir.



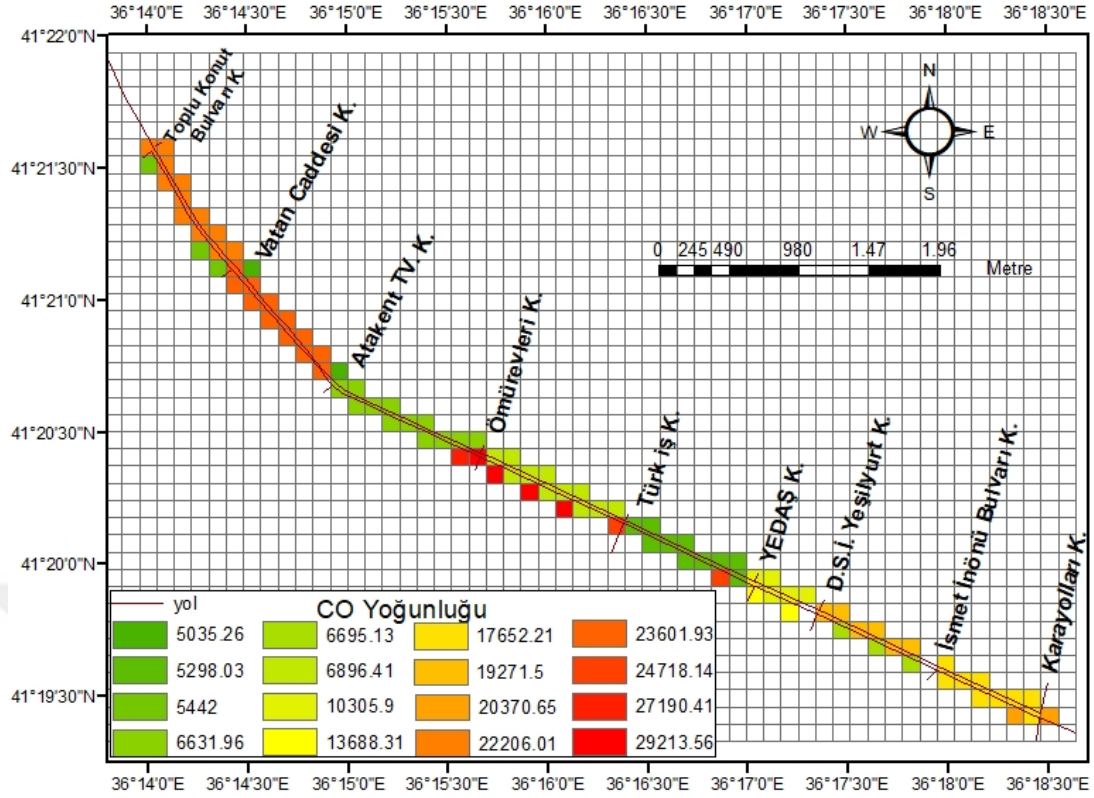
Şekil 4.19. CO gazının araç türleri ve araç sayısına göre değişen emisyon salınım farkları

Şekil 4.19’ da CO gazının yavaşlayan ve 70 km hızla giderken oluşan emisyonlar arasındaki farklar gösterilmiştir. Ortalama 70 km ile hareket eden Benzinli veya LPG li bir otomobilin yavaşlayan şekilde hareket eden otomobillere göre çok yüksek oranda emisyon salınımında azalma olduğu gösterilmiştir. En az emisyon

Bu tez çalışmasında güncel trafik akış durumunda (yavaşlayan bir şekilde hareket edildiğinde) ortaya çıkan emisyon sonuçlarına göre elde edilen veriler CBS ortamına aktararak haritalandırılmıştır. Aşağıda gösterilmiş olan şekillerde grid numaralarına göre düşen yol miktarları baz alınarak emisyon yoğunlukları ilgili gridlere NO_x, CO, CO₂ ve PM olarak girilmiştir. Atakum ilçesinde belirlenen çalışma güzergahı göz önüne alınarak 2240 gride bölünmüştür. Tematik harita oluşturabilmek için de bu gridler 115 m x 115 m büyüklüğünde çizilmiştir. Numaralandırılmış gridlere düşen kirletici kaynakları üzerinden de tematik haritalar oluşturulmuştur.

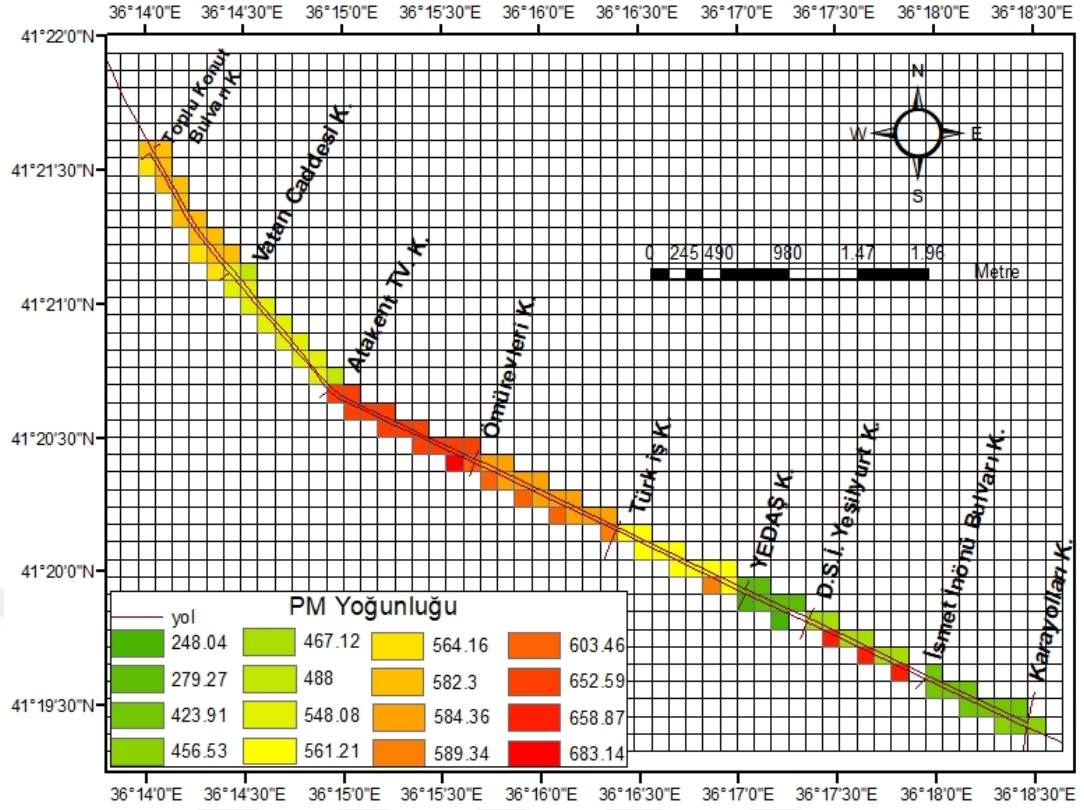


96



Şekil 4.21. CO kirlilik haritası

Şekil 4.21 incelendiğinde emisyon yoğunluğu renklere göre sınıflandırılmış olup CO emisyon yoğunluğu YEDAŞ K. - Türk iş K. arası güzergahta en düşükken, en yüksek olduğu güzergah ise Türk iş K. - Ömürevleri K. arasındır. CO kirlilik haritası, NO_x kirlilik haritası ile karşılaştırıldığında güzergahlar arasındaki emisyon oluşumu NO_x'e göre oldukça fazla olduğu görülmektedir.



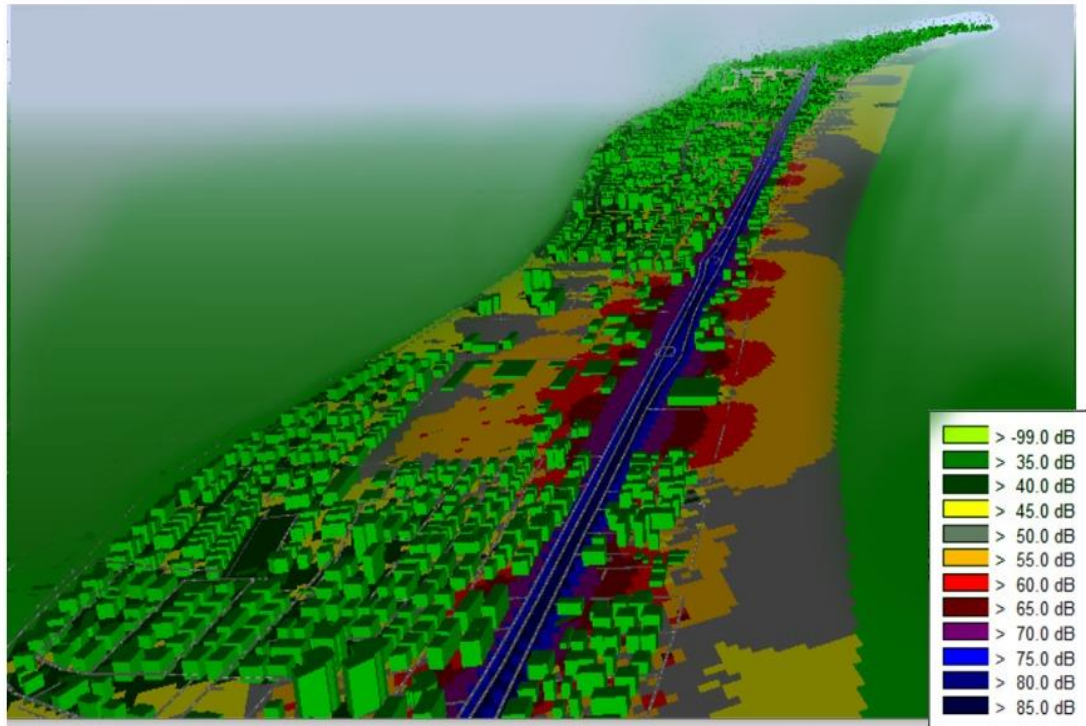
Şekil 4.22. PM kirlilik haritası

Şekil 4.22 incelendiğinde güzergahlar arası oluşan emisyon sonuçları D.S.İ. Yeşilyurt K. – YEDAŞ K. arası diğer güzergahlara göre oldukça düşüktür. Ömürevleri K. - Atakent TV. K. arası en yoğun emisyon kirliliğine sahip olduğu görülmektedir. Bu şekilde D.S.İ. Yeşilyurt K. – YEDAŞ K. arası ve Karayolları K. – İsmet İnönü Bulvarı K. arasındaki güzergahlar harici kavşaklar arasındaki çoğu güzergahlar yüksek emisyon salınımı göstermektedir.

eden ve akıcı bir yolda hareket eden araçlar için 2 farklı şekilde karşılaştırma yapılarak oluşturulmuştur. Bu kısımlar alt başlıklarda gösterilmektedir.

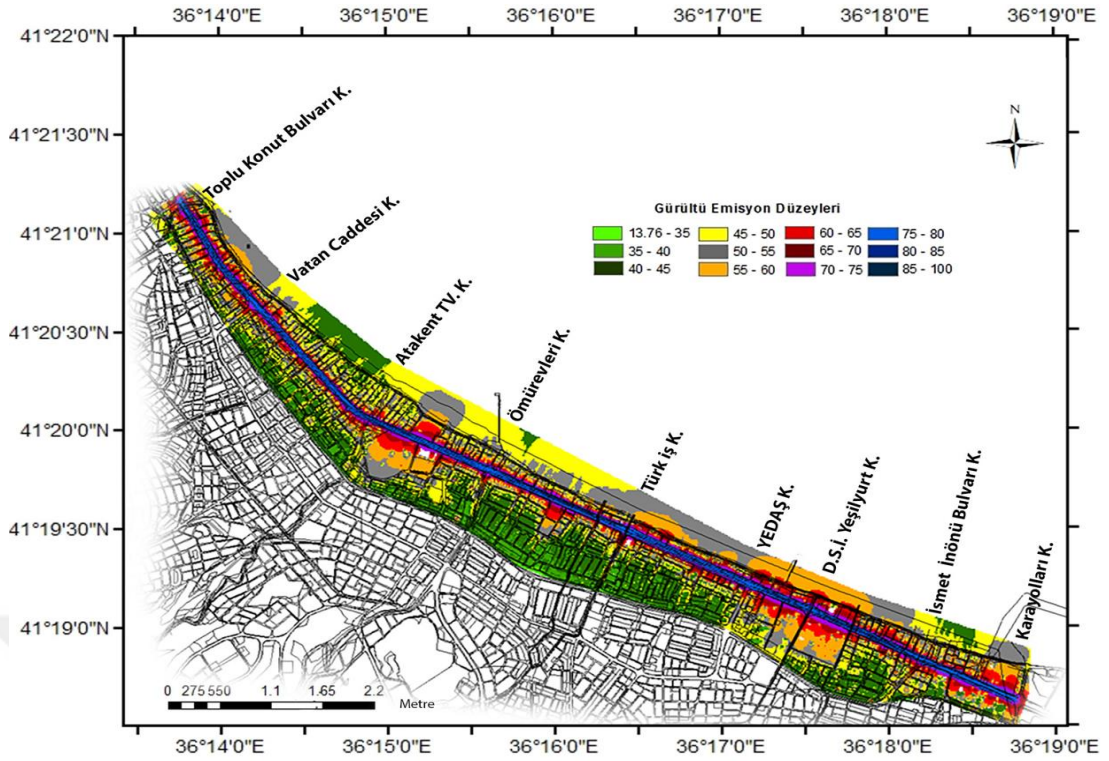
4.4.1. Sinyalize bir yolda yavaşlayan şekilde hareket eden araçlar için gürültü haritaları

Bu çalışmada fren yapılması mecburi olan sinyalize ışıkların bulunduğu güzergahlarda ilk olarak yavaşlayan bir şekilde giden hafif ve ağır araçlar için 35 km hız girilerek hesaplamalar yapılmıştır. Daha sonra bölgenin 3 boyutlu modeli tamamlanmış ve bina verilerinin yüksekliklerinin girilmesi sonucunda Şekil 4.24'deki 3 boyutlu trafik gürültü haritası elde edilmiştir. Verilerin CBS yazılımına aktarılmasıyla elde edilen 2 boyutlu trafik gürültü haritası ise Şekil 4.25' te gösterilmektedir.



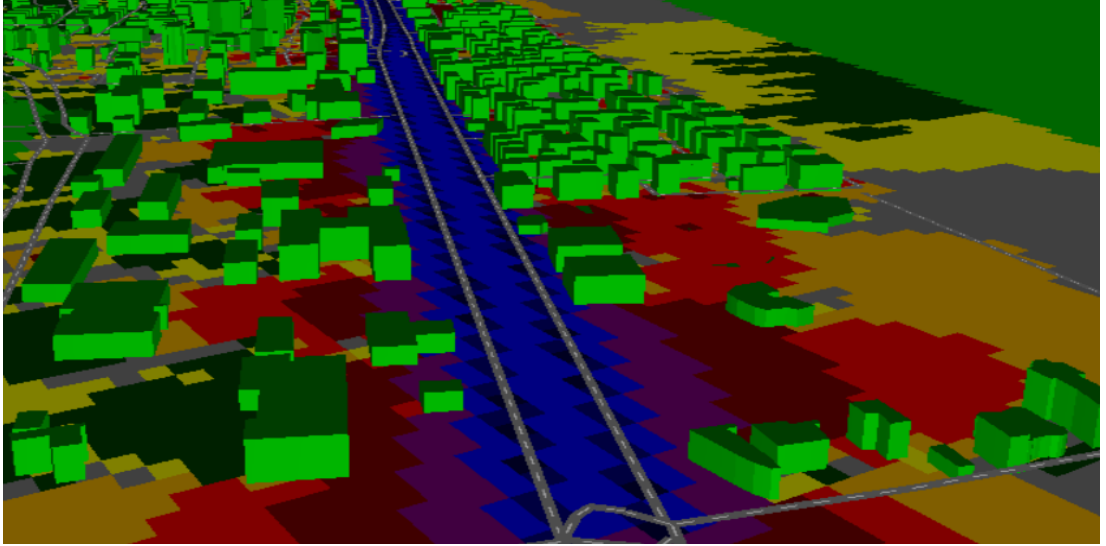
Şekil 4.24. Trafik gürültüsünün çalışma alanı üzerinde 3 boyutlu gösterimi (Ortalama Hız:35)

Elde edilen gürültü haritalarının en yoğun gürültü seviyeleri International Organization for Standardization (ISO) nun normal saydığı gürültü düzeylerine göre belirlenmiştir. Şekil 4.24 incelendiğinde, Tablo 3.13'deki veriler dikkate alınarak 60 dB den sonra oluşan bütün renklerdeki gürültü düzeyleri yoğun trafik bölgesi olarak adlandırılabilir.



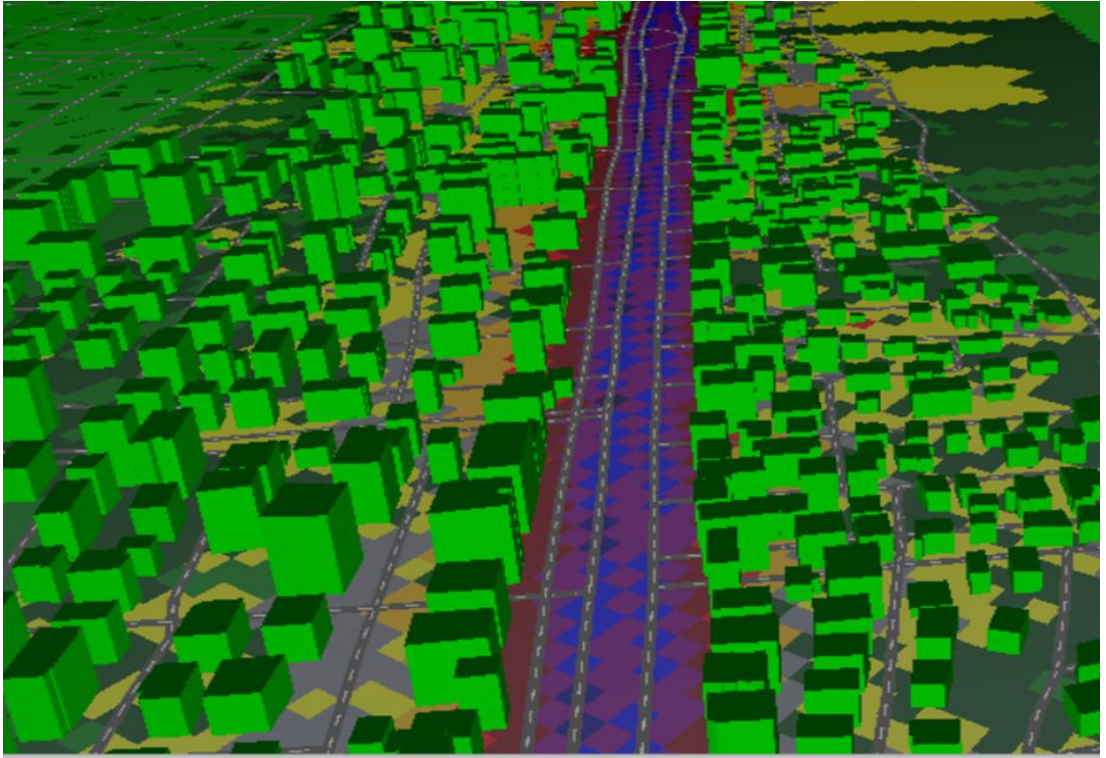
Şekil 4.25. Çalışma alanı 2 boyutlu trafik gürültü haritası (Ortalama Hız:35)

Şekil 4.25 incelendiğinde, en yüksek yoğunluğa sahip olan güzergahlar Karayolları K.- İsmet İnönü Bulvarı K. Arasındaki güzergah iken en düşük yoğunluğa sahip olan güzergahlar ise Atakent TV. K. – Vatan Caddesi K. Arasındaki güzergahtır. Yoğunlukları etkileyen en büyük faktörler o güzergahlardan geçen araç sayısı ve konut sayılarıdır. En yüksek gürültü emisyonuna sahip olan güzergahlara ait 3 boyutlu trafik gürültü haritası Şekil 4.26’ da gösterilirken en düşük gürültü emisyonuna sahip olan güzergahlara ait 3 boyutlu trafik gürültü haritası Şekil 4.27’ de gösterilmektedir.



Şekil 4.26. Karayolları K.- İsmet İnönü Bulvarı K. arası bölgenin 3 boyutlu gösterimi (ortalama hız:35)

Şekil 4.26’ da ana yolların yüksek emisyon seviyelerinde bulunduğu görülmektedir. Burada şehir içi üzerindeki bölgelerde gürültü emisyon düzeylerinin daha yüksek olduğu ancak tramvay güzergahına doğru çıktıkça ve anayol güzergahlarından uzaklaştıkça gürültü emisyon düzeylerinin azaldığı görülmektedir.

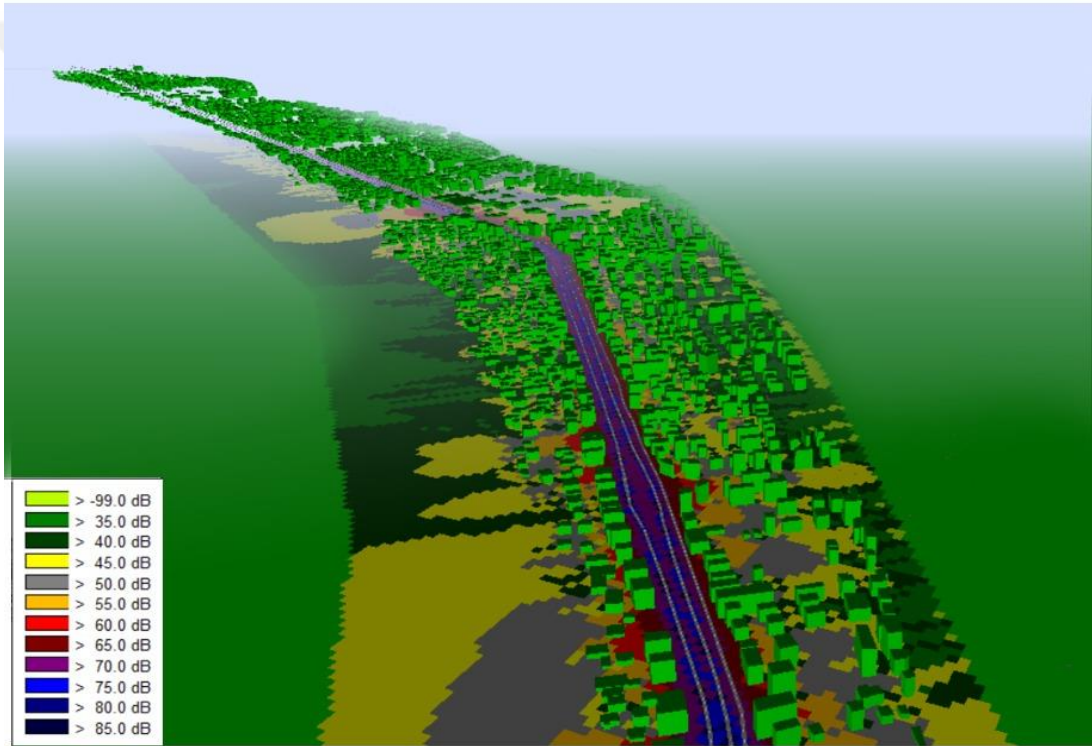


Şekil 4.27. Atakent TV. K. – Vatan Caddesi K. arası bölgenin 3 boyutlu gösterimi (ortalama hız:35)

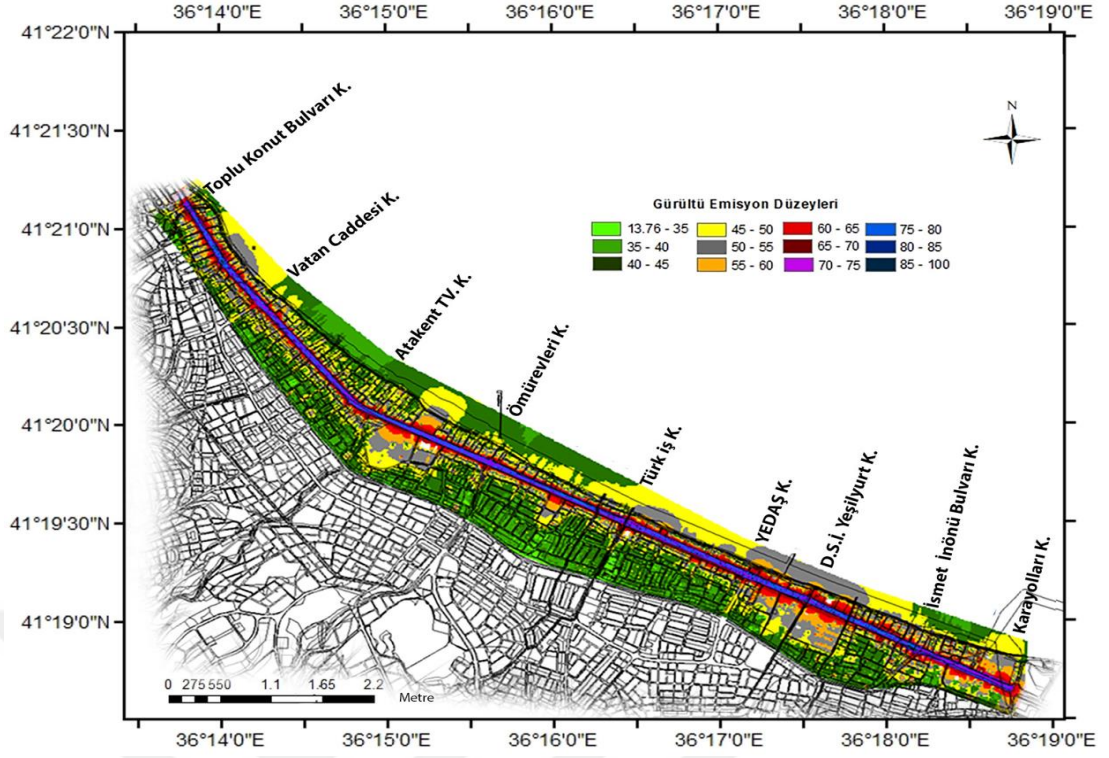
Şekil 4.27 incelendiğinde, ana yol güzergahı üzerinde yüksek emisyonlar oluşurken şehir içi bölgelerde Şekil 4.26 ile kıyaslandığında daha az gürültü emisyonları olduğu görülmektedir.

4.4.2. Akıcı bir yolda hareket eden araçlar için gürültü haritaları

Bu kısımda CadnaA arayüzünde yol güzergahı akıcı bir yol olarak seçilmiş, hafif araçlar için 70 km, ağır araçlar için 50 km hız limiti belirlenmiştir. Daha sonra bölgedeki bina yükseklik verilerinin girilmesi sonucunda bölgenin 3 boyutlu modeli tamamlanmış ve şekil 4.28'deki sonuç elde edilmiştir. Verilerin CBS yazılımına aktarılmasıyla elde edilen 2 boyutlu trafik gürültü haritası ise şekil 4.29' da gösterilmektedir.

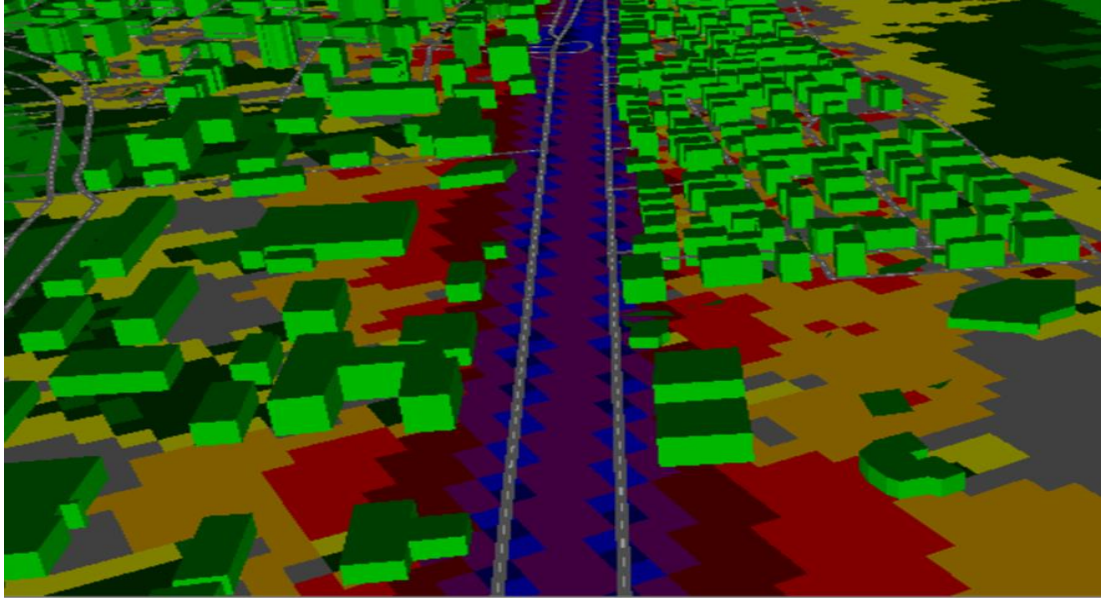


Şekil 4.28. Trafik gürültüsünün çalışma alanı üzerinde 3 boyutlu gösterimi (Ortalama Hız Hafif Araç.70 Ağır Araç.50)



Şekil 4.29. Çalışma alanı 2 boyutlu trafik gürültü haritası (Ortalama Hız Hafif Araç.70 Ağır Araç.50)

Yolun akıcı olarak seçilip ortalama hız 2 katına çıktığında en yoğun gürültü emisyonu elde edilen Karayolları K.- İsmet İnönü Bulvarı K. bölgesinin 3 boyutlu gürültü haritası Şekil 4.30’da gösterilmiştir.

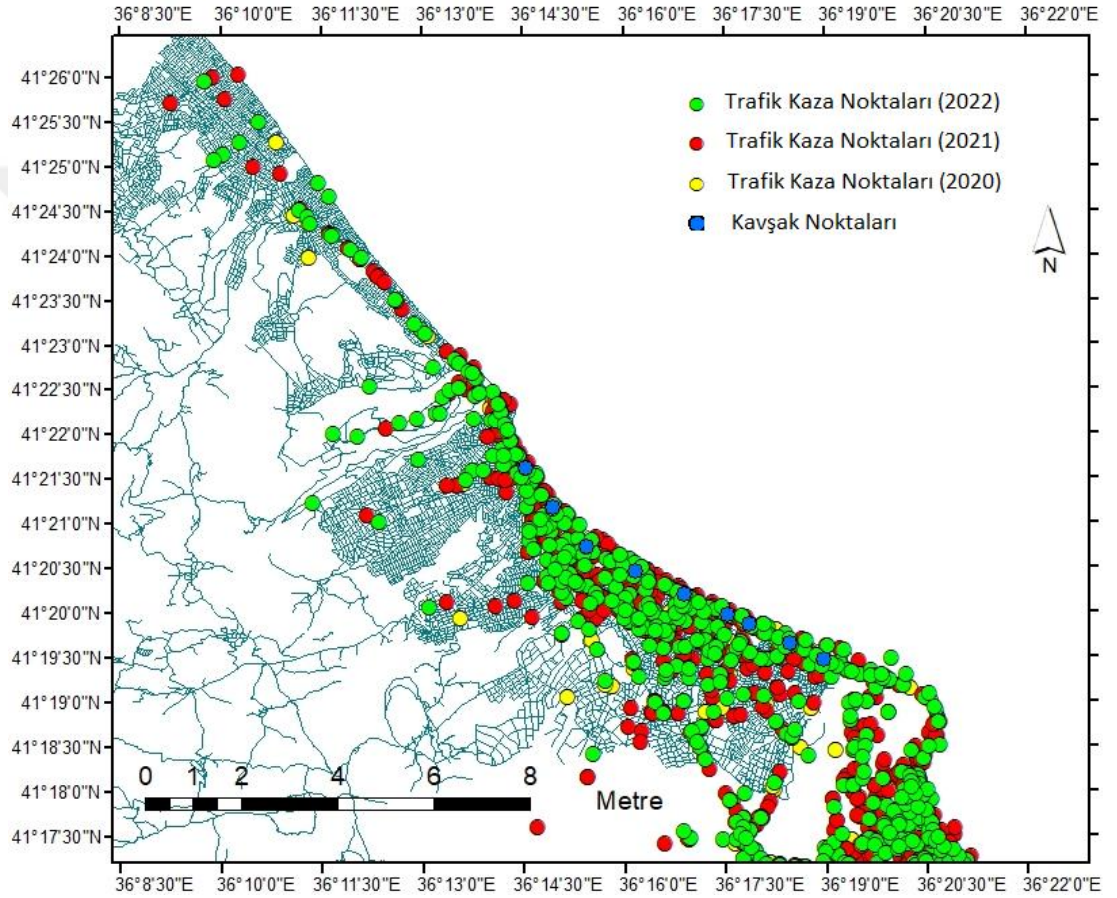


Şekil 4.30. Karayolları K.- İsmet İnönü Bulvarı K. arası arası bölgenin 3 boyutlu gösterimi (Ortalama Hız Hafif Araç.70 Ağır Araç.50)

Yapılan 2 farklı analiz sonucu karşılaştırıldığında sinyalize ışıklar kaldırılıp sabit bir hızla gidilirse gürültü emisyonunda ortaya çıkacak azalmalar şekiller üzerinde gösterilmiştir.

4.5. Trafik kaza sayılarına göre kavşak yoğunluklarının incelenmesi

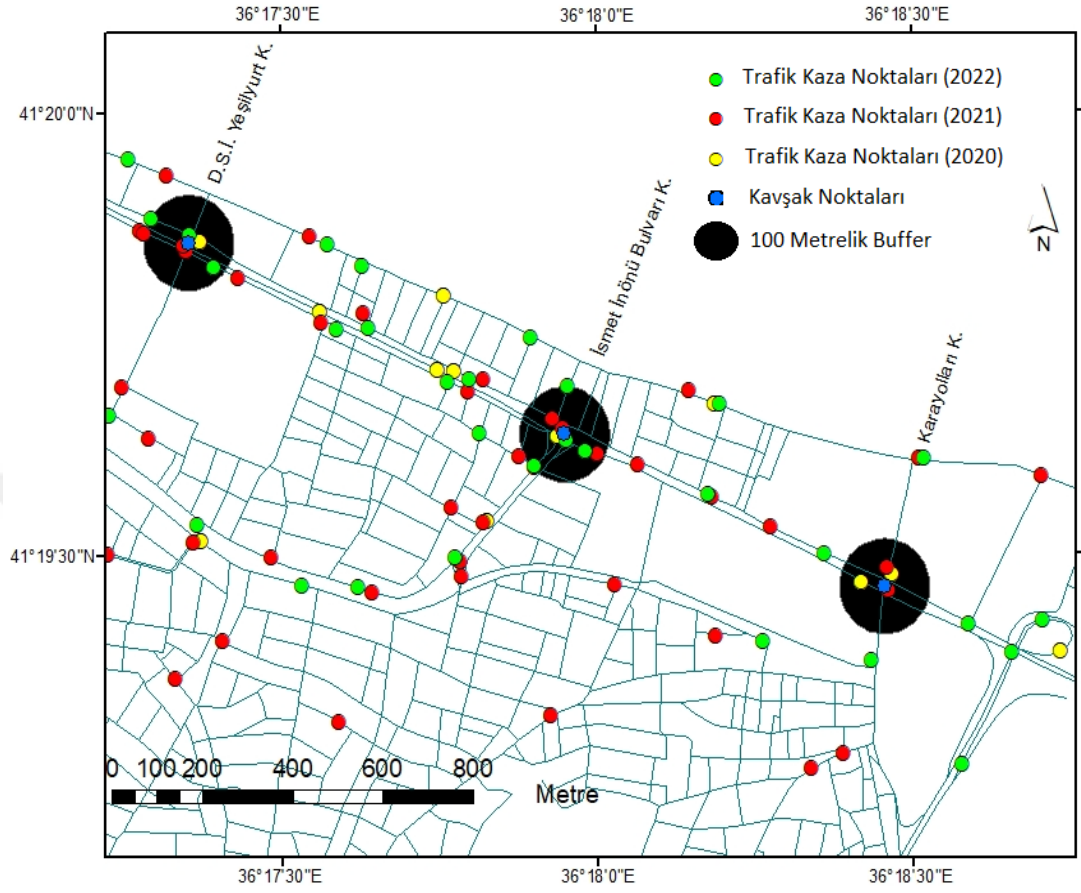
Çalışma alanı üzerinde son 3 yılda meydana gelen trafik kaza sayılarına bakılarak kazaların en yoğun olduğu kavşaklar tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu kaza noktaları Google Earth üzerine kml uzantısı şeklinde tek tek işaretlenip ArcGIS yazılımına aktarılmıştır. Aktarılan trafik kaza noktaları şekil 4.31’ de gösterilmektedir.



Şekil 4.31. Çalışma alanı güzergahında son 3 yılda meydana gelen trafik kaza noktaları

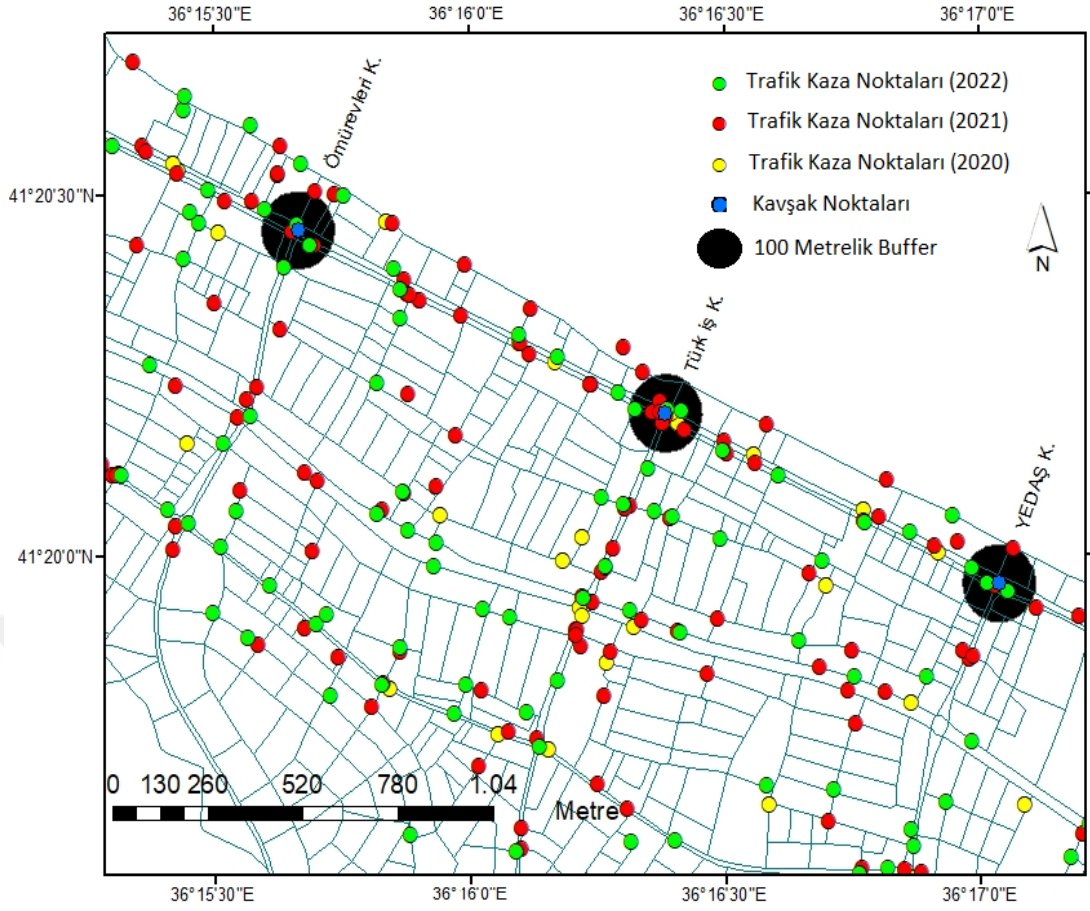
Kavşaklar etrafında meydana gelen trafik kaza sayılarını bulabilmek için Buffer analizi yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin kullanılma nedeni coğrafi detayların çevresinde belirli uzaklıklarda tampon bölgeler oluşturup söz konusu tamponlar içindeki detayları belirlemesinden dolayıdır. Araçların ortalama hızları, takip mesafeleri ve kavşak uzunlukları dikkate alınarak kavşakların etrafına 100 metrelik buffer analizi uygulanmıştır. Buffer analizinin sonucunda belirlenen alan içerisinde yer alan kaza sayıları tespit edilerek kavşak etrafında oluşan kazalar hesaplanmıştır.

Oluşturulan kaza analiz haritaları Şekil 4.32, Şekil 4.33 ve Şekil 4.34'te gösterilmektedir.



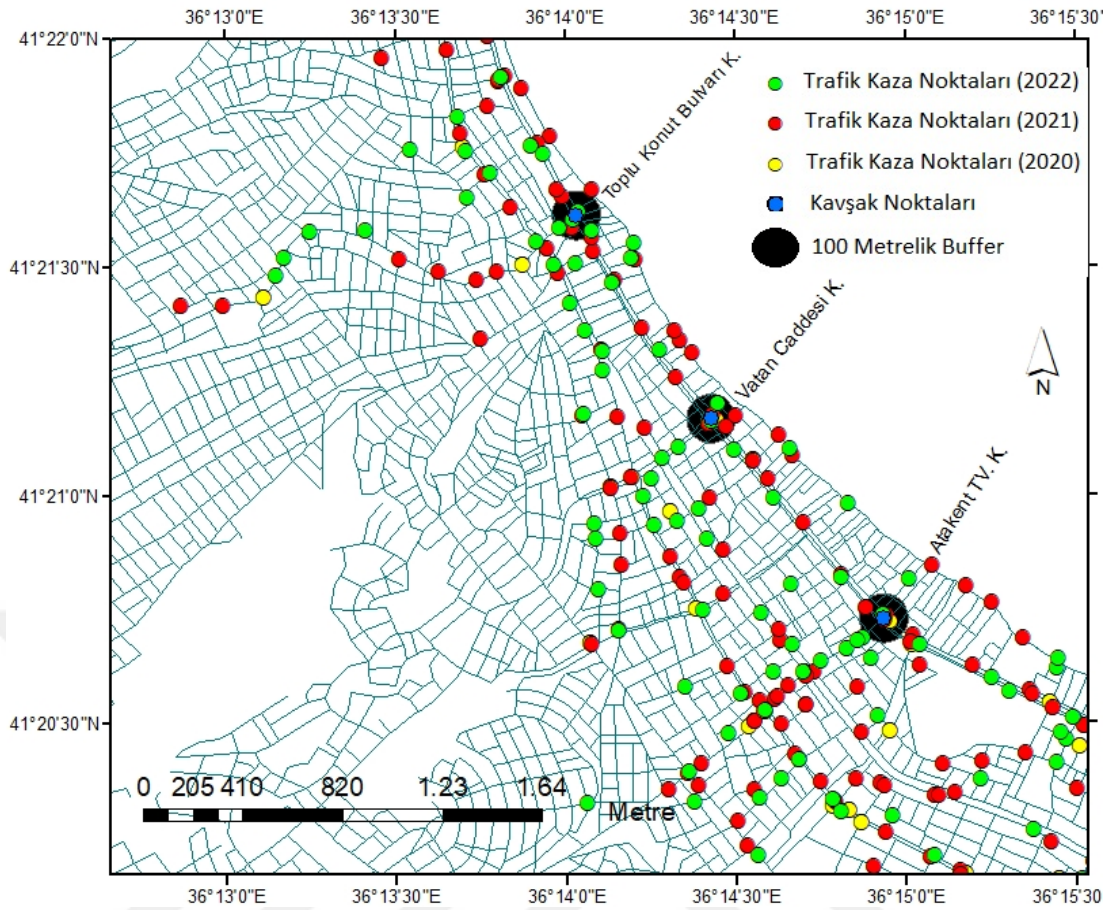
Şekil 4.32. Karayolları K. – İsmet İnönü Bulvarı K. - D.S.İ Yeşilyurt kavşaklarının 100 metre çevresinde meydana gelen trafik kaza sayıları

Şekil 4.32 incelendiğinde, son 3 yıl içerisinde kavşaklar etrafında meydana gelen toplam kaza sayıları sırasıyla Karayolları kavşağında 4, İsmet İnönü Bulvarı kavşağında 9 ve D.S.İ. Yeşilyurt kavşağında ise 7 dir.



Şekil 4.33. YEDAŞ K.- Türk-iş K. – Ömürevleri kavşaklarının 100 metre çevresinde meydana gelen trafik kaza sayıları

Şekil 4.33 incelendiğinde, son 3 yıl içerisinde kavşaklar etrafında meydana gelen toplam kaza sayıları sırasıyla YEDAŞ kavşağında 5, Türk iş kavşağında 11 ve Ömürevleri kavşağında ise 5 dir.



Şekil 4.34. Atakent TV. K. – Vatan Caddesi K. – Toplu Konut Bulvarı kavşaklarının 100 metre çevresinde meydana gelen trafik kaza sayıları

Şekil 4.34 incelendiğinde, son 3 yıl içerisinde kavşaklar etrafında meydana gelen toplam kaza sayıları sırasıyla Atakent TV. kavşağında 5, Vatan Caddesi kavşağında 7 ve Toplu Konut Bulvarı kavşağında ise 7 dir. Bütün kavşaklar bir arada değerlendirildiğinde en fazla kaza türk iş kavşağında oluşurken en az kazanın gerçekleştiği kavşak ise Karayolları kavşağıdır.

4.6. CVM methodu sonucu belirlenen kriterler

Bu kısımda 15 kriter literatür taraması ve uzman görüşleri doğrultusunda belirlenmiştir. KGO 0'dan büyük olan kriterler ana kriter olarak seçilmiştir. Belirlenen kriterler içerisinde CVM yöntemi ile 8 ana kriter belirlenmiştir (Tablo 4.5).

Tablo 4.5. CVM methodu sonucu belirlenen ana kriterler

Uzman No	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15
Katılımcı 1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1
Katılımcı 2	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1
Katılımcı 3	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0
Katılımcı 4	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Katılımcı 5	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0
Katılımcı 6	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0
Katılımcı 7	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Katılımcı 8	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0
Katılımcı 9	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1
Katılımcı 10	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0
Katılımcı 11	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0
Katılımcı 12	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1
Katılımcı 13	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1
Katılımcı 14	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0
Katılımcı 15	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
Katılımcı 16	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0
Uygun	0	1	2	1	15	13	0	15	0	0	3	7	6	9	8
Değil/Çıkarılsın															
Uygun/Kalsın	16	15	14	0	1	3	16	1	16	16	13	9	10	7	8
Kapsam Geçerlik Oranı	1.0	0.875	0.75	1.0	-0.875	-0.625	1.0	-0.875	1.0	1.0	0.625	0.125	0.25	-0.125	0.0
Kapsam Geçerlik İndeksi	0.325														

CVM methodu ile yapılan test sonucunda 15 kriterden 8 i seçilmiştir. Seçilen kriterler aşağıda gösterilmektedir.

1. Kavşaktaki araç yoğunluğu (günlük toplam) **(K1)**
2. Kavşaktaki kol sayısı **(K2)**
3. Anayoldaki (gidiş-geliş) toplam şerit sayısı **(K3)**
4. Son 3 yıl içerisinde kavşak etrafında meydana gelen trafik kaza sayısı **(K4)**
5. Sinyalize kavşakların etrafında biriken ortalama kuyruk uzunluğu **(K7)**
6. Kavşakta araçların ortalama gecikme süresi **(K9)**
7. Kavşak kollarına zirve saatlerde giren araç sayısı **(K10)**
8. Kavşağın bir önceki veya bir sonraki kavşakla arasındaki mesafe **(K11)**

4.7.En önemli – En önemsiz değerlendirme (BWM) ile kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi

Bu çalışma da kriterlerin önem düzeylerinin ve sıralarının belirlenmesi için bu method kullanılmıştır. BWM methodu ile ilgili tez çalışmasıyla ilgili oluşturulan anket örneği tezin ekler kısmında (Ek 7, Ek 8, Ek 9, Ek 10) verilmiştir.

En önemli- En önemsiz değerlendirme yöntemi ile yapılan analizler sonucunda karar verici bazda ağırlıklar ve nihai kriter ağırlıkları (Geometrik ortalama ile elde edilmiş) Tablo 4.6’ da gösterilmektedir.

Tablo 4.6. Karar verici bazda ağırlıklar ve nihai kriter ağırlıkları (geometrik ortalama ile elde edilmiş)

Katılımcılar ↓	K1	K2	K3	K4	K7	K9	K10	K11	Tutarlılık Oranı
Katılımcı 1	0.076	0.096	0.127	0.064	0.191	0.076	0.325	0.045	0.300
Katılımcı 2	0.099	0.066	0.079	0.057	0.198	0.132	0.326	0.042	0.140
Katılımcı 3	0.246	0.070	0.070	0.093	0.246	0.140	0.093	0.042	0.200
Katılımcı 4	0.216	0.053	0.044	0.216	0.088	0.132	0.216	0.034	0.190
Katılımcı 5	0.285	0.083	0.083	0.066	0.166	0.166	0.111	0.040	0.200
Katılımcı 6	0.261	0.155	0.103	0.077	0.062	0.052	0.261	0.030	0.210
Katılımcı 7	0.258	0.060	0.060	0.075	0.151	0.101	0.258	0.036	0.200
Katılımcı 8	0.319	0.126	0.095	0.037	0.095	0.076	0.189	0.063	0.210
Katılımcı 9	0.216	0.090	0.090	0.134	0.164	0.134	0.134	0.037	0.250
Katılımcı 10	0.324	0.080	0.042	0.057	0.133	0.066	0.199	0.100	0.230
Katılımcı 11	0.201	0.076	0.057	0.201	0.114	0.114	0.201	0.035	0.200
Katılımcı 12	0.255	0.035	0.099	0.149	0.074	0.074	0.255	0.059	0.200
Katılımcı 13	0.099	0.132	0.079	0.057	0.326	0.198	0.066	0.042	0.210
Katılımcı 14	0.296	0.176	0.117	0.070	0.117	0.088	0.088	0.048	0.200
Katılımcı 15	0.152	0.261	0.261	0.051	0.076	0.036	0.102	0.061	0.200
Katılımcı 16	0.270	0.106	0.053	0.037	0.233	0.159	0.079	0.063	0.190
Geo Ort	0.206	0.092	0.082	0.078	0.137	0.100	0.160	0.046	0.206

4.8. TOPSIS yöntemiyle kavşakların yoğunluk sıralamalarının belirlenmesi

Bu bölümde ağırlıkları hesaplanan kavşakların TOPSIS yöntemi kullanılarak yoğunluk sıralamaları yapılmıştır. İlk olarak kriterlerin kavşaklara göre gösterdikleri değerler Tablo 4.7 'deki karar matrisi ile açıklanmıştır.

Tablo 4.7. Kriterlerin kavşaklara göre gösterdikleri değerlerin karar matrisi

Kavşaklar ▼	Kriterler							
	K1	K2	K3	K4	K7	K9	K10	K11
Karayolları K.	70270	4	8	4	27	135	698	0.8
İsmet İnönü Bulvarı K.	63300	3	8	9	9	73	496	0.8
D.S.İ Yeşilyurt K.	55013	4	9	7	9	70	444	0.7
YEDAŞ K.	60521	4	8	5	10	73	626	0.8
Türk iş K.	61197	4	8	11	21	85	852	1.1
Ömürevleri K.	64407	4	8	5	18	82	964	1.1
Atakent TV. K.	52460	3	7	5	16	88	418	1.1
Vatan Caddesi K.	46679	3	9	7	5	40	676	1
Toplu Konut Bulvarı K.	49760	4	8	7	5	42	440	0.8

Daha sonra her bir kriter kareleri toplamalarının kareköküne bölünmesiyle Tablo 4.8’deki gibi normalize edilmiştir.

Tablo 4.8. Karar matrisinin normleştirilmesi

Kavşaklar ▼	Kriterler							
	K1	K2	K3	K4	K7	K9	K10	K11
Karayolları K.	0.4	0.36	0.33	0.19	0.6	0.56	0.36	0.28
İsmet İnönü Bulvarı K.	0.36	0.27	0.33	0.43	0.2	0.3	0.25	0.3
D.S.İ.Yeşilyurt K.	0.31	0.36	0.37	0.33	0.2	0.29	0.23	0.26
YEDAŞ K.	0.34	0.36	0.33	0.24	0.22	0.3	0.32	0.27
Türk iş K.	0.35	0.36	0.33	0.52	0.46	0.35	0.44	0.38
Ömürevleri K.	0.37	0.36	0.33	0.24	0.4	0.34	0.49	0.41
Atakent TV.K.	0.3	0.27	0.29	0.24	0.35	0.36	0.21	0.4
Vatan Caddesi K.	0.27	0.27	0.37	0.33	0.11	0.17	0.35	0.37
Toplu Konut Bulvarı K.	0.28	0.36	0.33	0.11	0.11	0.17	0.23	0.3

Daha sonra ağırlıklandırılmış “D” matrisinde a* ve a- (minumum, maksimum) değerleri bulunmuştur (Tablo 4.9.).

Tablo 4.9. “D” ağırlıklı matris ile ideal verilerin tespit edilmesi

	K1	K2	K3	K4	K7	K9	K10	K11
D=	0.08	0.03	0.03	0.015	0.08	0.055	0.06	0.013
	0.07	0.03	0.03	0.033	0.03	0.03	0.04	0.014
	0.06	0.03	0.03	0.026	0.03	0.029	0.04	0.012
	0.07	0.03	0.03	0.019	0.03	0.03	0.05	0.012
	0.07	0.03	0.03	0.041	0.06	0.035	0.07	0.018
	0.08	0.03	0.03	0.019	0.05	0.034	0.08	0.019
	0.06	0.03	0.02	0.019	0.05	0.036	0.03	0.018
	0.06	0.03	0.03	0.026	0.02	0.016	0.06	0.017
	0.06	0.03	0.03	0.026	0.02	0.017	0.04	0.014
a ⁺ =	0.08	0.03	0.03	0.041	0.08	0.055	0.08	0.019
a ⁻ =	0.06	0.03	0.02	0.015	0.02	0.016	0.03	0.012

Son aşamada S⁺ ve S⁻ değerleri hesaplanarak (Tablo 4.10) puanlar ve kavşakların yoğunluk sıralamaları yapılmıştır (Tablo 4.11).

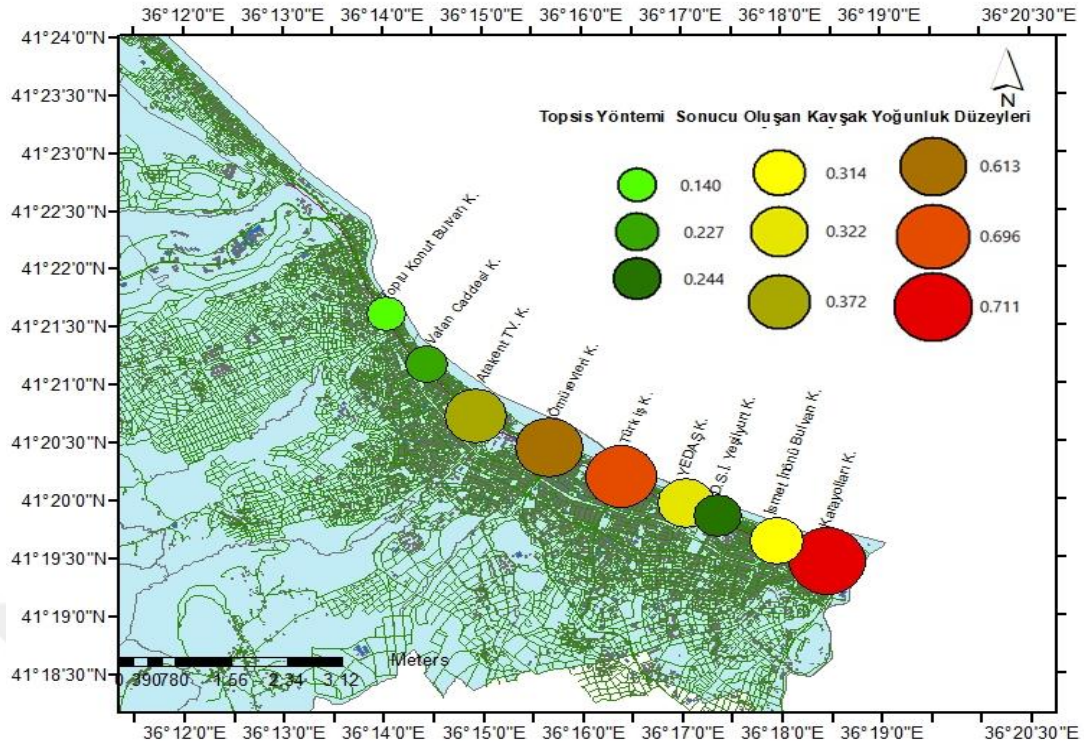
Tablo 4.10. S⁺ ve S⁻ değerleri

S ⁺	0.035	0.073	0.078	0.069	0.031	0.042	0.067	0.087	0.092
S ⁻	0.085	0.033	0.025	0.033	0.071	0.067	0.04	0.026	0.015

Tablo 4.11. Kavşakların yoğunluk sıralamaları

Kavşaklar▼	Puan	Yoğunluk Sıralamaları
Karayolları K.	0.711	1
İsmet İnönü Bulvarı K.	0.314	6
D.S.İ. Yeşilyurt K.	0.244	7
YEDAŞ K.	0.322	5
Türk-iş K.	0.696	2
Ömürevleri K.	0.613	3
Atakent TV. K.	0.372	4
Vatan Caddesi K.	0.227	8
Toplu Konut Bulvarı K.	0.140	9

Tablo 4.11 incelendiğinde en yoğun olan kavşak Karayolları kavşağı çıkarken en az yoğun olan kavşak Toplu Konut Bulvarı kavşağı çıkmıştır. Bu sıralama bütün kriterlerin bir arada değerlendirilip CVM ve BWM yöntemleri ile analiz edilerek derecelendirilmesi ile yapılmıştır. Kavşak yoğunluk sıralamaları CBS ortamına aktarılarak haritalandırılmıştır (Şekil 4.35.).



Şekil 4.35. TOPSIS yöntemi sonucu oluşan kavşak yoğunluklarının gösterimi

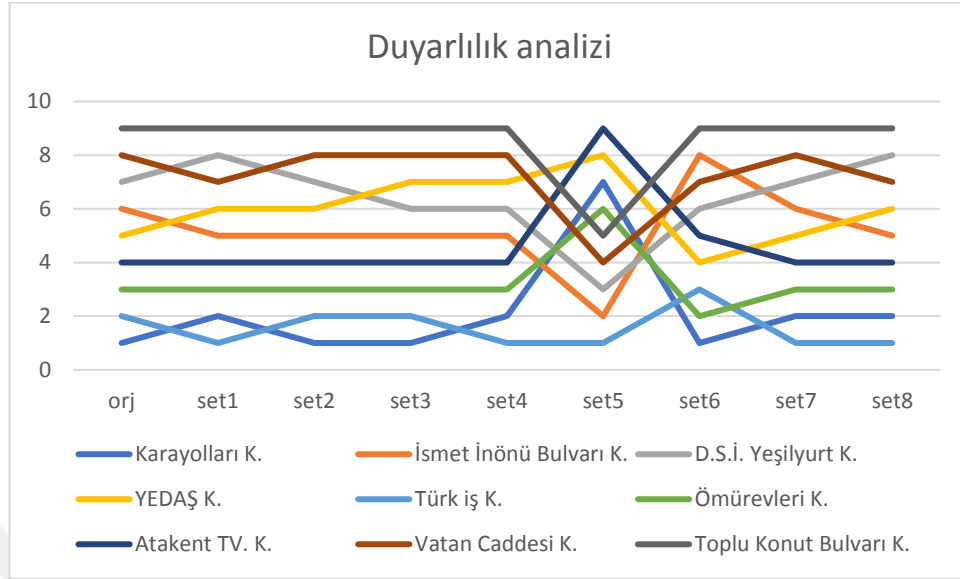
4.8.1. TOPSIS yöntemi sonucu oluşan sıralamanın duyarlılık analizi ile değerlendirilmesi

Duyarlılık analizini yapmak için simüle edilmiş olan ağırlık kriterlerini oluşturarak ağırlık katsayılarındaki değişikliklerin alternatiflerin sıralaması üzerindeki potansiyel etkileri incelenmiştir. Bu etkileri incelemek için 8 simüle edilmiş ağırlık seti oluşturulmuştur (Ghorabae et al., 2018). Bu simüle edilmiş ağırlık senaryoları sayesinde toplam 8 farklı TOPSIS sıralaması elde edilmiştir. Tablo 4.12’ de oluşturulan ağırlık senaryoları verilmiştir.

Tablo 4.12. Duyarlılık analizi ağırlık senaryoları

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Senaryo1	0.0278	0.0556	0.0833	0.1111	0.1389	0.1667	0.1944	0.2222
Senaryo2	0.0556	0.0833	0.1111	0.1389	0.1667	0.1944	0.2222	0.0278
Senaryo3	0.0833	0.1111	0.1389	0.1667	0.1944	0.2222	0.0278	0.0556
Senaryo4	0.1111	0.1389	0.1667	0.1944	0.2222	0.0278	0.0556	0.0833
Senaryo5	0.1389	0.1667	0.1944	0.2222	0.0278	0.0556	0.0833	0.1111
Senaryo6	0.1667	0.1944	0.2222	0.0278	0.0556	0.0833	0.1111	0.1389
Senaryo7	0.1944	0.2222	0.0278	0.0556	0.0833	0.1111	0.1389	0.1667
Senaryo8	0.2222	0.0278	0.0556	0.0833	0.1111	0.1389	0.1667	0.1944

Tablo 4.12'deki ağırlık senaryolarına göre yapılan duyarlılık analizi sonuçları Şekil 4.36'da verilmiştir.



Şekil 4.36. Duyarlılık analizi sonuçları

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, 8 senaryonun 7'sinde orijinal sıralamalardan ciddi sapmalar gözlenmemiştir.

Bu durum TOPSIS yöntemi ile elde edilen sıralamanın farklı ağırlık senaryolarında geçerliliğini koruduğu anlamına gelmektedir. Ancak şekil 4.36'dan da görüleceği üzere yalnızca senaryo 5'de orijinal sıralamadan ciddi sapmalar gözlemlenmiştir. Senaryo 5'deki ağırlık seti incelendiğinde BWM yöntemi sonucuna göre en önemli kriterlerden biri olan Sinyalize kavşakların etrafında biriken ortalama kuyruk uzunluğu (**K7**) bu senaryo da en düşük ağırlığa sahip olduğu gözlemlenmektedir. Bu senaryo da ayrıca Son 3 yıl içerisinde kavşak etrafında meydana gelen trafik kaza sayısı (**K4**) ve anayoldaki (gidiş-geliş) toplam şerit sayısı (**K3**) en yüksek ağırlığa sahip 2 kriter olarak ele alınmıştır. **K7** diğer kriterlerle karşılaştırıldığında gözlem değerlerinin daha geniş bir aralığa sahip olduğu açıkça görülmektedir. Bahsedilen tüm durumlar bu senaryo da orijinal sıralamalardan ciddi oranda sapmaya neden olmuştur.

4.9. Önerilen kavşak tasarım modelleri

Yoğunluk sıralamalarına göre kavşak modelleri tasarlanıp uygulanarak sinyalizasyon sürelerinin düzenlenmesi ile trafiğin rahatlatılması sağlanabilir. Çalışma alanının bulunduğu güzergâh şehir içi trafiğinin yanında Samsun- Sinop yolu trafik akışını da sağlamaktadır. Civar illerden gelip Sinop, Kastamonu güzergahında hareket

etmek isteyen insanlar bu güzergahı kullanmaktadır. Bu bakımdan bu kavşaklar büyük öneme sahiptir. Battı - çıktı veya katlı kavşak modellerinin sinyalizasyon kavşağına uygulanabilmesinde ortalama maliyet yaklaşık olarak 3.000.000 €' dur. (Ayvaz, 2023). En fazla yoğunluğa sahip olan Karayolları, Türk iş ve Ömürevleri kavşaklarına Battı-çıkıtı veya katlı kavşak modellerinden birisi kavşağın topografik yapısı ve alt yapı durumuna göre tasarlanabilir. Farklı bir alternatif de modern dönel kavşaklardır. Kavşaktaki yoğunluk durumuna ve geometrisine bakılarak uygulanabilecek bir kavşak türüdür. İyi tasarlanmış bir modern dönel kavşak, araçların sabit bir hızla gitmesini sağlayarak kavşak güvenliğinin optimize edilmesine yardımcı olmaktadır. D.S.İ. Yeşilyurt kavşağı ve YEDAŞ kavşağına modern dönel kavşak modeli önerisi sunulmuştur. İsmet İnönü Bulvarı kavşağı ve Atakent TV. kavşağına ise trompet kavşak önerisi sunulmuştur. Trompet kavşak üç kollu yolun kesiştiği yerlerde trafik yoğunluğunun azaltılmasında uygun bir kavşak modeli olduğu için bu 2 kavşakta öneri olarak verilmiştir. Vatan Caddesi kavşağı ve Toplu Konut Bulvarı kavşağına ise trafik yoğunluğunun diğer kavşaklara göre daha az olmasından dolayı yaya üst geçidi önerisi sunulmuştur. Yaya üst geçidi sayesinde yeşil ışık süresi artacak ve trafik akışı hızlanacaktır. Bu tasarımlar üç boyutlu nesnelerin oluşturulmasına ve düzenlemesine olanak tanıyan, ücretsiz ve açık kaynaklı bir yazılıma sahip olan blender programı ile yapılmıştır. Çalışma alanı üzerinde bulunan 9 adet kavşaktaki trafik gecikmeleri için önerilen kavşak modelleri ve ulaşım alternatifleri aşağıda detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

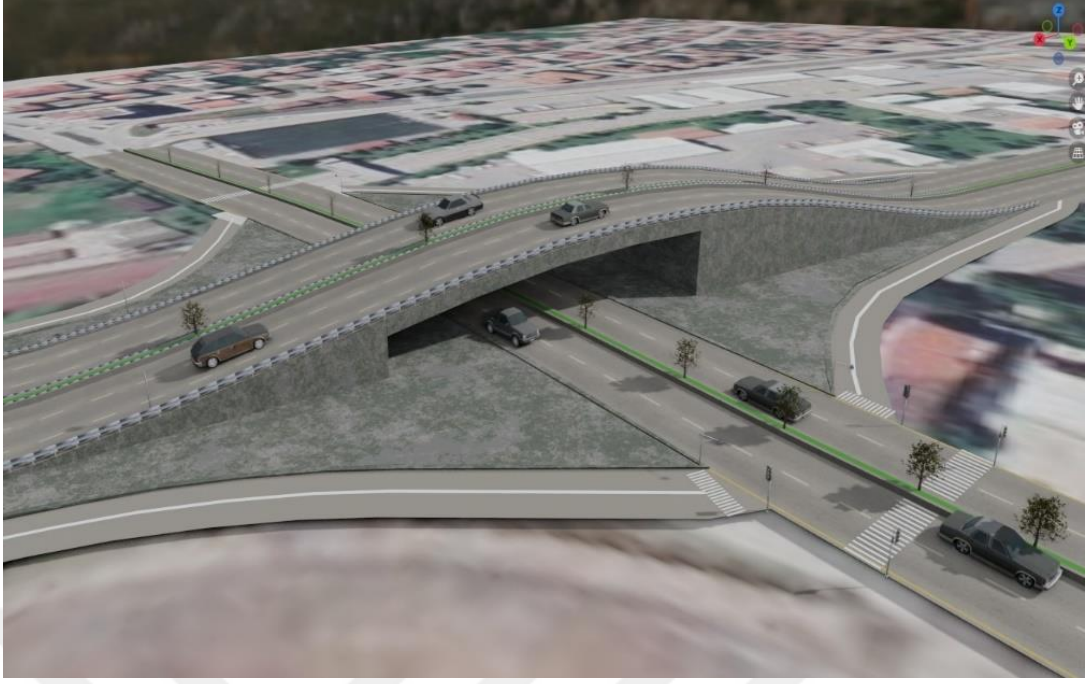
Karayolları kavşağı;

Anayol üzerindeki bu kavşak üzerinden geçen ortalama araç sayısı günde 70.000 tespit edilmiştir. İncelenen bütün kavşaklar içinde en fazla yoğunluğa sahip olan kavşaktır. Üniversite, Merkez, Sahil ve Tramvay yönünün bulunduğu 4 kollu bir kavşaktır. Söz konusu kavşak etrafı pik saatlerde sıkışmaktadır. Trafik kaza riski yüksektir. Bütün bu durumlar göz önüne alındığında çözüm olarak trafikteki akışı sağlamak için öncelikli olarak katlı karayolu geçişleri (Kavşak Üzeri Araç Üst Geçidi/ Viyadük) önerilebilir. Katlı kavşak güzergahları kesişen iki ya da daha fazla yolun, birbirlerini kesmeden, farklı düzeylerden geçirilerek, birbirine bağlanmasını sağlayan kavşak türüdür. Karayolları kavşağı genişlik, uzunluk ve eğim bakımından kullanılmasına uygundur. Karayolları kavşağının etrafında yerleşim yeri fazla olmadığından katlı kavşak olması durumunda oturanların manzarasını olumsuz yönde

etkilemeyecek ve bu sebepten kaynaklanacak dava süreçleri de olmayacaktır. Battı-Çıktı modeli için bu kavşağın alt yapısı yeterince uygun değildir. Kritik elektrik, su, doğalgaz altyapı hatları bu kavşaktan geçmektedir. Battı- Çıktı modeli yapmaya elverişli değildir. Karayolları kavşağı üzerinde 250 metre uzunluğunda yüzde 5 eğimli, yol genişliği ortalama 35 metre olan bir katlı kavşak tasarımı trafik sıkışıklığını giderme de yeterli olabilir. Karayolları Kavşağının güncel görüntüsü şekil 4.37’de gösterilmektedir. Tasarlanan katlı kavşak modeli ile ilgili farklı açılardan oluşturulan görseller ise şekil 4.38 ve şekil 4.39’ da gösterilmektedir.



Şekil 4.37. Karayolları kavşağı güncel durumu



Şekil 4.38. Karayolları kavşağı 3 boyutlu katlı kavşak tasarımı

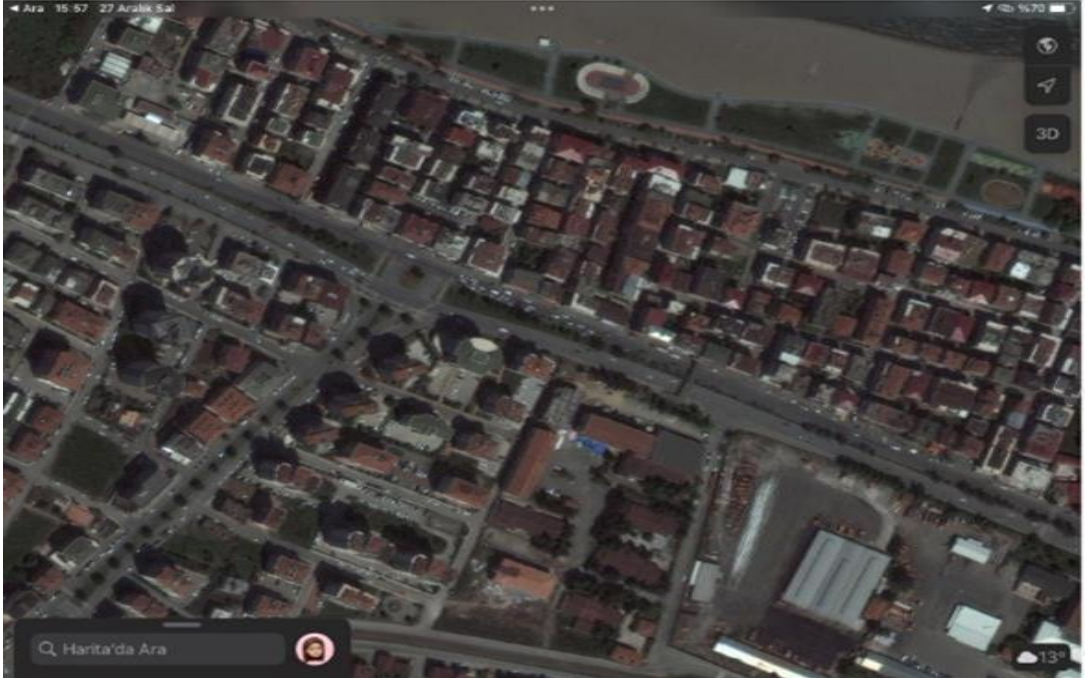


Şekil 4.39. Karayolları kavşağı 3 boyutlu katlı kavşak tasarımı 2

Sonuç olarak katlı kavşak modeli yapılırsa kavşak üzerindeki trafik akışı hızlanacak, yakıt tüketimi yaklaşık 1700 litre azalış gösterecek ve zamandan da tasarruf elde edilecektir. Sadece yakıt konusunda yıllık ekonomiye katkısı yaklaşık 775.000 €' yu bulacaktır (2023 eylül ayı 1 litre benzin = yaklaşık 1.25 €). Trafik sorununu büyük oranda ortadan kaldıracaktır.

İsmet İnönü bulvarı kavşağı;

Anayol üzerindeki bu kavşak üzerinden geçen ortalama araç sayısı günde 60.000 dolayında tespit edilmiştir. Kavşakların yoğunluk sıralamalarına bakıldığında 6. Sırada yer almaktadır. Bir gün içinde tramvay yönünden gelip anayola dahil olan araç sayısı yaklaşık olarak 4500 civarında iken anayol üzerinden tramvay yönüne dahil olan günlük araç sayısı da ortalama 4000 dir. Yani tramvay yönü üzerinde geliş- gidiş şeklinde günlük 8500 araç hareket etmektedir. Denizevleri kavşağının sahil yönüne uzanan bir kolu bulunmamaktadır. Üniversite, Merkez ve Tramvay yönünün bulunduğu 3 kollu bir kavşaktır. Bu kavşaktaki trafik akışını daha hızlı bir şekilde sağlamak için sinyalizasyon ışıklar iptal edilip trompet kavşak tasarımı yapılabilir. Trompet kavşak sayesinde taşıt geçişlerinin sistematik hale getirilmesi ile sürücü inisiyatifine bakılmaksızın köprü üzerine çıkan taşıtlar ile anayola bağlanmak isteyen taşıtlar birbirinden ayrılabilir. Bu sayede anayol üzerindeki akıma olan etki azaltılabilir. Trompet kavşaklar 3 kollu yolun kesiştiği yerlerde uygulanabilecek bir kavşak türü olduğu için tercih edilip sinyalizasyon ışıklar kaldırılabilir. İsmet İnönü Bulvarı kavşağının güncel durumu şekil 4.40' da tasarlanan trompet kavşak modeli ise şekil 4.41 ve şekil 4.42' de gösterilmektedir.



Şekil 4.40. İsmet İnönü Bulvarı kavşağı güncel durumu



Şekil 4.41. İsmet İnönü Bulvarı trompet kavşak tasarım örneği



Şekil 4.42. İsmet İnönü Bulvarı trompet kavşak tasarım örneği 2

Trompet kavşak yapılmasının olumsuz bir yanı da vardır. Bu kavşak tasarımının yapılabilmesi için şekil 4.41 ve şekil 4.42’de gösterilen yeşil alanın bulunduğu adanın kamulaştırılması gerekmektedir. Fakat bu kamulaştırılmış alan peyzaj alanı, park v.b şekilde değerlendirilebilir. Herşey birlikte ele alındığında yapılması trafik sorununu büyük oranda rahatlatacaktır. Sonuç olarak trompet kavşak modeli yapılırsa kavşak

üzerindeki trafik akışı hızlanacak, yakıt tüketimi yaklaşık 2080 litre azalış gösterecek ve zamandan da tasarruf elde edilecektir. Sadece yakıt konusunda yıllık ekonomiye katkısı yaklaşık 949.000 €' yu bulacaktır (2023 eylül ayı 1 litre benzin = yaklaşık 1.25 €). Trafik sorununu büyük oranda ortadan kaldıracaktır.

D.S.İ. Yeşilyurt kavşağı;

Anayol üzerindeki bu kavşak üzerinden geçen ortalama araç sayısı günde 55.000 dolayında tespit edilmiştir. Kavşakların yoğunluk sıralamalarına bakıldığında 7. Sırada yer almaktadır. Bu kavşak diğerleri ile kıyaslandığında daha düşük bir yoğunluğa sahiptir. Üniversite, Merkez, Sahil ve Tramvay yönünün bulunduğu 4 kollu bir kavşaktır. Buradaki trafik akışını hızlandırmak için modern dönel kavşak tasarımı uygulanabilir. Kavşaktaki yoğunluk durumuna ve geometrisine bakılarak uygulanabilecek bir kavşak türüdür. İyi tasarlanmış bir dönel kavşak, araçların sabit bir hızla gitmesini sağlayarak kavşak güvenliğinin optimize edilmesine yardımcı olmaktadır. D.S.İ. Yeşilyurt kavşağı genişlik ve uzunluk bakımından bu kavşak türünün yapılmasına uygundur. Modern dönel kavşak trafik akımının merkezi bir ada etrafında yönlendirildiği ve ada etrafındaki araçların ilk geçiş hakkına sahip olduğu işaretlerle belirlenmiş kavşak tipidir. Dönel kavşaklardaki bekleme süresi, sinyalizasyon kavşaklara göre yüzde 20 daha azdır. Bekleme sürelerinin azalması, araçların çevreye de daha az zarar vermesini sağlar. Trafik ışıkları kaldırılacağı için gereksiz dur- kalk durumunu ortadan kaldırır. Gereksiz bekleme durumu olmayacağı için yakıt tüketimi, emisyon ve gürültüde de azalış olacaktır. Bu kavşak türü yapıldığında kavşak etrafında dönene öncelik verilecek, kavşağa yaklaşırken yavaşlanacaktır. Kavşağa yakın bir noktaya yaya üst geçidi yapılarak veya kavşak giriş ve çıkışlarına yaya geçidi yapılarak yayaların da güvenli bir şekilde geçişi sağlanacaktır. D.S.İ. Yeşilyurt kavşağı güncel hali Şekil 4.43'te modern dönel kavşak ilgili tasarım örneği de Şekil 4.44'te gösterilmiştir.



Şekil 4.43. D.S.İ. Yeşilyurt kavşağı güncel durumu



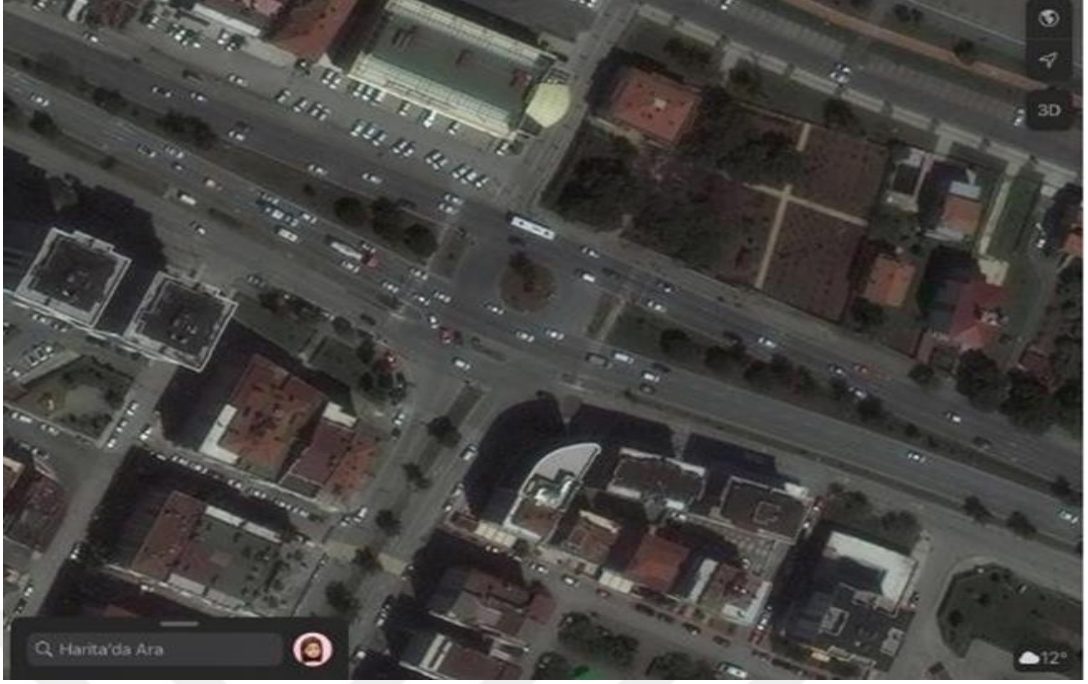
Şekil 4.44. D.S.İ. Yeşilyurt Kavşağı Önerilen Tasarım

Sonuç olarak D.S.İ. Yeşilyurt kavşağı üzerine bu tasarım uygulandığında trafik sıkışıklığı azalacaktır. Bu kavşağın yapım maliyeti 2023 güncel birim fiyatları ile yaklaşık 30.000 €'dur (Batman Belediyesi, 2023). Modern dönel kavşağın tek olumsuz yanı kavşağa girerken yavaşlama gerekliliğidir. Fakat yoğunluk sıralamasına bakıldığında D.S.İ. Yeşilyurt kavşağı diğer incelenen kavşakların çoğuna göre daha az

yoğunluğa sahip olmasından dolayı modern dönel kavşak tercih edilebilir. Sinyalize ışıkların ortadan kalkması ve ikaz tabelaların konmasıyla daha akıcı bir yol güzergahı ortaya çıkacaktır. Gereksiz dur- kalklar ortadan kalkacaktır. Sonuç olarak modern dönel kavşak modeli yapılırsa kavşak üzerindeki trafik akışı hızlanacak, yakıt tüketimi yaklaşık 1065 litre azalış gösterecek ve zamandan da tasarruf elde edilecektir. Sadece yakıt konusunda yıllık ekonomiye katkısı yaklaşık 485.000 €' yu bulacaktır (2023 eylül ayı 1 litre benzin = yaklaşık 1.25 €). Trafik sorununu büyük oranda ortadan kaldıracaktır.

YEDAŞ kavşağı;

Anayol üzerindeki bu kavşak üzerinden geçen ortalama araç sayısı günde 60.000 dolayında tespit edilmiştir. Kavşakların yoğunluk sıralamalarına bakıldığında 5. Sırada yer almaktadır. Üniversite, Merkez, Sahil ve Tramvay yönünün bulunduğu 4 kollu bir kavşaktır. Burada da D.S.İ. Yeşilyurt kavşağındaki gibi modern dönel kavşak yapılmasıyla trafik sıkışıklığı ortadan kaldırılabilir. Yaya üst geçidi veya kavşak giriş ve çıkışlarına yaya geçidi yapılarak yayaların geçişi sağlanabilir. Kavşağa yaklaşırken öncesinde çeşitli uyarıcı tabelalar konulursa trafik akışı düzenli bir şekilde sağlanabilir. Sürücüler kavşak etrafında dönene öncelik verip, sağ şeride yaklaşp kontrollü bir şekilde geçişini sağlayarak gereksiz dur- kalklardan , fazla yakıt sarfıyatı engellenmiş olur. Ayrıca emisyon ve gürültü de azalacağı için modern dönel kavşak tasarımı uygulandığında trafik akışı hızlanmış olacaktır. YEDAŞ kavşağı güncel hali Şekil 4.45'te modern dönel kavşak ilgili tasarım örneği de şekil 4.46'da gösterilmiştir.



Şekil 4.45. YEDAŞ kavşağı güncel durumu



Şekil 4.46. YEDAŞ kavşağı önerilen tasarım

Sonuç olarak YEDAŞ kavşağı üzerine bu tasarım uygulandığında trafik sıkışıklığı azalacaktır. Sinyalize ışıkların ortadan kalkması ve ikaz tabelaların konmasıyla daha akıcı bir yol güzergahı ortaya çıkacaktır. Gereksiz dur- kalklar ortadan kalkacaktır. Eğer modern dönel kavşak modeli yapılırsa kavşak üzerindeki trafik akışı hızlanacak, yakıt tüketimi yaklaşık 2000 litre azalış gösterecek ve

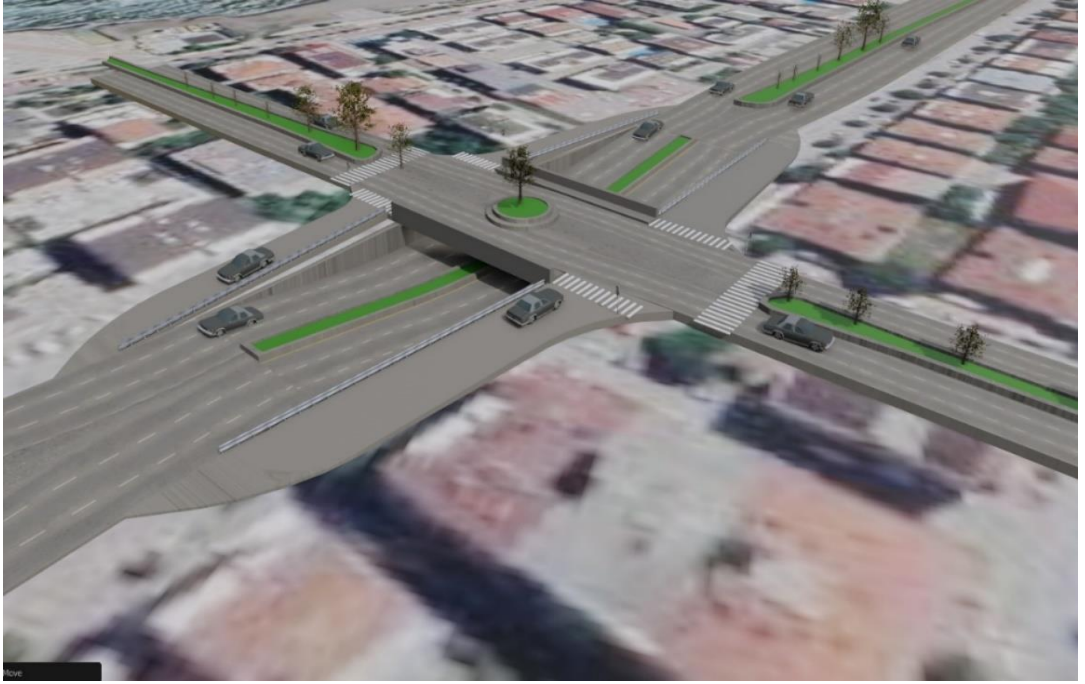
zamandan da tasarruf elde edilecektir. Sadece yakıt konusunda yıllık ekonomiye katkısı yaklaşık 900.000 €' yu bulacaktır (2023 eylül ayı 1 litre benzin = yaklaşık 1.25 €). Trafik sorununu büyük oranda ortadan kaldıracaktır.

Türk iş kavşağı;

Anayol üzerindeki bu kavşak üzerinden geçen ortalama araç sayısı günde 65.000 tespit edilmiştir. Kavşağın yoğunluk sıralaması ve TOPSİS sonucunda oluşan puanı ele alındığında incelenen bütün kavşaklar içinde en fazla yoğunluğa sahip olan ikinci kavşaktır. Hesaplamaları yapılan sonuçlara bakıldığında her ne kadar yoğunluk olarak 2.sırada yer alsada da karayolları kavşağına yakın bir yoğunluğa sahiptir. Üniversite, Merkez, Sahil ve Tramvay yönünün bulunduğu 4 kollu bir kavşaktır. Söz konusu kavşak etrafı pik saatlerde sıkışmaktadır. Bunun en büyük sebeplerinden biri de kavşağın tramvay yönüne doğru olan kol üzerinde hem hastane bulunması hemde şehirler arası çevre yoluna geçiş bağlantısı olmasından dolayıdır. Hastane ve şehirler arası çevre yoluna bağlantı yolu olduğu için anayol dan tramvaya dönüşler bu kavşakta çok fazladır. Sinyalizasyon sistemi karayolu trafiğini olumsuz etkilemektedir. Trafik kaza riski yüksektir. Bu kavşak üzerinde hem karayolu trafiğini rahatlatma hem de kaza risklerini azaltma adına battı- çıktı modeli çözüm yöntemidir. Türk iş kavşağı güncel hali Şekil 4.47' de kavşakla ilgili tasarım örneği farklı açılardan görseller ile şekil 4.48 ve şekil 4.49 'da gösterilmiştir.



Şekil 4.47. Türk iş kavşağı güncel durumu



Şekil 4.48. Türk iş kavşağı 3 boyutlu tasarımı



Şekil 4.49. Türk iş kavşağı 3 boyutlu tasarımı 2

Sonuç olarak battı- çıktı kavşak modeli yapılırsa kavşak üzerindeki trafik akışı hızlanacak, yakıt tüketimi yaklaşık 2200 litre azalış gösterecek ve zamandan da tasarruf elde edilecektir. Sadece yakıt konusunda yıllık ekonomiye katkısı yaklaşık 1.000.000 €'yu bulacaktır (2023 eylül ayı 1 litre benzin = yaklaşık 1.25 €). Her ne kadar bu modelin yapımı maliyetli olsa da bu kavşağın akıcı bir trafiğe ulaşması için şarttır. Olumlu ve olumsuz yanları bir arada değerlendirilip uygulandığı zaman bu kavşak üzerinde oluşan trafik yoğunluğu azalma gösterebilecektir.

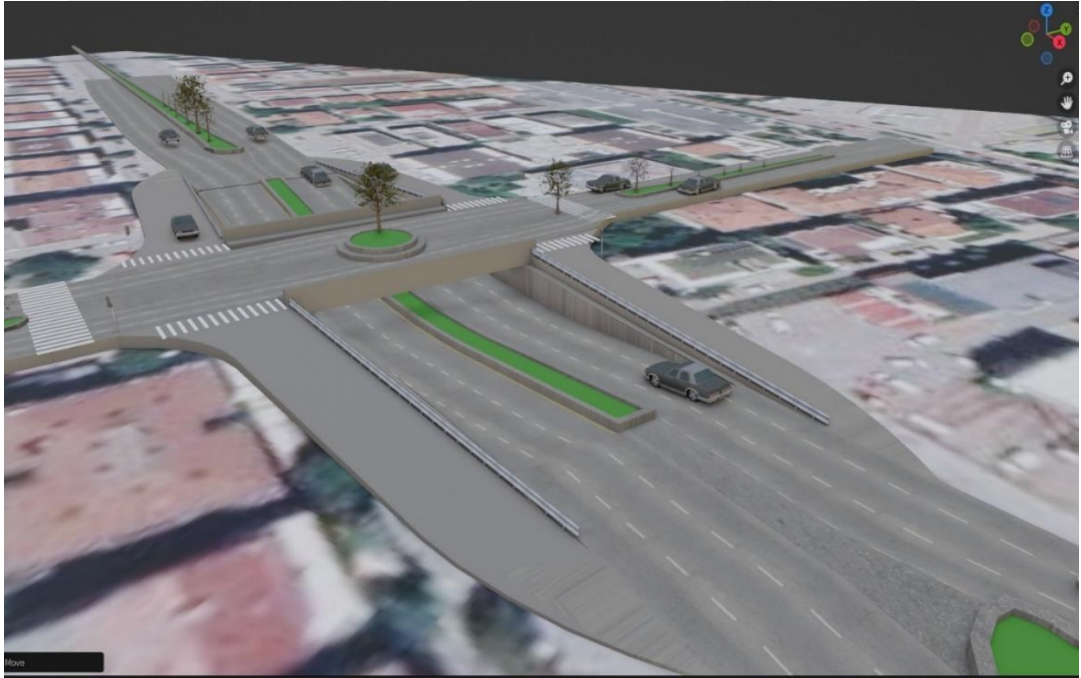
Ömürevleri kavşağı;

Anayol üzerindeki bu kavşak üzerinden geçen ortalama araç sayısı günde 65.000 tespit edilmiştir. Kavşağın yoğunluk sıralaması ve TOPSIS sonucunda oluşan puanına bakıldığında incelenen bütün kavşaklar içinde en fazla yoğunluğa sahip olan üçüncü kavşaktır. Üniversite, Merkez, Sahil ve Tramvay yönünün bulunduğu 4 kollu bir kavşaktır. Bu kavşakta da trafik pik saatlerde ciddi oranda sıkışmaktadır. Ömürevleri kavşağının tramvay yönünde olan kolu şehirlerarası çevre yoluna bağlantı yolu olmasından dolayı da bir yoğunluk oluşturmaktadır. Bu sebeplerden dolayı da Karayolları ve türk-iş kavşakları kadar fazla yoğunluğa sahiptir. Hem karayolu trafiğini rahatlatma hem de kaza risklerini azaltma adına katlı kavşak tasarımı veya battı- çıktı modeli çözüm yöntemidir. Bu modellerden birisinin yapılması ile yakıt tüketimi, emisyon salınımı, gürültü kirliliği gibi problemler de azalış olacak ve trafik

akışı hızlanacaktır. Ömürevleri kavşağının mevcut durumu şekil 4.50’ de ve düşünülen kavşak tasarımı ile ilgili farklı açılardan çekilen görseller şekil 4.51 ve şekil 4.52’ de gösterilmektedir.



Şekil 4.50. Ömürevleri kavşağı güncel durumu



Şekil 4.51. Ömürevleri kavşağı 3 boyutlu tasarımı



Şekil 4.52. Ömürevleri kavşağı 3 boyutlu tasarımı 2

Sonuç olarak katlı kavşak modeli yapılırsa kavşak üzerindeki trafik akışı hızlanacak, yakıt tüketimi yaklaşık 2350 litre azalış gösterecek ve zamandan da tasarruf elde edilecektir. Sadece yakıt konusunda yıllık ekonomiye katkısı yaklaşık 1.100.000 €' yu bulacaktır (2023 eylül ayı 1 litre benzin = yaklaşık 1.25 €). Trafik sorununu büyük oranda ortadan kaldıracaktır.

Atakent TV. kavşağı;

Anayol üzerindeki bu kavşak üzerinden geçen ortalama araç sayısı günde 52.000 tespit edilmiştir. Kavşağın yoğunluk sıralaması ve TOPSİS sonucunda oluşan puanı ele alındığında incelenen bütün kavşaklar içinde en fazla yoğunluğa sahip olan dördüncü kavşaktır. Atakent TV. kavşağının tramvay yönünde olan kolu diğer kavşaklardan farklı olarak tek şerit halinde ilerlemektedir. Diğerlerinde genişlik 30 metre iken bu kavşak da 15 metredir. Bu durum da trafik sıkışıklığını çok fazla artırmaktadır. Bu sebeplerden dolayı da Karayolları, Türk-iş ve Ömürevleri kavşakları kadar fazla yoğunluğa sahiptir. Üniversite, Merkez ve Tramvay yönünün bulunduğu 3 kollu bir kavşaktır. Hem karayolu trafiğini rahatlatma hem de kaza risklerini azaltma adına denizevleri'e düşünülen trompet kavşak tasarımı düşünülebilir. Atakent TV. kavşağının mevcut durumu şekil 4.53' te ve düşünülen kavşak tasarımı ile ilgili farklı açılardan çekilen görseller şekil 4.54 ve şekil 4.55' te gösterilmektedir.



Şekil 4.53. Atakent TV. kavşağı güncel durumu



Şekil 4.54. Atakent TV. kavşağı 3 boyutlu tasarımı



Şekil 4.55. Atakent TV. kavşağı 3 boyutlu tasarımı 2

Sonuç olarak trompet kavşak modeli yapılırsa kavşak üzerindeki trafik akışı hızlanacak, yakıt tüketimi yaklaşık 1850 litre azalış gösterecek ve zamandan da tasarruf elde edilecektir. Sadece yakıt konusunda yıllık ekonomiye katkısı yaklaşık 845.000 €' yu bulacaktır (2023 eylül ayı 1 litre benzin = yaklaşık 1.25 €). Trompet kavşak yapılmasının olumsuz bir yanı da vardır. Bu kavşak tasarımının yapılabilmesi için şekil 5.18 ve şekil 5.19'da gösterilen ada'nın kamulaştırılması gerekmektedir. Fakat bu kamulaştırılmış alan peyzaj alanı, park v.b şekilde değerlendirilebilir. Herşey birlikte ele alındığında yapılması trafik sorununu büyük oranda rahatlatacaktır.

Vatan caddesi kavşağı;

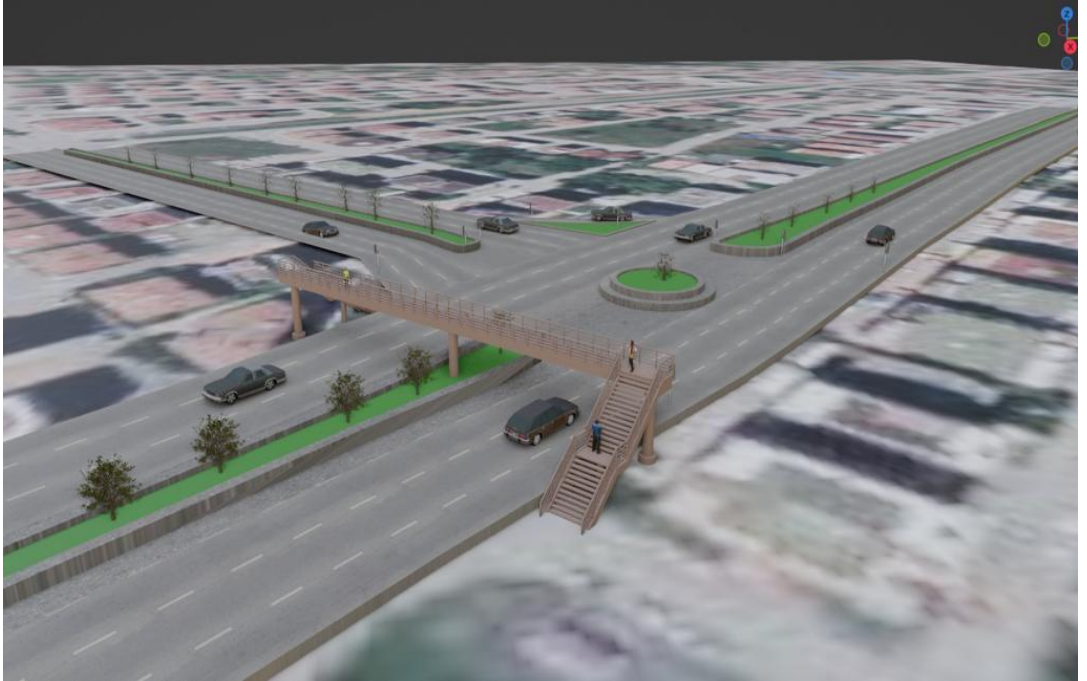
Anayol üzerindeki bu kavşak üzerinden geçen ortalama araç sayısı günde 45.000 tespit edilmiştir. Üniversite, Merkez ve Tramvay yönünün bulunduğu 3 kollu bir kavşaktır. Kavşakların yoğunluk sıralamalarına bakıldığında 8. Sırada yer almaktadır. Yani en az yoğunluğa sahip olan ikinci kavşaktır. Kavşak yoğunluğunun az olmasının başlıca nedenleri hesaplanan kuyruk uzunlukları, araç sayımları, gecikme süreleri ve diğer kriterlerin bir arada değerlendirildiğinde düşük olmasından dolayıdır. Bu kavşağın az yoğunluğa sahip olmasından dolayı sinyalize ışıkları kapatmak yerine kavşağa yakın bir noktaya yaya üst geçidi yapılabilir.

Bu sayede anayol güzergahından yaya geçişleri kaldırılmış olacak ve kırmızı ışık süreleri kısaltılmış olacaktır. Yeşil faz süresinin daha uzun olmasıyla da trafik

akışı hızlanacaktır. Vatan caddesi kavşağının mevcut durumu şekil 4.56’da ve düşünülen kavşak tasarımı ile ilgili farklı açılardan çekilen görseller şekil 4.57 ve şekil 4.58’ de gösterilmektedir.



Şekil 4.56. Vatan Caddesi kavşağı güncel durumu



Şekil 4.57. Vatan Caddesi kavşağı 3 boyutlu tasarımı



Şekil 4.58. Vatan Caddesi kavşağı 3 boyutlu tasarımı 2

Sonuç olarak Vatan Caddesi kavşağına yakın bir noktaya yaya üst geçidi yapılırsa anayol güzergahından yaya geçişleri kaldırılmış olacak ve araçlar için olan kırmızı ışık süreleri kısaltılmış olacaktır. Yeşil faz süresinin daha uzun olmasıyla da trafik akışı hızlanmış olacaktır.

Toplu konut bulvarı kavşağı;

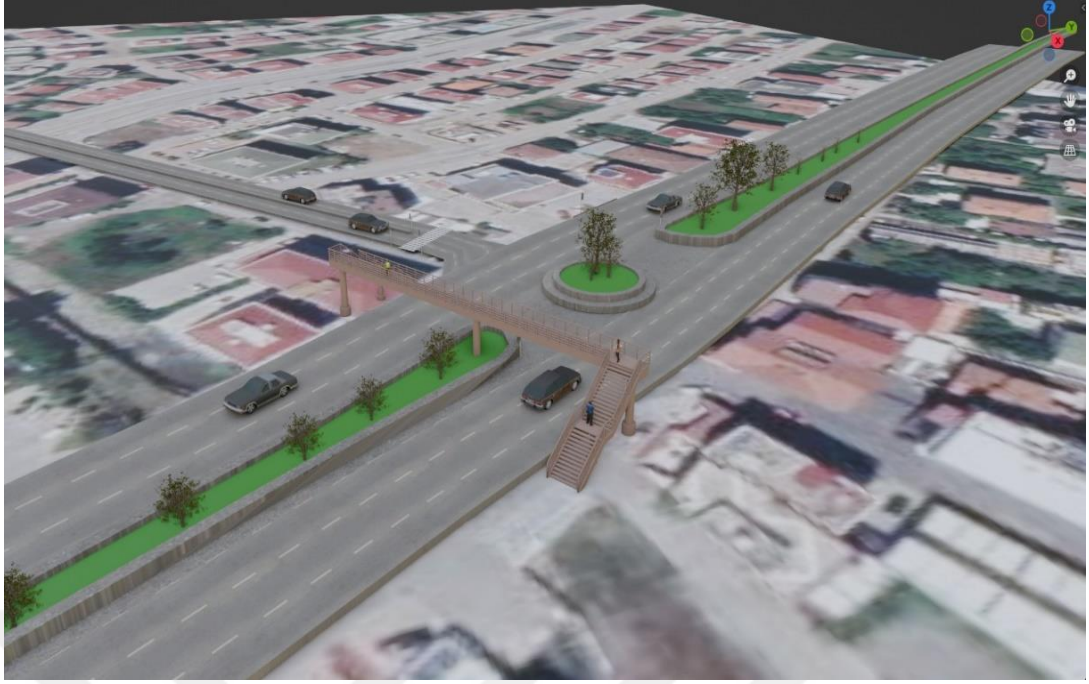
Anayol üzerindeki bu kavşak üzerinden geçen ortalama araç sayısı günde 50.000 tespit edilmiştir. Üniversite, Merkez, Sahil ve Tramvay yönünün bulunduğu 4 kollu bir kavşaktır. Kavşakların yoğunluk sıralamalarına bakıldığında 9. Sırada yer almaktadır. En az yoğunluğa sahip olan kavşaktır. Kavşak yoğunluğun en az olmasının nedenleri ölçülen kuyruk uzunlukları, gecikme süreleri, araç sayımları ve diğer belirlenen kriterlerin bir arada incelendiğinde diğer kavşaklara göre daha düşük çıkmasından dolayıdır. Ayrıca Toplu Konut Bulvarı kavşağı incelendiğinde, yoğunluk düzeyleri diğer kavşaklara göre oldukça düşüktür. Bu sebeplerden dolayı sinyalizasyon ışıkları kapatmak yerine kavşağına yakın bir noktaya yaya üst geçidi yapılarak trafik akışı daha da hızlandırılabilir. Yaya üst geçidi sayesinde anayol güzergahından yaya geçişleri kaldırılmış olacak ve kırmızı ışık süreleri kısaltılmış olacaktır. Yeşil faz süresinin daha uzun olmasıyla da trafik akışı hızlanacaktır. Toplu Konut Bulvarı kavşağının mevcut durumu şekil 4.59’ da ve düşünülen kavşak tasarımı ile ilgili farklı açılardan çekilen görseller şekil 4.60 ve şekil 4.61’ de gösterilmektedir.



Şekil 4.59. Toplu Konut Bulvarı kavşağı güncel durumu



Şekil 4.60. Toplu Konut Bulvarı 3 boyutlu kavşak tasarımı



Şekil 4.61. Toplu Konut Bulvarı 3 boyutlu kavşak tasarımı 2

Sonuç olarak Toplu Konut Bulvarı kavşağına yakın bir noktaya yaya üst geçidi yapılırsa anayol güzergahından yaya geçişleri kaldırılmış olacak ve araçlar için olan kırmızı ışık süreleri kısaltılmış olacaktır. Yeşil faz süresinin daha uzun olmasıyla da trafik akışı hızlanmış olacaktır.

Önerilen kavşak tasarımlarının maliyetleri daha önceden yapılmış olan örnek çalışmalar ve güncel birim fiyatlar üzerinden yaklaşık olarak hesaplanmış ve Tablo 4.13'te gösterilmiştir (Koç,2010; Kayseri Büyükşehir Belediyesi, 2019; Ankara Büyükşehir Belediyesi, 2021; Ayvaz, 2023;).

Tablo 4.13. Kavşaklar için önerilen tasarımlar ve yaklaşık maliyetleri

Kavşaklar	Önerilen kavşak tasarımı	Yapım maliyeti
Karayolları kavşağı	Katlı kavşak	3.000.000 €
İsmet İnönü Bulvarı kavşağı	Trompet kavşak	2.500.000 €
D.S.İ. Yeşilyurt kavşağı	Modern Dönel kavşak	30.000 €
YEDAŞ kavşağı	Modern Dönel kavşak	30.000 €
Türk iş kavşağı	Battı- çıktı kavşak	3.000.000 €
Ömürevleri kavşağı	Battı- çıktı kavşak	3.000.000 €
Atakent TV. kavşağı	Trompet kavşak	2.500.000 €
Vatan Caddesi Kavşağı	Yaya üst geçidi	200.000 €
Toplu Konut Bulvarı kavşağı	Yaya üst geçidi	200.000 €
		Toplam. 14.760.000 €

Bu tasarımlar faaliyete geçirilirse, yakıt sarfiyatı, çevresel kazanımlar, araç bakım gibi masraflarda göz önüne alındığında sistemin 3 yıl içerisinde kendini amorti edebileceği ön görülmektedir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma alanı güzergahındaki kavşak performansları nicel olarak incelenmiştir. Kavşakları yoğunluklarına göre değerlendirebilmek ve uygun kavşak tasarımları yapabilmek için kavşak yoğunlukları uzman görüşleri doğrultusunda belirlenen kriterlerle incelenmiş ve daha geniş perspektiften sonuçlar ortaya koymaya çalışılmıştır.

Kavşak yoğunluklarını tespit edebilmek için ilk olarak kavşak etrafındaki kollar üzerinden trafiğe katılan otomobiller, motosikletler, minibüsler, kamyonetler, otobüsler, kamyonlar, tırlar ve römorkların gün içinde belirli aralıklarla sayımı yapılmıştır. Sayımı yapılan veriler CBS ortamına aktararak araç sayımlarına göre her kavşak için yoğunluk haritaları oluşturulmuştur. Elde edilen haritalar, kavşakların araç sayımlarına göre yoğunluk durumlarının görselleştirilmesine olanak sağlamıştır. Sonuçlar incelendiğinde, Karayolları kavşağının 77272 günlük geçen araç sayısı ile en fazla yoğunluğa sahip olduğu, Toplu Konut Bulvarı kavşağının ise 52384 günlük geçen araç sayısı ile en az yoğunluğa sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu sayımların hedefi, en yoğun ve en az yoğun trafik akışına sahip kavşakları belirlemek ve trafik sıkışıklığını azaltıcı öneriler geliştirmektir. Bu tespitler, trafik yönetiminde önemli bir rol oynar. Örneğin, en yoğun kavşaklarda trafik akışını iyileştirmek için trafik sinyallerinin optimize edilmesi veya kavşak düzenlemeleri yapılabilir. Daha geniş şeritler, ek dönüş yolları veya yaya geçitleri gibi önlemler alınarak yoğunluklar azaltılabilir. Fakat araç sayımlarına göre yapılan analizler sadece kavşakları yoğunluklarına göre değerlendirebilmek ve uygun kavşak tasarımları yapabilmek için yeterli değildir. Başka analizlerle desteklenerek bütün kriterlerin bir arada değerlendirilmesi gerekir. Bu nedenle bu tez çalışmasında kavşak yoğunlukları farklı analizlerle incelenmiş ve sonuçları bir arada değerlendirilmiştir.

Kavşak yoğunluklarını belirlemek için kullanılan bir diğer analiz yöntemi buffer analizidir. Bu yöntem ile amaçlanan trafikte sık kullanılan katmanlara göre tampon bölgeler oluşturarak kavşakların önemini vurgulamaktır. Bu yöntem, çalışma alanı içerisine aktarılan yerleşim yerleri, okullar, kurumlar ve hastaneler gibi mevcut yapılar üzerinden hareket eder. Önceden aktarılmış olan bu katmanlara göre, sırasıyla 500 ve 1000 metrelik tampon bölgeler tanımlanmış ve kavşaklar üzerindeki kesişen noktaları belirlenmiştir. 500 ve 1000 metre şeklinde yapılan buffer analizleri

sonucunda en az yoğunluğa sahip olan kavşağın Vatan Caddesi kavşağı en fazla yoğunluğa sahip olanlar ise YEDAŞ ve Türk iş kavşağı olduğu katmanların kesişimi doğrultusunda tespit edilmiştir. Bu yaklaşımın sonuçları, kavşakların önem derecesini farklı bir perspektiften ortaya çıkarır. Tampon bölgelerin içerisinde bulunan yerleşim yerleri, okullar, kurumlar ve hastaneler, trafiğin yoğun olduğu bölgeleri işaret eder. Bu alanlar, insanların günlük yaşamlarında sık kullandıkları yerler olduğundan, kavşaklara olan talebi artırır ve kavşak yoğunluğunu belirler. Sonuç olarak, bu yöntemle belirlenen kavşak yoğunluklarına dayanarak trafik yönetimi ve planlamasıyla ilgili öneriler geliştirilebilir. Örneğin, yoğun kavşaklarda uygun kavşak tasarımı, yaya geçitlerinin güvenliğinin artırılması veya alternatif güzergahların oluşturulması gibi önlemler alınabilir. Bu yöntemle elde edilen sonuçlar ve önerilere ek olarak çevresel etkileri de değerlendirmek için emisyon salınımı, yakıt sarfıyatı ve gürültü kirliliği gibi faktörler üzerinde kıyaslamalı çalışmalar da yapılmıştır. Emisyon salınımı ile ilgili çift yönlü (Üniversite ve Merkez Yönü) yapılan çalışmaların sonucunda Üniversite yönünde, mevcut durumda (Yavaşlayan) kavşaklardan geçen araçlardan dış ortamlara verilen en yüksek salınımlar Ömürevleri K- Atakent TV. K. (6 nolu) güzergahtadır. Bu güzergahta toplam 44764 kg emisyon salınımı oluşmuştur. En fazla emisyon salınımı 24798.35 kg değer ile CO gazında oluşurken en az emisyon salınımı 652.59 kg değer ile PM' de oluşmuştur. Üniversite yönünde mevcut durumda en az emisyon salınıminin olduğu güzergah ise D.S.İ. Yeşilyurt K. - YEDAŞ K. (3 nolu) güzergahtır. Bu güzergahta toplam 18680 kg emisyon salınımı oluşmuştur. Güzergahlar arasında en yüksek kirletici emisyon salınımları 10305.90 kg değer ile CO'da oluşurken en az emisyon salınımı 279.27 kg değer ile PM' de oluşmuştur. Merkez yönünde, mevcut durumda (Yavaşlayan) kavşaklardan geçen araçlardan dış ortamlara verilen en yüksek emisyon salınımları Ömürevleri K. – Türk iş K. (12 nolu) güzergahtadır. Bu güzergahta toplam 48344 kg emisyon salınımı oluşmuştur. Bu güzergahta en fazla emisyon salınımı 29213.56 kg lık değer ile CO gazında oluşurken en az emisyon salınımı 603.46 kg lık değer ile PM' de oluşmuştur. Merkez yönünde, mevcut durumda (Yavaşlayan) kavşaklardan geçen araçlardan dış ortamlara verilen en düşük emisyon salınımlarının olduğu güzergah ise YEDAŞ K. - D.S.İ. Yeşilyurt K. (14 nolu) güzergahtır. Bu güzergahta toplam 21577.8 kg emisyon salınımı oluşmuştur. Güzergahlar arasında en yüksek kirletici emisyon salınımları 13688.31 kg değer ile CO'da oluşurken en az emisyon salınımı 248.04 kg ile PM' de oluşmuştur. Emisyon salınıminin en yüksek olduğu güzergahların en yoğun gaz salınımına neden olmasının

sebepleri, alınan yolun diğer kısımlara göre daha fazla olmasıdır. Bu güzergahlar arasında diğer güzergahlara göre daha fazla araç geçişinin olması da diğer etkindir. Emisyon salınımının en düşük olduğu güzergahların en az emisyon salınımına neden olmasının sebepleri ise alınan yolun diğer kısımlara göre daha az olmasıdır. Güzergahlar arasında en yüksek ve en düşük kirletici emisyon türleri Tier 1 yönteminde araç kategorisine göre belirlenen emisyon faktörlerine göre belirlendiğinden dolayı en yüksek emisyon salınımları CO'da, en düşük kirletici emisyon salınımları ise PM' de oluşmuştur. Karayolları K. – Toplu Konut Bulvarı K. güzergahları arasında araç türlerine göre emisyon sonuçları karşılaştırıldığında, en fazla kirlilik yayan araç türü otomobiller iken en az yayan motosikletlerdir. Eğer akıcı bir hızla (70 km/s) gidilebilecek uygun kavşak tasarımı yapılırsa, Üniversite yönünde, en yüksek emisyon salınımının olduğu 6 nolu güzergahta 44764 kg lık toplam emisyon salınımı 11390 kg a, merkez yönünde ise 48344 kg' lık toplam emisyon salınımı 12799 kg' a kadar düşebilir.

Yakıt tüketimi ile ilgili çift yönlü (Üniversite ve Merkez Yönü) yapılan çalışmaların sonucunda Üniversite yönünde, mevcut durumda (yavaşlayan) en fazla yakıt tüketiminin olduğu güzergah 3555.29 litre ile 6 nolu güzergahtır. En az yakıt tüketiminin olduğu güzergah ise 1507.18 litre ile 3 nolu güzergahtır. Mevcut durumda (yavaşlayan) güzergahlar üzerinde oluşan toplam yakıt tüketimi 22198.72 litre iken, uygun kavşak tasarımları ile (70 km/s) bu değer 15064.82 litreye düşürülebilir. Merkez yönünde ise, mevcut durumda (yavaşlayan) en fazla yakıt tüketiminin olduğu güzergah 4003.63 litre ile 12 nolu güzergahtır. En az yakıt tüketiminin olduğu güzergah ise 1897.14 litre ile 14 nolu güzergahtır. Mevcut durumda (yavaşlayan) güzergahlar üzerinde oluşan toplam yakıt tüketimi 26086.57 litre iken, uygun kavşak tasarımları ile (70 km/s) bu değer 17922.18 litre ye düşürülebilir. Tüm güzergahlar ele alındığında ortalama bir hızla (70 km/s) hareket edilebilecek uygun kavşak tasarımları yapılırsa her bir kavşak için günlük ortalama 1000 ile 2500 litre arasında yakıt tasarrufu sağlandığı gözlenmiştir. Çalışma alanındaki 16 güzergahta elde edilen toplam yakıt tasarrufu yaklaşık 15000 litreye karşılık gelmektedir. Elde edilen bu sonuçlara göre güncel yakıt maliyetleri göz önünde bulundurulursa günlük (1 litre benzin fiyatı yaklaşık olarak 1.25 €' ya denk geldiği düşünülürse) 18.750 € civarı tasarruf elde edilir. Bu değerler 2023 eylül yakıt fiyatları baz alınarak yapılmıştır. Önerilen kavşak modellerinin hayata geçirilmesi ile sadece yakıt tasarrufu yıllık yaklaşık 6.000.000

€'ya karşılık gelmektedir. Bu kazanımlara araç bakım maliyetlerinden elde edilecek kazanımlar eklenmemiştir.

Üniversite ve Merkez yönünde oluşan toplam emisyon ve yakıt tüketim değerleri karşılaştırıldığında, kavşaklarda ışık olmadığı takdirde önemli ölçüde yakıt tasarrufu elde edileceği, araçlardan yayılan emisyon değerlerinin de büyük oranda azalacağı analizler ile gösterilmiştir. Yavaşlayan veya duran trafik, araçların yakıt tüketimini ve emisyon salınımını artırabilir. Emisyon salınımının azaltılması, temel yaşam alanlarında solunan havanın kalitesinin artmasına ve insan sağlığının olumlu yönde etkilenmesine katkıda bulunur. Uygun kavşak modellerinin kullanılmasıyla, karayolu üzerindeki araçlardan kaynaklanan özellikle PM, NO_x, CO ve CO₂ emisyonları büyük ölçüde azalacak ve bu doğrultuda hava kirliliği de azalacaktır. Bu çevresel iyileştirmeler aynı zamanda çevreye ve ekosistemlere de olumlu etkiler yapar. Uygun kavşak modelleri, trafiği düzenleyerek araçların daha akıcı bir şekilde ilerlemesini sağlar. Bu, araçların daha az dur-kalk yapmasını ve daha düşük emisyon salınımına neden olur. Emisyon salınımlarının karayolları üzerinde azalması doğrultusunda sera gazı etkisinin azaltılması (CO₂), ozon oluşumu, solunum yolu hastalıkları ve partikül madde oluşumunun engellenmesi (NO_x ve PM) ve iklim değişikliğinin engellenmesi (CO ve CO₂) gibi olumlu sonuçlar olur. Ayrıca, araçların hızlı ve düzgün bir şekilde geçebildiği kavşak modelleri, trafik sıkışıklığını azaltır. Yakıt tüketiminin azaltılması sayesinde ortaya çıkan maddi gelir ile uygun kavşak modelleri yapılabilir. Bu nedenle, kavşak yoğunluğunu azaltmak ve trafik akışını düzenlemek, emisyon salınımı, yakıt tasarrufu ve çevresel etkileri azaltmak için önemli bir adımdır.

Trafik yoğunluğu ve yavaş hareket etmenin gürültü seviyeleri üzerindeki etkileri incelendiğinde, araçların sürekli dur-kalk yapması ve yavaş hareket etmesi, gürültü kirliliğini artırabilir. Kıyaslamalı bir şekilde yapılan gürültü ölçümleri sonucu karşılaştırıldığında en yoğun gürültü kirliliğine sahip olan güzergahlar Karayolları kavşağı ile İsmet İnönü Bulvarı kavşağı arasındaki güzergahta oluşurken en az gürültü kirliliği oluşan güzergahlar ise Vatan Caddesi kavşağı ile Toplu Konut Bulvarı kavşağı arasındaki güzergahta oluşmuştur. Sinyalize ışıklar kaldırılıp sabit (akıcı) bir hızla gidilirse gürültü kirliliğinin azalacağı analizler ile gösterilmiştir. Bu çalışmalar, gürültü kirliliğini azaltmaya yönelik tedbirlerin belirlenmesine ve kavşak tasarımlarının gürültü kontrolü açısından optimize edilmesine katkıda bulunabilir. Gürültü kirliliğinin azalması ve çevreye yayılan ses düzeylerinin düşmesi sonucunda

evre ve insan psikolojisini olumlu etkileyecektir. Ayrıca gürültü kirliliğini azaltmak için, çalışma alanı güzergahında kullanılan anayollardaki trafik yükünün azaltılması amacıyla uygun kavşak modelleri tasarlanmalı, ses yalıtımı yapılmış kaliteli konut üretimleri artırılmalı, gürültü düzeyini artıran araçların şehir içine girişlerinin engellenmesi, dolmuş v.b araçların yerine elektrikli araçların kullanılmaya başlanması ve gürültü düzeyini en fazla artıran dur-kalk olayının azalması için yeşil dalga sisteminin oluşturulması gerekir. Bunun yanı sıra Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak yapılaşmanın doğru yapılması gerekmektedir. CBS yazılımları ile önceden yol yükseklikleri, yol genişlikleri gibi özellikler dikkate alınarak gürültü haritaları kavşak tasarım çalışmalarından önce oluşturulabilir. Oluşturulan gürültü haritalarında istenilen gürültü sınırlarını geçmeyen alanlar (60 dB) belirlenip bu bölgelere binalar yapılmalıdır. Bunun yanı sıra, kavşak etrafında meydana gelen trafik kaza sayıları, kuyruk uzunlukları ve gecikme süreleri gibi kriterler de incelenmiştir. Bu kriterler üzerinden de, çalışma alanı içerisindeki kavşakların yoğunluğu hesaplanmıştır. Trafik kaza sayılarına göre yapılan analiz incelendiğinde; son 3 yıl içerisinde kavşağın 100 metre etrafında meydan gelen en fazla kaza sayısı türk iş kavşağında 11 kaza ile oluşurken, en az kazanın gerçekleştiği kavşak ise 4 kaza ile Karayolları kavşağıdır. Kuyruk uzunlukları (zirve saatlerde bir devre süresi içerisinde arka arkaya biriken araç sayıları dikkate alınarak yapılmıştır.) ile ilgili yapılan çalışmanın sonucunda; çalışma alanı üzerindeki kavşaklarda kuyruk uzunluğu en fazla karayolları kavşağında ortalama 27 araç ile oluşurken , en az Vatan Caddesi kavşağı ve Toplu Konut Bulvarı kavşağında 5 araç ile oluşmuştur. Gecikme süreleri (Bir kavşağa girmeden 150 m önceki bir noktadan girdikten 150 m sonraki noktaya kadar yaşanan gecikme) ile ilgili çalışma sonucunda ise en fazla gecikme yaşanan kavşak 135 sn ile karayolları kavşağı iken, en az gecikme yaşanan kavşaklar 40 ve 42 sn ile Vatan Caddesi kavşağı ve Toplu Konut Bulvarı kavşağıdır.

Son olarak, kavşak yoğunlukları hakkında kararlar vermek için çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmıştır. Karar verme süreci zorlu bir süreçtir ve birçok faktöre bağlı olduğu için, tek bir yöntem kullanarak karar vermek oldukça yanıltıcı olabilir. Bu nedenle, kavşak yoğunluğunu belirlemek için farklı yöntemleri kullanmak, farklı açılardan bakabilmek için önemlidir. Bu çalışmada, çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak bu amaç hedeflenmiştir. Bu yöntemler, ele alınan kriterler arasında bir önem sıralaması yapmaya imkan verdiği gibi bu kriterlere dayalı olarak

en yoğun kavşağın tespit edilmesine ve kavşak yoğunlukları arasında karşılaştırma yapmaya olanak sunmuştur. Yapılan analizler sonucunda, üç farklı yöntem kullanılarak yoğunluk sıralamaları yapılmıştır. İlk olarak 15 kriter literatür taraması ve uzman görüşleri doğrultusunda belirlenmiştir. Belirlenen kriterler içerisinde CVM yöntemi ile 8 ana kriter belirlenmiştir. Daha sonra BWM yöntemi ile ana kriterlerin ağırlıklandırması yapılmış ve derecelendirilmiştir. En son olarak da ağırlıklandırılması yapılan kriterler TOPSIS yönteminde ele alınarak kavşakların yoğunluk sıralamaları yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda Karayolları kavşağının en fazla yoğunluğa sahip olduğu, Toplu Konut Bulvarı kavşağının ise en az yoğunluğa sahip olduğu tespit edilmiştir.

Bu yöntemler, kavşaklardaki trafiği değerlendirmek için objektif ve sistematik bir yaklaşım sağlamıştır. Elde edilen sonuçlar, kavşakların yoğunluk düzeylerinin anlaşılmasına ve önem sırasına göre değerlendirilmesine yardımcı olmuştur. Sonuç olarak, bu yöntemler sayesinde kavşak yoğunluklarına ilişkin güvenilir ve anlamlı verilere ulaşılmıştır. Bu veriler, trafik yönetimi ve planlaması açısından önemli bir kaynak oluşturacak ve karar vericilere kavşakların önceliklendirilmesi konusunda rehberlik edecektir.

Önerilen kavşak modellerinin hayata geçirilmesi ile trafikte daha az süre geçirilmesi, trafik kazalarındaki azalmalar, kuyruk uzunluklarının ve bekleme sürelerinin azalması, emisyon salınımı, yakıt tüketimi ve gürültü salınımdaki azalmaların getireceği potansiyel psikolojik ve çevresel kazanımları oluşacaktır. Yıllık bazda kazanımlar ile önerilen kavşak tasarım modellerinin maliyetleri karşılaştırıldığında kavşakların yapım maliyetlerini sistemin 3 yıl içinde telafi edeceği öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- Abadi, F., Sahebi, I., Arab, A., Alavi, A. and Karachi, H. (2018). *Application Of Best-Worst Method In Evaluation Of Medical Tourism Development Strategy*. Decision Science Letters, 7(1), 77-86.
- Ağacan, İ. (2014). *Çevre kirliliği sorunları ile mücadelelerde Türkiye’de uygulanan çevre vergileri ve çevre vergisi bilinci*. (Doctoral dissertation, Sakarya Üniversitesi (Turkey)).
- Akmaz, M. M. (2012). *Konya’nın Önemli Sinyalize Kavşaklarının Bilgisayar Programı ile İncelenmesi*, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Aktepe, E., Aydın, C. (2013). *İzmir çevresinde yapılan sismotektonik araştırmaların CBS ve mekânsal istatistik yöntemleri kullanılarak değerlendirilmesi*. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Ankara, Türkiye.
- Akyüz, Y., Bozdoğan, T. ve Hantekin, E. (2011). *Topsis Yöntemiyle Finansal Performansın Değerlendirilmesi Ve Bir Uygulama*, Afyon Kocatepe Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 13 (1) , 73-92 .
- Albayrak, G. (2012). *Türkiye’deki İnşaat Mühendisliği Eğitiminin Değer Mühendisliği Kavramları Açısından İstatistiksel Olarak İncelenmesi*, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.
- Alemdar, D. K. (2019). *Kavşak Tasarımlarının Karar Verme Teknikleriyle Değerlendirilmesi*, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- Alkaya, B., Yıldırım, M. A. (2000). *Taşıt Kaynaklı Kirleticilerin Azaltılma Yöntemleri*. Ekoloji Çevre Dergisi. 9(34).15-20.
- Aşçıgil, M. (2009). *Karayolu gürültü haritalarının hazırlanması: İstanbul Zincirlikuyu-Maslak ulaşım hattı örneği*. (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Aydar, R. (2011). *Karayolu kavşaklarının tipine karar verme sürecinde kapasite, güvenlik ve maliyet (kgm) parametrelerini optimize eden bir modelin geliştirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara-Türkiye.
- Ayre, C., Scally, A. J. (2014). *Critical Values For Lawshe’s Content Validity Ratio: Revisiting The Original Methods Of Calculation*. Measurement And Evaluation In Counseling And Development, 47 (1), 79–86. doi: 10.1177/0748175613513808.
- Bakak, Ö. (2016). 2005 Sığacık Körfezi (İzmir) Depremlerinin Mekânsal Değerlendirilmesi. Yerbilimleri, 37(1).
- Bakır, M., Atalık, Ö. (2021). *Application of Fuzzy AHP and Fuzzy MARCOS Approach for the Evaluation of E- Service Quality in the Airline Industry*, Decis.Mak. Appl. Manag. Eng., 4(1). 127-152.
- Battal Şal, Ö. (2021). *Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Türkiye’deki Ulaştırma Projeleri Fizibilite Etütlerinin Değerlendirilmesi*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 702906, Ankara.
- Bostancı, K. N., (2011). *Tapu ve Kadastro Bilgi Sistemi(TAKBİS)’in Hayata Geçirilmesinde Yaşanan Problemler ve Çözüm Önerileri: Kayseri Örneği*, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.
- Bozkurt, Ç., (2010). *Kırıkkale Kent Merkezinde Sinyalize Kavşakların İncelenmesi; Samsun Bulvarı Örneği*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

- Bozkurt, Z., Selek, Z. (2019). *Karayolu Ulaşımında Farklı Yol Kaplamalarının Çevresel Gürültü Seviyesine Katkılarının İncelenmesi: Adana Örneği*, Politeknik Dergisi, 22(2), 415-429.
- Büyüköztürk, Ş. (2005). *Anket geliştirme*, Türk Eğitim Bilimleri Dergisi, 3(2), 133-151.
- Büyüköztürk, Ş., Akgün, Ö. E., Demirel, F., Karadeniz, Ş. ve Çakmak, E. K. (2016). *Bilimsel Araştırma Yöntemleri*, Pegem Akademi, Ankara.
- Camcı, A. A. (2019). *Kavşak tasarımı ve trafik simülasyon tekniklerinin kullanımı ve Sakarya için uygulamalar*, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.
- Chavare, S. (2011). *Morphometric Analysis using GIS Techniques: a case study of Valheri River basin*, tributary of Tapi River in Nandurbar District (MS). International Referred Research Journal, August.
- Cuci, Y., Polat, E. E. (2015). *Gaziantep Trafik Kaynaklı Hava Kirliliğinin Belirlenmesi*, KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, 18(2), pp. 1-11.
- Çetintaş, H., Bicil, İ. M., Türköz, K. (2016). *Türkiye’de CO2 Salınimleri EnerjiTüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi*. Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar, (619), 57-67.
- Çiçek, M. (2007). *Trafik Bilgi Sistemi Verileri ile Ankara İli Trafik Güvenliğinin İncelenmesi*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- de Farias Aires, R. F., Ferreira, L. (2019). *A new approach to avoid rank reversal cases in the TOPSIS method*. Computers & Industrial Engineering, 132, 84-97.
- Doğan, O., Ahıskalı, A., Vurdu, C. D. (2023). *Köprülü Kavşak Sistemlerinin Kazaları Azaltmadaki Etkisi: Devrekani Kavşağı Örneği*. Trafik ve Ulaşım Araştırmaları Dergisi, 6(1), 44-58.
- Dong, P., Yang, C., Rui, X., Zhang, L. and Cheng, Q. (2003). *An effective buffer generation method in GIS*. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Proceedings (IEEE Cat. No. 03CH37477) (Vol. 6, pp. 3706-3708).
- Duran, C. (2014). *Mersin İlindeki Orman Yangınlarının Başlangıç Noktalarına Göre Mekânsal Analizi (2001-2013)*. Ormancılık Araştırma Dergisi, 1(1 A), 38-49.
- Dönmez Akın, M. (2020). *Samsun ili Atatürk Bulvarı üzerindeki trafiğin mikro simülasyon tekniği ile modellenmesi*, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Samsun.
- Dönmez, K. (2023). *Evaluation of the performance of the multi-objective scalarization methods for the aircraft sequencing and scheduling problem using multi-criteria decision-making*, Aircraft Engineering and Aerospace Technology, 95(4), 501-511.
- Ghorabae, M. K., Amiri, M., Zavadskas, E. K. and Antucheviciene, J. (2018). *A new hybrid fuzzy MCDM approach for evaluation of construction equipment with sustainability considerations*. Archives of Civil and Mechanical Engineering, 18, 32-49.
- Elbir, T., Bayram, A., Melik, K., ALTIOK, H., Seyfioğlu, R. S., Ergün, P. And Şimşir, S. (2010). *İzmir kent merkezinde karayolu trafiğinden kaynaklanan hava kirliliğinin incelenmesi*. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 12(1), 1-17.
- Erdogan, S., Dogan, M., Yılmaz, İ., Güllü, M., Baybura, T., Ulu, M., Sise, Ö. (2007). *Afyonkarahisar İl Merkezi Karayolu Trafik Gürültü Haritasının Hazırlanması*. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi. 7(2). 151-164.
- Erol, D. (2018). *Kentiçi ışıklı ve dönel kavşak uygulamalarının performans kriterlerine etkisi: Denizli örneği*. (Master's thesis, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).

- Ertunç, E. (2013). *Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Trafik Kazalarının Analizi: Antalya Örneği*, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Konya.
- Göktaş, O.H. (2022). *Kavşaklardaki Trafik Yoğunluğunun Yarattığı Hava Kirliliği Maliyetinin Simülasyon Modellemesi İle Analizi: Temur Malik-Mırzo Ulugbek Kavşağı Örneği*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.
- Güçlü, E. (2016). *Van Kent İçi Ulaşımında Akıllı Kavşak Yönetimi İçin Bir Planlama Çalışması*. Bahçeşehir Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Kentsel Sistemler Ve Ulaştırma Yönetimi Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.
- Gülenç, K., 2011. *Afyonkarahisar Şehir İçin Mevcut Ulaşım Altyapısının İncelenmesi Ve Çözüm Önerileri*, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Afyonkarahisar.
- Gümüştay, M. Ü., Erhan, S., Ünal, A., 2009. *Karayollarında Hareket Halindeki Araçların Egzost Gazlarının Cbs Ortamında Analiz Edilmesi*, TMMOB Harita Ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 11-15 Mayıs.
- Hatipoğlu, S., Oğuzhan, N. E. (2018). *Şehir içi sinyalizasyon kavşaklarının yeterliliğinin tasarım kriterleri puanlama yöntemi ile belirlenmesi*. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 20(1), 250-264.
- Hwang, C.L., Yoon, K. (1981). *Multiple Attribute Decision Making: Methods And Applications*, Springer-Verlag, New York.
- İşıldar, A. (2018). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Katı Atık Bertaraf Yöntemi Seçimi*, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 504278, Denizli.
- Karayolları Genel Müdürlüğü. (2005). *Karayolu Tasarımı El Kitabı*, 100-120, Ankara.
- Kelen, F. (2014). *Motorlu Taşıt Emisyonlarının İnsan Sağlığı Ve Çevre Üzerine Etkileri*. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 19(1-2), 80-87.
- Koç, H. (2010). *Eşdüzey kavşaklardan katlı kavşaklara geçiş örnekleri ve uygunluklarının değerlendirilmesi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Koç, Ö. (2010). *Dizel Motorlarda Biyodizel Kullanımının Motora Etkilerinin Dizel Yakıtı İle DeneySEL Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi*, Dumlupınar Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Makine Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, Kütahya.
- Kurra, S. (2009). *Çevre gürültüsü ve yönetimi*. Bahçeşehir Üniversitesi Yayınları.
- Lawshe C. H. (1975). *A quantitative approach to content validity*. *Personnel Psychology*, 28: 563-575.
- Liang, M., Li, W., Ji, J., Zhou, Z., Zhao, Y., Zhao, H. and Guo, S. (2022). *Evaluating The Comprehensive Performance Of 5G Base Station: A Hybrid MCDM Model Based On Bayesian Best-Worst Method And DQ-GRA Technique*, *Mathematical Problems In Engineering*, 2022.
- Maraş, E. E. (2011). *Coğrafi Bilgi Sistemleri Sayesinde Kentlerin Avrupa Birliği Standartlarında Gürültü Haritalarının Üretimi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, İstanbul.
- Mumcu, E. (2021). *Evaluation Of The Mechanical Biological Treatment Plant Location Alternatives Using Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Approach*, Galatasaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 726978, İstanbul.

- Nadaban, S., Dzitac, S., Dzitac, I. (2016). *Fuzzy TOPSIS: A General View*. Procedia Computer Science, 91, 823-831.
- Namlı, R. (2015). *Köprüli kavşaklar ve trafik güvenliği*, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 31:2, 129-134.
- Ogato, G. S., Bantider, A., Abebe, K. and Geneletti, D. (2020). *Geographic information system (GIS)-Based multicriteria analysis of flooding hazard and risk in Ambo Town and its watershed*. West shoa zone, oromia regional State, Ethiopia. Journal of Hydrology: Regional Studies, 27, 100659.
- Oğuzhan, E. N. (2015). *Şehir İçi Kavşakların Yeterliliğinin Tasarım Kriterleri Puanlama Yöntemi İle Belirlenmesi : Ankara Örneği*. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trafik Planlaması ve Uygulaması Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Özen, M. (2006). *Karayolu Ulaşımının Hava Kirliliğine Etkileri ve Çözüm Önerileri*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Ozer, S., Yılmaz H., Yeşil M. ve Yeşil P. (2009). *Evaluation of Noise Pollution Caused by Vehicles In The City of Tokat, Turkey*. Scientific Research and Essays 4.11:1205-1212.
- Öztürk, B. N. (2006). *Akıllı Trafik Sistemleri*, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik- Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.
- Salamati, K., Rouphail, N. M., Frey, H. C., Liu, B., & Schroeder, B. J. (2015). *Simplified method for comparing emissions in roundabouts and at signalized intersections*. Transportation Research Record, 2517(1), 48-60.
- Saphioğlu, M., Karaşahin, M. (2010). *Şehiriçi Kontrolsüz Eşdüzey Kavşak Kazalarını Etkileyen Unsurların Değerlendirilmesi*, Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi, 2(2), 26-49.
- Savaş, S. (2019). *İstanbul Kavacık mevkiinde tem otoyolundan kaynaklanan gürültünün haritalanması ve gürültü perdesi modelinin uygulanması*, (Master's thesis, Namık Kemal Üniversitesi).
- Sesli, G., (2017). *Kent İçi Kavşak Tasarımı*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Shahkar, A. (2015). *Trabzon Bölünmüş Sahil Yolu Üzerinde Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Trafik Kazalarının Analizi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Silverman, B. W. (1986). *Density estimation for statistics and data analysis* (Vol. 26). CRC press.
- Siyavuş, A. E. (2022). *Üsküdar'da Meydana Gelen Trafik Kazalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Analizi*, Trafik ve Ulaşım Araştırmaları Dergisi, 5(1), 65-82.
- Sümer, G. Ç. (2014). *Hava Kirliliği Kontrolü: Türkiye’de Hava Kirliliğini Önlemeye Yönelik Yasal Düzenlemele-rin ve Örgütlenmelerin İncelenmesi*. Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi, (13), 37-56.
- Şişman, A., Sesli, F. A. ve Karaca, A. (2010). “*Samsun Kent İçi Trafik Kazalarının Cbs Yardımıyla İrdelenmesi*”. III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, Kocaeli, 11-13 Ekim.
- Tağıl, Ş., Alevkayali, Ç. (2013). *Ege Bölgesinde Depremlerin Mekânsal Dağılımı: Jeostatistiksel Yaklaşım*. Journal of International Social Research, 6(28).
- Taşkaya, S., Ulutaş, N. (2021). *CBS ile Yatırıma En Uygun Restoran Alanlarının Belirlenmesi*,

- Tunceli Örneği. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 4(2), 134-141.
- Taştan, T., 1991. *Coğrafi Bilgi Sistemleri -Bir Coğrafi Bilgi Sisteminin Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Tırak, O. (2019). *Kentsel Gelişme Alanlarının Çok Yönlü Düzenlenmesinde İmar Uygulamaları (Van Örneği)*. Geomatik, 4(1), 30-40.
- Toklu, S. (2011). *Motorlu Araçlardan Kaynaklanan Gürültü Kirliliği : Bir Bölge Çalışması*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trafik Planlaması ve Uygulaması Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Toprak, A., Sunkar, M. (2022). *Ağrı İlinde Meydana Gelen Doğal Afetlerin Mekânsal ve Zamansal Analizi*. Coğrafya Dergisi, (44), 97-113.
- Tunalıoğlu, N. (2005). *Katlı Kavşakların ve Bağlantı Yollarının Planlanması Örnek Uygulama Olarak Altunizade Katlı Kavşağı*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Tuncuk, M. (2004). *Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımıyla Trafik Kaza Analizi: Isparta Örneği*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- Türkay, M. (2018). *Karayolu ulaşımından kaynaklanan sera gazı emisyonunun (karbon ayak izinin) hesaplanması: Eskişehir ili örneği*. Cumhuriyet Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.).
- Türküm, A. S. (1998). *Çağdaş Toplumda Çevre Sorunları Ve Çevre Bilinci. Çağdaş Yaşam Çağdaş İnsan*. Anadolu Üniversitesi, Açık Öğretim Fakültesi, İlköğretim Öğretmenliği Lisans Tamamlama Programı, Eskişehir, 165, 181.
- Urfalı, T., (2019). *Akıllı Şehir Uygulamaları İçin Cbs Tabanlı Yer Seçim Analizleri: Kayseri Örneği*, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.
- Üçer, F. (2000). *Balıkesir İlindeki Önemli Kavşakların Kapasite Yönünden Değerlendirilmesi*, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir.
- Ünal, E. (2019). *Dönel Kavşakların İncelenmesi ve Mühendislik Yöntemleri ile Karşılaştırılması*, Mersin ili Dönel Kavşak Örneği, Toros Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Mersin.
- Vehid, S., Erginöz, E., Yurtseven, E., Çetin, E., Köksal, S. ve Kaymaz, A. (2011). *Noise level of hospital environment Hastane ortamı gürültü düzeyi*. TAF Preventive Medicine Bulletin, 10(4).
- Wang, H., Liu, Z., Wang, X., Wang, J. (2022). *GIS-based analysis on the spatial patterns of global maritime accidents*. Ocean Engineering, 245, 110569.
- Wilson, F. R., Pan, W. and Schumsky, D. A. (2012). *Recalculation Of The Critical Values For Lawshe's Content Validity Ratio*, Measurement And Evaluation İn Counseling And Development, 45, 197–210. doi:10.1177/0748175612440286.
- Yayla, N. (2014). *Karayolu Mühendisliği*. Birsan Yayınevi, 211-223, Türkiye.
- Yener, H. M. (2017). *Ulaşımından kaynaklı gürültü rahatsızlığı: İzmir örneği*, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Yeşilyurt, S., Çapraz, C. (2018). *A road map for the content validity used in scale development studies*. Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 20(1), 251-264.

- Yıldırım, A., Şimşek, H. (2008). *Nitel Araştırma Yöntemleri*, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Yıldırım, R. E. (2016). *Acil durum birimlerinin CBS ile vaka-konum analizi: Samsun örneği*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Samsun.
- Yıldız, Ö. (2022). *Sistem Mühendisliği Yaklaşımında Kritik Başarı Faktörlerinin Belirlenmesi: Askeri Uçak Geliştirme Projesinde Bir Uygulama*, Başkent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 712431, Ankara.
- Yılmaz, E., Karakaş, A., Ağaçsapan, B. ve Çabuk, A. (2019). *Cbs Tabanlı Ulaşım Kaynaklı Hava Kirlenici Emisyon Miktarlarının Belirlenmesi*, Gsi Journals Serie C: Advancements In Information Sciences And Technologies, vol.1, pp.37-57.
- Yiğit, B. (2019). *Araç Kompozisyonunun Şehiriçi Trafik Akımlarındaki Etkilerinin İncelenmesi*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Yoon, K. (1987). *A Reconciliation Among Discrete Compromise Solutions*, Journal Of The Operational Research Society, 38(3), 277-286.
- Yurdakul, M., İç, Y.T. (2003). *Türk Otomotiv Firmalarının Performans Ölçümü Ve Analizine Yönelik TOPSIS Yöntemini Kullanan Bir Örnek Çalışma*, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 18(1), 1-18.
- EEA. (2019). (ErişimTarihi:1 Aralık 2019)
<https://www.eea.europa.eu/publications/emepeea-emission-inventory-guidebook-2016>
- SEM.2019.(ErişimTarihi:8 Aralık 2019)
<http://www.samsun.pol.tr/arama/ara/trafik%20tescil#>
<https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/editordosya/SAMSUN.pdf>, (Erişim Tarihi 3 Kasım 2019).
- KGM. (2019). (Erişim Tarihi: 15 Ekim 2019).
<https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Bolgeler/7Bolge/Iletisim.aspx>,
- Atakum Belediyesi. (2019). (Erişim Tarihi : 2 Aralık 2019).
<https://www.atakum.bel.tr/>
- TÜİK. (2023). (Erişim Tarihi : 21.04.2023). Ankara: Türkiye İstatistik Kurumu.
<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara-Tasitlari-Nisan-2023-49434>.
- MEB. (2011). (Erişim Tarihi : 21.05.2023). Motorlu Araçlar Teknolojisi Egzoz Emisyon Kontrolü.
http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Egzoz%20Emisyon%20Kontrol%20C3%BC.pdf.
- Kayseri Büyükşehir Belediyesi (2019). Erişim Tarihi: 08.08.2023). Büyükşehir'den Bir Katlı Kavşak Daha.
<https://www.kayseri.bel.tr/haberler/buyuksehirden-bir-katli-kavsak-daha>.
- Ankara Büyükşehir Belediyesi (2019). Erişim Tarihi: 08.08.2023). 10 noktaya üst geçit.
<https://www.hurriyet.com.tr/yerel-haberler/ankara/10-noktaya-ust-gecit-41725287>.
- Batman Belediyesi (2023). Erişim Tarihi: 15.08.2023). 16 ADET DÖNEL KAVŞAK YAPILDI.
<https://www.batmangazetesi.com.tr/haber/42172/16-adet-donel-kavsak-yapildi.html>.

EKLER

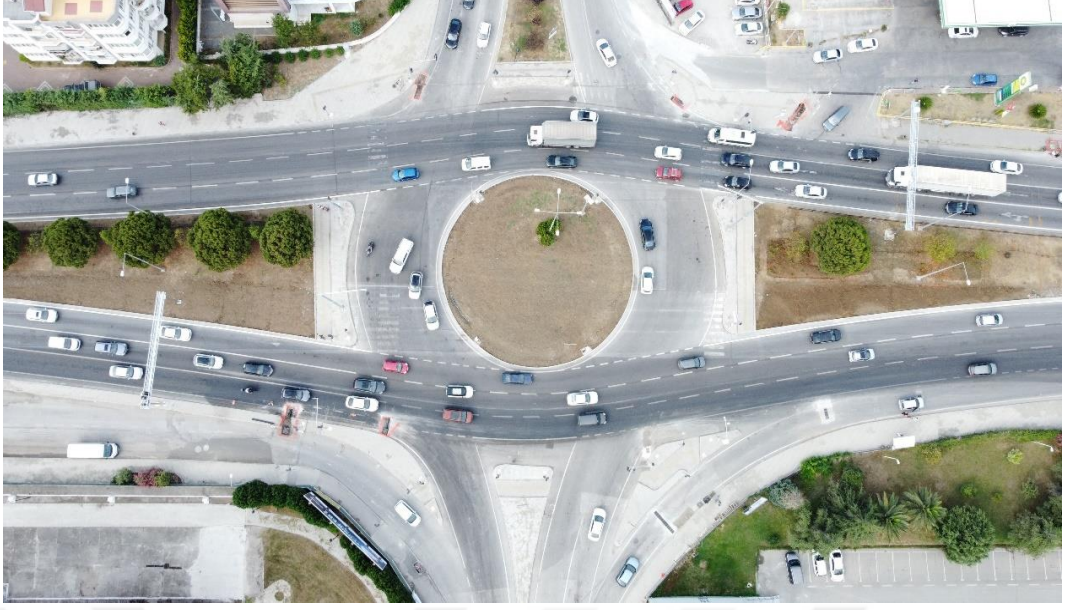
Ek 1. Çalışma alanındaki 9 kavşağı drone ile çekilmiş görüntüleri



Karayolları kavşağı drone görüntüsü



İsmet İnönü Bulvarı kavşağı drone görüntüsü



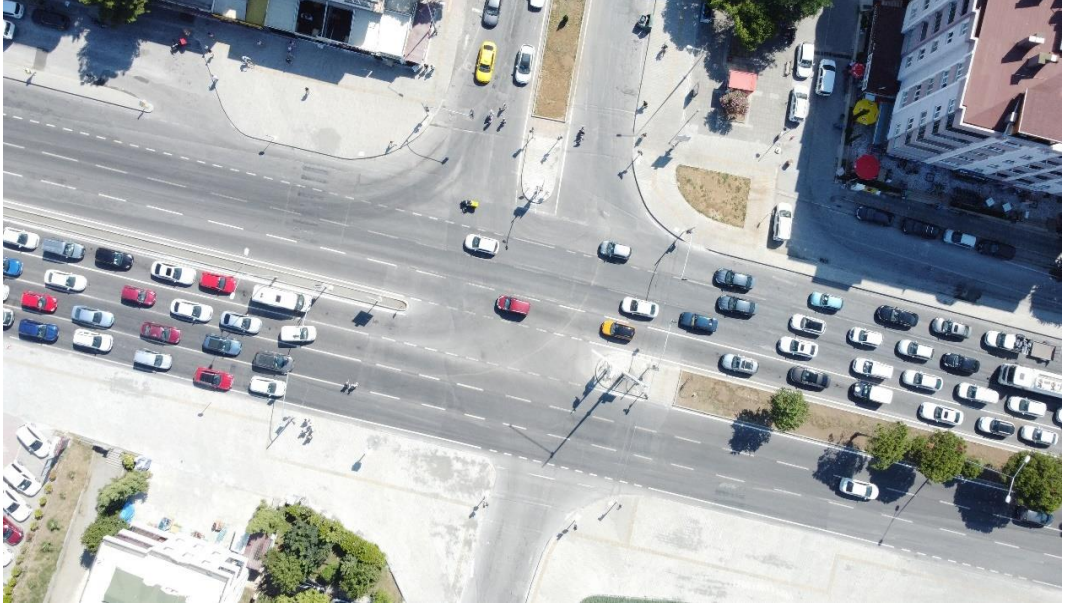
D.S.İ. Yeşilyurt kavşağı drone görüntüsü



YEDAŞ kavşağı drone görüntüsü



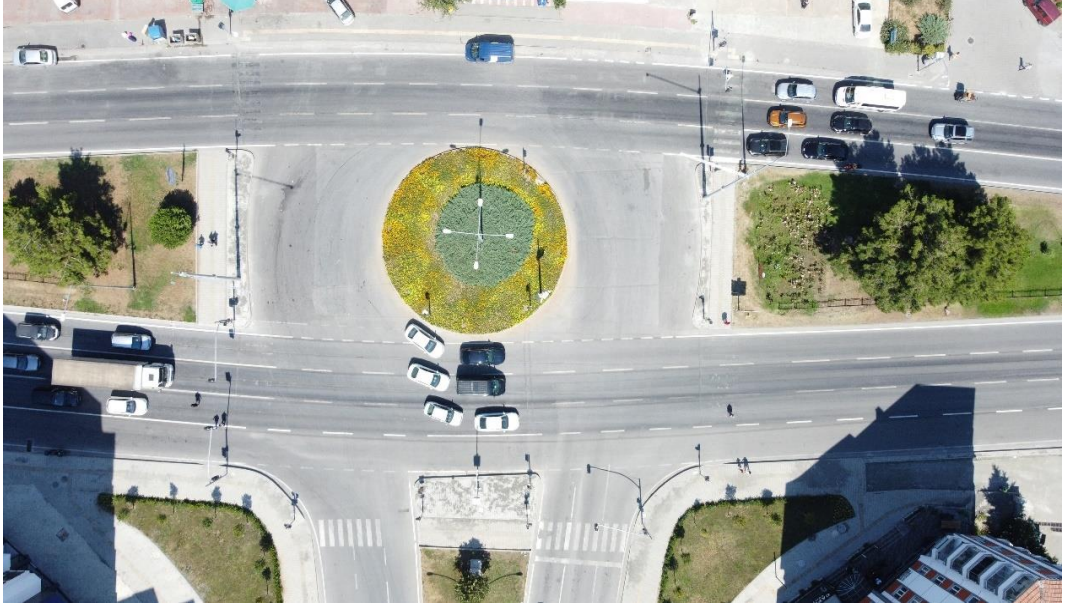
Türk iş kavşağı drone görüntüsü



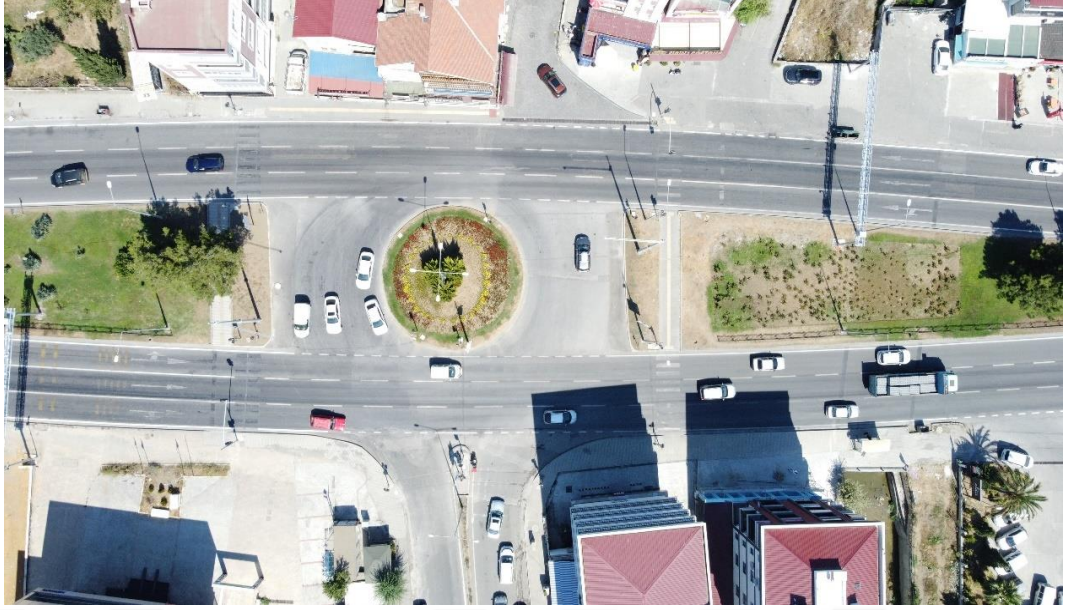
Ömürevleri kavşağı drone görüntüsü



Atakent TV. kavşağı drone görüntüsü

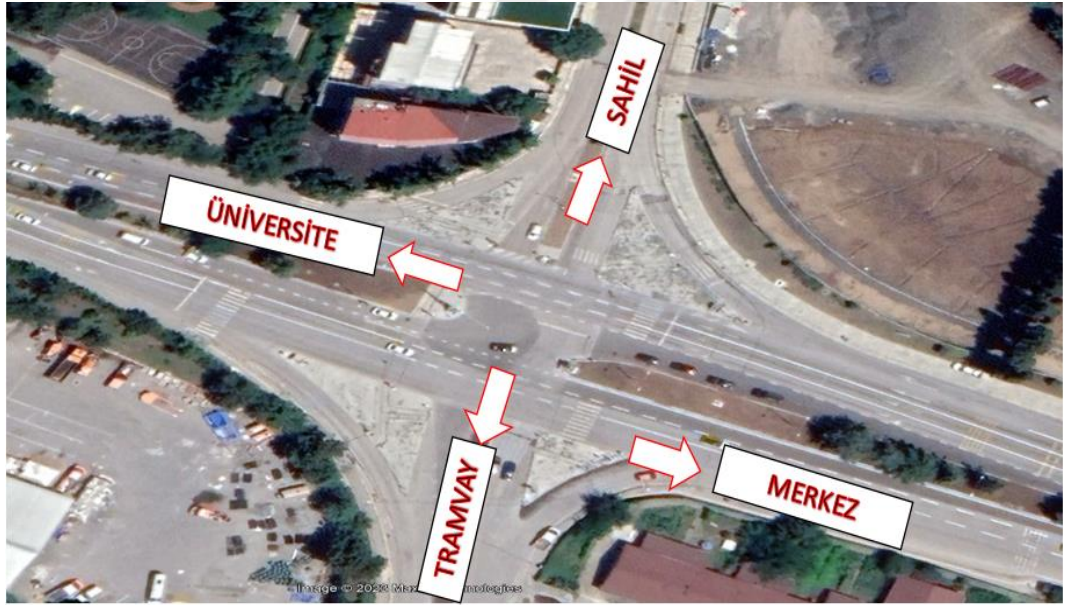


Vatan Caddesi kavşağı drone görüntüsü



Toplu Konut Bulvarı kavşağı drone görüntüsü

Ek 2. Çalışma alanındaki kavşakların trafik yönleri



Karayolları kavşağı trafik yönleri



İsmet İnönü Bulvarı kavşağı trafik yönleri



D.S.İ Yeşilyurt kavşağı trafik yönleri



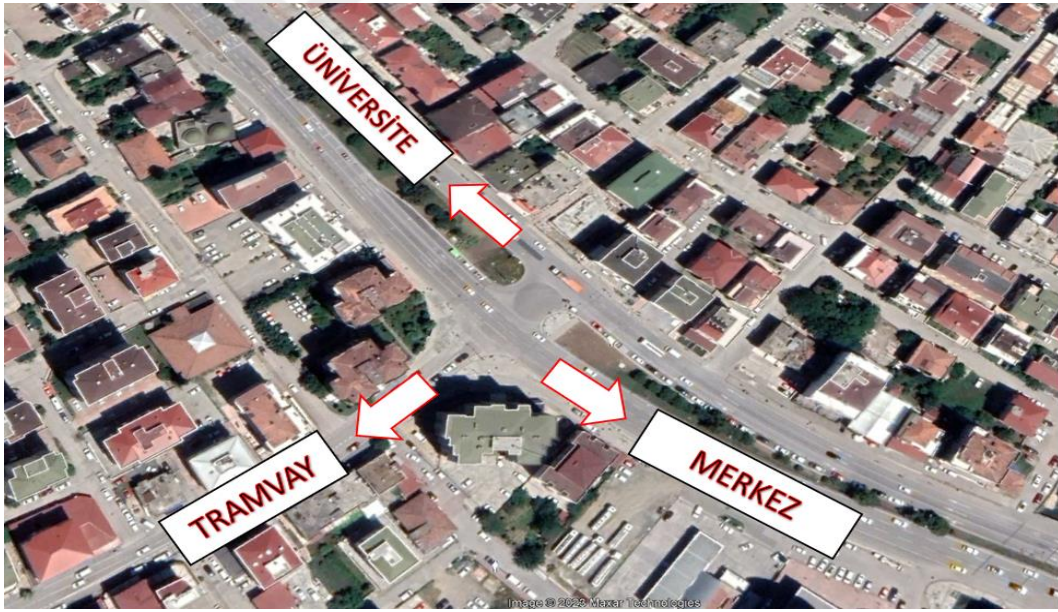
YEDAŞ kavşağı trafik yönleri



Türk iş kavşağı trafik yönleri



Ömürevleri kavşağı trafik yönleri



Atakent TV. kavşağı trafik yönleri



Vatan Caddesi kavşağı trafik yönleri



Toplu Konut Bulvarı kavşağı trafik yönleri

Ek 3. Kavşaklarda gün içinde hesaplanan trafik hacim değerleri

Karayolları kavşağı trafik hacim değerleri

Otomobil							
Yönler	7:45	8:15	10:45	12:15	16:00	17:00	17:30
↓	8:00	8:30	11:00	12:30	16:15	17:15	17:45
Üniversite	408	380	362	361	491	591	600
Merkez	770	886	518	455	469	598	528
Tramvay	78	73	46	50	82	181	134
Sahil Yolu	174	102	56	81	83	124	112
Motosiklet							
Yönler	7:45	8:15	10:45	12:15	16:00	17:00	17:30
↓	8:00	8:30	11:00	12:30	16:15	17:15	17:45
Üniversite	5	3	4	7	11	9	7
Merkez	7	6	3	7	10	7	10
Tramvay	0	2	1	8	1	1	1
Sahil Yolu	0	0	0	6	0	6	3
Minibüs - Kamyonet							
Yönler	7:45	8:15	10:45	12:15	16:00	17:00	17:30
↓	8:00	8:30	11:00	12:30	16:15	17:15	17:45
Üniversite	59	80	71	60	45	43	69
Merkez	72	69	60	61	85	98	99
Tramvay	10	12	11	7	4	9	15
Sahil Yolu	8	10	4	7	6	2	8
Otobüs, Kamyon, Tır							
Yönler	7:45	8:15	10:45	12:15	16:00	17:00	17:30
↓	8:00	8:30	11:00	12:30	16:15	17:15	17:45
Üniversite	21	25	19	17	25	25	37
Merkez	32	29	20	25	20	36	46
Tramvay	6	1	1	0	2	3	5
Sahil Yolu	4	1	1	0	2	1	0

İsmet İnönü Bulvarı kavşağı trafik hacim değerleri

Otomobil

Yönler	7:45	8:15	10:45	12:15	15:30	17:15	17:45
↓	8:00	8:30	11:00	12:30	15:45	17:30	18:00
Üniversite	382	370	317	355	410	460	497
Merkez	771	660	404	491	470	511	504
Tramvay	54	39	27	53	60	119	91

Motosiklet

Yönler	7:45	8:15	10:45	12:15	15:30	17:15	17:45
↓	8:00	8:30	11:00	12:30	15:45	17:30	18:00
Üniversite	5	4	11	13	9	18	5
Merkez	11	7	5	8	14	9	6
Tramvay	3	0	1	4	3	4	10

Minibüs - Kamyonet

Yönler	7:45	8:15	10:45	12:15	15:30	17:15	17:45
↓	8:00	8:30	11:00	12:30	15:45	17:30	18:00
Üniversite	68	65	53	52	50	59	54
Merkez	74	73	47	60	76	90	78
Tramvay	8	8	10	5	10	9	13

Otobüs, Kamyon, Tır

Yönler	7:45	8:15	10:45	12:15	15:30	17:15	17:45
↓	8:00	8:30	11:00	12:30	15:45	17:30	18:00
Üniversite	21	28	27	30	23	25	28
Merkez	20	23	21	22	24	34	29
Tramvay	2	1	0	0	1	1	1

D.S.İ. Yeşilyurt kavşağı trafik hacim değerleri

Otomobil							
Yönler	7:45	8:15	11:15	12:30	15:30	17:15	17:45
↓	8:00	8:30	11:30	12:45	15:45	17:30	18:00
Üniversite	422	386	289	301	391	494	510
Merkez	697	683	506	518	514	623	521
Tramvay	60	57	39	58	55	95	89
Sahil	22	31	38	67	60	77	81
Yolu							
Motosiklet							
Yönler	7:45	8:15	11:15	12:30	15:30	17:15	17:45
↓	8:00	8:30	11:30	12:45	15:45	17:30	18:00
Üniversite	6	5	11	11	19	17	16
Merkez	6	4	12	15	12	19	22
Tramvay	0	0	2	2	2	4	3
Sahil	0	1	2	2	4	4	6
Yolu							
Minibüs - Kamyonet							
Yönler	7:45	8:15	11:15	12:30	15:30	17:15	17:45
↓	8:00	8:30	11:30	12:45	15:45	17:30	18:00
Üniversite	56	60	49	43	61	61	46
Merkez	88	59	63	63	57	66	72
Tramvay	9	10	9	9	11	8	12
Sahil	2	7	3	2	1	3	3
Yolu							
Otobüs, Kamyon, Tır							
Yönler	7:45	8:15	11:15	12:30	15:30	17:15	17:45
↓	8:00	8:30	11:30	12:45	15:45	17:30	18:00
Üniversite	38	28	24	22	23	22	24
Merkez	20	24	26	14	40	61	43
Tramvay	6	2	4	5	0	7	4
Sahil	0	0	0	1	0	0	2
Yolu							

YEDAŞ kavşağı trafik hacim değerleri

Otomobil							
Yönler	7:45	8:15	11:15	12:30	15:45	17:15	17:45
↓	8:00	8:30	11:30	12:45	16:00	17:30	18:00
Üniversite	408	468	255	283	335	424	489
Merkez	676	794	437	470	453	523	465
Tramvay	54	85	56	71	88	146	136
Sahil	38	18	19	23	29	25	18
Yolu							
Motosiklet							
Yönler	7:45	8:15	11:15	12:30	15:45	17:15	17:45
↓	8:00	8:30	11:30	12:45	16:00	17:30	18:00
Üniversite	5	5	12	8	8	16	13
Merkez	6	9	16	18	8	21	16
Tramvay	2	1	2	1	5	5	6
Sahil	1	0	1	0	2	1	2
Yolu							
Minibüs - Kamyonet							
Yönler	7:45	8:15	11:15	12:30	15:45	17:15	17:45
↓	8:00	8:30	11:30	12:45	16:00	17:30	18:00
Üniversite	50	36	29	40	50	48	44
Merkez	73	58	61	49	83	86	84
Tramvay	5	8	12	9	10	8	9
Sahil	1	0	0	0	2	0	1
Yolu							
Otobüs, Kamyon, Tır							
Yönler	7:45	8:15	11:15	12:30	15:45	17:15	17:45
↓	8:00	8:30	11:30	12:45	16:00	17:30	18:00
Üniversite	31	31	23	23	25	25	28
Merkez	18	21	21	14	21	35	22
Tramvay	1	5	0	0	1	1	2
Sahil	0	1	0	0	0	0	0
Yolu							

Türk iş kavşağı trafik hacim değerleri

Otomobil							
Yönler	7:45	8:15	10:45	12:15	15:45	17:15	17:45
↓	8:00	8:30	11:00	12:30	16:00	17:30	18:00
Üniversite	317	336	253	278	364	476	526
Merkez	581	503	370	350	478	529	543
Tramvay	71	98	135	118	140	198	167
Sahil	9	13	25	19	36	25	30
Yolu							
Motosiklet							
Yönler	7:45	8:15	10:45	12:15	15:45	17:15	17:45
↓	8:00	8:30	11:00	12:30	16:00	17:30	18:00
Üniversite	2	5	8	13	8	14	18
Merkez	8	4	9	10	14	15	14
Tramvay	2	1	1	8	8	8	16
Sahil	0	0	1	1	1	0	0
Yolu							
Minibüs - Kamyonet							
Yönler	7:45	8:15	10:45	12:15	15:45	17:15	17:45
↓	8:00	8:30	11:00	12:30	16:00	17:30	18:00
Üniversite	53	58	43	37	54	50	59
Merkez	57	55	49	46	57	59	87
Tramvay	13	17	10	14	15	16	13
Sahil	1	3	3	1	2	3	3
Yolu							
Otobüs, Kamyon, Tır							
Yönler	7:45	8:15	10:45	12:15	15:45	17:15	17:45
↓	8:00	8:30	11:00	12:30	16:00	17:30	18:00
Üniversite	22	38	21	26	23	15	22
Merkez	20	19	20	21	21	45	36
Tramvay	1	7	1	1	1	3	5
Sahil	1	0	1	0	0	0	0
Yolu							

Ömürevleri kavşağı trafik hacim değerleri

Otomobil							
Yönler	8:00	8:15	10:15	12:15	14:45	17:15	17:45
↓	8:15	8:30	10:30	12:30	15:00	17:30	18:00
Üniversite	399	437	364	383	390	439	438
Merkez	576	596	423	409	546	562	511
Tramvay	96	118	93	131	131	182	234
Sahil Yolu	23	27	21	19	31	49	51
Motosiklet							
Yönler	8:00	8:15	10:15	12:15	14:45	17:15	17:45
↓	8:15	8:30	10:30	12:30	15:00	17:30	18:00
Üniversite	6	5	6	13	16	10	20
Merkez	7	3	7	15	31	14	31
Tramvay	1	3	2	1	7	14	4
Sahil Yolu	-	2	-	1	2	-	2
Minibüs - Kamyonet							
Yönler	8:00	8:15	10:15	12:15	14:45	17:15	17:45
↓	8:15	8:30	10:30	12:30	15:00	17:30	18:00
Üniversite	54	58	44	32	44	43	41
Merkez	48	46	49	47	61	56	68
Tramvay	17	16	13	23	19	20	19
Sahil Yolu	1	4	1	2	3	2	5
Otobüs, Kamyon, Tır							
Yönler	8:00	8:15	10:15	12:15	14:45	17:15	17:45
↓	8:15	8:30	10:30	12:30	15:00	17:30	18:00
Üniversite	19	23	32	30	28	17	23
Merkez	11	16	18	26	22	34	25
Tramvay	1	7	2	7	11	3	6
Sahil Yolu	1	1	0	0	0	0	0

Atakent TV. kavşağı trafik hacim değerleri

Otomobil							
Yönler	8:15	8:30	10:30	12:15	15:45	17:15	17:45
↓	8:30	8:45	10:45	12:30	16:00	17:30	18:00
Üniversite	397	357	264	257	262	360	346
Merkez	536	521	353	351	455	555	460
Tramvay	57	66	40	69	87	86	89
Motosiklet							
Yönler	8:15	8:30	10:30	12:15	15:45	17:15	17:45
↓	8:30	8:45	10:45	12:30	16:00	17:30	18:00
Üniversite	0	1	6	17	10	16	13
Merkez	4	1	5	20	17	13	12
Tramvay	0	1	5	11	7	11	8
Minibüs - Kamyonet							
Yönler	8:15	8:30	10:30	12:15	15:45	17:15	17:45
↓	8:30	8:45	10:45	12:30	16:00	17:30	18:00
Üniversite	49	43	52	27	30	31	36
Merkez	35	36	41	39	63	69	48
Tramvay	7	10	12	7	7	11	4
Otobüs, Kamyon, Tır							
Yönler	8:15	8:30	10:30	12:15	15:45	17:15	17:45
↓	8:30	8:45	10:45	12:30	16:00	17:30	18:00
Üniversite	23	36	17	19	27	9	12
Merkez	15	24	23	33	33	25	28
Tramvay	1	2	4	1	0	0	0

Vatan Caddesi kavşağı trafik hacim değerleri

Otomobil							
Yönler	08.00	8:15	09.45	12.15	14.30	17:15	17:45
↓	08.15	8:30	10.00	12.30	14:45	17:30	18:00
Üniversite	564	572	327	327	301	384	496
Merkez	389	405	292	326	434	641	567
Tramvay	56	52	43	57	47	146	143
Motosiklet							
Yönler	08.00	8:15	09.45	12.15	14.30	17:15	17:45
↓	08.15	8:30	10.00	12.30	14:45	17:30	18:00
Üniversite	6	7	3	15	14	12	20
Merkez	6	6	5	12	14	20	17
Tramvay	0	1	0	3	5	3	12
Minibüs - Kamyonet							
Yönler	08.00	8:15	09.45	12.15	14.30	17:15	17:45
↓	08.15	8:30	10.00	12.30	14:45	17:30	18:00
Üniversite	75	76	54	34	59	43	45
Merkez	40	39	50	42	30	50	78
Tramvay	5	5	3	11	9	14	12
Otobüs, Kamyon, Tır							
Yönler	08.00	8:15	09.45	12.15	14.30	17:15	17:45
↓	08.15	8:30	10.00	12.30	14:45	17:30	18:00
Üniversite	22	24	38	13	26	22	28
Merkez	12	19	14	21	25	36	30
Tramvay	4	3	2	3	5	6	2

Toplu Konut Bulvarı kavşağı trafik hacim değerleri

Otomobil							
Yönler	7.45	8.15	09.45	12.15	16.00	17.15	17.45
↓	8.00	8.30	10.00	12.30	16.15	17.30	18.00
Üniversite	537	541	348	280	242	286	280
Merkez	309	348	283	301	442	526	478
Tramvay	52	50	25	27	59	87	98
Sahil Yolu	18	24	12	18	19	29	27
Motosiklet							
Yönler	7.45	8.15	09.45	12.15	16.00	17.15	17.45
↓	8.00	8.30	10.00	12.30	16.15	17.30	18.00
Üniversite	5	6	2	5	6	4	12
Merkez	6	5	2	13	11	16	16
Tramvay	1	3	1	2	4	3	5
Sahil Yolu	0	1	2	0	0	1	2
Minibüs - Kamyonet							
Yönler	7.45	8.15	09.45	12.15	16.00	17.15	17.45
↓	8.00	8.30	10.00	12.30	16.15	17.30	18.00
Üniversite	68	72	64	35	35	48	47
Merkez	38	44	34	43	53	68	59
Tramvay	7	8	3	1	8	6	13
Sahil Yolu	1	2	1	3	1	2	2
Otobüs, Kamyon, Tır							
Yönler	7.45	8.15	09.45	12.15	16.00	17.15	17.45
↓	8.00	8.30	10.00	12.30	16.15	17.30	18.00
Üniversite	25	27	28	20	19	26	25
Merkez	17	22	16	35	31	42	18
Tramvay	3	4	1	2	2	5	3
Sahil Yolu	0	0	0	0	0	0	0

Ek 4. Güzergahlar arası oluşan emisyon ve yakıt tüketim değerlerinin karşılaştırılması

Karayolları K.- İsmet İnönü Bulvarı K. arası oluşan emisyon ve yakıt tüketim değerlerinin karşılaştırılması

1 nolu güzergah Mesafe:0.756 km						
Hız: Yavaşlayan						
Araç Türleri	Araç Sayısı	CO₂ (kg)	CO (kg)	No_x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
Otomobil (Benzin)	3791	289.52	7881.78	874.36	1.17	289.52
Otomobil (Dizel)	6660	358.47	259.85	442.42	83.78	399.78
Otomobil (LPG)	6454	606.93	7170.11	2103.28	0	546.78
Motosiklet	258	41.54	250.94	4.051	2.27	8.58
M-K	2292	161.98	245.61	386.55	62.72	190.64
O-K-T	886	577.79	1843.92	6681.63	273.97	341.89
Toplam	20341	2036.22	17652.21	10492.29	423.91	1777.19
1 nolu güzergah Mesafe:0.756 km						
Hız: 70 km/saat						
Araç Türleri	Araç Sayısı	CO₂ (kg)	CO (kg)	No_x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
Otomobil (Benzin)	3791	124.38	1189.67	122.38	0.42	200.62
Otomobil (Dizel)	6660	157.09	60.42	235.64	19.94	302.10
Otomobil (LPG)	6454	311.05	2986.09	535.01	0	414.73
Motosiklet	258	12.83	118.92	1.58	0.55	6.83
M-K	2292	70.97	81.92	164.96	16.91	138.62
O-K-T	886	98.06	292.58	1286.05	36.33	160.76
Toplam	20341	774.39	4729.60	2345.61	74.15	1223.65

İsmet İnönü Bulvarı K. – D.S.İ. Yeşilyurt K. arası oluşan emisyon ve yakıt tüketim değerlerinin kıyaslanması

2 nolu güzergah Mesafe:0.922 km						
Hız: Yavaşlayan						
Araç Türleri	Araç Sayısı	CO ₂ (kg)	CO (kg)	No _x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
Otomobil (Benzin)	3315	308.76	8405.49	932.46	1.25	308.76
Otomobil (Dizel)	5824	382.30	277.13	471.83	89.35	426.36
Otomobil (LPG)	5644	647.30	7647.04	2243.18	0.00	583.15
Motosiklet	366	71.86	434.15	7.01	3.93	14.85
M-K	2120	182.73	277.06	436.06	70.75	215.06
O-K-T	988	785.78	2507.69	9086.89	372.59	464.96
Toplam	18257	2378.73	19548.57	13177.43	537.87	2013.13
2 nolu güzergah Mesafe:0.922 km						
Hız: 70 km						
Araç Türleri	Araç Sayısı	CO ₂ (kg)	CO (kg)	No _x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
Otomobil (Benzin)	3315	132.65	1268.72	130.51	0.45	213.95
Otomobil (Dizel)	5824	167.54	64.44	251.30	21.26	322.18
Otomobil (LPG)	5644	331.74	3184.71	570.59	0.00	442.32
Motosiklet	366	22.20	205.74	2.74	0.94	11.81
M-K	2120	80.06	92.42	186.08	19.08	156.37
O-K-T	988	133.36	397.90	1749.00	49.41	218.62
Toplam	18257	867.55	5213.92	2890.22	91.14	1365.26

D.S.İ. Yeşilyurt K. – YEDAŞ K. arası oluşan emisyon ve yakıt tüketim değerlerinin kıyaslanması

3 nolu güzergah Mesafe:0.493 km						
Hız: Yavaşlayan						
Araç Türleri	Araç Sayısı	CO₂ (kg)	CO (kg)	No_x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
Otomobil (Benzin)	3250	161.86	4406.35	488.82	0.65	161.86
Otomobil (Dizel)	5710	200.42	145.28	247.35	46.84	223.51
Otomobil (LPG)	5534	339.37	4009.23	1176.07	0.00	305.74
Motosiklet	482	50.60	305.72	4.94	2.77	10.46
M-K	2030	93.56	141.86	223.27	36.23	110.11
O-K-T	956	406.56	1297.45	4701.45	192.77	240.57
Toplam	17962	1252.37	10305.90	6841.90	279.27	1052.24
3 nolu güzergah Mesafe:0.493 km						
Hız: 70						
Araç Türleri	Araç Sayısı	CO₂ (kg)	CO (kg)	No_x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
Otomobil (Benzin)	3250	69.54	665.09	68.42	0.24	112.16
Otomobil (Dizel)	5710	87.83	33.78	131.74	11.15	168.90
Otomobil (LPG)	5534	173.93	1669.70	299.15	0.00	231.90
Motosiklet	482	15.64	144.88	1.93	0.67	8.32
M-K	2030	40.99	47.32	95.28	9.77	80.06
O-K-T	956	69.00	205.87	904.91	25.56	113.11
Toplam	17962	456.92	2766.64	1501.43	47.38	714.46

4 nolu güzergah Mesafe:1.014 km

Hız: Yavaşlayan

Araç Türleri	Araç Sayısı	CO ₂ (kg)	CO (kg)	No _x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
Otomobil (Benzin)	3044	311.81	8488.51	941.67	1.26	311.81
Otomobil (Dizel)	5348	386.08	279.87	476.50	90.23	430.58
Otomobil (LPG)	5182	653.61	7721.66	2265.07	0.00	588.84
Motosiklet	364	78.60	474.86	7.67	4.30	16.24
M-K	1584	150.15	227.66	358.31	58.14	176.71
O-K-T	982	858.94	2741.17	9932.91	407.28	508.25
Toplam	16504	2439.20	19933.73	13982.13	561.21	2032.43

4 nolu güzergah Mesafe:1.014 km

Hız: 70

Araç Türleri	Araç Sayısı	CO ₂ (kg)	CO (kg)	No _x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
Otomobil (Benzin)	3044	133.96	1281.25	131.80	0.45	216.06
Otomobil (Dizel)	5348	169.19	65.07	253.79	21.47	325.37
Otomobil (LPG)	5182	334.98	3215.78	576.16	0.00	446.64
Motosiklet	364	24.29	225.04	3.00	1.03	12.92
M-K	1584	65.79	75.94	152.91	15.68	128.49
O-K-T	982	145.78	434.94	1911.84	54.01	238.98
Toplam	16504	873.98	5298.03	3029.49	92.65	1368.46

Türk iş K. – Ömürevleri K. arası oluşan emisyon ve yakıt tüketim değerlerinin kıyaslanması

5 nolu güzergah Mesafe:1.1099 km						
Hız: Yavaşlayan						
Araç Türleri	Araç Sayısı	CO ₂ (kg)	CO (kg)	No _x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi- Litre
Otomobil (Benzin)	2963	332.22	9044.08	1003.30	1.34	332.22
Otomobil (Dizel)	5205	411.30	298.15	507.62	96.13	458.70
Otomobil (LPG)	5044	696.38	8226.86	2413.27	0.00	627.37
Motosiklet	362	85.56	516.92	8.34	4.68	17.68
M-K	1878	194.85	295.45	464.99	75.45	229.32
O-K-T	896	857.84	2737.65	9920.17	406.76	507.60
Toplam	16348	2578.15	21119.11	14317.70	584.36	2172.88
5 nolu güzergah Mesafe:1.1099 km						
Hız: 70						
Araç Türleri	Araç Sayısı	CO ₂ (kg)	CO (kg)	No _x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi- Litre
Otomobil (Benzin)	2963	142.73	2623.01	769.18	0.00	230.20
Otomobil (Dizel)	5205	180.24	69.32	270.36	22.88	346.62
Otomobil (LPG)	5044	356.89	3426.18	613.86	0.00	475.86
Motosiklet	362	26.44	244.97	3.26	1.12	14.06
M-K	1878	85.38	98.55	198.43	20.34	166.75
O-K-T	896	145.59	434.38	1909.38	53.94	238.67
Toplam	16348	937.27	6896.41	3764.49	98.29	1472.17

Ömürevleri K. – Atakent TV. K. arası oluşan emisyon ve yakıt tüketim değerlerinin kıyaslanması

6 nolu güzergah Mesafe:1.1434 km						
Hız: Yavaşlayan						
Araç Türleri	Araç Sayısı	CO ₂ (kg)	CO (kg)	No _x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
Otomobil (Benzin)	3404	393.18	10703.76	1187.41	1.59	393.18
Otomobil (Dizel)	5981	486.88	352.94	600.91	113.79	542.99
Otomobil (LPG)	5796	824.35	9738.72	2856.76	0.00	742.66
Motosiklet	422	102.76	620.78	10.02	5.63	21.23
M-K	1680	179.57	272.27	428.52	69.53	211.34
O-K-T	988	974.47	3109.86	11268.92	462.06	576.61
Toplam	18271	2961.21	24798.35	16352.55	652.59	2488.01
6 nolu güzergah Mesafe:1.1434 km						
Hız: 70						
Araç Türleri	Araç Sayısı	CO ₂ (kg)	CO (kg)	No _x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
Otomobil (Benzin)	3404	168.92	1615.62	166.19	0.57	272.45
Otomobil (Dizel)	5981	213.37	82.06	320.05	27.08	410.32
Otomobil (LPG)	5796	422.48	4055.81	726.67	0.00	563.31
Motosiklet	422	31.75	294.19	3.92	1.35	16.89
M-K	1680	78.68	90.82	182.87	18.75	153.67
O-K-T	988	165.39	493.44	2168.98	61.27	271.12
Toplam	18271	1080.58	6631.96	3568.68	109.03	1687.76

Atakent TV. K. - Vatan Caddesi K. arası oluşan emisyon ve yakıt tüketim değerlerinin kıyaslanması

7 nolu güzergah Mesafe:1.075 km						
Hız: Yavaşlayan						
Araç Türleri	Araç Sayısı	CO ₂ (kg)	CO (kg)	No _x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
Otomobil (Benzin)	2556	277.57	7556.45	838.27	1.12	277.57
Otomobil (Dizel)	4490	343.64	249.11	424.12	80.32	383.24
Otomobil (LPG)	4352	581.95	6875.00	2016.71	0.00	524.28
Motosiklet	350	80.13	484.07	7.81	4.39	16.56
M-K	1454	146.11	221.55	348.69	56.58	171.97
O-K-T	786	728.86	2326.04	8428.65	345.60	431.28
Toplam	13988	2158.26	17712.22	12064.26	488.00	1804.89
7 nolu güzergah Mesafe:1.075 km						
Hız: 70						
Araç Türleri	Araç Sayısı	CO ₂ (kg)	CO (kg)	No _x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
Otomobil (Benzin)	2556	119.25	1140.57	117.33	0.40	192.34
Otomobil (Dizel)	4490	150.59	57.92	225.89	19.11	289.61
Otomobil (LPG)	4352	298.25	2863.18	512.99	0.00	397.66
Motosiklet	350	24.76	229.40	3.06	1.05	13.17
M-K	1454	64.02	73.90	148.80	15.26	125.04
O-K-T	786	123.70	369.07	1622.30	45.83	202.79
Toplam	13988	780.57	4734.05	2630.37	81.66	1220.61

Vatan Caddesi K. – Toplu Konut Bulvarı K. arası oluşan emisyon ve yakıt tüketim değerlerinin kıyaslanması

8 nolu güzergah Mesafe:0.9977 km Hız: Yavaşlayan						
Araç Türleri	Araç Sayısı	CO ₂ (kg)	CO (kg)	No _x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
Otomobil (Benzin)	3375	340.16	9260.24	1027.28	1.37	340.16
Otomobil (Dizel)	5929	421.15	305.29	519.78	98.43	469.68
Otomobil (LPG)	5746	713.10	8424.44	2471.23	0.00	642.43
Motosiklet	406	86.26	521.14	8.41	4.72	17.82
M-K	2064	207.41	1019.76	104.90	0.36	226.56
O-K-T	974	838.25	2675.13	9693.62	397.47	496.01
Toplam	18494	2606.33	22206.01	13825.22	502.35	2192.66

8 nolu güzergah Mesafe:0.9977 km Hız: 70						
Araç Türleri	Araç Sayısı	CO ₂ (kg)	CO (kg)	No _x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
Otomobil (Benzin)	3375	146.14	1397.74	143.78	0.49	235.71
Otomobil (Dizel)	5929	184.56	70.98	276.84	23.42	354.92
Otomobil (LPG)	5746	365.46	3508.46	628.60	0.00	487.29
Motosiklet	406	26.65	246.97	3.29	1.13	14.18
M-K	2064	84.35	97.36	196.04	20.10	164.74
O-K-T	974	142.27	424.46	1865.78	52.71	233.22
Toplam	18494	949.43	5745.98	3114.33	97.86	1490.05

Toplu Konut Bulvarı K. - Vatan Caddesi K. arası oluşan emisyon ve yakıt tüketim değerlerinin kıyaslanması

9 nolu güzergah Mesafe:0.998 km Hız: Yavaşlayan						
Araç Türleri	Araç Sayısı	CO ₂ (kg)	CO (kg)	No _x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
Otomobil (Benzin)	3195	322.11	8769.00	972.78	1.30	322.11
Otomobil (Dizel)	5614	398.89	289.16	492.31	93.23	444.86
Otomobil (LPG)	5441	675.45	7979.66	2340.76	0.00	608.52
Motosiklet	354	75.24	454.53	7.34	4.12	15.54
M-K	1790	167.00	253.21	398.52	64.66	196.54
O-K-T	982	845.39	2697.91	9776.18	400.85	500.23
Toplam	17376	2484.08	20443.48	13987.89	564.16	2087.81
9 nolu güzergah Mesafe:0.998 km Hız: 70						
Araç Türleri	Araç Sayısı	CO ₂ (kg)	CO (kg)	No _x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
Otomobil (Benzin)	3195	138.39	1323.59	136.15	0.47	223.20
Otomobil (Dizel)	5614	174.81	67.23	262.21	22.19	336.17
Otomobil (LPG)	5441	346.17	3323.23	595.41	0.00	461.56
Motosiklet	354	23.25	215.40	2.87	0.99	12.37
M-K	1790	73.17	84.46	170.07	17.44	142.91
O-K-T	982	143.48	428.08	1881.67	53.16	235.21
Toplam	17376	899.26	5442.00	3048.38	94.24	1411.42

Vatan Caddesi K. - Atakent TV. K. arası oluşan emisyon ve yakıt tüketim değerlerinin kıyaslanması

10 nolu güzergah Mesafe:1.075 km						
Hız: Yavaşlayan						
Araç Türleri	Araç Sayısı	CO ₂ (kg)	CO (kg)	No _x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
Otomobil (Benzin)	3537	384.11	10456.6	1160.00	1.55	384.11
Otomobil (Dizel)	6214	475.59	344.76	586.97	111.15	530.40
Otomobil (LPG)	6022	805.26	9513.15	2790.59	0.00	725.46
Motosiklet	420	96.15	580.88	9.38	5.26	19.87
M-K	1720	172.85	262.08	412.48	66.93	203.43
O-K-T	826	765.96	2444.41	8857.59	363.19	453.23
Toplam	18739	2699.9	23601.9	13817.1	548.08	2316.48
10 nolu güzergah Mesafe:1.075 km						
Hız: 70						
Araç Türleri	Araç Sayısı	CO ₂ (kg)	CO (kg)	No _x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
Otomobil (Benzin)	3537	165.02	1578.32	162.36	0.56	266.16
Otomobil (Dizel)	6214	208.42	80.16	312.63	26.45	400.80
Otomobil (LPG)	6022	412.70	3961.87	709.84	0.00	550.26
Motosiklet	420	29.71	275.28	3.67	1.26	15.80
M-K	1720	75.74	87.42	176.02	18.05	147.92
O-K-T	826	130.00	387.86	1704.86	48.16	213.11
Toplam	18739	1021.57	6370.92	3069.37	94.48	1594.05

Atakent TV. K. - Ömürevleri K. arası oluşan emisyon ve yakıt tüketim değerlerinin kıyaslanması

11 nolu güzergah Mesafe:1.1434 km						
Hız: Yavaşlayan						
Araç Türleri	Araç Sayısı	CO ₂ (kg)	CO (kg)	No _x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
Otomobil (Benzin)	3780	436.61	11886.08	1318.57	1.76	436.61
Otomobil (Dizel)	6642	540.69	391.95	667.32	126.37	603.00
Otomobil (LPG)	6436	915.38	10814.08	3172.20	0.00	824.66
Motosiklet	416	101.30	611.96	9.88	5.55	20.93
M-K	1818	194.32	294.64	463.72	75.24	228.70
O-K-T	1014	1000.12	3191.70	11565.47	474.22	591.79
Toplam	20106	3188.41	27190.41	17197.17	683.14	2705.69
11 nolu güzergah Mesafe:1.1434 km						
Hız: 70						
Araç Türleri	Araç Sayısı	CO ₂ (kg)	CO (kg)	No _x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
Otomobil (Benzin)	3780	187.58	1794.08	184.55	0.64	302.54
Otomobil (Dizel)	6642	236.95	91.13	355.42	30.07	455.67
Otomobil (LPG)	6436	469.13	4503.66	806.91	0.00	625.51
Motosiklet	416	31.30	290.01	3.86	1.33	16.65
M-K	1818	85.14	98.28	197.89	20.29	166.30
O-K-T	1014	169.74	506.43	2226.06	62.89	278.26
Toplam	20106	1179.83	7283.59	3774.70	115.22	1844.92

12 nolu güzergah Mesafe:1.1099 km

Hız: Yavaşlayan

Araç Türleri	Araç Sayısı	CO ₂ (kg)	CO (kg)	No _x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
Otomobil (Benzin)	4302	482.35	13131.15	1456.69	1.95	482.35
Otomobil (Dizel)	7559	597.31	432.99	737.20	139.60	666.14
Otomobil (LPG)	7325	1011.29	11947.22	3504.60	0.00	911.07
Motosiklet	614	145.13	876.76	14.15	7.95	29.99
M-K	2034	211.04	319.99	503.62	81.72	248.37
O-K-T	820	785.08	2505.44	9078.73	372.25	464.54
Toplam	22654	3232.19	29213.56	15294.99	603.46	2802.47

12 nolu güzergah Mesafe:1.1099 km

Hız: 70

Araç Türleri	Araç Sayısı	CO ₂ (kg)	CO (kg)	No _x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
Otomobil (Benzin)	4302	207.23	1982.02	203.88	0.70	334.24
Otomobil (Dizel)	7559	261.76	100.68	392.64	33.22	503.38
Otomobil (LPG)	7325	518.29	4975.57	891.46	0.00	691.05
Motosiklet	614	44.84	415.50	5.53	1.91	23.85
M-K	2034	92.47	106.74	214.92	22.03	180.60
O-K-T	820	133.24	397.54	1747.43	49.36	218.43
Toplam	22654	1257.83	7978.04	3455.86	107.23	1951.55

Türk iş K. – YEDAŞ K. arası oluşan emisyon ve yakıt tüketim değerlerinin kıyaslanması

13 nolu güzergah Mesafe:1.014 km						
Hız: Yavaşlayan						
Araç Türleri	Araç Sayısı	CO ₂ (kg)	CO (kg)	No _x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
Otomobil (Benzin)	3926	402.16	10948.05	1214.51	1.62	402.16
Otomobil (Dizel)	6898	497.98	360.99	614.61	116.39	555.37
Otomobil (LPG)	6684	843.06	9959.78	2921.60	0.00	759.52
Motosiklet	408	88.10	532.27	8.59	4.82	18.20
M-K	2156	204.37	309.88	487.70	79.13	240.52
O-K-T	934	816.96	2607.18	9447.39	387.37	483.41
Toplam	21006	2852.63	24718.14	14694.41	589.34	2459.18
13 nolu güzergah Mesafe:1.014 km						
Hız: 70						
Araç Türleri	Araç Sayısı	CO ₂ (kg)	CO (kg)	No _x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
Otomobil (Benzin)	3926	172.77	1652.50	169.99	0.59	278.67
Otomobil (Dizel)	6898	218.23	83.93	327.35	27.70	419.67
Otomobil (LPG)	6684	432.07	4147.88	743.16	0.00	576.09
Motosiklet	408	27.22	252.24	3.36	1.16	14.48
M-K	2156	89.55	103.36	208.12	21.34	174.89
O-K-T	934	138.65	413.68	1818.39	51.37	227.30
Toplam	21006	1078.50	6653.60	3270.36	102.15	1691.11

YEDAŞ K. - D.S.İ. Yeşilyurt K. arası oluşan emisyon ve yakıt tüketim değerlerinin kıyaslanması

14 nolu güzergah Mesafe:0.493 km						
Hız: Yavaşlayan						
Araç Türleri	Araç Sayısı	CO ₂ (kg)	CO (kg)	No _x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
Otomobil (Benzin)	4457	221.97	6042.80	670.35	0.90	221.97
Otomobil (Dizel)	7831	274.86	199.25	339.24	64.24	306.54
Otomobil (LPG)	7588	465.33	0.00	0.00	0.00	419.21
Motosiklet	508	53.33	3.94	15.38	1.30	11.02
M-K	2654	122.31	6226.30	691.25	0.93	143.95
O-K-T	896	381.04	1216.02	4406.38	180.67	225.47
Toplam	23934	1518.85	13688.31	6122.60	248.04	1328.16
14 nolu güzergah Mesafe:0.493 km						
Hız: 70						
Araç Türleri	Araç Sayısı	CO ₂ (kg)	CO (kg)	No _x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
Otomobil (Benzin)	4457	95.36	912.10	93.82	0.32	153.81
Otomobil (Dizel)	7831	120.45	46.33	180.68	15.29	231.64
Otomobil (LPG)	7588	238.48	2289.42	410.19	0.00	317.98
Motosiklet	508	16.48	152.70	2.03	0.70	8.77
M-K	2654	53.59	61.86	124.56	12.77	104.67
O-K-T	896	64.67	192.95	848.12	23.96	106.01
Toplam	23934	589.04	3655.35	1659.41	53.04	922.88

D.S.İ. Yeşilyurt K. – İsmet İnönü Bulvarı K. arası oluşan emisyon ve yakıt tüketim değerlerinin kıyaslanması

15 nolu güzergah Mesafe:0.922 km						
Hız: Yavaşlayan						
Araç Türleri	Araç Sayısı	CO₂ (kg)	CO (kg)	No_x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
Otomobil (Benzin)	4277	398.36	10844.73	1203.05	1.61	398.36
Otomobil (Dizel)	7515	493.30	357.60	608.83	115.29	550.15
Otomobil (LPG)	7282	835.15	9866.36	2894.20	0.00	752.39
Motosiklet	486	95.43	576.50	9.31	5.22	19.72
M-K	2478	213.58	323.84	509.68	82.70	251.36
O-K-T	1204	957.57	3055.93	11073.49	454.05	566.61
Toplam	23242	2993.39	25024.96	16298.56	658.87	2538.59

15 nolu güzergah Mesafe:0.922 km Hız: 70 km						
Araç Türleri	Araç Sayısı	CO₂ (kg)	CO (kg)	No_x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
Otomobil (Benzin)	4277	171.14	1636.90	168.38	0.58	276.04
Otomobil (Dizel)	7515	216.18	83.15	324.27	27.44	415.73
Otomobil (LPG)	7282	428.02	4108.97	736.19	0.00	570.69
Motosiklet	486	29.48	273.20	3.64	1.25	15.68
M-K	2478	93.58	108.02	217.50	22.30	182.78
O-K-T	1204	162.52	484.89	2131.37	60.21	266.42
Toplam	23242	1100.92	6695.13	3581.36	111.78	1727.34

İsmet İnönü Bulvarı K. – Karayolları K. arası oluşan emisyon ve yakıt tüketim değerlerinin kıyaslanması

16 nolu güzergah Mesafe:0.756 km						
Hız: Yavaşlayan						
Araç Türleri	Araç Sayısı	CO ₂ (kg)	CO (kg)	No _x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
Otomobil (Benzin)	4422	337.71	9193.68	1019.89	1.36	337.71
Otomobil (Dizel)	7770	418.21	303.16	516.16	97.74	466.41
Otomobil (LPG)	7530	708.11	8365.50	2453.94	0.00	637.94
Motosiklet	332	53.45	322.92	5.21	2.93	11.04
M-K	2604	184.03	279.04	439.17	71.26	216.59
O-K-T	916	597.36	1906.35	6907.87	283.24	353.46
Toplam	23574	2298.87	20370.65	11342.24	456.53	2023.15
16 nolu güzergah Mesafe:0.756 km						
Hız: 70						
Araç Türleri	Araç Sayısı	CO ₂ (kg)	CO (kg)	No _x (kg)	PM (kg)	Yakıt Tüketimi-Litre
Otomobil (Benzin)	4422	145.09	1387.69	142.75	0.49	234.01
Otomobil (Dizel)	7770	183.27	70.49	274.91	23.26	352.45
Otomobil (LPG)	7530	362.91	3483.92	624.20	0.00	483.88
Motosiklet	332	16.52	153.03	2.04	0.70	8.78
M-K	2604	80.63	93.08	187.41	19.21	157.49
O-K-T	916	101.38	302.48	1329.59	37.56	166.20
Toplam	23574	889.80	5490.69	2560.90	81.23	1402.81

Ek 5. Emniyet Müdürlüğü veri izin formu

T.C.
İÇİŞLERİ BAKANLIĞI
Emniyet Genel Müdürlüğü

Sayı : E-20153969 -31824-2022121409291006343
Konu : Veri Temini

14.12.2022

DAĞITIM YERLERİNE

İlgi : a) 02.12.2022 tarihli ve E-49933177-100-362051 sayılı yazı.
b) 08.12.2022 tarihli ve 2022120813373916097 sayılı yazı.

İlgi (a) sayılı yazınızla ve Samsun Emniyet Müdürlüğü'nün ilgi (b) sayılı yazısı ekinde yer alan E-95633724-100-360116 sayılı yazınızla Üniversiteniz Lisansüstü Eğitim Enstitü Müdürlüğü Harita Mühendisliği Ana Bilim dalında görevli Doç. Dr. Erdem Emin MARAŞ danışmanlığında doktora öğrencisi Aziz Uğur TONA'nın "Mevcut Kavşakların İşlevinin CBS Konumsal ve İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi" başlıklı doktora tez çalışmasında kullanılmak üzere Karayolları-Pelitköy anayol hattı üzerinde bulunan 9 adet kavşaktaki trafik yoğunluklarının tespiti için Atakum ilçesinde meydana gelen trafik kazası sayıları ve konumları ile araçların yaymış olduğu kirlilik miktarının ölçümü için araçların yakıt tiplerine göre Samsun İl Merkezine kayıtlı araç sayısı talep edilmiştir.

Bu kapsamda 2019-2021 yıllarına ait talep edilen kaza bilgileri Kaza Analiz programından çıkartılarak excel formatında ekte gönderilmiştir.

Ekte yer alan verilerle yapılacak çalışmanın tamamlanmasına müteakip, taahhütname gereği çalışmanın sonucuna ilişkin raporun bir suretinin kurumumuzca yapılacak çalışmalarda kullanılmak üzere Genel Müdürlüğüme gönderilmesi hususunu arz ederim.

Ömit MUTLU
Başkan a.
Trafik Başkan Yardımcısı
1.Sınıf Emniyet Müdürü
E-İMZALI

Ek : Ondokuz Mayıs Üniversitesi Veri talebi.xlsx

Dağıtım :

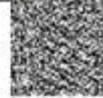
Gereği :
Ondokuz Mayıs Üniversitesi Rektörlüğüne

Bilgi :
Samsun İl Emniyet Müdürlüğüne

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Belge Doğrulama Kodu: cc2b3afe-78ca-4b7f-b314-46cd7783240d Belge Doğrulama Adresi: <https://rimta.egm.gov.tr>

Adres :
Telefon/Fax :
e-posta :

Ayrıntılı Bilgi : Harus EŞİYOK
Unvanı : Polis Memuru
Elektronik Ağ :



Ek 6. Samsun Büyükşehir Belediyesi veri izin formu



T.C.
SAMSUN BÜYÜKŞEHİR BELEDİYE BAŞKANLIĞI
Ulaşım Dairesi Başkanlığı

Sayı : E-48018157-622.03-199343
Konu : Bilgi ve Belge Talebi(Aziz Uğur Tona)

03.08.2023

ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜNE

İlgi : 21.03.2023 tarihli ve E-72975315-100-422913 sayılı yazı.

İlgi yazınızda Enstitünüz Haritta Mühendisliği Ana Bilim Dalı doktora öğrencisi Aziz Uğur TONA , Doç.Dr.Mehmet Emin Maraş danışmanlığında yürüttüğü tez çalışması için istemiş olduğu trafik analiz verileri Aziz Uğur TONA'ya elden teslim edilerek verilmiştir.

Gereğini bilgilerinize rica ederim

Ahmet BAYIR
Genel Sekreter Yardımcısı

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Doğrulama Kodu: v9C65g-8PTXJu-IJGWf1-uF2qb7-18wM1yvL Doğrulama Linki: <https://www.turkiye.gov.tr/icisleri-belediye-ebyz>

Güzeldere Mah. İrmak Caddesi Makine İkmal ve Bakım Onarım Dairesi –Ulaşım
Dairesi Başkanlığı Yerleşkesi 55060 İlkadım / Samsun
Telefon No:
e-Posta:
Kep Adr

Bilgi için: Sinan İNAN
Tekniker
Dahili No:3856



Ek 7. Araştırma Anket Formu

Değerli Katılımcı;

Bu anket Ondokuz Mayıs Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü'nde yürütülen doktora tez çalışması için hazırlanmıştır. Araştırmada Atatürk Bulvarı üzerinde kullanılan mevcut kavşaklar yerine daha akıcı yol tasarım uygulamalarının (alt geçit, üst geçit, battı çıktı, katlı kavşak vb.) yapılması için kavşaklar üzerinde etkiye sahip olan kriterlerin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Araştırma tamamen bilimsel amaçlarla kullanılacak ve sorulara verdiğiniz yanıtlar kesinlikle gizli tutulacaktır. Anket verilerinin değerlendirmeye alınabilmesi için tüm soruların eksiksiz olarak doldurulması gerekmektedir. Değerli zamanınızı ayırarak çalışmaya sağlayacağınız katkılar için teşekkür ederim.

Aziz Uğur Tona

Ek 8. Ankete Yönelik Açıklama

Bu anket formunda ilk olarak Atatürk Bulvarı üzerinde kullanılan mevcut kavşaklar yerine daha akıcı yol tasarım uygulamalarının (alt geçit, üst geçit, battı çıktı, katlı kavşak vb.) yapılması için kavşaklar üzerinde yavaşlamaya etkiye sahip olan kriterlerin önem düzeyleri sıralandırılacaktır. Bu amaçla literatür taraması ve görüşmeler sonucunda belirlenen 8 kriter değerlendirilecektir. İlgili kriterler ve tanımları aşağıdaki gibidir:

Kriter	Tanım
Kavşakta oluşan araç yoğunluğu (günlük toplam) (K1)	1 gün boyunca kavşağın tüm kollarından geçen toplam araç sayısıdır.
Kavşaktaki kol sayısı(K2)	Kavşak üzerindeki yol güzergahlarında bulunan kol sayısıdır.
Kavşak Üzerindeki Toplam Şerit Sayısı (K3)	Anayol ve tali yol güzergahı üzerinde bulunan şerit sayılarının toplamını ifade eder
Kavşak etrafında meydana gelen trafik kaza sayısı (K4)	Son 3 yıl içerisinde Kavşağın 100 metre çevresinde meydana gelen trafik kaza sayısını ifade eder.
Kavşaklarda tüm kollarda biriken ortalama kuyruk uzunluğu (K7)	Anayol ve tali yol güzergahı üzerinde bulunan şerit sayılarının toplamını ifade eder.
Kavşakta araçların ortalama gecikme süresi(K9)	Bir kavşağa girmeden 150 m önceki bir noktadan girdikten 150 m sonraki noktaya kadar yaşanan gecikmeyi ifade eder.
Kavşak kollarına zirve saatlerde giren araç sayısı (K10)	Kavşak alanının bulunduğu kola zirve saatlerde giren araç sayısı(saat) dır.
Ana yol üzerindeki kavşağın bir önceki ve bir sonraki kavşakla arasındaki ortalama mesafe (km) (K11)	Kavşağın önceki ve sonraki kavşaklara olan yakınlığını ifade eder.

Ek 9. Kriter Karşılaştırma Örneği

Araştırmada yer alan kavşaklar üzerinde etkiye sahip olan kriterlerin değerlendirme kriterleri ikili olarak karşılaştırılacağı için karşılaştırmaların nasıl yapılacağı başka alandan bir örnekle açıklanmıştır.

Tüketicilerin otomobil satın alırken dikkat ettikleri 4 farklı kriter fiyat, konfor, servis ağı ve üretici ülke olarak verilmiştir. Bu kriterler içerisinde öncelikle en önemli ve en önemsiz kriterler belirlenmelidir. Bu durumda en önemli kriter olarak fiyat ve en önemsiz kriter olarak üretici ülkeyi seçmiş olalım. Bu adımdan sonra en önemli kriter diğer kriterlere göre 9’lu ölçek kullanılarak karşılaştırılır. Kullanılan 9’lu ölçek bir kriterin diğerinden kaç kat önemli olduğunun göstergesidir.

En önemli kriter	Fiyat	Konfor	Servis ağı	Üretici ülke
Fiyat	1	4	2	6

Yukarıdaki tabloda en önemli kriter fiyat olarak seçildiği için fiyat “1” değerini almıştır. Ardından, fiyat konfordan 4 kat daha önemli olarak görülmüş ve konfor “4” değerini almıştır. Aynı şekilde sırasıyla fiyat servis ağından 2 kat ve üretici ülkeden 6 kat daha önemli görülmüştür. Burada dikkat edilmesi gereken tüm değerlendirmelerin en önemli kritere göre yapılmış olmasıdır.

Bu adımdan sonra en önemsiz kriter diğer kriterlere göre 9’lu ölçek kullanılarak karşılaştırılır. Kullanılan 9’lu ölçek bu sefer bir kriterin diğerinden kaç kat önemsiz olduğunun göstergesidir.

En önemsiz kriter	Fiyat	Konfor	Servis ağı	Üretici ülke
Üretici ülke	5	2	4	1

Yukarıdaki tabloda en önemsiz kriter üretici ülke olarak seçildiği için üretici ülke “1” değerini almıştır. Ardından, üretici ülke fiyattan 5 kat daha önemsiz olarak görülmüş ve fiyat “5” değerini almıştır. Aynı şekilde sırasıyla üretici ülke konfordan 2 kat ve servis ağından 4 kat daha önemsiz görülmüştür. Burada dikkat edilmesi gereken tüm değerlendirmelerin en önemsiz kritere göre yapılmış olmasıdır. Yapılan değerlendirme aynı zamanda fiyatın üretici ülkeye göre 5 kat daha önemli, konforun üretici ülkeye göre 2 kat daha önemli, servis ağının üretici ülkeye göre 4 kat daha önemli olduğu anlamına da gelmektedir.

Ek 10. Kriter Değerlendirme Aşaması

Bu aşama kavşaklar üzerinde etkiye sahip olan kriterlerin değerlendirilmesi için belirlenen kriterlerin karşılaştırılmasını kapsamaktadır. Bu adımda daha önceden belirlenen 8 kriter karşılaştırılacaktır. Sizlere yukarıda verilmiş olan örneği inceleyerek aynı mantık ile Atatürk Bulvarı üzerinde kullanılan mevcut kavşaklar yerine daha akıcı yol tasarım uygulamalarının (alt geçit, üst geçit, battı çıktı, katlı kavşak vb.) yapılması için kavşaklar üzerinde etkiye sahip olan kriterlerin önem düzeylerini belirleyiniz. Tabloların boş satırlarına önce en önemli/önemsiz kriterin ne olduğunu yazınız. Daha sonra belirlediğiniz **en önemli/önemsiz kriterin diğer kriterlere göre önem düzeylerini belirten rakamları 1 ile 9 arasında olacak şekilde yazınız.**

En önemli kriter	K1	K2	K3	K4	K7	K9	K10	K11

En önemsiz kriter	K1	K2	K3	K4	K7	K9	K10	K11

ÖZ GEÇMİŞ

Aziz Uğur TONA, Gümüşhane Lisesi’ni bitirdikten sonra Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği bölümünden 2013 yılında mezun oldu. Daha sonra Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Harita Mühendisliği Yüksek lisans programından 2016 yılında mezun oldu. 2016 yılında OMÜ LEE Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı Doktora programına girdi. 2014 yılından bu yana Araştırma Görevlisi olarak görev yapan Aziz Uğur TONA, orta derecede İngilizce bilmektedir (YDS:72). (03.08.2023).

İletişim Bilgileri

ORCID ID : 0000-0001-7367-7731

Yayınlar:

1. Tona, A. U., Maraş, E. E., Demir, V. (2022). “Kavşaklardaki Araç Yoğunluğunun CBS Ortamında Belirlenmesi (Samsun-Atakum Örneği)”. *11. Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (TUFUAB) Teknik Sempozyumu*, Mersin.
2. Demir, V., Tona, A. U., Maraş, E. E. ve Keskin Ülke, A. (2019). “ Manning Sürtünme Katsayısının Uzaktan Algılama Yardımıyla Elde Edilmesi (Samsun- Mert Havzası Örneği)”. *3. Uluslararası Multidisipliner Akademik çalışmalar Sempozyumu*, İzmir.
3. Tona, A. U., Demir, V., Maraş, E. E. ve Ülke Keskin, A. (2018). “Samsun Hava Kalitesi Prametrelerinin İncelenmesi ve Trend Analizi”. *6th International Gap Engineering Conference–Gap2018*, Şanlıurfa.
4. Tona, A. U., Maraş, E. E., Demir, V., Ülke Keskin, A. “Trend Analysis of Air Quality Parameters (Samsun-Atakum Example). *2. International UNIDOKAP Black Sea Symposium on BIODIVERSITY*, Samsun.
5. Tona, A. U., Demir, V., Kuşak, L. ve Yakar, M. (2022). *Su Kaynakları Mühendisliğinde CBS’nin Kullanımı*. Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi, 4(1), 23-33.
6. Demir, V., Tona, A. U. (2021). Debi-Sürek Eğrisi Yardımıyla Taban Akımının Hesaplaması: Samsun Kürtün Irmağı Örneği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (24), 502-507.
7. Tona, A. U., Maraş, E. E., Demir, V. (2023 Accepted). *Mevcut Kavşakların İşlevlerinin (Yoğunluklarının) CBS Ortamında Değerlendirilmesi (Samsun- Atakum Örneği)*. *Geomatik Dergisi*, 10.29128.
8. Tona, A. U., Maraş, E. E., Demir, V. (2023). *Determination of Densities of Existing Intersection by Buffer Analysis (Samsun- Atakum Intersections)*. *Advanced GIS* 3(2); 01-08, e-ISSN:2822-7026.
9. Öztaş, A., Tona, A. U., Demir, V. (2023). Burdur Gölü Yüzey Alanı Değişiminin Kontrolsüz Sınıflandırma Kullanılarak Belirlenmesi.

Projeler:

İ-gCar4ITS: Akıllı Ulaşım Sistemi Uygulamaları için Yenilikçi ve Yeşil Kariyer Geliştirilmesi, Araştırmacı, Haziran, 2021, Avrupa Birliği Projesi (Devam Ediyor)