

T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

GELİŞMEKTE OLAN ÜLKELERDE SÜRÜCÜLERİN FARKLI YOL VE
TRAFİK ÖZELLİKLERİ KARŞISINDAKİ DAVRANIŞLARININ SİMÜLATÖR
ORTAMINDA İNCELENMESİ

DOKTORA

Yusuf MAZLUM

HAZİRAN-2025
GÜMÜŞHANE



**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**GELİŞMEKTE OLAN ÜLKELERDE SÜRÜCÜLERİN FARKLI YOL VE
TRAFİK ÖZELLİKLERİ KARŞISINDAKİ DAVRANIŞLARININ SİMÜLATÖR
ORTAMINDA İNCELENMESİ**

**INVESTIGATION OF DRIVERS' BEHAVIOR IN DEVELOPING COUNTRIES
IN THE FACE OF DIFFERENT ROAD AND TRAFFIC CHARACTERISTICS
IN A SIMULATOR ENVIRONMENT**

DOKTORA

Yusuf MAZLUM

**HAZİRAN-2025
GÜMÜŞHANE**



**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**GELİŞMEKTE OLAN ÜLKELERDE SÜRÜCÜLERİN FARKLI YOL VE
TRAFİK ÖZELLİKLERİ KARŞISINDAKİ DAVRANIŞLARININ SİMÜLATÖR
ORTAMINDA İNCELENMESİ**

**EXAMINING DRIVER BEHAVIOR IN DEVELOPING COUNTRIES USING A
DRIVING SIMULATOR UNDER DIVERSE ROAD AND TRAFFIC
CONDITIONS**

DOKTORA

Yusuf MAZLUM

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Emine ÇORUH

**HAZİRAN-2025
GÜMÜŞHANE**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Doktora Tezi olarak hazırlamış olduğum ‘**Gelişmekte Olan Ülkelerde Sürücülerin Farklı Yol ve Trafik Özellikleri Karşısındaki Davranışlarının Simülâtör Ortamında İncelenmesi**’ isimli bu tezimin, tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi, alıntı yaptığım tüm çalışmaları kaynakçada belirttiğimi ve Gümüşhane Üniversitesi’nin lisanslı kullanıcısı olduğu intihal yazılım programı ile Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlediği kıstaslara uygun olarak raporladığımı taahhüt ederim. Tezimin kâğıt ve elektronik kopyalarının Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü arşivinde saklanmasına izin verdiğimi onaylarım.

Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği’nin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

25/06/2025

.....
Yusuf MAZLUM

TEŞEKKÜR

Bu doktora tezi, yalnızca bir akademik gereklilik değil; aynı zamanda sabrın, merakın, inancın ve içsel dönüşümün iç içe geçtiği eşsiz bir yolculuk oldu. Bu yolculukta büyük bir özveriyle emek veren ve akademik rehberliğiyle yol gösteren danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Emine ÇORUH'a en içten minnet ve şükran duygularımı sunuyorum. Bilimsel tecrübeleriyle çalışmamın her aşamasında bana rehberlik eden, eşdanışman hocam Sayın Doç. Dr. Metin Mutlu AYDIN'a teşekkürlerimi arz ederim.

Çalışmalarım süresince deneysel faaliyetleri gerçekleştirdiğim laboratuvarın kurulum ve işletme süreçlerinde, mekânsal ve donanımsal her türlü ihtiyacımda desteğini esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Halim Ferit BAYATA'ya; bilgi ve deneyimini, zaman mefhumu gözetmeksizin benimle paylaşarak her aşamada yol gösterici olduğu için en içten teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışması boyunca izleme jürisi olarak desteklerini esirgemeyen Prof.Dr. Emine Ebru ŞÜKÜROĞLU ve Prof. Dr. Şükrü YETGİN hocalarıma ve tezin nihai halini almasında değerli görüşlerini paylaşan jüri üyelerine içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın en kritik ve zor bölümlerinde uykusuz kalarak, geceler boyu tüm bilgi ve tecrübesiyle bana yardımcı olan Dr. Öğr. Üyesi Fatih İrfan Baş'a teşekkür ederim.

Bu araştırmanın gerçekleştirilmesinde sağladıkları finansal desteklerle çalışmanın kapsamını genişleten TÜBİTAK'a (Proje No: 1002/123M190), Gümüşhane Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü'ne (GÜBAP02/22.F5110.02.01 ve GÜBAP07/22.E0111.07.01) ve Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü'ne (FBA-2022-813) teşekkürlerimi sunarım.

Yusuf MAZLUM
GÜMÜŞHANE-2025

ÖZET

Bu çalışmada gelişmekte olan ülkelerde sürücülerin farklı yol ve trafik koşullarında sergiledikleri davranışlar, yüksek gerçeklik düzeyine sahip bir sürüş simülatörü kullanılarak deneysel olarak incelenmiştir. Çalışmanın amacı; farklı yol kesimlerinde ve trafik senaryolarında sürüş davranışlarının ölçülmesi, sürücülük performansına etki eden faktörlerin nicel olarak değerlendirilmesi ve insan faktörünün yol güvenliği üzerindeki etkilerinin bütüncül şekilde ortaya konulmasıdır. Bu amaçla dört temel senaryo tasarlanmıştır: (1) yaya geçidi yaklaşımı, (2) yeşil dalga sistemine uyum, (3) karayolu kısa hızlanma şeridiyle katılım ve (4) elektronik denetleme sistemleri (EDS) koşulları altında sürüş.

Araştırmada toplam 125 katılımcı deney sürecine dâhil edilmiş, ancak çeşitli nedenlerle tamamlanamayan testler sonucu 107 katılımcının verileri analiz edilmiştir. Deneysel veri seti; simülasyon ortamında kaydedilen anlık hız, ani hızlanma ve frenleme, şerit değiştirme sıklığı, yanal konum değişimi gibi sürüş performans değişkenleri ile sürüş öncesi ve sonrası uygulanan anketlerden elde edilen algısal ve bilişsel verileri kapsamaktadır. Veri analizinde tanımlayıcı istatistiklerin yanı sıra korelasyon analizleri, varyans analizleri ve makine öğrenmesi temelli sınıflandırma yöntemleri kullanılmıştır.

Elde edilen bulgular, yaya geçitlerinde geç frenleme eğilimi, yeşil dalga sisteminde hız uyum problemleri, EDS uygulamalarında dikkat artışına rağmen sürüş konforunda azalma ve karayolu katılım bölgelerinde riskli şerit değişim manevralarının öne çıktığını göstermiştir. Ayrıca geliştirilen risk sınıflandırma modelleri, sürücülerin bireysel farklılıklarını dikkate alarak trafik güvenliği açısından önleyici stratejilerin şekillendirilmesine olanak sağlamaktadır.

Sonuç olarak, bu çalışma, simülatör destekli deneysel yaklaşımla insan faktörünün çok boyutlu etkilerini ortaya koymakta ve özellikle gelişmekte olan ülkelerde yol güvenliği politikalarının geliştirilmesine yönelik bilimsel ve uygulamalı katkılar sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sürücü davranışı, Simülatör, Trafik güvenliği, İnsan faktörü, Risk sınıflandırma, Yol tasarımı.

SUMMARY

In this study, the behavioral responses of drivers in developing countries under various road and traffic conditions were experimentally examined using a high-fidelity driving simulator. The primary aim of the research was to quantitatively evaluate driver behaviors across different roadway scenarios, investigate the impact of human factors on driving performance, and provide comprehensive insights into their influence on traffic safety. For this purpose, four core scenarios were designed: (1) pedestrian crossing approach, (2) compliance with green wave systems, (3) freeway merging through short acceleration lanes, and (4) driving under electronic enforcement systems (EDS).

A total of 125 participants were initially recruited for the experimental process; however, due to incomplete sessions and simulator-related tolerance issues, data from 107 participants were included in the final analyses. The dataset comprised both performance variables recorded in the simulation environment — such as instantaneous speed, sudden acceleration and braking, lane-change frequency, and lateral lane deviations — and perceptual-cognitive data obtained from pre- and post-driving questionnaires. Data analysis involved descriptive statistics, correlation analyses, variance analyses, and machine learning-based classification models.

The findings revealed key behavioral tendencies: delayed braking at pedestrian crossings, speed adaptation problems under green wave conditions, increased attention but reduced driving comfort under EDS, and risky lane-changing maneuvers during freeway merging. Furthermore, the developed risk classification models allowed for a more nuanced understanding of individual driver differences and offered predictive insights for preventive traffic safety strategies.

In conclusion, this study provides a multidimensional analysis of human factors through simulator-based experimental approaches and contributes both scientifically and practically to the development of sustainable road safety policies in developing countries.

Keywords: Driver behavior, Driving simulator, Traffic safety, Human factors, Risk classification, Road design.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	III
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	IV
TEŞEKKÜR.....	V
ÖZET	VI
SUMMARY	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
TABLolar DİZİNİ	XI
EKLER DİZİNİ.....	XXII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XXIII
1.GİRİŞ	1
1.1.Türkiye Cumhuriyeti Karayollarındaki Genel Durum	2
1.2.KGM'nin Sorumluluğu ve Karayolu Ağı	3
1.3. Karayolu Kazaları ve Trafik Güvenliği.....	5
1.3.1. Yaya Geçidi Kazaları ve Gerçek Vaka Örnekleri	10
1.3.2. Katılma Şeritlerinde Meydana Gelen Kazalar ve Gerçek Vaka Örnekleri	13
1.3.3. Hız Ölçüm Koridorları Gerçek Vaka Örnekleri.....	15
1.2.Sürücü Davranışlarının Psikolojik Boyutu ve Trafik Güvenliğine Etkileri	17
1.2.1. İnsan-Trafik Etkileşiminin Psikolojik Temelleri	18
1.2.2. Sürücü Davranışlarının Psikolojik Temelleri	18
1.2.3. Sürücü Davranışlarını Etkileyen Psikososyal Faktörler.....	19
1.3. Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Önemi	22
2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI.....	26
2.1. Sürücü Davranışları Üzerine Yapılan Çalışmalar	26
2.2. Sürüş Simülatörü Kullanılarak Yapılan Çalışmalar	27
2.3. Makine Öğrenmesi ile Yapılan Çalışmalar	29
3.MATERYAL ve YÖNTEM.....	32
3.1. Laboratuvar Kurulumu.....	33
3.1.1 Deneysel Ortamın Hazırlanması	33
3.1.2. Projeksiyon Perdesi Tasarımı ve İmalatı.....	36
3.1.3 Simülatör Sistemi Entegrasyonu ve Gerçekçi Sürüş Deneyimi	40
3.1.4. Direksiyon Hareketlerinin Ölçümü ve Entegrasyonu	42

3.1.5. Direksiyon Hareketlerini Algılayan Makara Sistemi	44
3.1.6. Veri Toplama ve Sinyal İşleme Süreçleri	45
3.1.7. Denek Sürücüler İçin Laboratuvar Ortamının Düzenlenmesi.....	46
3.2. Simülasyon Yazılımı ve Kullanılan Teknolojiler	47
3.3. Senaryolar	49
3.3.1. Senaryo 1: Yaya geçitlerinde görünürlük kısıtlılığı ve geçiş güvenliği.....	50
3.3.2. Senaryo 2: Yeşil dalga sisteminde hız davranışı ve ikilem bölgesi kararları.....	53
3.3.3. Senaryo 3: Katılma şeritlerinde sürücü tepkileri ve şerit disiplini.....	55
3.3.4. Senaryo 4: EDS denetimli yollarda monoton sürüş ve hız aşımı eğilimleri	57
3.4. Veri Temizleme ve Aykırı Değerlerin İşlenmesi	58
3.5. Kullanılan Makine Öğrenmesi Algoritmaları	60
4.BULGULAR.....	63
4.1 Katılımcı Profilleri ve Sürüş Davranışlarının Nicel Analizi	63
4.1.1 Demografik Özellikler ve Katılımcı Profilleri	63
4.2. Anket Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	65
4.2.1. Sürüş Öncesi Anketlerin DSÖ Temelli Yaş Gruplarına Göre İncelenmesi	65
4.2.2. Sürüş Öncesi Anketlere Göre Yaşa Dayalı Öz Değerlendirme ve Davranış Eğilimleri	66
4.2.3. Sürüş Sonrası Anketlere Göre Yaş Gruplarının Davranışsal Eğilimleri ve Geri Bildirimleri	75
4.2.4. Sürüş Öncesi ve Sonrası Anket Verileriyle Yaş Gruplarının Davranışsal Sürücü Profillerinin Bütüncül Analizi	96
4.2.5. Sürüş Öncesi Anketlere Göre Cinsiyete Göre Sürücü Profilleri ve Trafik Güvenliği Algısı	99
4.2.6. Sürüş Sonrası Anket Sonuçlarının Cinsiyete Göre İncelenmesi.....	110
4.2.7. Sürüş Öncesi ve Sonrası Anket Verilerinin Cinsiyete göre Bütüncül Değerlendirmesi.....	139
4.2.8. Sürüş Sonrası Algısal ve Fiziksel Değerlendirmeler	141
4.3. Sürüş Öncesi ve Sonrası Anket Soruları ile İlgili Senaro Korelasyonları	145
4.3.1. Sürüş Öncesi Anket Soruları ile İlgili Senaro Korelasyonları	146
4.3.2. Sürüş Sonrası Anket Soruları ile İlgili Senaro Korelasyonları	151
4.4. Simülatör Verilerinin İrdelenmesi.....	156
4.4.1 Sürücü Davranışlarına Ait Temel Tanımlayıcı Göstergeler.....	156
4.4.1.1 Senaryo Bazlı Temel Betimsel İstatistiklerin Karşılaştırmalı Özeti	157
4.4.2. Sürücü Davranışlarının Sayısal Modellenmesi	161

4.4.3 Sürüş Performans Göstergeleri Arasındaki Korelasyon	162
4.4.4. Senaryo Bazlı Ortalama Hız Davranışları Arasındaki Korelasyon Analizi	165
4.4.5. Senaryolar Arasında Ortalama Hız Değerlendirmeleri	166
4.4.6. Senaryolar Arasında Sürücülerin Şerit Değişim Davranışlarının Karşılaştırmalı Analizi	171
4.4.7. Senaryolar Arasında Ani Hızlanma Davranışlarının Karşılaştırmalı Analizi	173
4.4.8. Senaryolar Arasında Ani Yavaşlama Davranışlarının Karşılaştırmalı Analizi	174
4.4.9. Eğitim Düzeyine Göre Davranışsal Performans Farklılıklarının İncelenmesi	176
4.5. Simülatör Tabanlı Mekânsal Konumsal Performans ve Sapma Analizleri	178
4.5.1. Sürücülerin Eksen Sapmalarına Dayalı Konumsal Performans Analizi	178
4.5.2. Sürücülerin Şerit Merkezi Takip Performansının X Ekseninde Karşılaştırmalı Analizi	180
4.5.3. Sürücülerin Y Eksenindeki Konumsal Sapmalarının Karşılaştırmalı Analizi	181
4.5.4. Sürücülerin Ortalama Hız Dağılımına Dayalı Mekânsal Performans Analizi	182
4.5.5. Senaryo Temelli Yüzey Modelleme ile Eksen Sapmalarının Analizi: Sürücü Yönelimlerinin Mekânsal Görselleştirilmesi	184
4.5.6. Simülatör Verilerinde X ve Y Koordinatları Üzerinden Yönelme ve Sapma Analizi	186
4.6. Yapay Sinir Ağı (YSA) ile Ortalama Hız Tahmin Modeli	187
4.7. Sürücü Risk Profillerinin Oluşturulması ve Sınıflandırma Model Performansları	189
5.SONUÇLAR	194
6. ÖNERİLER	203
KAYNAKÇA	210
EKLER	230
ETİK KURUL KARARI	238
ÖZGEÇMİŞ	239

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Yıllara göre karayolu ağı (KGM, 2024).	4
Tablo 2. Yıllara göre karayolu trafik kazaları (KGM, 2024).	7
Tablo 3. Yıllara göre motorlu taşıt, nüfus ve ölü sayısındaki değişimler (KGM, 2024).	8
Tablo 4. Yolun geometrik özelliğine göre ölümlü ve yaralanmalı trafik kaza bilgileri (UAB, 2023).	9
Tablo 5. Simülasyon sisteminin analog ve dijital akış tablosu	46
Tablo 6. Katılımcıların demografik özellikleri ve sürüş deneyimi	63
Tablo 7. Katılımcıların yaş ve ehliyet yılına ilişkin betimsel istatistikler.	64
Tablo 8. Sürücülerin yaş aralığına göre sınıflandırılması (WHO, 2018).	66
Tablo 9. Katılımcıların yaş grubuna göre sürücü kimliği öz değerlendirmeleri.	66
Tablo 10. Katılımcıların yaş grubuna göre kullandıkları araç tiplerine ilişkin yanıtları.	67
Tablo 11. Katılımcıların yaş grubuna göre ağır araç yoğunluğunun hız üzerindeki etkisine yönelik görüşleri.	69
Tablo 12. Katılımcıların yaş grubuna göre yaya geçidi uyarı levhalarının yeterliliğine ilişkin görüşleri.	70
Tablo 13. Katılımcıların yaş grubuna göre hız koridorunda sürüşe ilişkin sıkıcılık algısı düzeyleri.	71
Tablo 14. Katılımcıların yaş grubuna göre elektronik denetleme sisteminin hız azaltmadaki etkisine ilişkin değerlendirme düzeyleri	73
Tablo 15. Katılımcıların yaş grubuna göre katılma şeridinden çıkan araçların sürüş disiplini ve kaza riski üzerindeki etkisine ilişkin değerlendirme düzeyleri.	74
Tablo 16. Katılımcıların yaş grubuna göre sürüş testini sorunsuz gerçekleştirme durumlarına ilişkin değerlendirme düzeyleri.	75
Tablo 17. Katılımcıların yaş grubuna göre sürüş öncesi veya sonrası fiziksel rahatsızlık hissine ilişkin değerlendirme düzeyleri	77
Tablo 18. Katılımcıların yaş grubuna göre 3D modellemelerin gerçekçiliğine ilişkin değerlendirme düzeyleri	78
Tablo 19. Katılımcıların yaş grubuna göre senaryo içi gerçeklik algısı ve sürüş davranışı düzeylerine ilişkin değerlendirme	79
Tablo 20. Katılımcıların yaş grubuna göre senaryo içindeki trafik akımı gerçekliğine ilişkin değerlendirme düzeyleri	80

Tablo 21. Katılımcıların yaş grubuna göre “yayalara yol vermek için duran araçlar yayaları görmemi engelledi” ifadesine verdikleri yanıtlar	81
Tablo 22. Katılımcıların yaş grubuna göre yaya geçidi tabelalarını fark etme düzeylerine ilişkin değerlendirme düzeyleri.....	83
Tablo 23. Katılımcıların yaş grubuna göre sol şeritteki araçların yayalara yol vermesinin tehlike oluşturma durumuna ilişkin değerlendirme düzeyleri	84
Tablo 24. Katılımcıların yaş grubuna göre yeşil dalga sisteminin sürüş hızlarına etkisine ilişkin değerlendirme düzeyleri.....	85
Tablo 25. Katılımcıların yaş grubuna göre yeşil dalga sisteminde kırmızı ışıktaki beklememek için hız artırma eğilimlerine ilişkin değerlendirme düzeyleri ...	86
Tablo 26. Katılımcıların yaş grubuna göre yeşil dalga sistemine güvenerek hız ayarlama davranışına ilişkin değerlendirme düzeyleri	87
Tablo 27. Katılımcıların yaş grubuna göre radar aracını beklenmedik bir unsur olarak değerlendirme düzeyleri	88
Tablo 28. Katılımcıların yaş grubuna göre anlık hız ölçen radar uygulamasının doğruluğuna ilişkin değerlendirme düzeyleri	89
Tablo 29. Katılımcıların yaş grubuna göre ortalama hız koridoru hakkında bilgi sahibi olma düzeyleri.....	91
Tablo 30. Katılımcıların yaş grubuna göre katılma şeridinden yaklaşan araçlara ilişkin tedirginlik düzeyleri.....	92
Tablo 31. Katılımcıların yaş grubuna göre katılma şeridi öncesi uyarıcı levhaların yeterliliğine ilişkin değerlendirme düzeyleri.....	93
Tablo 32. Katılımcıların yaş grubuna göre katılma şeridinden yaklaşan araçların şerit disiplinine etkisine ilişkin değerlendirme düzeyleri.....	94
Tablo 33. Katılımcıların yaş grubuna göre katılma bölgelerinde yoğun araç çıkışının sürüş davranışı ve şerit disiplinine etkisine ilişkin değerlendirme düzeyleri .	95
Tablo 34. Yaş gruplarına göre sürücü davranışı karşılaştırma tablosu	99
Tablo 35. Katılımcıların cinsiyete göre araç kullanma becerilerine ilişkin öz değerlendirme düzeyleri	100
Tablo 36. Katılımcıların cinsiyete göre sürücü kimliği öz değerlendirmeleri	101
Tablo 37. Katılımcıların cinsiyete göre trafik kazası deneyimlerine ilişkin yanıtları...	102
Tablo 38. Katılımcıların cinsiyete göre sürücülerin karayolunda hızlı seyrettiğine yönelik görüşleri.....	103
Tablo 39. Katılımcıların cinsiyete göre ağır araç yoğunluğunun hız üzerindeki etkisine yönelik görüşleri.....	105

Tablo 40. Katılımcıların cinsiyete göre yaya geçidi uyarı levhalarının yeterliliğine yönelik görüşleri.....	106
Tablo 41. Katılımcıların cinsiyete göre yaya geçidinde hız azaltma davranışına yönelik görüşleri.....	107
Tablo 42. Katılımcıların cinsiyete göre yayaya yol veren araçları görünce dikkatli yaklaşma davranışına yönelik görüşleri	109
Tablo 43. Katılımcıların cinsiyete göre sürüş testini sorunsuz tamamlama durumuna yönelik görüşleri.....	110
Tablo 44. Katılımcıların cinsiyete göre sürüş öncesi veya sonrası fiziksel rahatsızlık durumuna yönelik görüşleri.....	111
Tablo 45. Katılımcıların cinsiyete göre simülatörü gerçek araç hissiyle deneyimleme düzeyine yönelik görüşleri.....	113
Tablo 46. Katılımcıların cinsiyete göre 3d modellemelerin gerçekçiliğine yönelik görüşleri.....	114
Tablo 47. Katılımcıların cinsiyete göre senaryoya odaklanma ve gerçek sürüş davranışı düzeyine yönelik görüşleri.....	115
Tablo 48. Katılımcıların cinsiyete göre senaryodaki trafik akımının gerçekçiliğine yönelik görüşleri.....	117
Tablo 49. Katılımcıların cinsiyete göre yayalara yol veren araçların görüş açısını engelleme durumuna ilişkin görüşleri	118
Tablo 50. Katılımcıların cinsiyete göre yaya geçidi tabelalarını fark etme düzeylerine ilişkin görüşleri.....	120
Tablo 51. Katılımcıların cinsiyete göre sol şeritteki araçların yayalara yol vermesinin tehlike oluşturup oluşturmadığına ilişkin görüşleri.....	121
Tablo 52. Katılımcıların cinsiyete göre yeşil dalga sisteminin sürüş hızlarına etkisine ilişkin görüşleri.....	123
Tablo 53. Katılımcıların cinsiyete göre yeşil dalga sisteminde kırmızı ışıktaki beklememek için hız artırma davranışına ilişkin görüşleri.....	124
Tablo 54. Katılımcıların cinsiyete göre yeşil dalga sistemine güvenerek hız ayarlama davranışına ilişkin görüşleri.....	125
Tablo 55. Katılımcıların cinsiyete göre ortalama hız koridorundaki radar aracına yönelik beklenmedik durum algılarına ilişkin görüşleri.....	126
Tablo 56. Katılımcıların cinsiyete göre ortalama hız koridorunda anlık hız ölçen radar uygulamasının doğruluğuna ilişkin görüşleri	128

Tablo 57. Katılımcıların cinsiyete göre ortalama hız koridorunda hızlarını değiştirerek dengeleme davranışına ilişkin görüşleri	129
Tablo 58. Katılımcıların cinsiyete göre ortalama hız koridoru uygulamaları hakkındaki bilgi düzeylerine ilişkin görüşleri	131
Tablo 59. Katılımcıların cinsiyete göre katılma şeridinden gelen araçların yarattığı tedirginliğe ilişkin görüşleri.....	132
Tablo 60. Katılımcıların cinsiyete göre katılma şeridi öncesindeki uyarı levhalarının yeterliliğine ilişkin görüşleri.....	134
Tablo 61. Katılımcıların cinsiyete göre katılma şeridinden gelen araçların şerit disiplinine etkisine ilişkin görüşleri.....	136
Tablo 62. Katılımcıların cinsiyete göre katılma bölgelerinde yoğun araç çıkışının sürüş davranışı ve şerit disiplinine etkisine ilişkin görüşleri.....	137
Tablo 63. Sürüş öncesi ve sonrası anketlere dayalı cinsiyete göre değerlendirme sonuçları.....	140
Tablo 64. Trafik güvenliği ve sürücü davranışlarına yönelik frekans dağılımı	142
Tablo 65. Sürüş simülasyonu gerçeklik ve güvenilirlik değerlendirmesi.....	144
Tablo 66. Senaryo 1 sürüş performansı ile katılımcı özellikleri arasındaki anlamlı korelasyon sonuçları.....	147
Tablo 67. Senaryo 2 sürüş performansı ile katılımcı özellikleri arasındaki anlamlı korelasyon sonuçları.....	148
Tablo 68. Senaryo 3 (katılma şeridi) sürüş performansı ile katılımcı özellikleri arasındaki anlamlı korelasyon sonuçları.....	149
Tablo 69. Senaryo 4 sürüş performansı ile katılımcı özellikleri arasındaki anlamlı olan korelasyon sonuçları	150
Tablo 70. Senaryo 1 (yaya geçidi) sürüş sonrası anket soruları ile sürüş performansı göstergeleri arasındaki korelasyon sonuçları.....	151
Tablo 71. Senaryo 2 (yeşil dalga) kapsamında sürüş sonrası anket soruları ile sürüş performansı göstergeleri arasındaki korelasyon sonuçları	153
Tablo 72. Senaryo 3 kapsamında sürüş sonrası anket soruları ile sürüş performansı göstergeleri arasındaki korelasyon sonuçları.....	154
Tablo 73. Senaryo 4 kapsamında sürüş sonrası anket soruları ile sürüş performansı göstergeleri arasındaki korelasyon sonuçları.....	155
Tablo 74. Özniteliklerin tanımlayıcı istatistikleri	156
Tablo 75. Senaryo 1'e ait ortalama hız ve şerit değişim davranışlarına ilişkin temel betimsel istatistikler	157

Tablo 76. Senaryo 1'e ait ani hızlanma ve ani yavaşlama davranışlarına ilişkin temel betimsel istatistikler	158
Tablo 78. Senaryo 2'ye ait ortalama hız ve şerit değişim davranışlarına ilişkin temel betimsel istatistikler	159
Tablo 79. Senaryo 2'ye ait ani hızlanma ve ani yavaşlama davranışlarına ilişkin temel betimsel istatistikler	159
Tablo 80. Senaryo 3'e ait ortalama hız ve şerit değişim davranışlarına ilişkin temel betimsel istatistikler	160
Tablo 81. Senaryo 3'e ait ani hızlanma ve ani yavaşlama davranışlarına ilişkin temel betimsel istatistikler	160
Tablo 82. Senaryo 4'e ait ortalama hız ve şerit değişim davranışlarına ilişkin temel betimsel istatistikler	160
Tablo 83. Senaryo 4'e ait ani hızlanma ve ani yavaşlama davranışlarına ilişkin temel betimsel istatistikler	161
Tablo 84. Senaryoya dayalı davranışsal performans göstergeleri değişken kodlamaları	162
Tablo 85. Öznitelikler arası korelasyon değerleri	162
Tablo 86. Senaryolar arasında ortalama hız değerlerine ilişkin spearman korelasyon matrisi	165
Tablo 87. Sürücülerin hız davranışlarının genel dağılım özelliklerini karşılaştırma	169
Tablo 88. Senaryolar arasında ortalama hız dağılımlarının normallik testi sonuçları ..	170
Tablo 89. Ortalama hız değerleri arasındaki çiftli karşılaştırmalara ilişkin Dunn-Bonferroni Post-Hoc test sonuçları	171
Tablo 90. Senaryolar arasında şerit değişim sayısına ilişkin Dunn-Bonferroni Post-Hoc Test Sonuçları	172
Tablo 91. Senaryolar arasında ani hızlanma sayısına ilişkin Dunn-Bonferroni Post-Hoc test sonuçları	173
Tablo 92. Senaryolar arasında ani yavaşlama sayısına ilişkin Dunn-Bonferroni Post-Hoc Test Sonuçları	174
Tablo 93. Eğitim düzeyine göre davranışsal performans farklılıkları.....	178
Tablo 94. Sürücü risk eğilim skoru hesaplamasında kullanılan değişkenler ve anket soruları.....	189
Tablo 95. Risk grubu puan dağılım tablosu	190
Tablo 96. Sınıflandırma modellerinin öğrenme eğilimleri	192

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Türkiye’deki uluslararası karayolu güzergâhları (KGM, 2024).	5
Şekil 2. Türkiye Trans-Avrupa (TEN-T) karayolu ağı (KGM, 2024).	5
Şekil 3. Bazı Avrupa ülkelerinde bin kişiye düşen otomobil sayıları (KGM, 2024).	6
Şekil 4. Sakarya’da yaya geçidinde bir kadına ilk aracın çarpması, (Ayvaz, 2025).	13
Şekil 5. Sakarya’da yaya geçidinde kadına ikinci kez aracın çarpması, (Ayvaz, 2025).	13
Şekil 6. Ohio eyaletindeki I-71 de meydana gelen kaza	15
Şekil 7. Giriş kapısının genişletilmesine yönelik yapılan ölçüm işlemi	34
Şekil 8. Laboratuvar giriş kapısının genişletilme işlemi	35
Şekil 9. Laboratuvar giriş kapısının kutu profil ile çerçevelenme işlemi	35
Şekil 10. Laboratuvar giriş rampasının yeniden düzenlenmesi	35
Şekil 11. Simülör aracının laboratuvar ortamına sistem entegrasyonu aşaması	36
Şekil 12. Projeksiyon perdesine ait tasarım çizimi	36
Şekil 13. Projeksiyon perdesine ait yatay profillerin bükülme işlemi	37
Şekil 14. Projeksiyon perdesi dikey profillerin montajı.....	37
Şekil 15. Projeksiyon perdesi iskeletine uygulanan antipas ve boya işlemleri	38
Şekil 16. Projeksiyon perdesi iskeletinin 2 parça halinde laboratuvar ortamına taşınması	38
Şekil 17. Projeksiyon perde iskeletinin laboratuvara taşınması.....	39
Şekil 18. Perde kaplamasında kullanılacak vinil malzemenin kesim işlemi.....	39
Şekil 19. Vinil kaplama malzemesinin perde üzerindeki eğimli yüzeye montajı	40
Şekil 20. Projeksiyon cihazları için taşıyıcı sehpanın üretimi	40
Şekil 21. Simülasyon aracındaki gaz ve fren pedallarına yönelik kalibrasyon işlemleri	41
Şekil 22. Potansiyometre tabanlı pedal mekanizmasında pedallara uygulanan kuvvetin ölçülmesi amacıyla kurulan dinamometre sistemi.....	42
Şekil 23. Dinamometre sistemiyle pedallara uygulanan kuvvetin dijital sinyallere dönüştürülerek simülasyon yazılımına aktarılması süreci.....	42
Şekil 24. Ön lastiklerine dört adet metal yönlendirme çubuğunun monte edilmesi	43
Şekil 25. Ön lastikleri birbirine bağlayan halat montajı	43
Şekil 26. Direksiyon hareketine bağlı olarak çelik halatın hareketlerini algılayan makara sistemi	44
Şekil 27. Halat hareketlerini algılayan makara sisteminin aracın ön bölümüne montajı	45
Şekil 28. Makara sisteminin şasiye sabitlenmesini sağlayan özel montaj aparatı	45

Şekil 29. Anket doldurma masası ve anket bilgisayarları	47
Şekil 30. Simülatör dinamik etkileşimlerin kurulum aşamaları	48
Şekil 31. Unreal Engine 5 yazılımı ile oluşturulan görüntü	48
Şekil 32. Kurulum aşaması tamamlanan laboratuvar	49
Şekil 33. Sürüş parkuru ve senaryoların güzergâh üzerindeki dağılımı	50
Şekil 34. Senaryo 1'in güzergâh üzerindeki gösterimi	51
Şekil 35. Yaya geçidi senaryosuna ilişkin şematik çizim ve simülatör ortamından elde edilen ekran görüntüsü	52
Şekil 36. Yeşil dalga senaryosuna ilişkin şematik kavşak çizimi ve simülasyon ortamından elde edilen ekran görüntüleri	54
Şekil 37. İkilem bölgesi senaryosuna ilişkin geçiş kararlarının mesafeye göre sınıflandırıldığı şematik görsel	54
Şekil 38. Karayolu katılma şeridine ilişkin senaryo düzeni ve simülasyon ortamından elde edilen görsel	56
Şekil 39. Karayolu katılma şeridi senaryosuna ilişkin şematik çizim ve simülasyon ortamından elde edilen ekran görüntüsü	56
Şekil 40. Hız koridoru senaryosuna ilişkin güzergâh düzenlemesi ile sabit radar, uyarı levhası ve koridor başlangıç/bitiş noktalarını gösteren simülasyon görselleri	57
Şekil 41. Hız koridoru senaryosunda EDS noktaları, bunalma bölgesi ve önerilen sabit radar konumu	58
Şekil 42. Senaryo 1 ve Senaryo 4 arasında ortalama hız ve diğer değişkenler için aykırı değerlerin görselleştirilmesi	59
Şekil 43. Aykırı değerlerin çıkarılması sonrası düzeltilmiş veri setinin boxplot görünümü	60
Şekil 44. Sürücü kimliği öz değerlendirmelerinin yaş grubuna göre dağılımını gösteren etkileşimli grafik	66
Şekil 45. Kullanılan araç tiplerine ilişkin yanıtların yaş grubuna göre dağılımını gösteren etkileşimli grafik	68
Şekil 46. Ağır araç yoğunluğunun hız üzerindeki etkisine ilişkin görüşlerin yaş grubuna göre dağılımını gösteren etkileşimli grafik	69
Şekil 47. Yaya geçidi uyarı levhalarının yeterliliğine ilişkin görüşlerin yaş grubuna göre dağılımını gösteren etkileşimli grafik	70
Şekil 48. Hız koridorunda sürüşe ilişkin sıkıcılık algısı düzeylerinin yaş grubuna göre etkileşim grafiği	72

Şekil 49. Elektronik denetleme sisteminin hız azaltmadaki etkisine ilişkin değerlendirmelerin yaş grubuna göre etkileşim grafiği.....	73
Şekil 50. Katılma şeridinden çıkan araçların sürüş disiplini ve kaza riski üzerindeki etkisine ilişkin değerlendirmelerin yaş grubuna göre etkileşim grafiği	74
Şekil 51. Sürüş testini sorunsuz gerçekleştirme durumlarına ilişkin değerlendirmelerin yaş grubuna göre etkileşim grafiği.....	76
Şekil 52. Sürüş öncesi veya sonrası fiziksel rahatsızlık hissine ilişkin değerlendirmelerin yaş grubuna göre etkileşim grafiği.....	77
Şekil 53. 3d modellemelerin gerçekçiliğine ilişkin değerlendirmelerin yaş grubuna göre etkileşim grafiği.....	78
Şekil 54. Senaryo içi gerçeklik algısı ve sürüş davranışı düzeylerinin yaş grubuna göre etkileşim grafiği.....	79
Şekil 55. Senaryo içindeki trafik akımı gerçekliğine ilişkin değerlendirmelerin yaş grubuna göre etkileşim grafiği.....	80
Şekil 56. “Yayalara yol vermek için duran araçlar yayaları görmemi engelledi” ifadesine verilen yanıtların yaş grubuna göre etkileşim grafiği	82
Şekil 57. Yaya geçidi tabelalarını fark etme düzeylerine ilişkin değerlendirmelerin yaş grubuna göre etkileşim grafiği	83
Şekil 58. Sol şeritteki araçların yayalara yol vermesinin tehlike oluşturup oluşturmadığına ilişkin değerlendirmelerin yaş grubuna göre etkileşim grafiği.....	84
Şekil 59. Yeşil dalga sisteminin sürüş hızlarına etkisine ilişkin değerlendirmelerin yaş grubuna göre etkileşim grafiği	85
Şekil 60. Yeşil dalga sisteminde kırmızı ışıktaki beklememek için hız artırma eğilimlerinin yaş grubuna göre etkileşim grafiği.....	86
Şekil 61. Yeşil dalga sistemine güvenerek hız ayarlama davranışına ilişkin değerlendirmelerin yaş grubuna göre etkileşim grafiği.....	87
Şekil 62. Radar aracını beklenmedik bir unsur olarak değerlendirme düzeylerinin yaş grubuna göre etkileşim grafiği.....	88
Şekil 63. Anlık hız ölçen radar uygulamasının doğruluğuna ilişkin değerlendirmelerin yaş grubuna göre etkileşim grafiği.....	90
Şekil 64. Ortalama hız koridoru hakkında bilgi sahibi olma düzeylerinin yaş grubuna göre etkileşim grafiği.....	91
Şekil 65. Katılma şeridinden yaklaşan araçlara ilişkin tedirginlik düzeylerinin yaş grubuna göre etkileşim grafiği.....	92

Şekil 66. Katılma şeridi öncesi uyarıcı levhaların yeterliliğine ilişkin değerlendirmelerin yaş grubuna göre etkileşim grafiği.....	93
Şekil 67. Katılma şeridinden yaklaşan araçların şerit disiplinine etkisine ilişkin değerlendirmelerin yaş grubuna göre etkileşim grafiği.....	94
Şekil 68. Katılma bölgelerinde yoğun araç çıkışının sürüş davranışı ve şerit disiplinine etkisine ilişkin değerlendirmelerin yaş grubuna göre etkileşim grafiği.....	95
Şekil 69. Genç, orta yaşlı ve yaşlı sürücülere ait davranışsal boyutların radar grafik ile karşılaştırılması.....	97
Şekil 70. Araç kullanma becerisi öz değerlendirmelerinin cinsiyete göre dağılımı	100
Şekil 71. Sürücü kimliği öz değerlendirmelerinin cinsiyete göre dağılımı.....	101
Şekil 72. Trafik kazası deneyimlerine ilişkin yanıtların cinsiyete göre dağılımı.....	103
Şekil 73. Sürücülerin karayolunda hızlı seyretme durumuna ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı.....	104
Şekil 74. Ağır araç yoğunluğunun hız üzerindeki etkisine ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı.....	105
Şekil 75. Yaya geçidi uyarı levhalarının yeterliliğine ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı.....	106
Şekil 76. Yaya geçidinde hız azaltma davranışına ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı.....	108
Şekil 77. Yayaya yol veren araçlara yaklaşırken dikkatli sürüş davranışına ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı	109
Şekil 78. Sürüş testini sorunsuz tamamlama durumuna ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı.....	110
Şekil 79. Sürüş öncesi ve sonrası fiziksel rahatsızlık durumuna ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılım.....	112
Şekil 80. Simülatörü gerçek araç hissiyle deneyimleme düzeyine ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı.....	113
Şekil 81. 3D modellemelerin gerçekçiliğine ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı.....	114
Şekil 82. Senaryoya odaklanma ve gerçek sürüş davranışı düzeyine ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı.....	116
Şekil 83. Trafik akımı gerçekliğine ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı.....	117
Şekil 84. Yayalara yol veren araçların görüş engelleme durumuna ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı.....	119

Şekil 85. Yaya geçidi tabelalarını fark etme düzeyine ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı.....	120
Şekil 86. Sol şeritte yayaya yol verme davranışının tehlike oluşturma durumuna ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı	122
Şekil 87. Yeşil dalga sisteminin hız üzerindeki etkisine ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı.....	123
Şekil 88. Kırmızı ışıktaki beklememek için hız artırma davranışına ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı.....	124
Şekil 89. Yeşil dalga sistemine güvenerek hız ayarlama davranışına ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı	125
Şekil 90. Radar aracının beklenmedikliği algısına ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı.....	127
Şekil 91. Anlık hız ölçen radar uygulamasının doğruluğuna ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı.....	128
Şekil 92. Hız dengeleme davranışına ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı	130
Şekil 93. Ortalama hız koridoru bilgisine ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı ...	131
Şekil 94. Katılma şeridinden gelen araçların oluşturduğu tedirginliğe ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı	133
Şekil 95. Katılma şeridi öncesi uyarı levhalarının yeterliliğine ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı.....	134
Şekil 96. Katılma şeridinden gelen araçların şerit disiplinine etkisine ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı	136
Şekil 97. Katılma bölgelerinde yoğun araç çıkışının sürüş ve şerit disiplinine etkisine ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı	138
Şekil 98. Simülatör deneyimine ilişkin değerlendirme alanlarının cinsiyete göre dağılımı.....	141
Şekil 100. Sürüş öncesi anket soruları ile senaryo bazlı ani yavaşlama davranışları arasındaki korelasyon matrisi	147
Şekil 101. Senaryo 3 katılma sürüş öncesi demografik özellikler ve sürücü profil korelasyon matrisi.....	148
Şekil 102. Senaryo 4 hız koridoru sürüş öncesi demografik özellikler ve sürücü profil korelasyon matrisi.....	150
Şekil 103. Anket soruları ve senaryo 1 ile ilgili algı korelasyon matrisi	151
Şekil 104. Anket soruları ile Senaryo 2 sürüş davranışları korelasyon matrisi.....	152

Şekil 105. Senaryo 3 sürüş sonrası anket soruları ile sürüş performansı değişkenleri arasındaki Pearson korelasyon matrisi	153
Şekil 106. Senaryo 4 sürüş sonrası anket soruları ile sürüş performansı değişkenleri arasındaki Pearson korelasyon matrisi	155
Şekil 107. Senaryolar arasında ortalama hız dağılımlarının karşılaştırılması.....	164
Şekil 108. Senaryo 1 için sürücülerin ortalama hız dağılımı	166
Şekil 109. Senaryo 2 için ortalama hız dağılımının histogram ve yoğunluk grafiği.....	167
Şekil 110. Senaryo 3 için sürücülerin ortalama hız dağılımı	168
Şekil 111. Senaryo 4 için sürücülerin ortalama hız dağılımı	169
Şekil 112. Farklı trafik senaryolarında şerit değişim sayılarının dağılımsal karşılaştırması.....	172
Şekil 113. Farklı trafik senaryolarında ani yavaşlama sayılarının dağılımsal karşılaştırması (Boxplot)	175
Şekil 114. Eğitim düzeyine göre ortalama hız, ani hızlanma, ani yavaşlama ve toplam olay sayısına ilişkin davranışsal performans dağılımları.....	177
Şekil 115. Yol orta eksenine ile simülatör uygulaması sonucu eksen sapması(x-y)	179
Şekil 116. Sürücü 1 ve sürücü 2 ye ait similatör sürüş verilerinin x eksenindeki yatay sapmaları.....	180
Şekil 117. Sürücü 1 ve sürücü 2 için similatörün Y eksenindeki yatay sapmaları	181
Şekil 118. Sürücü 1, sürücü 5 ve sürücü 11 in ortalama hız dağılım grafiği	183
Şekil 119. Üç farklı trafik senaryosuna göre sürücülerin konumsal performanslarının x-y ekseninde yüzeysel görselleştirilmesi	185
Şekil 120. Simülatör ortamında sürücünün X ve Y koordinatlarına göre pozisyonel değişim grafiği.....	186
Şekil 121. Yapay sinir ağı modeli ile elde edilen tahmin serisinin, gerçek ortalama hız değerleriyle karşılaştırılması.....	187
Şekil 122. Makine öğrenmesi ile elde edilen sürücü risk sınıflandırma modellerinin Accuracy ve F1-Score performans karşılaştırmaları (eğitim ve test verisi üzerinden).	191

EKLER DİZİNİ

Ek 1. Sürüş öncesi anket formu	230
Ek 2. Sürüş sonrası anket formu	232



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AB	: Avrupa Birliği
ACC	: Adaptif hız sabitleyici
BM	: Birleşmiş Milletler
CC	: Hız sabitleyici
CNN	: Convolutional Neural Networks
ÇDR	: Çok değişkenli istatistiksel analiz
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
DES	: Ayırık olay mikro simülasyonu
DSS	: Karar destek sistemi
EDS	: Elektronik hız denetleme sistemi
KSS	: Karolinska yorgunluk ölçeği
KGM	: Karayolları Genel Müdürlüğü
KDY	: Karayolu Denetim İstasyonları
ITS	: Akıllı Ulaşım Sistemleri
MA2C	: Multi-agent Advantage actor-critic
ML	: Makine öğrenme
RLVW	: Kırmızı ışık ihlali uyarı sistemi
TEN-T	: Trans Avrupa Ulaştırma Ağı
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
VRNN	: Değişkenli tekrarlayan sinir ağı
YİD	: Yap işlet devret
YSA	: Yapay sinir ağları

1. GİRİŞ

Ulaştırma ekonomik, sosyal, kültürel ve askeri faaliyetler açısından yaşamsal önemdedir (Arap, 2020). İnsanın çevresi ile ilişki kurmasında, sahip olduğu bilgi, sermaye, mal ve hizmetlerin bir yerden başka bir yere taşınmasında rol oynayan unsurların başında ulaşım gelir (Deniz, 2016). Ekonomik kalkınmanın ve refahın gelişmesinde büyük rolü olan karayolu taşımacılığı, başlı başına bir ekonomik faaliyet olduğu gibi diğer sektörlerle de yakın ilişkisi olan ve bu sektörleri olumlu veya olumsuz yönde etkileyen bir hizmet alanıdır (Şendağ, 2015). Kentlerin morfolojik yapılarının şekillenmesinde yönlendirici bir unsur olan ulaşım altyapısı, mekânsal planlama süreçlerinde temel bir referans eksenini olarak değerlendirilmektedir (Ayhan, 2024a). Şehirlerin mekânsal ve işlevsel yapılarının oluşumunda ulaşım sistemlerinin temel bir rol oynadığı, kentsel alan kullanımının ve ekonomik faaliyetlerin dağılımında ulaşım ağlarının belirleyici faktörlerden biri olduğu belirtilmiştir (Hayır, 2020). Hızlı kentleşme sürecinde taşıt sahipliğinin sürekli artış eğiliminde olması dolayısıyla hareketliliğin çoğalması, karayollarındaki taşıt kullanımını ve yapılan karayolu yatırımlarını daha da artırmıştır (Topçu ve Çoruh, 2022a).

Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda (2001-2005), karayolu taşımacılığının yolcu ulaşımında başlangıç ve varış noktaları, yük taşımacılığında ise üretim ve tüketim merkezleri arasında doğrudan ve aktarmasız hizmet sunabilmesi; taşıma kapasitesi ve güzergâh seçiminde sağladığı esneklik gibi avantajlarıyla ön plana çıktığı, ayrıca diğer taşıma modlarına tamamlayıcı olması nedeniyle Türkiye'de diğer ulaştırma türlerine kıyasla daha hızlı gelişme gösterdiği ifade edilmiştir. Türkiye, doğu-batı arasında doğal bir köprü oluşturan ve transit taşımacılığa elverişli coğrafi yapısıyla karayolu ulaştırmasında rekabet gücü yüksek bir ülke konumundadır (Keser vd, 2018).

Türkiye, tarih boyunca birçok medeniyete ev sahipliği yapmış olması ve farklı kültürleri birbirine bağlayan kadim ulaşım yollarını bünyesinde barındırması nedeniyle coğrafi olarak istisnai bir konuma sahiptir. Doğu ile batı, güneydoğu ile kuzeybatı ekseninde yer alması, Asya, Avrupa ve Afrika kıtalarının kesişiminde bulunması ve küresel geçiş güzergâhları üzerinde konumlanması, ülkeyi yalnızca tarihsel değil, aynı zamanda günümüzde de jeopolitik ve jeostratejik bakımdan öncelikli bir merkez hâline getirmiştir. Bu bağlamda, Türkiye'nin ulaşım altyapılarına ve bölgesel ağlarına verdiği önem, yalnızca ekonomik gelişim değil, aynı zamanda uluslararası siyasi dengeyi etkileyen bir stratejik gereklilik olarak öne çıkmaktadır (Kaya, 2021).

1.1.Türkiye Cumhuriyeti Karayollarındaki Genel Durum

Türkiye’de yıllara göre izlenen yol politikalarının tarihi gelişimi incelendiğinde, 1923 yılında erişilebilirlik sağlayan yolların, 1950 yılında yaz-kış geçit verebilen yolların, 1960 yılında asfalt sathi kaplamalı yolların, 1970 yılında bitümlü sıcak karışım kaplamalı yolların, 1985 yılında otoyolların, 2003 yılında bölünmüş yolların ve 2013 yılında ise akıllı yollar ile yap-işlet-devret (YİD) modeliyle gerçekleştirilen büyük projelerin ön plana çıktığı görülmektedir (Karayolları Genel Müdürlüğü, 2021). Karayollarının yönetsel açıdan tarihi gelişimi incelendiğinde, 1925 yılında Yol Mükellefiyeti Kanunu’nun çıkarıldığı, 1929 yılında Şose ve Köprüler Kanunu’nun kabul edildiği, 1934 yılında Şose ve Köprüler Reisliğinin kurulduğu, 1937-1938 yılları arasında 1. derecede önemli 22 bin kilometrelik karayolu ağı programının hazırlanarak uygulamaya alındığı, 1939 yılında ilk Karayolları Bölge Müdürlüklerinin oluşturulduğu, ayrıca İran Transit Yolu inşasının ve İzmir, İstanbul, Mersin gibi merkezlerde bölge müdürlüklerinin açıldığı, 1948 yılında yol yapımında makinalı çalışmaya geçildiği ve 1950 yılında T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü’nün kurulduğu görülmektedir (Çetin vd., 2011).

Cumhuriyet’in ilk döneminde (1923–1948), Osmanlı Devleti’nden devralınan sınırlı kara yolu altyapısı nedeniyle, ulaşım politikaları ülkenin sosyoekonomik koşullarına paralel biçimde büyük ölçüde demiryolu öncelikli olarak şekillendirilmiş; bu süreçte karayolu yatırımları oldukça sınırlı düzeyde kalmıştır (Ayhan, 2024b). Deniz (2016) çalışmasında, Türkiye’de planlı dönemle birlikte ulaşımında karayolunun ön plana çıktığını, denizyolu taşımacılığının ise 1980’li yıllardan itibaren gelişmeye başlamasına rağmen istenilen seviyeye ulaşamadığını belirtmiştir. 1950 yılında kurulan Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM), kuruluş yıllarında ülkenin her bölgesine ulaşım sağlama hedefiyle çalışmalar başlatmış, düşük motorlu taşıt trafiği nedeniyle yüksek standartlı yol yapımına başlangıçta sınırlı ihtiyaç duyulmuş, 1950-1960 yılları arasında ise temel toplumsal hizmetlerin ulaştırılabilmesi amacıyla yollar yıl boyunca geçit verecek şekilde iyileştirilmiş ve 1960’lı yıllarda 60.000 kilometrelik yol ağına ulaşılmıştır (KGM, 2022a).

1980’lerde, otoyol hamlesi hız kazanmış ve Fatih Sultan Mehmet Köprüsü de dâhil olmak üzere birçok önemli otoyol projesi tamamlanmıştır. 1990’larda ise Türkiye’nin otoyol ağı önemli ölçüde genişletilmiştir. 2003 yılında başlatılan Acil Eylem Planı ile bölünmüş yol çalışmalarına hız verilmiş ve ulusal ağ bütünlüğü sağlanmıştır. 2007 yılında Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı’na bağlanan KGM, yeni kanunlar ve kararname ile yeniden yapılandırılmıştır. 2010’lu yıllarda YİD modeliyle

finansman sağlanarak Osmangazi Köprüsü, Yavuz Sultan Selim Köprüsü, Kuzey Marmara Otoyolu gibi büyük projeler hayata geçirilmiştir. 2022 yılında 1915 Çanakkale Köprüsü hizmete açılarak Çanakkale Boğazı üzerinde ilk kez kesintisiz karayolu bağlantısı sağlanmıştır (KGM, 2024a)

1.2. KGM'nin Sorumluluğu ve Karayolu Ağı

1950 yılında kurulan KGM, kuruluş yıllarında ülkenin otoyol, devlet ve il yolları ağını belirlemek ve bu ağdaki değişiklikleri planlamak, yol ve köprülerin yapımı, bakımı ve güvenli kullanımını sağlamak, gerekli tesis ve donanımları inşa ederek işletmek, taşınmaz mallar üzerinde tasarrufta bulunmak ve yol kullanım esaslarını tespit etmek gibi çok yönlü görevler üstlenmektedir (Aydın vd., 2018).

Türkiye'nin otoyol, devlet ve il yolları ağını belirlemek ve bu ağ üzerindeki değişiklikleri planlamakla KGM sorumludur. Otoyollar, yüksek standartlara sahip, kontrollü erişim sağlayan ve hızlı seyahat imkânı sunan yollar olarak tanımlanmaktadır. Devlet yolları, transit trafiği illere ve limanlara kesintisiz ulaştıran ana karayolları iken, il yolları devlet yollarına erişim sağlamaktadır. Türkiye'nin otoyol ağı uzunluğu 2003 yılında 714 km iken, son 21 yılda eklenen 2.012 km ile toplam 3.726 km'ye ulaşmıştır. Bu ağın 2.282 km'si milli bütçe ile, 1.444 km'si ise Yap-İşlet-Devret modeliyle gerçekleştirilmiştir (KGM, 2022b).

2003 yılı öncesinde mevcut olan 6.101 km uzunluğundaki bölünmüş yol ağı ile yalnızca 6 il birbirine bağlıyken, 2023 yılı itibarıyla yapılan 23.272 km yeni yol ile toplam bölünmüş yol ağı 29.373 km'ye ulaşmış ve 77 il bölünmüş yollarla birbirine bağlanmıştır. Bölünmüş yollar sayesinde trafik kazalarında hayatını kaybeden kişi sayısında %81 oranında bir azalma sağlanmış, yıllık 672 milyon saat zaman ve 2.231 milyon litre akaryakıt tasarrufu elde edilmiş ve toplamda 102 milyar 65 milyon TL ekonomik fayda yaratılarak emisyon salınımı 5,2 milyon ton azaltılmıştır (KGM, 2022c). 2003-2023 yılları arasında yürütülen köprü yapım çalışmaları kapsamında Türkiye'de toplam 463 kilometre uzunluğunda 3.904 köprü inşa edilmiş, böylece ülkedeki toplam köprü sayısı 9.871'e, toplam köprü uzunluğu ise 774 kilometreye ulaşmıştır. 2003 yılı öncesinde 311 kilometre olan köprü ve viyadük uzunluğu, %149 oranında artarak 2023 yılı itibarıyla 774 kilometreye yükselmiştir. Ayrıca bu süreçte 1.480 köprü onarılmış ve 447 tarihi köprünün restorasyonu tamamlanmıştır. 2023 yılı içerisinde ise 29,6 kilometre uzunluğunda yeni köprü yapımı gerçekleştirilmiştir (KGM, 2022d).

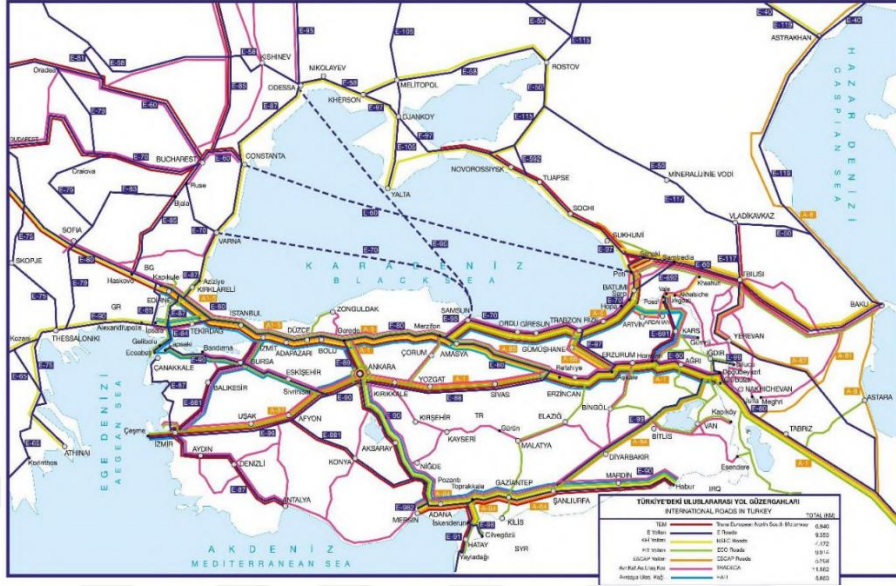
2003-2023 yılları arasında yürütülen tünel yapım çalışmaları kapsamında toplam 703 km uzunluğunda 412 tünel inşa edilmiş, böylece Türkiye’deki toplam tünel sayısı 495’e, toplam tünel uzunluğu ise 753 km’ye ulaşmıştır. 2023 yılı içerisinde ise 42,5 km uzunluğunda tünelin yapımı tamamlanmıştır (KGM, 2022e). Türkiye Cumhuriyeti’nin yıllara göre karayolu ağı km uzunlukları Tablo 1’ de verilmiştir.

Tablo 1. Yıllara göre karayolu ağı (KGM, 2024).

Yıl	Otoyollar (km)	Devlet Yolları (km)	İl Yolları (km)	Toplam (km)
2000	1.674	31.397	29.693	62.764
2001	1.696	31.376	29.929	63.001
2003	1.753	31.358	30.133	63.244
2004	1.662	31.446	30.368	63.476
2005	1.667	31.371	30.568	63.606
2006	1.908	31.335	30.429	63.672
2007	1.908	31.333	30.579	63.820
2008	1.922	31.311	30.712	63.945
2009	2.036	31.271	30.948	64.255
2010	2.080	31.395	31.390	64.865
2011	2.119	31.372	31.558	65.049
2012	2.127	31.375	31.880	65.382
2013	2.244	31.341	32.155	65.740
2014	2.278	31.280	32.474	66.032
2015	2.282	31.213	33.065	66.560
2016	2.542	31.106	33.513	67.161
2017	2.657	31.066	33.896	67.619
2018	2.842	31.021	34.153	68.016
2019	3.060	31.006	34.165	68.231
2020	3.523	30.974	34.136	68.633
2021	3.532	30.965	34.029	68.526
2022	3.633	30.940	34.116	68.689
2023	3.726	30.864	34.064	68.654

Türkiye’nin Avrupa Birliği’ne (AB) uyum süreci kapsamında, özellikle ‘Çevre’, ‘Trans-Avrupa Ağları’, ‘Malların Serbest Dolaşımı’ ve ‘İstatistik’ gibi müzakere başlıklarında, AB müktesebatına uyumlaştırılmış mevzuatın uygulanmasından sorumlu kamu kurumlarının yetki ve görev tanımları yeniden yapılandırılmış; bu kapsamda ilgili bakanlıklar, kurumlar arası koordinasyon ve izleme sorumluluğunu üstlenmiştir (Can ve Durmaz, 2021). Türkiye’nin AB’ne üyeliği halinde, ülke Trans-Avrupa Ulaştırma Ağı (TEN-T) sistemine tam olarak entegre olacak ve bu entegrasyon, Türkiye’yi Avrasya ölçeğinde stratejik bir lojistik ulaşım üssü konumuna yükseltecektir (Şekil 1). Bu doğrultuda, KGM, TEN-T Karayolu Ağının güvenliğini artırmaya yönelik çeşitli uygulama projeleri yürütmektedir (Şekil 2). Buna ek olarak, 2018 yılında başlatılan ve Avrupa Komisyonu destekli olan *Infra4Dfuture* (geleceğin altyapısı) projesi kapsamında, Türkiye’nin ulaşırma altyapısının sürdürülebilirlik, güvenlik ve

dijitalleşme hedefleri doğrultusunda yenilenmesine yönelik çalışmalar sürdürülmektedir (UAB, 2021).



Şekil 1. Türkiye’deki uluslararası karayolu güzergâhları (KGM, 2024).



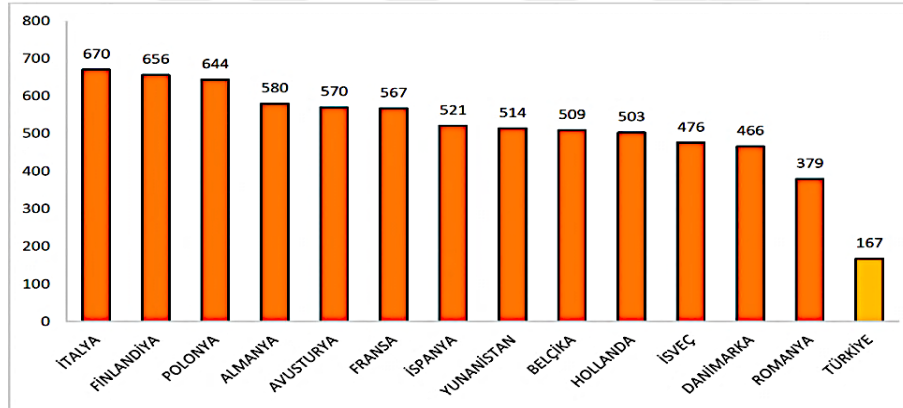
Şekil 2. Türkiye Trans-Avrupa (TEN-T) karayolu ağı (KGM, 2024).

1.3. Karayolu Kazaları ve Trafik Güvenliği

Mevcut eğilimler, otomobil sahipliğinde her yıl artış yaşandığını göstermektedir. Bu doğrultuda, karayolu altyapısının hem mevcut hem de gelecekteki trafik taleplerini karşılayabilecek şekilde geliştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, karayollarının diğer ulaşım türleriyle uyumlu bir şekilde geliştirilmesi, taşıma maliyetlerini düşürecek ve ağır taşıtların yol üstyapısında neden olduğu hasarı azaltarak hizmet kalitesini ve sektörün ekonomik kalkınmaya katkısını artıracaktır (KGM, 2024c). Trafik kazaları, dünya genelinde karayolu ulaşımının en önemli güvenlik sorunlarından biri olarak kabul edilmektedir (WHO, 2018). Türkiye’de 1.000 kişiye düşen otomobil sayısının 167 gibi görece düşük bir düzeyde kalması, ülkede motorlu

taşıt sahipliğinin henüz yaygınlık veya doygunluk eşiğine ulaşmadığını ortaya koymaktadır (TÜİK, 2022). Bu durum, önümüzdeki yıllarda bireysel otomobil sahipliğinin artmaya devam edeceğine ve karayolu trafiğinde taşıt yoğunluğunun önemli ölçüde artış göstereceğine işaret etmektedir. Hâlihazırda mevcut karayolu altyapısı ve trafik yönetim sistemleri, artan taşıt sayısına karşı yeterli düzeyde etkinlik gösterememekte; bu da kent içi ulaşımında gecikmeler, kapasite aşımı, trafik güvenliği sorunları ve çevresel etkiler gibi çok boyutlu sorunlara neden olmaktadır. Motorlu taşıt sahipliğinin gelişmiş ülkelerdeki oranlara yakınsaması durumunda, yalnızca mevcut altyapının yetersizliği değil, aynı zamanda trafik yönetimi ve düzenleme sistemlerinin de etkinliğinin artırılması gerekliliği daha belirgin hale gelecektir. Bu durum, ulaşım sistemlerinin kapsamlı biçimde yeniden planlanmasını ve bütünleşmiş bir trafik yönetimi yaklaşımının benimsenmesini zorunlu kılacaktır. Şekil 4'te, bazı Avrupa ülkelerinde 1.000 kişiye düşen otomobil sayıları karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Bazı Avrupa Ülkelerinde bin kişiye düşen otomobil sayıları Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Bazı Avrupa ülkelerinde bin kişiye düşen otomobil sayıları (KGM, 2024).

Topçu ve Çoruh (2022), trafik kazalarının çoğunlukla beklenmedik, rastlantısal biçimde meydana gelen talihsiz olaylar olarak kabul edildiğini ve kaza kavramının en az bir hareketli araç ile en az bir kazazedenin bir kamu yolunda karıştığı olayı ifade ettiğini belirtmişlerdir. Dünya Sağlık Örgütü'nün (DSÖ) yayımladığı 2023 tarihli küresel trafik güvenliği raporuna göre, dünya genelinde her yıl yaklaşık 1,19 milyon kişi trafik kazaları sonucu yaşamını yitirmektedir (WHO, 2023). Trafik kazaları, özellikle 5 ila 29 yaş arasındaki bireyler için başlıca ölüm nedenlerinden biri olmaya devam etmektedir. Raporda, düşük gelirli ülkelerde trafik kazalarından kaynaklanan ölüm oranlarının yüksek gelirli ülkelere göre üç kat daha fazla olduğu vurgulanmaktadır. Bölgesel dağılım açısından bakıldığında, 100.000 kişi başına düşen trafik kaynaklı ölüm oranı en yüksek bölge Afrika (19,2), en düşük bölge ise Avrupa'dır (4,8). Trafik kazalarında

hayatını kaybedenlerin %26'sını yayalar ve bisikletliler, %28'ini ise motosiklet sürücüleri ve yolcular oluşturmaktadır. Ayrıca, küresel trafik kazası ölümlerinin yaklaşık %44'ü Afrika kıtasında, %36'sı ise Doğu Akdeniz bölgesinde meydana gelmektedir (EGM, 2024). 1923 yılında kurulan Türkiye Cumhuriyeti'nde trafik güvenliğini artırmak amacıyla Birleşmiş Milletler ve diğer uluslararası kuruluşların rehberliğinde hazırlanan 2021–2030 Karayolu Trafik Güvenliği Strateji Belgesi, trafik kazalarına bağlı ölümleri ve ciddi yaralanmaları %50 oranında azaltmayı, 2050 yılına kadar ise sıfır can kaybı hedefiyle sürdürülebilir bir trafik güvenliği seviyesi oluşturmayı amaçlamaktadır. 2022 yılı verilerine göre, Türkiye genelinde toplam 1.232.957 trafik kazası meydana gelmiş olup, bu kazalardan 197.261'i ölümlü veya yaralanmalı olarak kayıtlara geçmiş; 5.229 kişi hayatını kaybetmiş ve 288.696 kişi yaralanmıştır (T.C. İçişleri Bakanlığı, 2021). Yıllara göre motorlu taşıt, nüfus ve ölü sayısındaki değişimler Tablo2'de, yıllara göre karayolu trafik kazaları Tablo3'te verilmiştir.

Tablo 2. Yıllara göre karayolu trafik kazaları (KGM, 2024).

Yıl	Toplam Kaza Sayısı	Ölümlü, Yaralanmalı Kaza Sayısı	Maddi Hasarlı Kaza Sayısı	Ölü Sayısı			Yaralı Sayısı
				Kaza yerinde	Kaza sonrası	Toplam	
2003	455.637	67.031	388.606	3.946	-	-	118.214
2004	537.352	77.008	460.344	4.427	-	-	136.437
2005	620.789	87.273	533.516	4.505	-	-	154.086
2006	728.755	96.128	632.627	4.633	-	-	169.080
2007	825.561	106.994	718.567	5.007	-	-	189.057
2008	950.120	104.212	845.908	4.236	-	-	184.468
2009	1.053.345	111.121	942.224	4.324	-	-	201.380
2010	1.105.201	116.804	988.397	4.045	-	-	211.496
2011	1.228.928	131.845	1.097.083	3.835	-	-	238.074
2012	1.296.634	153.552	1.143.082	3.750	-	-	268.079
2013	1.207.354	161.306	1.046.048	3.685	-	-	274.829
2014	1.199.010	168.512	1.030.498	3.524	-	-	285.059
2015	1.313.359	183.011	1.130.348	3.831	3.699	7.530	304.421
2016	1.182.491	185.128	997.363	3.493	3.807	7.300	300.812
2017	1.202.716	182.669	1.020.047	3.534	3.893	7.427	300.383
2018	1.229.364	186.532	1.042.832	3.368	3.307	6.675	307.071
2019	1.168.144	174.896	993.248	2.524	2.949	5.473	283.234
2020	983.808	150.275	833.533	2.197	2.669	4.866	226.266
2021	1.186.353	187.963	998.390	2.421	2.941	5.362	274.615
2022	1.232.957	197.261	1.035.696	2.282	2.947	5.229	288.696

Tablo 3. Yıllara göre motorlu taşıt, nüfus ve ölü sayısındaki değişimler (KGM, 2024).

Yıllar	Motorlu kara taşıtı sayısı	2013 yılına göre değişim (%)	Nüfus	2013 yılına göre değişim (%)	Ölü sayısı (kaza yerinde)	Ölü sayısı (kaza sonrası)	Toplam ölen sayısı	2013 yılına göre değişim (%) (kaza Yeri ölü sayısı)
2013	17.939.447	-	76.667.864	-	3.685	-	3.685	-
2014	18.828.721	5.0%	77.695.904	1.3%	3.524	-	3.524	-4.4%
2015	19.994.472	11.5%	78.741.053	2.7%	3.831	3.699	7.530	4.0%
2016	21.090.424	17.6%	79.814.871	4.1%	3.493	3.807	7.300	-5.2%
2017	22.218.945	23.9%	80.810.525	5.4%	3.534	3.893	7.427	-4.1%
2018	22.865.921	27.5%	82.003.882	7.0%	3.368	3.307	6.675	-8.6%
2019	23.156.975	29.1%	83.154.997	8.5%	2.524	2.949	5.473	-31.5%
2020	24.144.857	34.6%	83.614.362	9.1%	2.197	2.669	4.866	-40.4%
2021	25.249.119	40.7%	84.680.273	10.5%	2.421	2.941	5.362	-34.3%
2022	26.482.847	47.6%	85.279.553	11.2%	2.282	2.947	5.229	-38.1%

2013–2022 dönemine ilişkin veriler incelendiğinde, Türkiye’de motorlu kara taşıtı sayısının 10 yıllık süreçte %47.6 oranında artarak yaklaşık 17.9 milyondan 26.5 milyona yükseldiği görülmektedir. Aynı dönemde ülke nüfusu da %11.2 oranında artarak 76.6 milyondan 85.2 milyona ulaşmıştır. Bu artışlara rağmen, trafik kazalarında kaza yerinde hayatını kaybeden kişi sayısı 2013 yılında 3.685 iken, 2022 yılında bu sayı %38.1 azalarak 2.282’ye düşmüştür. Bu durum, taşıt yoğunluğundaki belirgin artışa karşın, trafik güvenliği açısından olumlu bir gelişmeye işaret etmektedir. Ancak toplam ölüm sayısı (kaza yeri + kaza sonrası) açısından bakıldığında, 2015–2018 döneminde toplam ölümlerin 7.000’in üzerinde seyrettiği, buna karşın 2019 sonrasında düşüş eğilimine girerek 2022 yılında 5.229’a kadar gerilediği gözlemlenmektedir (TUIK, 2022). Bu, hem acil müdahale süreçlerinin hem de kaza sonrası sağlık hizmetlerinin etkinliğinde gelişmeler olabileceğine işaret etmektedir. Ayrıca, kaza yeri ölümlerinin azalma eğilimi, Türkiye’de uygulamaya konan trafik güvenliği stratejilerinin, altyapı iyileştirmelerinin, denetim uygulamalarının ve farkındalık kampanyalarının olumlu etkilerini yansıtmaktadır. Özellikle 2021–2030 Karayolu Trafik Güvenliği Strateji Belgesi gibi politika belgelerinin sahada karşılık bulduğu söylenebilir.

Bayata ve Hattatoğlu (2011) yaptıkları çalışmada trafik kazalarını yapay sınır ağları ve çok değişkenli zaman serileri yöntemleri kullanarak modellemiş ve araç sayısının, trafik kazaları üzerinde nüfustan daha güçlü bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymuşlardır. Trafik kazalarının oluşumunda birçok unsur rol oynamakla birlikte, yolun geometrik özellikleri başlıca belirleyici faktörlerden biridir. Yol tasarımı ve fiziksel yapısı, sürücü davranışlarını doğrudan etkileyerek kaza riskini şekillendirmektedir. Örneğin, kurplu veya eğimli yol kesimleri sürücülerini daha dikkatli olmaya zorlamakta; ancak bu durum aynı zamanda risk potansiyelini de artırmaktadır. Buna karşılık, geniş

ve düz yollar sürücülere yüksek hız yapma imkânı tanıyarak kaza ihtimalini artırabilmektedir (Güler, 2017). Yolun geometrik özelliklerinin trafik kazaları üzerindeki etkisi güvenlik önlemleri açısından kritik bir öneme sahip olup Tablo 4'te yolun geometrik özelliğine göre ölümlü ve yaralanmalı trafik kaza bilgileri verilmiştir.

Farklı yol türlerinde trafik kazalarının meydana gelme şekillerinin analiz edilmesi, risk odaklı iyileştirme stratejilerinin geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Otoyollar, kavşaklar, tüneller ve köprüler gibi farklı yol yapılarının her biri kendine özgü fiziksel ve işlevsel riskler barındırmakta olup, bu risklerin bilimsel verilerle değerlendirilmesi güvenli sürüş ortamlarının oluşturulmasına katkı sağlayacaktır. Özellikle yol geometrisinin detaylı şekilde incelenmesi, kaza riskinin azaltılmasına yönelik politikaların planlanmasında kritik rol oynamaktadır (Çubuk vd., 2008).

Tablo 4. Yolun geometrik özelliğine göre ölümlü ve yaralanmalı trafik kaza bilgileri (UAB, 2023).

	Yerleşim Yeri		Yerleşim Yeri Dışı		Toplam	
Yatay Güzergâh	Kaza Sayısı	%	Kaza Sayısı	%	Kaza Sayısı	%
Düz Yol	150.517	92,53	24.082	69,61	174.599	88,51
Viraj	10.388	6,39	6.852	19,81	17.240	8,74
Tehlikeli Viraj	1.762	1,08	3.660	10,58	5.422	2,75
Toplam	162.667	100	34.594	100	197.261	100
Düşey Güzergâh	Kaza Sayısı	%	Kaza Sayısı	%	Kaza Sayısı	%
Eğimsiz	136.596	83,97	24.180	69,90	160.776	81,50
Eğimli	25.098	15,43	9.566	27,65	34.664	17,57
Tehlikeli eğim	735	0,45	677	1,96	1.412	0,72
Tepe üstü	238	0,15	171	0,49	409	0,21
Toplam	162.667	100	34.594	100	197.261	100
Kavşak	Kaza Sayısı	%	Kaza Sayısı	%	Kaza Sayısı	%
Dört yönlü	31.101	19,12	985	2,86	32.086	16,27
Üç yönlü (t)	24.736	15,21	1.201	3,47	25.937	13,15
Dönel kavşak	8.804	5,41	1.887	5,45	10.691	5,42
Diğer kavşak çeşidi	12.175	7,48	13.271	38,36	25.446	12,90
Köprülül kavşak	644	0,40	108	0,31	752	0,38
Kavşak yok	81.503	50,10	16.655	48,14	98.158	49,76
Toplam	162.667	100	34.594	100	197.261	100
Geçitler	Kaza Sayısı	%	Kaza Sayısı	%	Kaza Sayısı	%
Yaya geçidi	15.120	9,28	642	1,85	15.762	7,99
Okul geçidi	742	0,46	30	0,09	772	0,39
Kontrollü demiryolu geçidi	302	0,19	16	0,05	318	0,16
Kontrolsüz demiryolu geçidi	57	0,04	15	0,04	72	0,04
Geçit yok	146.446	90,03	33.891	97,97	180.337	91,42
Toplam	162.667	100	34.594	100	197.261	100

Tablo 4. (Devamı)

Diğer	Yerleşim Yeri		Yerleşim Yeri Dışı		Toplam	
	Kaza Sayısı	%	Kaza Sayısı	%	Kaza Sayısı	%
Dar yol	902	0,55	477	1,38	1.379	0,70
Köprü üstü	760	0,47	370	1,07	1.130	0,57
Tünel içi	422	0,26	146	0,42	568	0,29
Köprü altı	481	0,30	96	0,28	577	0,29
Menfez üstü	99	0,06	207	0,60	306	0,16
Kasis	263	0,16	15	0,04	278	0,14
Dar köprü	42	0,03	36	0,10	78	0,04
Hiçbiri	159.698	98,17	33.247	96,11	192.945	97,81
Toplam	162.667	100	34.594	100	197.261	100

1.3.1. Yaya Geçidi Kazaları ve Gerçek Vaka Örnekleri

T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'nın (2023) raporuna göre, yaya geçitleri, karayolu sisteminde yaya güvenliğini sağlamak amacıyla planlanan düzenlemelerden biri olmasına karşın, Türkiye'de sürücülerin bu geçitlere ilişkin farkındalık ve kural uyumu düzeyinin yetersizliği, yaya güvenliğini zayıflatan önemli bir sorun alanı olarak öne çıkmaktadır. KGM sorumluluğundaki yollarda, 2022 yılı içerisinde yaya geçitlerinde meydana gelen ölümlü ve yaralanmalı trafik kazası sayısı 2.092 olarak kaydedilmiştir. Bu durum, yaya güvenliğinin sağlanmasına yönelik mevcut uygulamaların gözden geçirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Özellikle çok şeritli yollarda bir şeritte duran aracın diğer şeritteki sürücüye engel oluşturup yayayı görünmez hâle getirmesi, kaza riskini artıran önemli bir faktördür. Literatürde bu tür durumlara 'gizli yaya etkisi (masked pedestrian effect)' adı verilmektedir (Obeid vd., 2017).

Son yıllarda İstanbul, Ordu, Edirne ve Mersin gibi çeşitli illerde meydana gelen çeşitli ölümlü ve yaralanmalı trafik kazaları, karayolu altyapısındaki yapısal eksiklikler ile sürücü davranışlarına bağlı sorunların trajik yansımalarını açık biçimde ortaya koymaktadır.

Nassereddine (2025), sinyalizasyon olmayan kavşaklarda gerçekleştirdiği kapsamlı analizde, zebra desenli yaya geçitlerinde sürücülerin yayalara yol verme olasılığının daha yüksek olduğunu; buna karşın işaretsiz geçitlerde sürücü davranışlarının daha düzensiz ve öngörülemez bir yapı sergilediğini ortaya koymuştur. Regresyon ve model-temelli kümeleme yöntemlerinin birlikte uygulandığı çalışmada, yaya geçişine başlama süresi, araç giriş hızı ve yavaşlama miktarı gibi değişkenlerin, sürücülerin yayaya tepki süresini temsil eden bekleme süresi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiler oluşturduğu belirlenmiştir. Bu bulgular, sürücü davranışlarının geçit türüne bağlı olarak

farklılaştığını ve yaya güvenliğini artırmaya yönelik fiziksel düzenlemeler ile davranışsal müdahalelerin geçit tipi özelinde tasarlanması gerektiğini göstermektedir.

Figliozi ve Tipagornwong (2016) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, sürücülerin yaya geçidi yasalarına uyum düzeyleri ile bu uyumsuzluğun altında yatan trafik ve davranışsal etkenler analiz edilmiştir. Çalışma, 364 araç-yaya etkileşimini kapsayan saha gözlemleri ve çok değişkenli lojistik regresyon analizleri temelinde yürütülmüştür. Bulgular, sürücülerin %68,4'ünün yaya geçidinde yasalara aykırı biçimde geçiş üstünlüğü kuralını ihlal ettiğini, ayrıca görüş mesafesi ve yaya yönü gibi faktörlerin bu davranışı istatistiksel olarak anlamlı şekilde etkilediğini göstermiştir. Ayrıca, hız ve mesafe temel alınarak yapılan durma mesafesi analizinde, sürücülerin büyük bir kısmının teknik olarak durabilecek konumda olmasına rağmen durmamayı tercih ettiği ortaya konmuştur. Bu durum, yasal uyumsuzluğun fiziksel engellerden değil, davranışsal tercihlerden kaynaklandığını göstermektedir. Söz konusu çalışma, yaya güvenliğinin artırılması için yalnızca altyapısal değil, aynı zamanda tutumsal müdahalelerin de zorunlu olduğunu vurgulamaktadır.

Zegeer vd. (2005) tarafından gerçekleştirilen araştırmada sinyalizasyon olmayan kavşaklardaki işaretli ve işaretsiz yaya geçitlerinin güvenlik performansları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. ABD genelinde 30 farklı şehirde yürütülen çalışmada, 1000'i aşkın geçit noktasına ait veriler analiz edilmiş; yol tipi, trafik hacmi, şerit sayısı ve altyapı özellikleri dikkate alınarak güvenlik üzerindeki etkiler sınıflandırılmıştır. Bulgular, düşük hacimli ve iki şeritli yollarda işaretli geçitlerin güvenliğe anlamlı bir katkı sunmadığını, buna karşılık çok şeritli ve yoğun trafikli yollarda sadece zemin işaretlemesine dayalı geçitlerin yaya güvenliği açısından daha riskli sonuçlar doğurduğunu ortaya koymuştur. Özellikle beş veya daha fazla şeride sahip yollarda, işaretli geçitlerin kazaları azaltmak yerine artırabileceği; bunun da sürücülerin sorumluluğu yayaya aktarma eğiliminden kaynaklandığı belirtilmiştir. Çalışma sonucunda, işaretleme kararlarının yalnızca geçit ihtiyacına değil, aynı zamanda yol geometrisi, trafik yoğunluğu ve çevresel faktörler dikkate alınarak verilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Retting vd., (2003) tarafından gerçekleştirilen sistematik derleme çalışmasında, yaya-motorlu taşıt kazalarının azaltılmasına yönelik mühendislik temelli müdahaleler incelenmiştir. Araştırmacılar, müdahale türlerini üç ana grupta sınıflandırmıştır: araç hızını azaltmaya yönelik yapısal önlemler, yayaların taşıt trafiğinden mekânsal ya da zamansal olarak ayrılmasını sağlayan uygulamalar ve yayaların görünürlüğünü artıran fiziksel düzenlemeler. Bulgular, modern döner kavşakların yaya çarpışmalarını %73–75

oranında azalttığını; çok yönlü dur işaretlerinin düşük hacimli kavşaklarda %25’lik bir azalma sağladığını ortaya koymuştur. Yaya fazla sinyalizasyon uygulamaları kazaları %50 oranında azaltırken, zemine yerleştirilen yanıp sönen lambalar sürücülerin yayalara yol verme davranışını anlamlı düzeyde artırmıştır. Ayrıca, yol aydınlatmasının gece meydana gelen yaya kazalarında %59’a varan oranda azalma sağladığı tespit edilmiştir. Bu bulgular, sadece geçit işaretlemelerinin yeterli olmadığını, bunun yerine çok boyutlu, mühendislik çözümlerinin birlikte uygulanması gerektiğini vurgulamaktadır.

Gerçek vaka örnekleri: Edirne – Atatürk Bulvarı yaya geçidinde meydana gelen çarpma olayı:

Edirne Atatürk Bulvarı üzerinde bulunan yaya geçidinde karşıdan karşıya geçmeye çalışan üç kişiye bir otomobilin çarpması sonucu, üç yaya yaralanmıştır. Güvenlik kamerası kayıtlarında olayın kavşak öncesi gerçekleştiği açıkça görülmekte; kazanın, sürücünün hızını azaltmaması ve dikkat dağınıklığı ile doğrudan ilişkili olduğu anlaşılmaktadır (Zobar, 2025).

Sakarya – Aynı noktada beş dakika arayla iki kaza; Sakarya’da yaya geçidini kullanmakta olan bir kadına ilk aracın çarpmasının ardından, yaklaşık beş dakika sonra yerde hareketsiz yatan kadına ikinci bir aracın daha çarpması, olay yerinde yeterli güvenlik ve işaretleme önlemlerinin alınmadığını ve diğer sürücülerin çevresel farkındalık düzeylerinin düşük olduğunu göstermektedir. Bu tür “ikincil çarpışmalar”, kaza sonrası acil müdahale ve güvenlik mekanizmalarının yetersizliğini ortaya koymaktadır (Ayvaz, 2025). Güvenlik kameralarına yansıyan kazaya ait görseller Şekil 4 ve Şekil 5’te sunulmuştur.

Ordu – Yaşlı bireye çarpma sonucu ölüm: Ordu’nun Fatsa ilçesinde, 84 yaşındaki Süleyman Genç’in yaya geçidinde karşıdan karşıya geçmeye çalışırken bir aracın çarpması sonucu hayatını kaybetmesi, yaşlı bireylerin daha uzun geçiş sürelerine ve sınırlı bilişsel-fiziksel tepkilerine göre önleyici tedbirlerin alınması gerekliliğini göstermektedir (Ünye Net Haber, 2025).

Mersin – Okul çevresinde ölümlü kaza: Mersin’in Yenişehir ilçesinde, 11 yaşındaki Elif Su Ekinci’nin okul çıkışında yaya geçidinde karşıdan karşıya geçmeye çalışırken bir kamyonetin çarpması sonucu hayatını kaybetmesi, okul çevresindeki geçitlerde yeterli koruyucu önlemlerin bulunmadığını ve bu bölgelerde taşıtların hız kontrolünün yetersiz olduğunu ortaya koymaktadır (Ticari Hayat, 2025).

İstanbul – Yaya geçidinde otobüs çarpması sonucu ölüm Gaziosmanpaşa ilçesinde, 65 yaşındaki Nergül Taşgöz’ün yaya geçidinde karşıdan karşıya geçmeye çalışırken bir İETT otobüsünün çarpması sonucu hayatını kaybetmesi, özellikle ağır

taşıt sürücülerinin yaya geçitlerine yaklaşımda yeterli farkındalığa sahip olmadığını ve bu gruba yönelik özel eğitim programlarına ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir (Demirören Haber Ajansı, 2025).



Şekil 4. Sakarya’da yaya geçidinde bir kadına ilk aracın çarpması, (Ayvaz, 2025).



Şekil 5. Sakarya’da yaya geçidinde kadına ikinci kez aracın çarpması, (Ayvaz, 2025).

1.3.2. Katılma Şeritlerinde Meydana Gelen Kazalar ve Gerçek Vaka Örnekleri

Katılma şeritlerinin yer aldığı birleşme bölgeleri, çoklu şerit değişimleri, hız farkları ve senkronize olmayan sürücü kararları nedeniyle yüksek kaza riski barındıran alanlardır. Bu bölgelerdeki güvenlik açıklarının belirlenmesinde gözlemsel veri kullanımı önemli bir avantaj sunmaktadır. Li ve arkadaşları (2016), insansız hava araçlarıyla elde edilen görüntüler üzerinden birleşme alanlarında meydana gelen trafik

çatışmalarını analiz etmiş; çatışmaların türlerini sınıflandırarak güvenlik risklerini nicel olarak ortaya koymuştur. Elde edilen bulgular, birleşme alanlarına yönelik tasarımsal ve yönetsel iyileştirmelerin belirlenmesinde kanıta dayalı bir temel sağlamaktadır. Birleşme alanlarında yaşanan trafik kazalarının önemli bir kısmı, şerit değiştirme davranışlarına bağlı olarak gelişmektedir.

Dingus ve arkadaşları (2006), 100-Car Naturalistic Driving Study verilerinden elde ettikleri bulgularla, sürücülerin şerit değiştirme sırasında gerçekleştirdikleri ani kararların ve dikkat dağınıklığına bağlı davranışların kazaya dönüşme olasılığını önemli ölçüde artırdığını ortaya koymuştur. Bu kapsamda, katılma alanlarındaki sürüş senaryolarında sürücü tepki süreleri, kör nokta kullanımı ve trafik yoğunluğu gibi değişkenlerin modellenmesi, risk analizinde yüksek çözünürlüklü çıktılar sağlamaktadır.

Yol güvenliği çalışmalarında tehlikeli kesimlerin doğru şekilde belirlenmesi, trafik mühendisliği uygulamaları ile kazaların önlenmesine yönelik stratejilerin temelini oluşturmaktadır. Elvik (2008), bu kapsamda kullanılan beş farklı yöntemi sistematik biçimde karşılaştırmış ve tehlikeli lokasyonların tespitinde hangi yaklaşımın daha güvenilir sonuçlar sunduğunu incelemiştir. Yapılan analizlerde, özellikle ampirik Bayes yönteminin rastlantısal değişkenliği kontrol etme gücü sayesinde, benzer yapısal özelliklere sahip bölgeler arasında kaza riski farklılıklarını daha doğru şekilde yansıttığı belirlenmiştir. Bu yöntemin yüksek duyarlılık, trafik güvenliği yatırımlarının amacına daha uygun ve etkin biçimde planlanmasına olanak sağlamaktadır.

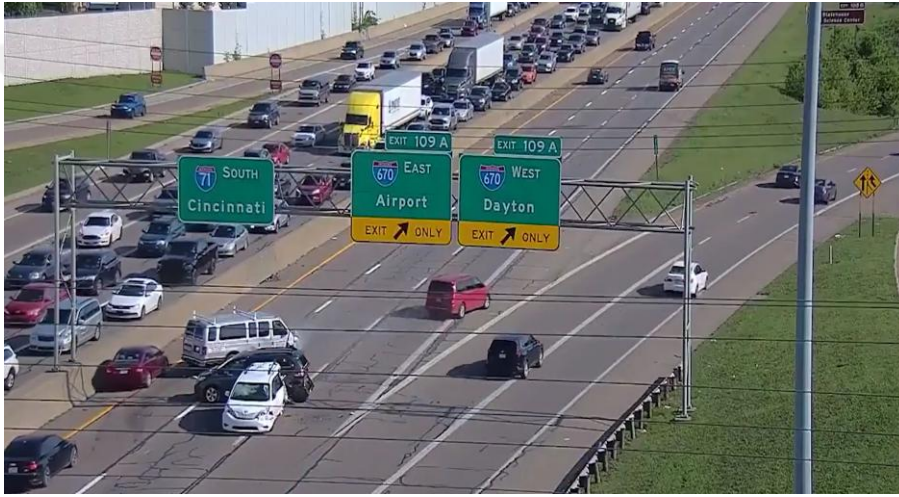
Zhang, Li ve Wang (2024), doğal sürüş koşullarında birleşme alanlarında gözlenen davranış kalıplarını analiz ettikleri çalışmalarında, sürücülerin birleşme alanında aldığı kararların çevresel baskılar, takip mesafesi ve hız uyumsuzluğu gibi etkenler sonucu riskli manevralarla sonuçlandığını ortaya koymuştur. Çalışma, birleşme noktalarının senaryolaştırılmasında sürücünün içinde bulunduğu sosyal ve fiziksel çevreye duyarlılık düzeyinin simülasyonlarda temsil edilmesinin önemli olduğunu vurgulamaktadır.

Gerçek vaka örnekleri: Karayollarının katılma, ayrılma ve birleşme noktaları, trafik akışının yoğunlaştığı ve sürücülerin manevra kabiliyetinin sınındığı kritik kesişim alanlarıdır. Bu bölgelerde meydana gelen kazalar, genellikle yetersiz şerit uzunluğu, ani hız değişimleri ve sürücü davranışlarındaki uyumsuzluklardan kaynaklanmaktadır. Son yıllarda Türkiye’de bu tür noktalarda yaşanan ciddi kazalar, bu alanların taşıdığı riskleri açıkça ortaya koymaktadır.

29 Nisan 2025 tarihinde, Minnesota eyaletindeki I-35W otoyolunun güney yönünde, Mounds View bölgesindeki birleşme noktasında meydana gelen zincirleme

kazada yedi araç birbirine çarpmıştır. Olayda bir kişi yaşamını yitirmiş, bazı kişiler de yaralanmıştır. Kazaya üç tır, iki SUV, bir minibüs ve bir sedan araç karışmıştır (FOX 9, 2025). Bu tür olaylar, otoyol birleşme noktalarında sürücülerin dikkatli olmasının ve uygun şerit değiştirme davranışlarının sergilenmesinin önemini göstermektedir.

30 Nisan 2025 tarihinde, Ohio eyaletindeki I-71 otoyolunda bir sürücünün çıkışı kaçırmamasının ardından otoyolun ortasında aniden durması nedeniyle üç aracın karıştığı zincirleme bir trafik kazası meydana gelmiştir. Kazaya ilişkin görüntü Şekil 6'da sunulmaktadır. Ani duruş nedeniyle arkadan gelen araçlar ani fren yapmış ancak yine de gerçekleşmiştir. Bu durum, karayollarında ani duruşların ve uygunsuz şerit değişikliklerinin ciddi kazalara yol açma riskini ortaya koymaktadır.



Şekil 6. Ohio eyaletindeki I-71 de meydana gelen kaza

3 Haziran 2025 tarihinde, Kaliforniya eyaletindeki Foster City bölgesinde, Highway 92 ile güney yönlü Highway 101'in birleşim noktasında bir trafik kazası meydana gelmiştir. Bu kaza, sabah saatlerinde yoğun trafik sırasında gerçekleşmiş ve önemli trafik aksaklıklarına neden olmuştur. Yetkililer, kazanın ardından otoyolun ilgili bölümünü geçici olarak kapatmıştır (San Francisco Chronicle, 2025). Bu olay, otoyol bağlantı noktalarının trafik güvenliği açısından kritik bölgeler olduğunu ve bu alanlarda dikkatli sürüşün önemini vurgulamaktadır.

1.3.3. Hız Ölçüm Koridorları Gerçek Vaka Örnekleri

Ortalama hız koridoru, giriş-çıkış gişeleri arasındaki ortalama hızın ölçülüp ihlal durumunda cezai işlem uygulanmasıyla sürücülerini belirli bir hız aralığında tutmayı hedeflemektedir. Bu yönüyle, yalnızca ölüm ve yaralanmalı kazalarda değil, aynı zamanda egzoz emisyonlarında ve yakıt tüketiminde gözlemlenen iyileşmeler

bağlamında da çok boyutlu kazanımlar sağlanmıştır (EGM, 2017). Hız kameralarının trafik güvenliği üzerindeki etkisi, birçok ülke ve yerel yönetim tarafından yürütülen uygulamalar ve bu uygulamalara dayalı bilimsel çalışmalarla desteklenmektedir. Bu tür teknolojik müdahalelerin temel amacı, sürücü davranışlarını denetim altına alarak hız kaynaklı trafik kazalarını ve buna bağlı ölüm ile yaralanmaları önlemektir. Bu kapsamda geliştirilen hız ölçüm koridorları, trafik güvenliğini artırmaya yönelik olarak dünya genelinde yaygın olarak kullanılan etkili denetim yöntemlerinden biridir. Bu sistemlerin etkinliği, çeşitli ülkelerde yürütülen uygulamalar ve elde edilen istatistiksel verilerle ortaya konulmaktadır.

Türkiye’de 1–31 Temmuz 2017 tarihleri arasında karayollarında hayata geçirilen ortalama hız koridoru uygulaması, trafik güvenliğinde anlamlı gelişmeler ortaya koymuştur. Emniyet Genel Müdürlüğü verilerine göre, uygulama öncesi döneme kıyasla ölümlü trafik kazalarında %29, ölüm sayısında %35,9, yaralanmalı kazalarda %15,2 ve toplam trafik kazalarında %1,8 oranında azalma gerçekleşmiştir (TRT Haber, 2017). Bu sonuçlar, sistemin sürücüler üzerinde ani hızlanmaları kaza riskini düşürme amacına hizmet ettiğini göstermektedir.

Avustralya’nın Yeni Güney Galler (NSW) eyaletinde kamyonlar için 37 farklı noktada "point-to-point" kamera sistemi kurulmuş olup, sistemin hafif araçlara genişletilmesi planlanmaktadır (Daily Telegraph, 2025). ABD’de Arizona eyaletindeki Loop 101 otoyolunda sabit hız kameraları ile yapılan denetimlerde hız ihlallerinin %88 oranında azaltıldığı bildirilmiştir (Insurance Institute for Highway Safety, 2008). Bu veriler, sistemlerin yüksek hızlı yollar gibi yoğun trafik koşullarında dahi etkili olduğunu göstermektedir.

İrlanda’nın Kilkenny bölgesinden geçen N25 otoyolunda, son kırk yılda 80’in üzerinde ölümcül kaza meydana gelmiş olup, bu nedenle güzergâhta sabit hız kameraları uygulamasına geçilmiştir (The Sun, 2025). Connecticut’ın Middletown kentinde ise okul bölgelerinde çalıştırılmaya başlanan otomatik hız denetim sistemleri, uygulama öncesi %99 olan hız sınırı ihlal oranını anlamlı oranda düşürmüştür (The Middletown Press, 2025). New York Şehri’nde 24 saat kesintisiz çalışan hız kameraları sistemine geçilmesinin ardından ise 2025’in ilk çeyreğinde trafik kaynaklı ölümlerde %37 oranında azalma gözlemlenmiştir (New York Post, 2025).

Bu örnekler, hız denetim teknolojilerinin yalnızca bireysel sürücü davranışlarını düzenlemekle kalmadığını, aynı zamanda genel trafik yönetiminde trafik güvenliğini daha da artırıcı rol oynadığını ortaya koymaktadır.

1.2. Sürücü Davranışlarının Psikolojik Boyutu ve Trafik Güvenliğine Etkileri

Sürücülerin psikolojik eğilimleri ve kişilik özellikleri, trafik güvenliğini doğrudan etkileyen önemli unsurlardır. Özellikle dürtüsellik, saldırganlık ve heyecan arayışı gibi eğilimler, sürücü davranışlarında belirgin yapısal farklılıkların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Yüksek düzeyde dürtüsel özellik sergileyen bireylerde trafik kurallarına uyma olasılığı azalmakta; bu kişilerde aşırı hız yapma, emniyet kemeri takmama, trafikte riskli manevralar gerçekleştirme ve anlık kararlar verme gibi olumsuz sürüş davranışları daha sık gözlemlenmektedir (Semiz, 1996).

Araştırmalar, özellikle genç erkeklerin sürüş esnasında daha fazla heyecan arama eğilimi gösterdiklerini ve kurallara aykırı davranışlara daha yatkın olduklarını göstermektedir. Dürtüsellik ise sürücü öfkesi ve saldırgan sürüş eğilimleriyle anlamlı düzeyde ilişkilidir. Bu durum, yalnızca bireysel güvenliği değil, aynı zamanda tüm yol kullanıcılarının güvenliğini tehdit eden bir risk profili oluşturmaktadır (Ersan ve Özkan, 2021a).

Literatürde erkek sürücülerin daha hız odaklı ve agresif; kadın sürücülerin ise daha temkinli ve dikkatli sürüş davranışları sergiledikleri ifade edilmektedir (Özkaragöz ve Üzümcüoğlu, 2021). Trafikte öfke kontrolü yetersiz olan bireylerin diğer sürücülere karşı daha çatışmacı ve cezalandırıcı davranışlar sergileyerek riskli sürüş alışkanlıklarını artırdıkları belirlenmiştir.

Trafik psikolojisi alanında yapılan çalışmalar, sürücülerin içsel (bilişsel ve duygusal) ve dışsal (çevresel ve sosyal) uyaranlara verdikleri tepkilerin sürüş davranışlarını şekillendirdiğini ortaya koymaktadır. Zihinsel işlevlerin sağlıklı biçimde çalışması, güvenli sürüş davranışlarının sürdürülebilmesi için gereklidir. Olumsuz duygular (öfke, stres, kaygı) sürücü performansını zayıflatırken; olumlu duygular dikkat, sabır ve dengeleyici davranışları desteklemektedir (Öztürk vd., 2022). Bu çerçevede, sürücünün psikolojik durumu, dinamik trafik ortamında davranışsal uyumun ve güvenliğin sürdürülmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

Sürücü davranışlarının anlaşılmasında ve açıklanmasında kullanılan kuramsal modellerden biri olan planlı davranış teorisi, trafik psikolojisi alanında sıkça başvurulan bir yaklaşımdır. Teoriye göre, davranışlar üç temel unsur tarafından şekillendirilmektedir: tutum (davranışa yönelik bireysel değerlendirme), öznel norm (toplumsal beklentiler) ve algılanan davranışsal kontrol (bireyin davranışı gerçekleştirme yetisine ilişkin algısı). Bu unsurlar, sürücünün davranışa yönelik niyetini belirleyerek, niyetin gerçek davranışa dönüşüm sürecinde etkili olmaktadır (Ajzen, 1991).

1.2.1. İnsan-Trafik Etkileşiminin Psikolojik Temelleri

İnsan ile trafik sistemi arasındaki etkileşim, trafik psikolojisinin temel araştırma alanlarından birini oluşturmaktadır. Bu etkileşim, bireylerin algısal, bilişsel ve duyuşsal süreçleriyle şekillenen karmaşık bir yapıyı ifade etmektedir. Sürücülerin trafik ortamında sergiledikleri davranışlar, büyük ölçüde psikolojik süreçlerin bir yansıması olarak değerlendirilmekte; özellikle algı, dikkat, bellek ve karar verme mekanizmaları bu süreçte belirleyici rol oynamaktadır. Bununla birlikte, trafik psikolojisinin birey merkezli yaklaşımı, sosyal psikoloji ve çevresel faktörlerle de bütünleştirilmektedir. Trafik sistemi yalnızca bireysel değil, aynı zamanda kolektif davranış kalıplarıyla da şekillenmektedir. Toplumsal normlar, kurallara uyum düzeyi, yol altyapısı ve trafik düzenlemeleri gibi dışsal parametreler, sürücü davranışlarını etkileyen önemli çevresel değişkenler arasında yer almaktadır. Bu çok düzeyli yaklaşım, insan-trafik etkileşiminin bütüncül biçimde değerlendirilmesine olanak tanımakta ve trafik güvenliğini artırmaya yönelik politika geliştirme süreçlerine katkı sağlamaktadır (TÜBİTAK, 2022).

Trafik ortamında sürücülerin karşılaştıkları olaylara verdikleri tepkiler yalnızca fizyolojik reflekslerle değil, aynı zamanda bireyin bilişsel yeterlilikleriyle de ilişkilidir. Özellikle hız-mesafe tahmini, tehlike algısı ve çevresel değişkenlere verilen tepkiler, sürüş güvenliği açısından kritik rol oynamaktadır. Bu doğrultuda psikomotor yetkinliklerin ve bilişsel kapasitelerin ölçülmesi, güvenli sürüş davranışlarının desteklenmesinde önemli bir araştırma konusu olarak değerlendirilmektedir (Karayolu Trafığı ve Trafik Psikolojisi, 2020).

Eğitim düzeyi ve yaşam koşulları gibi sosyo-demografik faktörlerin bu psikolojik etkilerin şiddetini biçimlendirdiği belirtilmektedir (Öztürk vd., 2022). Bu bağlamda, psikolojik değerlendirme süreçleriyle entegre edilen sürüş eğitimi programları, riskli sürücü profillerinin erken dönemde belirlenmesi ve müdahale edilmesi açısından önemli bir araç olarak görülmektedir.

1.2.2. Sürücü Davranışlarının Psikolojik Temelleri

Sürücülerin psikolojik özellikleri, trafik güvenliği açısından kritik bir rol oynamaktadır. Özellikle dürtüsellik, öfke düzeyi ve anksiyete gibi bireysel farklılıklar, sürüş davranışları üzerinde doğrudan etkili olmakta ve kaza riskini artırmaktadır. Literatürde, yüksek düzeyde dürtüsellığe sahip bireylerin daha saldırgan sürüş eğilimleri sergilediği; ani karar alma, hız ihlali ve riskli manevralar gerçekleştirme olasılıklarının yükseldiği ortaya konmuştur. Anksiyete düzeyinin artması ise dikkat ve karar verme süreçlerini olumsuz etkileyerek kazaların meydana gelme olasılığını artırmaktadır

(Özkan vd., 2018). Bu psikolojik değişkenlerin sürücü performansı üzerindeki etkileri, sadece bireysel değil, aynı zamanda toplumsal düzeyde de trafik güvenliği politikalarının yeniden yapılandırılmasını gerekli kılmaktadır.

Heyecan arayışı, psikolojik doyum ve anksiyete gibi kişisel özellikler de sürüş davranışlarını şekillendiren temel psikolojik etkenler arasında yer almaktadır. Anksiyete düzeyi yüksek bireylerin daha hızlı araç kullanma eğiliminde oldukları ve aracı bir güç simgesi olarak algıladıkları; buna karşın kadın sürücülerin daha temkinli ve sakin sürüş tercih ettikleri belirlenmiştir. Bu bulgular, aracın yalnızca bir ulaşım aracı değil, aynı zamanda bireysel kontrol ve kendilik ifadesi aracı olarak da değerlendirildiğini göstermektedir (Gümüş vd. 2020).

Dürtüsellik ise sürücü davranışlarının psikolojik değerlendirilmesinde merkezi bir kavram olarak öne çıkmaktadır. Bıçaksız (2021), dürtüsellik düzeyi yüksek bireylerin sonuçlarını düşünmeden harekete geçme eğilimlerinin, özellikle kural ihlalleri, sürücü hataları, saldırganlık ve riskli sürüş davranışlarına yönelme olasılığını artırdığını belirtmektedir. Ayrıca bu kişilik özelliğinin, sürücülük bağlamında işlevsel ve işlevsiz olmak üzere iki boyutta ele alınması gerektiği vurgulanmıştır. İşlevsiz dürtüsellik sürücü hataları ve kural ihlalleriyle pozitif yönde ilişkilendirilirken; işlevsel dürtüsellik daha planlı ve olumlu sürüş davranışlarıyla bağlantılı bulunmuş ve özellikle simülatör temelli deneysel çalışmalarda bu ayrımın dikkate alınmasının sürücü davranışlarının daha doğru modellenmesi açısından kritik öneme sahip olduğu ifade edilmiştir (Bıçaksız, 2021).

Koç vd. (2014) şehir içi ulaşımında görev yapan sürücüler üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmada; depresyon, kişiler arası duyarlılık, öfke ve düşmanlık düzeylerinin yüksek olduğunu, kaza yapma sıklığının ise anksiyete ve fobik anksiyete düzeyleriyle pozitif ilişkili olduğunu saptanmıştır. Ayrıca yaş ve hizmet süresi arttıkça öfke düzeylerinde artış gözlemlenmiştir. Elde edilen bulgular, psikolojik durumların trafik güvenliği açısından önemini vurgulamakta; eğitim seviyesi ve yaşam kalitesi gibi sosyo-demografik faktörlerin ise bu olumsuz etkileri azaltmada koruyucu rol üstlenebileceğini göstermektedir.

1.2.3. Sürücü Davranışlarını Etkileyen Psikososyal Faktörler

Trafik güvenliğini etkileyen faktörler yalnızca teknik yeterlilik ya da sürüş becerileriyle sınırlı kalmayıp, bireylerin psikososyal özellikleri ve içinde bulundukları sosyal çevre ile de doğrudan ilişkilidir. Sümer (2002), sürücü davranışlarının şekillenmesinde kişilik özelliklerinin, bilişsel kapasitelerin ve duygusal regülasyon

becerilerinin yanı sıra, bu bireylerin yaşadığı sosyal ve politik bağlamın da etkili olduğunu vurgulamaktadır. Çalışmada, sürüş sırasında sergilenen davranışların yalnızca bireysel tercihlere bağlı olmadığı, aynı zamanda trafik sistemine dair toplumsal normlar, trafik kültürü, sosyal etkileşim biçimleri ve kurumsal denetim mekanizmalarının da bu davranışları yönlendirdiği belirtilmektedir. Bu bulgular, sürüş güvenliğinin artırılmasına yönelik stratejiler geliştirilirken, yalnızca bireysel değerlendirmelere değil, aynı zamanda sosyal politika yapım süreçlerine de odaklanılması gerektiğini göstermektedir. Özellikle, riskli sürüş davranışlarının azaltılmasında, toplumsal düzeyde sorumluluk geliştirme, trafik eğitiminin erken yaşlarda başlatılması ve trafik kurallarına ilişkin kolektif farkındalığın güçlendirilmesi gibi çok katmanlı müdahale yaklaşımlarının önemi ortaya konulmaktadır.

- **Agresif Davranışlar:** Reason (1990) tarafından ortaya konan sınıflandırmaya göre, trafik psikolojisi literatüründe sürücü kaynaklı sapkın davranışlar, “hatalar” ve “ihlaller” olmak üzere iki temel başlık altında incelenmektedir. Hatalar; sürücünün bilgi eksikliği, dikkat dağınıklığı veya bilişsel yetersizlik gibi istem dışı nedenlerle gerçekleştirdiği davranışları tanımlarken, ihlaller; trafik kurallarının bilinçli ve kasıtlı bir şekilde ihlal edilmesini ifade etmektedir. Bu ikili ayırım, sürücü davranışlarına yönelik müdahale stratejilerinin yapılandırılmasında önemli bir temel teşkil etmektedir. Hatalar genellikle eğitim, dikkat geliştirme ve farkındalık artırma gibi bilişsel-davranışçı müdahalelerle azaltılabilirken; ihlallerin önlenmesinde daha çok cezai yaptırımlar, etkin denetim sistemleri ve davranışsal düzenlemeler ön plana çıkmaktadır.
- **Yaş, Cinsiyet ve Medeni Durumun Etkileri:** Demografik değişkenler, sürücü davranışları üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Genç sürücülerin trafik ortamındaki davranışları, deneyim eksikliği ve gelişimsel özellikler nedeniyle diğer yaş gruplarına kıyasla daha yüksek risk içerebilmektedir. Ersan ve Özkan (2021b) tarafından yapılan çalışmada, genç bireylerin trafikte daha fazla risk alma eğilimi gösterdikleri, bu durumun ise yalnızca bireysel özelliklerden değil, aynı zamanda aile ortamındaki ilişki dinamiklerinden de kaynaklandığı vurgulanmaktadır. Araştırmada, aile içi iletişimin niteliği ve ebeveynlerin yol güvenliğine ilişkin tutumlarının, gençlerin sürücülük tarzları üzerinde belirleyici rol oynadığı ortaya konmuştur. Özellikle denetleyici ve destekleyici bir aile ikliminin, genç bireylerin güvenli sürüş davranışları geliştirmelerine katkıda bulunduğu; buna karşılık ilgisiz ya da tutarsız aile yapılarının, genç sürücülerin

riskli davranışlara yönelme olasılığını artırdığı ifade edilmektedir. Bu bulgular, trafik güvenliğini artırmaya yönelik müdahalelerde aile faktörünün göz önünde bulundurulması gerektiğine işaret etmektedir. Ayrıca medeni durumun da sürücü davranışları üzerinde belirleyici bir faktör olduğu görülmektedir. Polis Akademisi (2023) tarafından yayımlanan raporda, evli bireylerin trafik ortamında daha sorumlu ve temkinli sürüş davranışları sergilediği, buna karşın bekâr bireylerin riskli sürüş eğilimlerinin daha yüksek olduğu ifade edilmiştir. Raporda ayrıca, aynı yaş grubundaki erkek sürücüler incelendiğinde, bekâr olanların evli olanlara göre daha fazla trafik kazasına karıştıkları bilgisine yer verilmiştir. Bu bulgular, trafik güvenliğini artırmaya yönelik sosyal politika ve eğitim programlarının tasarımı medeni durum gibi demografik değişkenlerin dikkate alınmasının gerekliliğine işaret etmektedir.

- **Alkol ve Psikoaktif Maddelerin Etkisi:** Alkol ve psikoaktif madde kullanımı, merkezi sinir sistemi işlevlerini baskılayarak bireylerin sürüş becerilerini ciddi biçimde olumsuz etkilemektedir. Bu tür maddeler; dikkat dağınıklığı, karar verme süreçlerinde bozulma, reaksiyon süresinde uzama ve koordinasyon kaybı gibi çeşitli risk faktörlerine yol açmaktadır. Acar vd. (2011) tarafından Türkiye’de gerçekleştirilen bir çalışmada, trafik kazası geçirmiş sürücülerin kan örneklerinde yapılan analizler sonucunda alkol ve psikoaktif madde kullanımının yaygın olduğu belirlenmiş ve bu durumun kaza riskini önemli ölçüde artırdığı ortaya konmuştur. Elde edilen bulgular, madde kullanımının trafik güvenliği üzerindeki doğrudan etkisini vurgulamakta ve bu doğrultuda denetim mekanizmalarının güçlendirilmesi ile rehabilitasyon programlarının yaygınlaştırılmasının gerekliliğine işaret etmektedir. Bu bulgular, alkol ve madde kullanımının trafik kazalarındaki rolünü vurgulamakta ve bu tür maddelerin kullanımının önlenmesine yönelik yasal düzenlemeler, denetim sistemleri ve rehabilitasyon programlarının trafik güvenliği politikalarının temel bileşenleri olması gerektiğini göstermektedir.
- **Yorgunluk ve Uykusuzluk:** Gökdağ ve Baş (2019) tarafından yapılan araştırmada, yorgunluk ve uykusuzluğun sürücülerin dikkat, muhakeme ve tepki süreleri üzerinde olumsuz etkiler yarattığını ve bu durumun trafik kazası riskini artırdığını göstermektedir. Özellikle uzun mesafeli ve gece saatlerinde gerçekleştirilen sürüşlerde mikro uyku atakları ve bilinç kayıplarının ölümcül sonuçlara neden olabileceği belirtilmiştir. Elde edilen bulgular, sürücülerin büyük bir bölümünün yorgunluk hissetmelerine rağmen araç kullanmayı

sürdürdüklerini ve bu davranışın önemli güvenlik tehditleri oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, yorgunluk kaynaklı kazaların genellikle belirli zaman aralıklarında ve uzun, monoton yol kesimlerinde daha sık görüldüğü saptanmıştır.

1.3. Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Önemi

Bu çalışmanın amacı, Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde sürücü davranışlarının farklı yol ve trafik koşulları altında nasıl şekillendiğini simülasyon destekli deneysel yöntemler aracılığıyla incelemektir. Dünya genelinde trafik kazalarının en önemli nedenlerinden biri olarak gösterilen insan faktörü, yalnızca bireysel hatalardan değil, aynı zamanda sürüş ortamındaki fiziksel ve psikolojik uyarıcılardan da etkilenmektedir.

Tez kapsamında geliştirilen deneysel yaklaşımda, sürücülerin farklı yol geometrileri, değişen trafik koşulları altında verdikleri tepkiler değerlendirilmiştir. Gerçek trafik koşullarına dayalı olarak tasarlanan senaryolar, sürücülerin aniden karşılaştıkları yayalar, değişken hız limitleri ve ana yol katılım şeritleri gibi karmaşık durumlara tepkilerini ölçmeye yönelik hazırlanmıştır. Simülasyon sürecinde sürücülerin bilişsel yüklenme düzeyleri, dikkat dağınıklığı eğilimleri, hız kontrolü becerileri ve karar verme süreçleri gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada, sürücü davranışları; yaya geçidi bölgelerindeki sürüş tepkileri, yeşil dalga sistemine uyum, karayolu katılım senaryoları ve elektronik denetleme sistemleri olmak üzere dört farklı trafik senaryosu kapsamında incelenmiştir. Bu senaryolar, gelişmekte olan bir ülkede normal trafik şartları altında karşılaşılması olası riskli durumları simüle edecek şekilde tasarlanmış ve sürücü tepkileri hem bireysel özellikler hem de çevresel etkenler dikkate alınarak çok yönlü analiz edilmiştir. Böylece riskli sürüş davranışlarının ortaya çıkış dinamikleri kapsamlı şekilde değerlendirilmiştir.

Araştırma kapsamında;

a) Gerçek bir sürüş simülasyonu aracılığıyla belirlenen güzergâhlarda farklı yol ve trafik koşulları altında sürüş gerçekleştirilmiş ve sürücülere ait sürüş verileri toplanmıştır.

b) Hızla gelişen taşıt teknolojilerinin gerektirdiği yol altyapısı ve tasarım standartlarının, gelişmekte olan ülkelerin mevcut fiziksel ve ekonomik koşulları bağlamında sürücülere ne ölçüde güvenli, konforlu ve sürdürülebilir bir sürüş ortamı sunduğu simülasyon destekli deneysel bir yaklaşımla incelenmiştir.

Çalışma, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Mühendislik Fakültesi bünyesinde yer alan Sürücü Davranışları Tespit Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Gerçeğe yakın bir sürüş deneyimi oluşturmak amacıyla Fiat Egea marka bir araç, simülör sistemine entegre edilmiştir. Simülör sistemi; yüksek donanımlı bir bilgisayar, iki projeksiyon cihazı ve 8,5 metre genişliğinde, 2,5 metre yüksekliğinde içbükey bir projeksiyon perdesinden oluşan özel bir görüntüleme altyapısını içermektedir. Simülasyon senaryolarının geliştirilmesi ve çalıştırılması için Unreal Engine 5 yazılımı kullanılmıştır.

Laboratuvar altyapısında ayrıca bilgi ve görüntü kontrol merkezi, denek sürücüler için anket doldurma alanı ve sürüş sırasını bekleyen katılımcılara yönelik dinlenme ve ikram bölümleri de oluşturulmuştur. Toplamda 125 gönüllü sürücü çalışmaya katılmış; bu katılımcılardan 107'si sürüşü başarıyla tamamlamış, çeşitli nedenlerle sürüşü tamamlayamayan 18 katılımcı ise çalışma dışında bırakılmıştır. Çalışma beş temel aşamada yürütülmüştür.

1. Adım: Gerçekçi Trafik Senaryolarının Tanımlanması ve Modellemesi

Çalışmanın ilk aşamasında, Türkiye'nin de dâhil olduğu gelişmekte olan ülke koşulları dikkate alınarak (örneğin taşıt kompozisyonu ve ağır taşıt oranı gibi özellikler) gerçekçi sürüş senaryoları tanımlanmış ve modellenmiştir. Bu kapsamda mevcut yol altyapısı, geometrik tasarım özellikleri, trafik yoğunlukları ve sürüş güvenliğini etkileyen kritik unsurlar ayrıntılı biçimde analiz edilmiştir. Oluşturulan senaryolar, sürücülere gerçek trafik koşullarını yansıtacak düzeyde dinamik ve görsel gerçeklik sunacak şekilde kurgulanmış; böylece katılımcıların karar verme ve araç kontrol davranışları gerçek trafik koşullarına benzer ortamlarda gözlemlenebilmiştir. Tasarlanan dört senaryo; yaya geçidi yaklaşımı, yeşil dalga sinyalizasyonu, kısa hızlanma şeridiyle karayolu katılım ve ortalama hız koridoru uygulamalarını kapsayarak sürücü davranışlarını etkileyebilecek farklı yol ve trafik durumlarını bütüncül biçimde yansıtmıştır.

2. Adım: Simülasyon Ortamının Geliştirilmesi ve Senaryoların Tasarımı

İkinci aşamada, belirlenen trafik senaryoları dijital ortama aktarılmış ve yüksek çözünürlüklü görsel ile fiziksel modellemelerin oluşturulması amacıyla Unreal Engine 5 oyun motoru kullanılmıştır. Yol geometrileri, trafik işaretlemeleri, çevresel unsurlar ve araç dinamikleri gerçeğe en yakın şekilde modellenerek simülasyon ortamının algısal ve davranışsal geçerliliği artırılmıştır. Her bir senaryo sürücülerin farklı karar verme süreçlerini ve güvenlik açısından kritik davranışlarını değerlendirmeye imkân sağlayacak şekilde yapılandırılmıştır.

3. Adım: Anket Uygulamaları ve Sürücü Profillemesi

Bu aşamada katılımcılara sürüş öncesi ve sürüş sonrası olmak üzere iki aşamalı yapılandırılmış anketler uygulanmıştır. Sürüş öncesi anketlerde katılımcıların demografik özellikleri, sürücülük deneyimleri, risk algıları, öznel sürüş yeterlilik değerlendirmeleri ve trafik kurallarına yönelik tutumları sistematik şekilde sorgulanmıştır. Böylece bireysel davranış profilleri ve potansiyel risk eğilimleri önceden belirlenmiştir. Sürüşlerin ardından uygulanan sürüş sonrası anketler ile her bir senaryoya özgü algısal değerlendirmeler ve kullanıcı geri bildirimleri toplanmıştır. Bu aşama, senaryo dinamiklerinin sürücüler üzerindeki algısal etkilerini ve deneyim farklılıklarını ortaya koyarak davranışsal verilerin yorumlanmasında tamamlayıcı veri sağlamıştır. Elde edilen anket verileri, simülasyon performans göstergeleriyle bütünleştirilerek sürücü profillemesi ve risk sınıflandırma analizlerinin temelini oluşturmuştur.

4. Adım: Sürüş Senaryolarının Simülatörde Uygulanması

Simülasyon uygulama sürecinde, katılımcılara deney öncesinde simülatörün teknik donanımı, çalışma prensipleri ve deney protokolüne ilişkin kapsamlı bilgilendirme yapılmıştır. Sonrasında her sürücü, standartlaştırılmış 4 farklı senaryo doğrultusunda simülasyon sürüş testlerini gerçekleştirmiştir. Yaya geçidi, yeşil dalga sinyalizasyonu, katılım şeridi ve ortalama hız koridoru senaryoları kapsamında sürücülere farklı yol ve trafik dinamikleri deneyimletilmiştir. Sürüşlerin ardından anlık hız, hızlanma-yavaşlama davranışları, şerit değişim manevraları, araç konumsal sapmaları ve diğer kontrol parametreleri senaryo bazında kaydedilmiştir. Ayrıca anketlerden elde edilen öznel değerlendirmelerle birlikte çok katmanlı bir veri seti oluşturulmuştur. Bu bütünleşik veri yapısı, sürücü davranışlarının hem performans hem de algısal boyutlarını çok yönlü analiz etmek üzere veri seti olarak kullanılmıştır.

5. Adım: Veri Analizi ve Yorumlama

Veri analizi aşamasında, simülatörden elde edilen davranışsal performans verileri ile anket sonuçları çok boyutlu istatistiksel ve makine öğrenmesi tabanlı analiz yöntemleriyle değerlendirilmiştir. Analizler sonucunda, sürücülerin demografik özellikleri, risk algıları, öz değerlendirmeleri ve simülasyon ortamındaki sürüş davranışları arasında anlamlı ilişkiler araştırılmıştır. Senaryo bazlı performans değişkenleri üzerinden hesaplanan ortalama hız, ani hızlanma ve yavaşlama göstergeleri ile konumsal sapma analizleri sürüş dinamiklerindeki davranış örüntülerini nicel olarak tanımlamak için kullanılmıştır. Ayrıca sürüş öncesi anket verileri ve performans göstergeleri birleştirilerek risk profili skorlama sistemi geliştirilmiş ve katılımcılar bu

skorlar doğrultusunda risk düzeylerine göre sınıflandırılmıştır. Türkiye karayolu altyapısı ve trafik koşulları bağlamında yapılan değerlendirmeler, gelişmekte olan ülkelerde sıkça karşılaşılan yetersiz uzunluktaki katılım şeritleri, yetersiz yaya geçidi düzenlemeleri ve sinyalizasyon uyumsuzluklarının sürücü davranışları üzerinde önemli etkilerini ortaya çıkarmak için araştırılmıştır.



2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

2.1. Sürücü Davranışları Üzerine Yapılan Çalışmalar

Elmitiny vd. (2010) çalışmalarında, sürücülerin sarı ışıktaki durma veya geçme kararlarını etkileyen faktörleri incelemiş; aracın kavşaktan uzaklığı, mevcut hızı ve trafik akışındaki konumunun sürücü davranışları üzerinde belirleyici olduğunu ortaya koymuştur. Malta vd. (2011), sürücünün gerçek dünyadaki anlık hayal kırıklığını tahmin etmeye yönelik bir yöntem geliştirmiş ve duygusal durum, çevre koşulları ve sürücü tepkilerini tek bir modelde bütünleştirmiştir.

Aydın ve Topal (2016), iki şeritli bozulmuş yollarda şerit seçimi ve sürüş davranışlarını incelemiş; yol yüzeyindeki bozuklukların şerit tercihi, şerit kullanımı ve trafik akışına etkilerini değerlendirmiştir. Osafune vd. (2017), agresif sürüş davranışlarının tespit edilmesinin kazaların önlenmesinde önemli olduğunu vurgulamış ve akıllı telefon sensörlerinden elde edilen ivme ölçer verileriyle güvenli ve riskli sürücülerin ayırt edilebileceğini göstermiştir. Orsini vd. (2019), kavşaklarda sürücü davranışlarının çarpışma tahmininde aşırı değer teorisi yaklaşımlarını incelemiş; genel pareto dağılımı'nın nadir fakat ciddi çarpışmaları tahminde, ekstrem değer teorisi'nin ise genel çarpışma tahmininde daha yüksek doğruluk sağladığını belirtmiştir. Zhao vd. (2017), döner kavşaklarda araçların çıkış tercihlerini tahmin etmeye yönelik bir model geliştirmiştir.

Üzümcüoğlu vd. (2020), Türkiye ve Çin'de sürüş becerilerinin trafik iklimi ve sürücü davranışlarıyla ilişkisini modellemiş ve 294 Türk ile 292 Çinli sürücü üzerinde yürütülen çalışmada güvenlik becerilerinin hatalar ve ihlaller üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. Aydın (2020), şerit takip davranışlarının etkilerini değerlendirerek düzensizlik düzeylerini tanımlayan beş aşamalı bir model önermiş; analizlerinde yol hacmi ve şerit genişliğinin olumlu, araç genişliği ve şerit sayısının ise olumsuz etkiler gösterdiğini saptamıştır. Jomnonkwao vd. (2021), sürücü davranışlarını ölçmek amacıyla geliştirilen modelde mesajlaşma, sosyal medya kullanımı, uyuşturucu ve alkol tüketimi gibi etkenleri dikkate alarak ihlal, hata, dikkatsizlik ve saldırganlık faktörleri çerçevesinde riskli sürüş davranışlarını değerlendirmiştir. Ölçüm modelinin sürücü risklerinin belirlenmesinde ve yol güvenliği politikalarının geliştirilmesinde etkili olabileceği vurgulanmıştır.

Li vd. (2021), trafik sinyali kontrol verimliliğini artırmak ve kavşak kazalarını azaltmak amacıyla ikilem bölgelerinde sürücü davranışlarını stokastik öngörülü

matematiksel modellerle incelemiştir. Aydın (2021), gelişmekte olan ülkelerdeki şerit tutma sorunlarını ele alarak şerit bazlı sürüş davranışlarını modellemiş ve şerit genişliği ile yol hacminin olumlu; ağır taşıt oranı ve hızın ise olumsuz etkilerini ortaya koymuştur. Guo vd. (2023), yaşlı sürücülerin davranış karakteristiklerini analiz etmek amacıyla bir yöntem geliştirmiş ve çatışma durumlarında yaş gruplarının tepkilerini zamansal ve mekânsal değişkenlik açısından incelemiştir.

Zhang vd. (2018), Şanghay Doğal Sürüş Çalışması (SH-NDS) verileri üzerinden otoyol çıkış rampalarında şerit değiştirme davranışlarını incelemiş; logit modeli ile analiz edilen 433 şerit değiştirme olayında sürücülerin güzergâh planlaması ve sürüş konfor beklentilerine göre şerit tercihi yaptıkları belirlenmiştir. Trafik yoğunluğunun artmasıyla isteğe bağlı teşviklerin etkisinin güçlendiği; hızlı şeride geçişlerin ise hız varyansını artırarak çarpışma riskini yükselttiği saptanmıştır. Yuan vd. (2024), örülme şeritlerinde kısa mesafede gerçekleştirilen şerit değiştirme manevralarının çarpışma riskini artırdığını ortaya koymuş ve bir trafik çatışma tahmin modeli geliştirerek çatışma desenlerini yüksek doğrulukla tespit etmişlerdir.

Bella vd. (2014), gece sürüş koşullarında sürücü hızlarını analiz etmiş; farklı görüş koşullarında araç hızlarının yol geometrisiyle anlamlı ilişkili olduğunu göstermiştir. Haque ve Washington (2015), cep telefonu kullanımının genç sürücülerin yaya geçitlerine yaklaşırken aşırı frenleme eğilimleri geliştirmelerine ve trafik akışında risk oluşturmalarına yol açtığını belirtmiştir. Kaduk, vd. (2021), yarı otonom sürüş sonrası manuel sürüş performansında anlamlı düşüş gözlemlendiğini; sürücülerin uyku hali ve yorgunluk düzeylerinin manuel sürüşte geçişte performansı olumsuz etkilediğini saptamıştır. Meyerson vd. (2024), ışık koşullarının sürücülerin uyku hali üzerindeki etkisini incelemiş; düşük ışık seviyelerinde sürücülerin uykululuk düzeylerinin artarak sürüş performansını düşürdüğünü ortaya koymuştur.

2.2. Sürüş Simülatörü Kullanılarak Yapılan Çalışmalar

Thiffault ve Bergeron (2003), sürüş simülatörü kullanarak yol kenarındaki görsel uyarı monotonluğunun sürücülerin uyuşukluk hissini artırdığını ve bunun sonucunda sürüş yorgunluğunun daha erken başladığını tespit etmiştir. Strayer vd. (2006), cep telefonu kullanımı ile sarhoş sürüşü karşılaştırdıkları simülasyon çalışmalarında, cep telefonu kullanan sürücülerde fren tepkilerinde gecikme ve kaza riskinde artış, sarhoş sürücülerde ise daha agresif sürüş eğilimleri gözlemlendiğini belirtmiştir.

Seya vd. (2008), göz hareketlerini takip ettikleri simülasyon çalışmalarında, eğitilmiş sürücülerin göz hareketlerinin daha az değişken olduğunu ve bunun gelişmiş

öngörü becerileri ile ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Abdel-Aty vd. (2009), sinyalizasyon kavşaklarında sürücülerin durma-karar verme davranışlarının arkadan çarpma riskiyle anlamlı şekilde ilişkili olduğunu saptamıştır. Calvi vd. (2012), farklı trafik yoğunluklarında yavaşlama şeritlerinin kullanımını incelemiş; düşük yoğunlukta sürücülerin ana yolda yavaşlamaya başladığını, yüksek yoğunlukta ise yavaşlamanın şerit içinde gerçekleştiğini göstermişlerdir.

Yang vd. (2013), kırsal otoyollarda bordürlerin şerit konumu üzerinde etkili olduğunu, ancak sürücülerin hızlarını etkilemediğini saptamıştır. Bella ve Silvestri (2015), yaya geçitlerinde kaldırım genişletmelerinin en etkili güvenlik önlemi olduğunu belirlemiştir. Chrysler vd. (2015), yaya algılama ve uyarı sistemlerinin değerlendirilmesinde kullanılabilecek sürücü tepki modelleri geliştirmiştir. Banerjee vd. (2020), kırmızı ışık ihlali uyarı sistemlerinin sürücülerin frenleme davranışlarını iyileştirerek kırmızı ışıkta güvenli durmalarını sağladığını göstermiştir. Karimi vd. (2020), iki şeritli yollarda geçiş manevralarını simülasyon ve gerçek ortamda karşılaştırmış, temel sürüş değişkenlerinde anlamlı fark bulunmadığını ortaya koymuşlardır. Zhao vd. (2022), otoyol tünellerinde retro-reflektif kemerlerin hız algısını geliştirdiğini, zihinsel stresi azalttığını ve güvenli sürüş davranışlarını teşvik ettiğini saptamışlardır. Ben Brahim vd. (2022), Carla Simülatörü ve akıllı telefon sensör verilerini kullanarak sürücü davranış profillemesi için güvenli ve etkili bir makine öğrenmesi modeli önermişlerdir.

Xu vd. (2024), otoyol birleşme alanlarında agresif sürücülerin düşük takip mesafesi ve yüksek hızla birleşme eğiliminde olduğunu, temkinli sürücülerin ise trafik akışını yavaşlatma eğilimi gösterdiğini belirtmişlerdir. Markvollrath vd. (2011), hız sabitleyici sistemlerinin sürücünün ikincil görevlere dikkat kaydırmasını artırmadığını, ancak kritik durumlarda tepki süresini geciktirdiğini bulmuşlardır.

Underwood vd. (2011), video izleyen sürücülerin tehlike algısını değerlendirdiği çalışmada, deneyimli sürücülerin acemilere göre daha iyi tehlike farkındalığına sahip olduğunu göstermişlerdir. Tey vd. (2013), farklı uyarı sistemlerinin sürücü tepkileri üzerindeki etkilerini değerlendirerek 200 metrelik yaklaşma mesafesinin uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Saffarian vd. (2012), sis koşullarında kısa takip mesafesinin riski azaltma ve yanal kontrol avantajları sağladığını ortaya belirtmişlerdir. Hallvig vd. (2013), sürüş simülatöründe sürücülerin gerçek sürüşe kıyasla daha yüksek uykululuk yaşadığını, ancak gece sürüş koşullarında iki ortam arasında fark olmadığını göstermişlerdir.

Valero-Mora vd. (2015), sürücü dikkatsizliği ile sürüş performansı arasındaki ilişkiyi incelemiş; ortalama hız ve şerit koruma becerilerinin dikkatsizlik düzeyleriyle anlamlı şekilde ilişkili olduğunu belirlemişler. Hsu vd. (2016), simülörde çoklu sensörlerin sürücü kararları üzerindeki etkisini değerlendirerek uygun sensör setinin önemini vurgulamışlardır. Ma vd. (2017), kentsel tünellerde sürüş riskini simülasyon modeliyle değerlendirmişler. Domenichini vd. (2017), LED aydınlatmanın tünel sürüş güvenliğini ve sürüş konforunu artırdığını saptamışlardır. Melman vd. (2018), hız adaptasyonunu etkileyen temel faktörlerin risk algısı, görev çabası ve güvenlik marjları olduğunu belirlemişler. De Blasiis, Diana ve Veraldi (2018), örölme şeritlerinde şerit uzunluğunun sürüş davranışlarını anlamlı şekilde etkilediğini ortaya koymuşlardır. Aydın vd. (2019), hız kesici yol kıvrımlarının Türkiye’de trafiği sakinleştirme potansiyelini simülasyonla değerlendirmişler. Linehan vd. (2019), yarı otonom sürüşte kontrol devrinin sürücü kontrol hissini azalttığını göstermişler.

Michalik vd. (2019), araç simülasyon sistemleri geliştirerek sürücü davranışlarını modellemişler. Qi vd. (2019), simülasyon ortamında sürücülerin daha dengesiz ve agresif davrandığını tespit etmişler. Achtemeier vd. (2020), ses algılamada sürücünün yönlü algı doğruluğunun kaynak yönüne göre değiştiğini belirtmişler. Kharrazi vd. (2020), ağır araçlar için hareketli tabanlı simülatörle sürücülerin araç parametre değişikliklerini algılama becerilerini analiz etmişler. Kummetha vd. (2020), aktif hız sabitleyici sisteminin sürücülerin hız ve tepki süreleri üzerinde etkili olduğunu göstermişler. Yıldırım ve Aydın (2020), demiryolu sistemleri için ayrık olay mikrosimülasyonu kullanarak kapasite ve maliyet optimizasyonu yapmışlardır. Zhao vd. (2021), araç-bisiklet çarpışmalarında frenleme tepkilerinin çarpışma olasılığı üzerinde belirleyici olduğunu saptamışlardır.

Gemonet vd. (2021), simülasyon ortamında sürücülerin daha sık fren yapma eğiliminde olduğunu, ancak stres tepkilerinin daha çok gerçek araçta gözlemlendiğini belirtmişler. Yıldırım vd. (2022), kamyon park alanlarının kapasite optimizasyonu için karar destek sistemi geliştirmişler. Yang vd. (2020), hemzemin geçitlerdeki yanıp sönen ışıklı uyarıların hız düşürme ve erken frenleme davranışlarını teşvik ettiğini göstermişler.

2.3. Makine Öğrenmesi ile Yapılan Çalışmalar

Collado vd. (2005) çalışmasında yol şeritlerinin tespiti ve sınıflandırılması için frekans analizi ve Fourier dönüşümü kullanarak bir algoritma geliştirmiş, algoritmanın yol türlerini otomatik olarak tanımlamada ve izin verilen manevraları ayırt etmede

başarılı olduğunu ortaya koymuşlardır. Mélo vd. (2006) otoyollarda şeritlerin tespiti ve sınıflandırılması için araç hareket yörüngelerini kullanan bir sistem geliştirmiş ve sistemin otoyol şeritlerini doğru bir şekilde tespit ettiğini, şerit değişikliklerinden kaynaklanan sapmaları ortadan kaldırdığını göstermişlerdir.

Bayata vd. (2011) çalışmasında 1994-2007 yılları arasındaki kaza verileri, Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemiyle analiz ederek gelecekteki kazaların mevsimsel dalgalanmaları tahmin etmişlerdir. Bayata ve Hattatoğlu (2014) 1974–2007 yılları arasındaki ceza alan sürücü sayıları ile kaza sayıları dikkate alınarak, çok değişkenli istatistiksel analiz (ÇDR) ve yapay sinir ağları (YSA) yöntemleri ile modelleme yapmışlardır. Ceza alan sürücülerin sayısının artması, kaza sayılarında bir azalma göstermemiş aksine artış olabileceği tespit edilmiştir.

Y. Zheng ve Hansen (2017) doğal sürüş verilerini kullanarak şerit değiştirme manevralarını otomatik olarak tespit etmek amacıyla bir sistem geliştirmiş ve şerit değiştirme tespitinin %83 doğruluk oranıyla başarılı olduğunu göstermişlerdir. Pop vd. (2017) evrişimli sinir ağlarında modlar arası öğrenme ile yaya tanıma doğruluğunu artırmayı amaçlayan bir sistem geliştirmiş ve önerilen LeNet+ modelinin yaya tanıma performansını artırdığı, çapraz modlar arası öğrenme yöntemiyle doğruluk oranlarının geliştirildiğini göstermişlerdir.

Zhu vd. (2018) çalışmasında kişiselleştirilmiş sürücü davranış modelleri oluşturmak amacıyla öğrenmeyi unutma tekniklerini kullanmış ve bu tekniklerin sürücü davranışlarının tahmininde yüksek doğruluk sağladığını ve gecikme sürelerini düşürdüğünü göstermişlerdir. Hoy vd. (2018) yaya davranışlarını kısa vadede tahmin etmek için derin öğrenme tabanlı bir sistem geliştirmiş ve Değişkenli Tekrarlayan Sinir Ağı (VRNN) modelinin yüksek performans gösterdiğini, mevcut yöntemlerle karşılaştırıldığında rekabetçi sonuçlar elde ettiğini belirtmişlerdir.

Bayata vd. (2018) Erzincan-Ağrı arasındaki D100 karayolunda yapılan çalışmada trafik kazaları Yapay Sinir Ağları (YSA), Poisson regresyonu ve çok değişkenli regresyon yöntemleriyle analiz ederek YSA'nın trafik kazaları analizinde üstün olduğunu göstermişlerdir. Tram ve diğerleri (2018) küçük nesnelerin tespiti için geliştirilmiş bir derin evrişimli sinir ağı (Faster R-CNN) kullanarak şerit işaretlerinin tespiti üzerine çalışmış ve modifiye edilmiş modelin küçük nesnelerin tespitinde yüksek doğruluk elde ettiğini göstermişlerdir. Rahman vd. (2021) sürücülerin bilişsel yüklerini göz hareketlerine dayanarak sınıflandırmak için makine öğrenme ve derin öğrenme tekniklerini kullanmış, bilişsel yük seviyesinin belirlenerek sürüş güvenliğinin artırılabilirliğini ortaya koymuşlardır.

Brahim vd. (2022) sürüş sırasında sürücü davranışlarını sınıflandırmak için akıllı telefon sensörlerinden elde edilen verileri kullanarak bir makine öğrenme modeli geliştirmiş, bu verilerin sürücü davranışlarını etkili bir şekilde sınıflandırmada kullanılabileceğini belirlemişlerdir. Losada vd. (2022) sürücü davranışlarını analiz etmek için denetimsiz makine öğrenme tekniklerini kullanmış, sürücü davranışlarının genellikle agresif ve konservatif sınıflarda yoğunlaştığını ortaya koymuşlardır. Khanfar vd. (2023) ışıklı kavşaklarda sürücü davranışlarını sınıflandırmak amacıyla makine öğrenme tabanlı bir çerçeve geliştirmişler, yanıp sönen yeşil ışık durumunun sürücüler arasında daha olumlu davranışlara yol açtığını göstermişlerdir.

Khanfar vd. (2023) sinyalizasyon kavşaklarda sürücü davranışlarını sınıflandırmak için araç kinematiği ve denetimsiz makine öğrenme tekniklerini kullanmış, yanıp sönen yeşil ışığın sürücülerin daha sahiplenici bir sürüş tarzı benimsemelerine yol açtığını göstermiştir. Hardesh vd. (2023) anal gerçeklik ortamında yaya davranışlarını analiz eden makine öğrenme modelleri geliştirmiş, karar ağaçlarıyla yapılan tahminlerin çarpışmaları önlemede yüksek doğruluk sağladığını göstermişlerdir. Ahmed, vd. (2023) trafik sinyali zamanlamasını optimize etmek için makine öğrenme modelleri geliştirmiş ve sistemin trafik akışını hızlandığını, sinyal zamanlamasının optimizasyonunda başarılı olduğunu göstermişlerdir. Shahverdy vd. (2020) trafik kazası verileriyle trafik kazası verileriyle kazaların ciddiyetini tahmin etmek amacıyla çeşitli makine öğrenimi modellerini değerlendirmiştir. Rastgele Orman modelinin en iyi performansı gösterdiğini ve Shapley analizinin uygulandığını belirtmişlerdir. Ayrıca yol kategorisi ile araç sayısının kaza ciddiyeti üzerinde anlamlı etkileri olduğunu ortaya koymuşlardır.

Qu, vd. (2024) sürücü davranışlarını izlemek amacıyla bilgisayarla görme ve makine öğrenme tekniklerinin kullanımı kapsamlı bir şekilde incelemişlerdir, bu tekniklerin sürücü güvenliği ve performansının izlenmesinde etkili olduğunu belirtmişlerdir. Baş (2025), Diyarbakır il merkezinde gerçekleştirdiği çalışmada, yaya kazalarının şiddetini ve etkileyen faktörleri makine öğrenmesi algoritmalarıyla incelemiştir. Çalışmada; AdaBoost, Gradient Boosting, XGBoost, KNN, Lojistik Regresyon, Destek Vektör Makineleri, Karar Ağacı ve Random Forest algoritmaları uygulanmış; Random Forest algoritması %95 doğruluk ve 0.95 F1 skoru ile en yüksek sınıflandırma başarımını göstermiştir. Ayrıca, yaya geçidi varlığı, kavşak tipi, sürücü yaşı, günün saati ve mevsimsel değişkenlerin kaza şiddetinde belirleyici faktörler olduğu ortaya konulmuştur.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Son yıllarda sürücü davranışlarının simülasyon temelli yöntemlerle incelenmesi, karayolu güvenliği ve yol tasarımı alanında önemli bir araştırma aracı haline gelmiştir. Sürüş simülatörleri, gerçek trafik koşullarını güvenli ve kontrollü bir laboratuvar ortamında modelleyerek, sürücülerin riskli ve ani gelişen durumlara verdikleri tepkilerin doğrudan gözlemlenmesine olanak sağlamaktadır (Alonso vd., 2023). Özellikle gelişmekte olan ülkelerde trafik kazalarının önemli bir kısmının sürücü hatalarından kaynaklandığı dikkate alındığında, bu tür deneysel araştırmalar, insan davranışına dayalı risk faktörlerini anlamada kritik bir role sahiptir (Farooq vd., 2020).

Bu çalışma kapsamında, sürücülerin farklı yol ve trafik koşullarında sergiledikleri davranışlar sürüş simülatörü ortamında incelenmiştir. Araştırmanın amacı, gelişmekte olan ülkelerde sürücülerin trafik ortamında karşılaştıkları çeşitli durumlara verdikleri davranışsal tepkileri analiz etmek ve söz konusu tepkilerin trafik güvenliği üzerindeki etkilerini değerlendirmektir. Bu çalışmada temel varsayım, sürücülerin farklı yol geometrileri, trafik ve işletim koşulları gibi çevresel etkenler karşısında farklı davranışsal tepkiler geliştirdikleri ve bu farklılıkların trafik güvenliğini doğrudan etkileyebilecek düzeyde istatistiksel anlam taşıdığı yönündedir.

Çalışmanın yürütülmesinde çalışma başta **TÜBİTAK 1002 - Hızlı Destek Programı (Proje No: 1002/123M190)** kapsamında ‘Sürücülerin farklı yol ve trafik özellikleri karşısındaki davranışlarının simülatör ortamında incelenmesi’ başlıklı proje ile desteklenmiştir. Ayrıca çalışmaya Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (GÜBAP) Koordinatörlüğü ile Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinatörlüğü tarafından verilen destekler önemli katkılar sağlamıştır.

Gümüşhane Üniversitesi tarafından,

- **GÜBAP07 (Proje No: 22.E0111.07.01):** “Gelişmekte olan ülkelerde sürücülerin farklı yol ve trafik özellikleri karşısındaki davranışlarının simülatör ortamında incelenmesi” başlıklı proje ile desteklenmiştir.
- **GÜBAP02 (Proje No: 22.F5110.02.01):** “Karayolu tünellerindeki trafik güvenliği üzerine bir çalışma: Trabzon–Gümüşhane karayolu örneği” buna ek olarak, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü tarafından

- **FBA-2022-813** numaralı “Gelişmekte olan ülkelerde sürücülerin farklı yol ve trafik özellikleri karşısındaki davranışlarının simülatör ortamında incelenmesi” başlıklı proje için finansman sağlanmıştır.

Bu araştırmada deneysel çalışmalar, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi bünyesinde faaliyet gösteren Otonom Sürüş Teknikleri ve Sürücü Davranışları Tespit Laboratuvarı’nda gerçekleştirilmiştir. Laboratuvarda deneysel sürüş görevleri için özel olarak donatılmış bir sürüş simülatörü sistemi bulunmaktadır. Söz konusu sistem, bir adet Fiat Egea marka araç şasisi üzerine kurulu olup, araca entegre edilmiş fren pedalı, gaz pedalı ve direksiyon sistemini içeren özel aparatlar ve kontrol mekanizmaları ile donatılmıştır. Görsel çıktı, iki projeksiyon cihazı ve 8,5 metre genişliğindeki iç bükey projeksiyon perdesi aracılığıyla sağlanmaktadır. Simülatör sistemini kontrol eden yüksek kapasiteli bilgisayar ünitesi sayesinde sürüş senaryoları yüksek çözünürlükte ve kesintisiz şekilde yürütülebilmektedir. Simülasyon yazılım altyapısı, gelişmiş görsel ve fiziksel etkileşim imkânları sunan Unreal Engine 5 platformu kullanılarak özel olarak geliştirilmiştir.

Deneysel sürecin bütünlüğünü sağlamak amacıyla laboratuvar ortamında ayrıca bilgi ve görüntü kontrol merkezi, katılımcı sürücüler için anket doldurma alanı ve sürüş öncesi bekleme sürelerinde katılımcıların temel ihtiyaçlarını karşılamak üzere yiyecek-içecek ikram standı hazırlanmıştır.

Çalışma kapsamında toplam 125 gönüllü denek sürücü, belirlenen simüle edilmiş 4 farklı sürüş gerçekleştirmişler. Ancak, bazı katılımcılarda baş dönmesi, mide bulantısı gibi simülatör rahatsızlıkları (simülatör hastalığı) gözlemlenmiş ve bu nedenle 18 katılımcı sürüş testini tamamlayamamıştır. Dolayısı ile tam veri seti 107 katılımcıdan elde edilmiştir. Elde edilen veriler istatistiksel analizlere tabi tutulmuş ve özellikle gelişmekte olan ülkelerde sürücü davranışlarının iyileştirilmesine yönelik öneriler geliştirilmiştir.

3.1. Laboratuvar Kurulumu

3.1.1 Deneysel Ortamın Hazırlanması

Sürüş Teknikleri ve Sürücü Davranışları Tespit Laboratuvarı, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Mühendislik Fakültesi bünyesinde tahsis edilen 400 metrekarelik kapalı alanda, gerçek sürüş koşullarını mümkün olan en yüksek doğrulukla simüle edebilmek ve güvenilir veri elde edebilmek amacıyla titizlikle kurulmuştur. Geniş ve işlevsel yapısıyla laboratuvar, simülatör aracının ve projeksiyon ekipmanlarının

ergonomik biçimde yerleştirilmesine olanak sağlamaktadır. Deneysel ortamın aydınlatma koşulları, görsel çıktının kalitesini artırmak ve sürücüler üzerinde dikkat dağıtıcı etkenleri ortadan kaldırmak amacıyla optimize edilmiştir. Ayrıca, deney süresince dış çevresel faktörlerin sürüş davranışları üzerindeki etkisini en aza indirmek için yansımalar ve parlaklık gibi optik sorunlar giderilerek deneysel ortamın bütünlüğü sağlanmıştır.

Laboratuvarın kurulum sürecinde, simülasyon aracının laboratuvar alanına taşınması sırasında bodrum kat girişinde yer alan kapı ve rampa ölçülerinin yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Bu yapısal engelin giderilmesi amacıyla mevcut mimari üzerinde çeşitli tadilat ve genişletme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Giriş kapısının mevcut ölçüleri, Şekil 7’te gösterildiği şekilde yeniden değerlendirilmiş; ardından Şekil 8 ve Şekil 9’da belirtilen doğrultuda, girişin sağ ve sol bölümlerine bitişik duvarlardan bir kısmı kontrollü şekilde kaldırılarak gerekli genişleme sağlanmıştır.

Buna ek olarak, aracın içeri taşınmasını kolaylaştırmak amacıyla laboratuvarın giriş rampası da yeniden yapılandırılmıştır. Bu süreç, Şekil 10’de gösterilmiştir. Simülasyon aracının iç mekâna yerleştirilme aşaması, gerekli tüm hazırlıklar tamamlandıktan sonra gerçekleştirilmiş olup, bu uygulama süreci Şekil 11’de sunulmuştur.



Şekil 7. Giriş kapısının genişletilmesine yönelik yapılan ölçüm işlemi



Şekil 8. Laboratuvar giriş kapısının genişletilme işlemi



Şekil 9. Laboratuvar giriş kapısının kutu profil ile çerçevenme işlemi



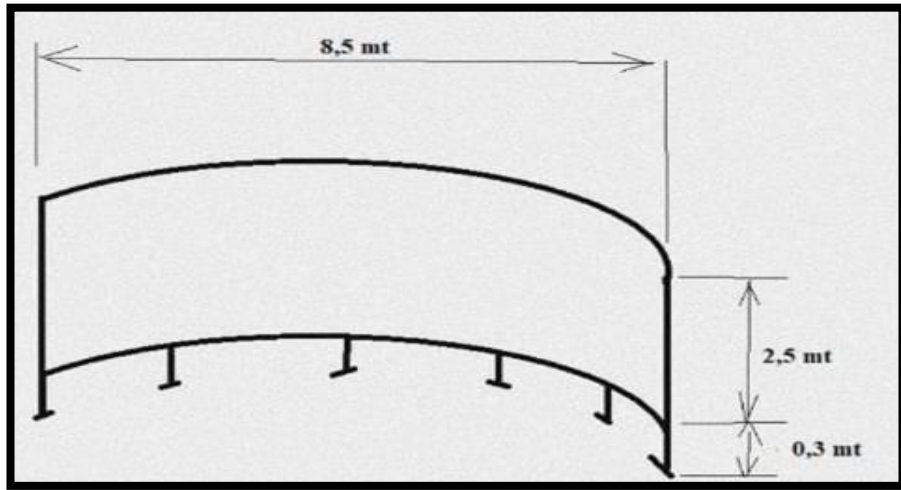
Şekil 10. Laboratuvar giriş rampasının yeniden düzenlenmesi



Şekil 11. Simülatör aracının laboratuvar ortamına sistem entegrasyonu aşaması

3.1.2. Projeksiyon Perdesi Tasarımı ve İmalatı

Laboratuvarın fiziksel özelliklerine ve deneysel gereksinimlerine uygun ölçülerde, sürücülere daha gerçekçi bir görsel deneyim sunabilecek özel bir projeksiyon perdesinin yerinde üretimine karar verilmiştir. Tasarım sürecinde, perdenin iç bükey geometrisi, görüş açısı, yansıma kalitesi ve malzeme esnekliği dikkate alınarak teknik çizimler oluşturulmuş; bu doğrultuda üretim planı hazırlanmıştır. Projeksiyon perdesine ilişkin detaylı teknik çizimler ve tasarım unsurları Şekil 12’de sunulmuştur.



Şekil 12. Projeksiyon perdesine ait tasarım çizimi

Tasarımı tamamlanan projeksiyon perdesinin taşıyıcı iskeleti, 30×40 mm ölçülerinde demir profiller kullanılarak imal edilmiştir. Perdenin iç bükey yapısının doğru eğimle oluşturulabilmesi amacıyla gerekli hesaplamalar yapılmış, ardından

profiller özel bir eğim verme makinesi yardımıyla şekillendirilerek Şekil 13'te gösterildiği şekilde bükülmüştür. Eğim verme işlemi tamamlanan yatay taşıyıcı profiller, aynı kesitteki dikey destek elemanlarıyla birleştirilmiş ve Şekil 14'te sunulduğu üzere kaynak işlemiyle sabitlenmiştir.

Ayrıca, taşıma ve kurulum aşamalarında karşılaşılabilecek taşınma engellerini önlemek amacıyla perde iskeleti, Şekil 15'te gösterildiği gibi iki modüler parça halinde üretilmiştir. İskelet sisteminin uzun ömürlü ve korozyona karşı dayanıklı olmasını sağlamak için üretim sürecinin ardından antipas kaplama yapılmış ve sonrasında yüzey boyama işlemi tamamlanmıştır.



Şekil 13. Projeeksiyon perdesine ait yatay profillerin bükülme işlemi



Şekil 14. Projeeksiyon perdesi dikey profillerin montajı



Şekil 15. Projeksiyon perdesi iskeletine uygulanan antipas ve boya işlemleri

Bu doğrultuda, projeksiyon perdesi, planlanan teknik özelliklere uygun şekilde imal edilmiştir. İmalat sürecinin tamamlanmasının ardından, taşıyıcı iskelet Şekil 16’da gösterildiği üzere laboratuvar ortamına taşınmış; montaj işlemleri dikkatli bir şekilde gerçekleştirildikten sonra perde, Şekil 17’de görülen nihai konumuna taşınmıştır.



Şekil 16. Projeksiyon perdesi iskeletinin laboratuvar ortamına taşınması

Projeksiyon perdesine yansıtılacak görsel içeriğin sürücüler tarafından net ve konforlu bir biçimde algılanabilmesini sağlamak amacıyla, optik yansıtma özellikleri uygun olan vinil tabanlı bir kaplama malzemesi tercih edilmiş ve temin edilmiştir.



Şekil 17. Projeksiyon perde iskeletinin laboratuvara taşınması

İçbükey projeksiyon perdesinin eğimli yüzeyine homojen bir görüntü yansımalarının sağlanabilmesi amacıyla, perde montaj işlemleri dikkatli bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte, perde yüzeyinin düzgün gerilmesi ve sabitlenmesi için gerekli montaj aparatları kullanılmış; gerdirme ve hizalama işlemleri titizlikle uygulanmıştır. Söz konusu montaj aşamasına ilişkin teknik detaylar Şekil 18’de sunulmaktadır.



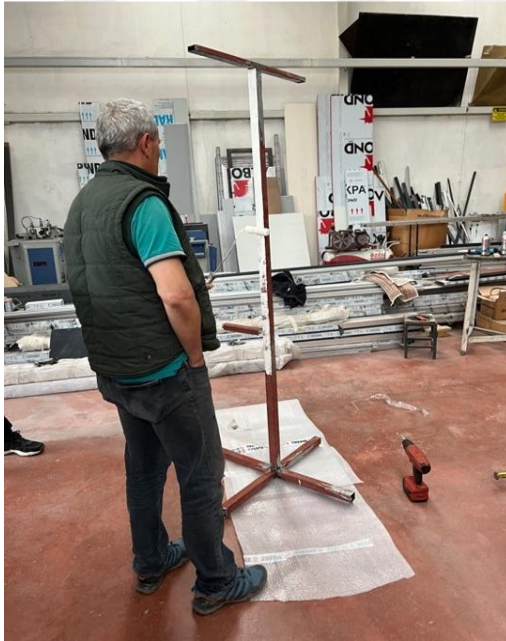
Şekil 18. Perde kaplamasında kullanılacak vinil malzemenin kesim işlemi

Projeksiyon cihazlarının konumlandırılma sürecinde, sürücülere mümkün olan en gerçekçi sürüş deneyimini sunmak amacıyla ideal yansıtma açıları belirlenmiştir. Bu kapsamda, cihazların perdeye olan optimum yükseklik ve uzaklık mesafeleri hesaplanmış, elde edilen veriler doğrultusunda projeksiyon cihazlarını taşıyacak sehpa tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan perde iskeletinin üretim süreci tamamlanarak vinil kaplama aşamasına geçilmiştir. Şekil 19’da sunulmuştur.



Şekil 19. Vinil kaplama malzemesinin perde üzerindeki eğimli yüzeye montajı

Ayrıca, projeksiyon cihazlarının dört farklı yönde hassas görüntü ayarına imkân tanıyabilmesi amacıyla hareketli bir altyapı sistemi geliştirilmiştir. Bu sistemin ayarlanabilir mekanizması, sürüş esnasında perspektif bütünlüğünü koruyacak şekilde optimize edilmiş ve deneysel senaryolar boyunca projeksiyon yansıtma açısının sabit ve yüksek kalitede kalması sağlanmıştır. Söz konusu hareketli altyapı ve projeksiyon açılarına ilişkin teknik detaylar Şekil 20’de sunulmaktadır.



Şekil 20. Projeksiyon cihazları için taşıyıcı sehpanın üretimi

3.1.3 Simülatör Sistemi Entegrasyonu ve Gerçekçi Sürüş Deneyimi

Bu çalışmada, sürücülere daha gerçekçi bir deneyim sunmak amacıyla, aracın direksiyon sistemi ile gaz ve fren pedalları doğrudan simülasyon sistemine entegre

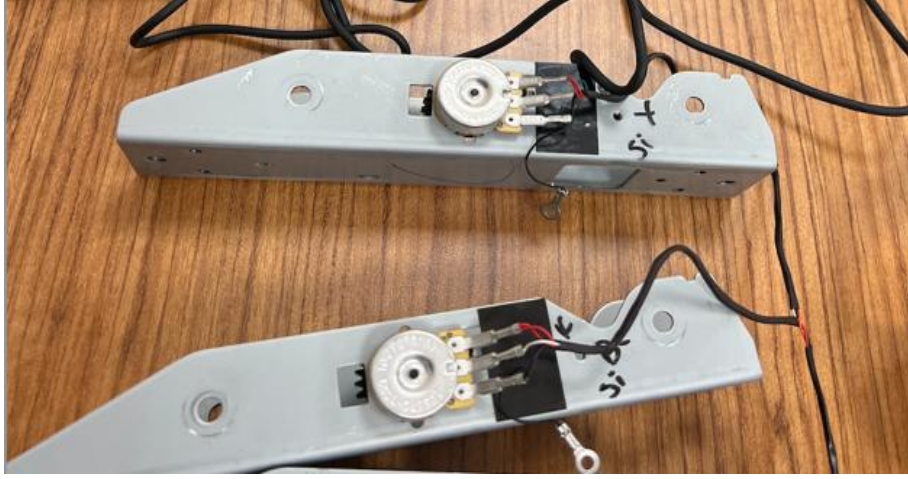
edilmiştir. Simülasyon sürecinde, kontrol sistemlerinin gerçekliğini artırmak ve sürüş davranışlarını daha hassas biçimde izleyebilmek adına araç çeşitli sensörlerle donatılmıştır. Direksiyon, gaz ve fren pedallarının hareketleri analog sinyallere dönüştürülerek veri olarak işlenmiş ve bu veriler, sistemin Unreal Engine 5 tabanlı simülasyon yazılımıyla tam uyumlu çalışmasını sağlayacak şekilde kalibrasyon işlemlerinden geçirilmiştir. Bu süreç, Şekil 21’de gösterilmektedir.

Gaz ve fren pedallarına uygulanan kuvvetin yüksek hassasiyetle ölçülebilmesi amacıyla, simülasyon sisteminde analog sensör teknolojisi kullanılmaktadır. Bu kapsamda, her bir pedal hareketini algılayabilmek için potansiyometre tabanlı bir pedal mekanizması tercih edilmiştir. Pedala uygulanan kuvvetle birlikte dönen bir şaft aracılığıyla direnç değeri değişen potansiyometreler, pedalın basılma derecesine karşılık gelen analog sinyaller üretmektedir. Bu sinyaller, dijital formata dönüştürülerek USB portu üzerinden simülasyon yazılımının çalıştığı bilgisayar sistemine iletilmektedir.

Pedal hareketlerinin algılanmasında kullanılan bu sistemin doğruluğunu artırmak üzere, özel bir mekanik yapı kurulmuş ve pedallara uygulanan kuvvet Şekil 22’de detaylı biçimde gösterildiği üzere bir dinamometre aracılığıyla ölçülmüştür. Elde edilen veriler analog sinyallere çevrilerek simülasyon yazılımına aktarılmış, ardından bu veriler Şekil 23’te sunulan yapı üzerinden analiz edilerek sistemle entegre edilmiştir. Bu teknoloji sayesinde, direksiyon ve pedal hareketleri gecikmesiz ve eksiksiz biçimde simülasyon ortamına yansıtılmış; böylece sürücünün yol ve trafik koşullarına verdiği tepkiler gerçek zamanlı ve güvenilir şekilde analiz edilebilir hale getirilmiştir.



Şekil 21. Simülasyon aracındaki gaz ve fren pedallarına yönelik kalibrasyon işlemleri



Şekil 22. Potansiyometre tabanlı pedal mekanizmasında pedallara uygulanan kuvvetin ölçülmesi amacıyla kurulan dinamometre sistemi



Şekil 23. Dinamometre sistemiyle pedallara uygulanan kuvvetin dijital sinyallere dönüştürülerek simülasyon yazılımına aktarılması süreci

3.1.4. Direksiyon Hareketlerinin Ölçümü ve Entegrasyonu

Aracın direksiyon hareketlerinin ve direksiyon açısı değerlerinin yüksek hassasiyetle ölçülebilmesi amacıyla, ön tekerleklere dört adet metal yönlendirme çubuğu monte edilmiştir. Şekil 24’te gösterilen bu yönlendirme çubukları, yön aktarımını sağlamak üzere bir çelik halat mekanizması aracılığıyla birbirine bağlanmıştır. Söz konusu bağlantı düzeneğine ilişkin teknik detaylar Şekil 25’te ayrıntılı olarak sunulmaktadır.

Bu yapı, ön lastiklerin daima gergin ve dengede tutulmasını sağlayarak direksiyon manevralarının fiziksel düzlemde doğru şekilde algılanmasına imkân tanımaktadır. Aracın ön bölümüne yerleştirilen makara sistemi ile çelik halatlı mekanizma entegre

edilmiş ve sürücünün direksiyon hareketleri, mekanik aktarıcılar vasıtasıyla eş zamanlı olarak simülasyon sistemine iletilmiştir. Direksiyonun her dönüş hareketinde, çelik halat sistemi aracılığıyla yön değişim hareketleri hassas bir şekilde ölçülerek simülasyon yazılımına aktarılmakta ve böylece sürüş kontrolü gerçek zamanlı olarak sağlanmaktadır.

Bu mekanik ve elektronik entegrasyon sayesinde, sürücü tarafından gerçekleştirilen direksiyon manevraları, sistemin analog-dijital çevirici ünitesi üzerinden dijital verilere dönüştürülmüş ve Unreal Engine 5 tabanlı yazılıma tam zamanlı olarak entegre edilmiştir. Böylelikle, direksiyon kontrolleri hem fiziksel hareket doğruluğu hem de yazılımsal veri hassasiyeti açısından yüksek güvenilirlik seviyesine ulaştırılmıştır.



Şekil 24. Ön lastiklerine dört adet metal yönlendirme çubuğunun monte edilmesi



Şekil 25. Ön lastikleri birbirine bağlayan halat montajı

3.1.5. Direksiyon Hareketlerini Algılayan Makara Sistemi

Aracın ön iki tekerleği arasına konumlandırılan makara sistemi, direksiyon manevralarını algılamak ve bu manevralara bağlı olarak çelik halatın hareketlerini hassas biçimde okumak amacıyla tasarlanmıştır. Şekil 26’te gösterilen bu sistem, işlevsellik açısından optimize edilmiş olup, Şekil 27’te belirtildiği üzere aracın orta bölümünde, radyatör bölgesinin altına güvenli bir biçimde monte edilmiştir.

Sistemin araca sağlam ve güvenilir şekilde entegre edilebilmesi amacıyla, özel bir montaj aparatı geliştirilmiş ve Şekil 28’te ayrıntılı şekilde gösterildiği gibi lazer kesim yöntemiyle üretilmiştir. Bu aparat sayesinde, okuma mekanizması doğrudan aracın şasisine sabitlenmiş ve çelik halatın sağa ve sol önlü hareketleri sistem tarafından yüksek doğrulukla algılanabilir hale getirilmiştir. Böylece sürücünün gerçekleştirdiği direksiyon hareketleri, simülasyon sistemine eş zamanlı, güvenilir ve hassas bir biçimde aktarılabilmektedir.

Direksiyon ünitesi, 900 derece (yaklaşık 2,5 tam tur) dönüş kapasitesine sahiptir. Bu değer, gerçek araçlarda kullanılan direksiyon sistemleriyle yüksek oranda uyumlu olup, deneysel sürüş senaryolarında sürücünün doğal sürüş davranışlarını yansıtmaya imkân vermektedir. Sistemin sahip olduğu bu teknik özellikler, özellikle sürücü davranışlarının analizine yönelik yürütülen deneysel çalışmalarda yüksek doğrulukta ve gerçekçi veri elde edilmesini mümkün kılmaktadır.



Şekil 26. Çelik halatın hareketlerini algılayan makara sistemi



Şekil 27. Halat hareketlerini algılayan makara sisteminin aracın ön bölümüne montajı



Şekil 28. Makara sisteminin şasiye sabitlenmesini sağlayan özel montaj aparatı

3.1.6. Veri Toplama ve Sinyal İşleme Süreçleri

Bu çalışmada kullanılan sürüş simülör sisteminde, sürücü davranışlarının gerçek zamanlı ve yüksek hassasiyetle izlenebilmesi amacıyla çok aşamalı bir veri toplama ve sinyal işleme altyapısı geliştirilmiştir. Araç kontrol birimleri (direksiyon, gaz pedalı, fren pedalı) ve kuvvet sensörleri temel veri kaynaklarını oluşturmuştur. Tablo 5’te simülasyon sisteminde b nalog ve dijital akış gösterilmiştir.

Pedal hareketleri ve direksiyon dönüş açıları, potansiyometre tabanlı sensörler aracılığıyla ölçülmüş ve bu sensörlerden elde edilen sinyaller analog formda üretilmiştir. Aynı şekilde, pedallara uygulanan kuvvet de dinamometre kullanılarak analog sinyaller halinde ölçülmüştür. Bu analog veriler, simülasyon yazılımında işlenebilmesi için yüksek çözünürlüklü analog-dijital çeviriciler (ADC) kullanılarak

dijital forma dönüştürülmüştür. Analogdan dijitale çevrilen bu sinyaller, USB portları üzerinden doğrudan simülasyon bilgisayarına aktarılmıştır.

Veri toplama sürecinde kullanılan ADC sistemleri, yüksek örnekleme frekanslarına sahip olup, veri kaybını ve ölçüm gecikmesini en aza indirecek şekilde yapılandırılmıştır. Toplanan bu dijital veriler, Unreal Engine 5 tabanlı simülasyon yazılımı tarafından senaryo akışına entegre edilerek gerçek zamanlı sürüş koşulları simüle edilmiştir.

Simülasyon esnasında işlenen dijital veriler, görüntü ve ses çıktılarında fiziksel ortama aktarılmadan önce dijital-analog çeviriciler (DAC) aracılığıyla analog forma çevrilmiştir. Görsel çıktılar, projeksiyon sistemine uygun çözünürlük ve yansıtma açılarına optimize edilerek eğimli içbükey perdeye yansıtılmış; ses çıktıları ise hoparlör sistemleri üzerinden fiziksel ortama aktarılmıştır. Tablo 5'te simülasyon sisteminin analog ve dijital akış tablosu verilmiştir.

Tablo 5. Simülasyon sisteminin analog ve dijital akış tablosu

No	Bileşen	Ölçülen / Üretilen Sinyal Türü	Dönüşüm İşlemi	Nihai Sinyal Türü
1	Gaz Pedalı	Analog (mekanik hareket → direnç değişimi)	Analog-Dijital Çevirici (ADC)	Dijital
2	Fren Pedalı	Analog (mekanik hareket → direnç değişimi)	ADC	Dijital
3	Direksiyon Simidi	Analog (dönme açısı → direnç değişimi / potansiyometre)	ADC	Dijital
4	Dinamometre (pedal kuvvet ölçümü)	Analog (kuvvet → elektriksel sinyal)	ADC	Dijital
5	Sensör Kalibrasyon Verileri	Dijital (bilgisayar tabanlı ayarlar)	-	Dijital
6	Unreal Engine 5 Simülasyon Yazılımı	Dijital	-	Dijital
7	Projeksiyon Görüntü İşleme	Dijital (grafik işleme)	Dijital-Analog Çevirici	Analog (ışık/görüntü)
8	Ses Sistemleri	Dijital (işlenen ses dosyası)	DAC	Analog (hoparlör çıkışı)
9	Sistem Kontrol (USB haberleşme protokolü)	Dijital	-	Dijital
10	Kamera / Video Gözlem Sistemleri	Analog (görüntü sinyali) → Dijital (işleme için)	ADC	Dijital

3.1.7. Denek Sürücüler İçin Laboratuvar Ortamının Düzenlenmesi

Denek sürücülere uygun bir deney ortamı sunmak ve veri toplama sürecini daha verimli hale getirmek amacıyla, laboratuvar içerisinde çeşitli fiziksel düzenlemeler gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, sürüş sırasını bekleyen katılımcıların konforunu artırmak ve anket uygulamalarını rahatça gerçekleştirebilmelerini sağlamak amacıyla, sekiz adet bekleme koltuğu, bir adet anket doldurma masası ile yiyecek ve içecek ikram stantları laboratuvar ortamında hazırlanmıştır.

Veri toplama sürecinin hızlı, sistematik ve güvenilir şekilde yürütülebilmesi amacıyla, sürüş öncesi ve sürüş sonrası uygulanan anket formları basılı ortam yerine dijital ortamda hazırlanmıştır. Şekil 29’da gösterildiği üzere, laboratuvara tahsis edilen üç adet dizüstü bilgisayar aracılığıyla katılımcılara anketler bilgisayar ortamında sunulmuştur. Anket uygulamaları, Google Dokümanlar platformu üzerinden çevrim içi olarak gerçekleştirilmiş ve katılımcılar, ilgili formları bireysel olarak yüz yüze doldurmuşlardır.

Dijital ortamda toplanan anket verileri, Google Dokümanlar üzerinden doğrudan Excel formatına aktarılmış ve böylelikle verilerin depolanması, düzenlenmesi ve analiz süreci dijital olarak yürütülmüştür. Bu yöntem sayesinde, veri kaybı ve kayıt hataları minimize edilmiş; aynı zamanda analiz aşamasında gerekli olan ön işleme (data cleaning) ve kodlama süreçleri daha hızlı ve sistematik şekilde yürütülebilmektedir.



Şekil 29. Anket doldurma masası ve anket bilgisayarları

3.2. Simülasyon Yazılımı ve Kullanılan Teknolojiler

Bu çalışmada, simülasyon ortamının oluşturulmasında Unreal Engine 5 yazılımı tercih edilmiştir. Epic Games tarafından geliştirilen bu gelişmiş oyun motoru, özellikle yüksek kaliteli grafik işleme kapasitesi, fotogerçekçi görsel sunumları ve dinamik ışıklandırma sistemleri ile ön plana çıkmaktadır. Unreal Engine 5 yalnızca dijital oyun geliştirme alanında değil; aynı zamanda simülasyon sistemleri, sanal gerçeklik (VR), artırılmış gerçeklik (AR) ve diğer etkileşimli uygulama alanlarında da yaygın şekilde kullanılmaktadır.

Laboratuvar ortamında geliştirilen bu sistemde, Unreal Engine 5’in sunduğu Nanite sanallaştırılmış mikro poligon teknolojisi ile Lumen dinamik küresel aydınlatma altyapısı birlikte kullanılmıştır. Nanite teknolojisi, yüksek çözünürlüklü üç boyutlu modellerin herhangi bir performans kaybı yaşanmaksızın simülasyon ortamına entegre

edilmesini sağlarken; Lumen teknolojisi, görüntüdeki ışık koşullarının gerçek zamanlı olarak simüle edilmesine olanak tanımaktadır.

Bu ileri düzey teknolojiler sayesinde, sürücü davranışlarının simülasyon ortamında analizine yönelik yüksek gerçekçilik düzeyine sahip etkileşimli sanal senaryolar geliştirilmiş; böylece deneysel süreç boyunca yüksek doğrulukta görsel veriler elde edilmiştir. Şekil 30’da söz konusu dinamik etkileşim altyapısının kurulumu ayrıntılı şekilde sunulmuştur.



Şekil 30. Simülör dinamik etkileşimlerin kurulum aşamaları

Laboratuvara ait yazılım altyapısının geliştirilme süreci, Şekil 31’de gösterildiği üzere tamamlanarak başarıyla uygulanmıştır.



Şekil 31. Unreal Engine 5 yazılımı ile oluşturulan görüntü

Laboratuvarın genel kurulum süreci ise, Şekil 32’te sunulan görsel doğrultusunda, donanım ve yazılım entegrasyonu eş zamanlı olarak tamamlanarak son haline ulaştırılmıştır.



Şekil 32. Kurulum aşaması tamamlanan laboratuvar

3.3. Senaryolar

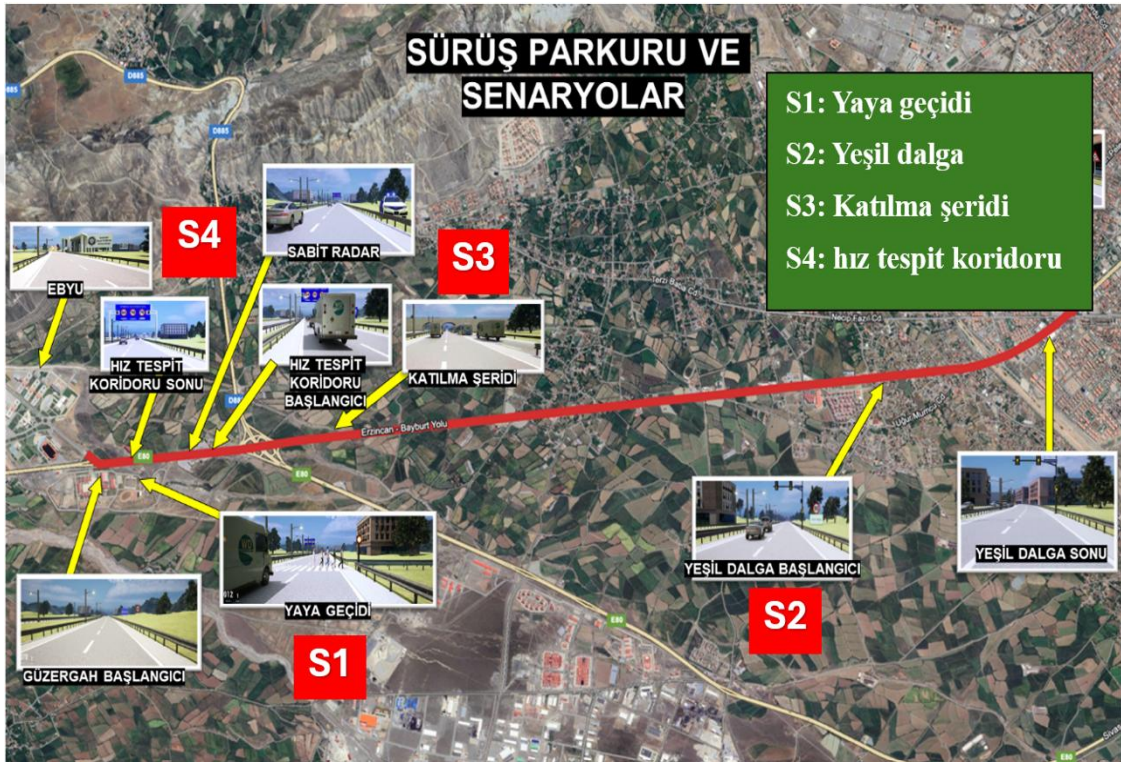
Bu çalışmada, gelişmekte olan ülkelerde trafik akışını ve güvenliğini etkileyen yol ve çevre koşullarının sürücü davranışları üzerindeki etkileri, kontrollü simülasyon ortamında deneysel olarak değerlendirilmiştir. Farklı yol geometrileri, trafik kontrol sistemleri, yaya geçitleri ve hız limitleri gibi faktörlerin sürücünün karar alma süreci, seyir hızı ve riskli durumlara verdiği tepkiler üzerindeki belirleyici rolleri detaylı şekilde incelenmiştir. Simülasyon temelli bu yaklaşım sayesinde, gerçek trafik ortamında karşılaşılması güç veya riskli olabilecek senaryolar güvenli bir ortamda modellenerek sürücü tepkilerinin analizi mümkün hale getirilmiştir.

Araştırma kapsamında geliştirilen dört senaryo üzerinden sürücülerin farklı trafik koşulları altındaki davranışları gözlemlenmiştir. Bu senaryolar; hızlanma, yavaşlama, durma ve şerit değiştirme gibi temel sürüş kararlarının uygulanmasında karşılaşılan zorlukları ve bu kararların trafik güvenliği üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamıştır. Özellikle yeşil dalga geçişlerinde yaşanan sarı ışık kararsızlıkları, yaya geçitlerinde oluşan görüş kısıtları ve katılım şeritlerinde ortaya çıkan yönlendirme güçlükleri çalışmada öne çıkan kritik davranış örüntüleri olarak belirlenmiştir. Sürücülerin hız limitlerine uyum düzeyleri ve şerit takip disiplinleri de analiz edilerek,

elde edilen bulgular doğrultusunda trafik güvenliğinin artırılmasına yönelik çözüm önerileri geliştirilmiştir.

Ayrıca, tez çalışmasında sürücü davranışlarını analiz etmekle beraber bu davranışlardan kaynaklanan güvenlik risklerine yönelik teknolojik ve mühendislik temelli müdahale stratejileri önerilmiştir.

Mevcut Erzincan D100 karayolu yol kesimi bire bir alınarak oluşturulan simulasyon parkuru boyunca senaryoların konumsal dağılımı ise Şekil 33'te görsel olarak sunulmuştur.



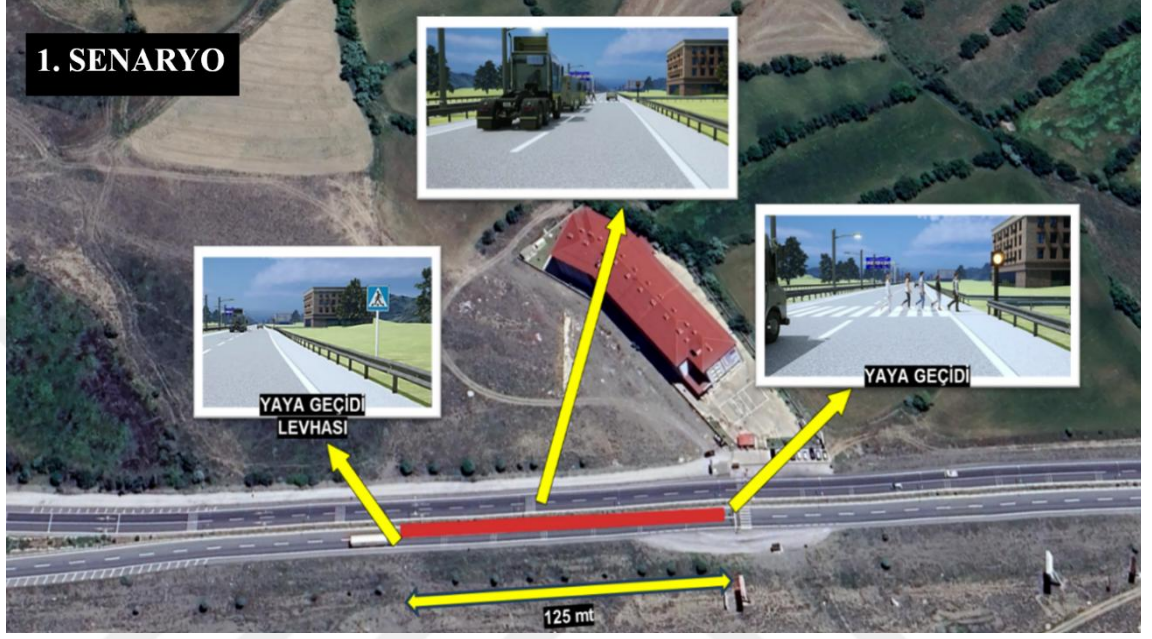
Şekil 33. Sürüş parkuru ve senaryoların güzergâh üzerindeki dağılımı

Denek sürücülerin güzergâh boyunca deneyimledikleri 4 farklı senaryo şu şekildedir.

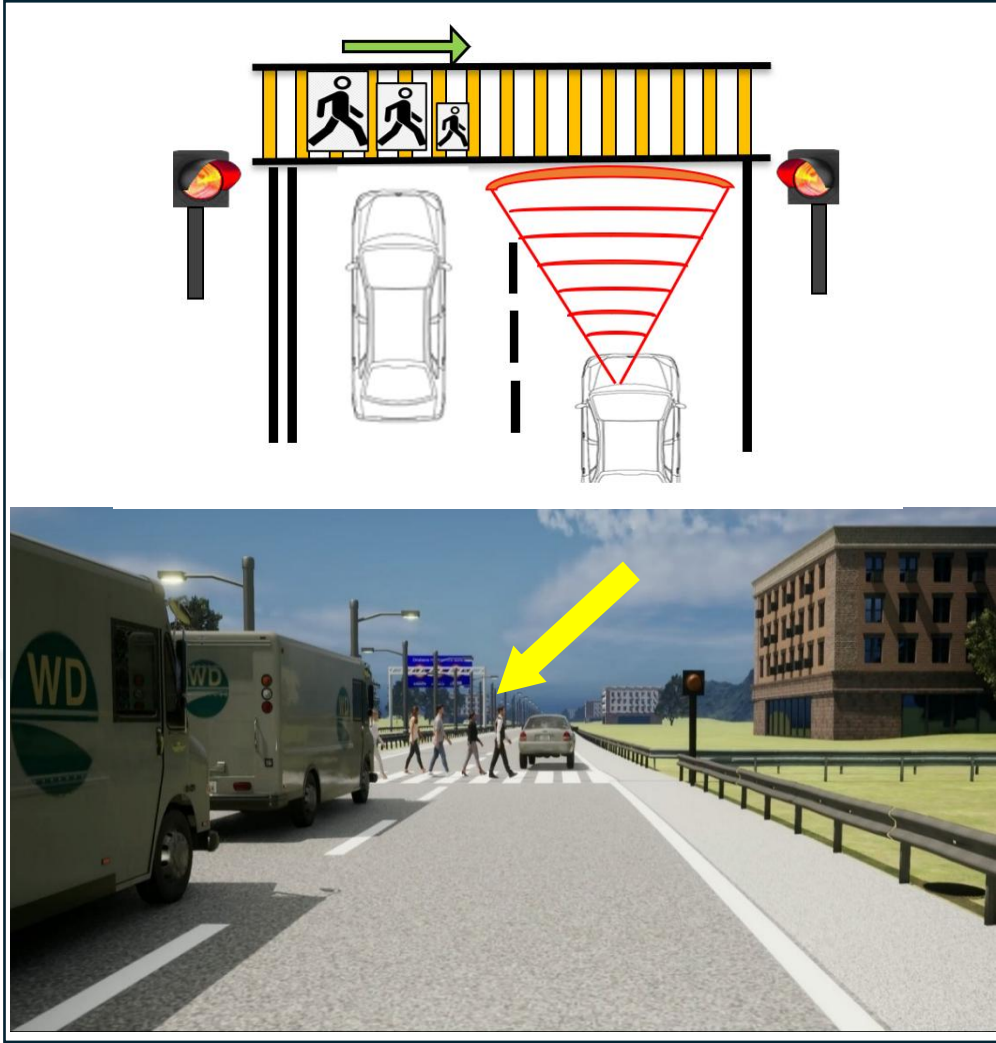
3.3.1. Senaryo 1: Yaya geçitlerinde görünürlük kısıtlılığı ve geçiş güvenliği

Birinci senaryoda, yaya geçidinde karşılaşılan “gizli yaya etkisi” simülasyon ortamında modellenmiştir. Senaryo kapsamında, yaya geçidinde bekleyen bir yaya, ona yol vermek amacıyla yavaşlayan ve duran birinci aracın önünde bulunmaktadır. Bu aracın duruş pozisyonu, aynı şeritte seyreden ve arkadan yaklaşan ikinci aracın görüş açısını kısıtlamakta; dolayısıyla ikinci araç sürücüsünün yayanın varlığını algılamasını engellemektedir. Birinci araç durduğunda, ikinci araç sürücüsü mevcut kısıtlı görüş nedeniyle yayanın yola adım attığını fark edememekte ve bu durum, yayaya çarpma riski oluşturmaktadır.

Bu senaryo, özellikle kısıtlı görüş alanının oluşturabileceği tehlikelerin sürücü davranışları üzerindeki etkilerini analiz etmek amacıyla tasarlanmıştır. Görüş alanının daralmasının yol açtığı karar alma zorlukları ve olası çarpışma riski, sürüş simülatörü aracılığıyla güvenli bir şekilde değerlendirilmiştir. Senaryoya ilişkin simülasyon arayüzüne ait görseller Şekil 34 ve Şekil 35'te sunulmaktadır.



Şekil 34. Senaryo 1'in güzergâh üzerindeki gösterimi



Şekil 35. Yaya geçidi senaryosuna ilişkin şematik çizim ve simülasyon ortamından elde edilen ekran görüntüsü

Bu senaryoda, denek sürücüler, önceden bilgi sahibi olmadıkları ve son yıllarda gerçek trafik ortamlarında sıkça karşılaşılan özgün bir kaza oluşum durumunu deneyimlemişlerdir. Senaryonun amacı, yayaya yol vermek amacıyla ani frenle duran bir aracın arkasında, çapraz konumda ilerleyen diğer sürücülerin yayayı algılama yetersizliğini değerlendirmektir. Özellikle sol şeritte duran büyük hacimli araçların karşıdan karşıya geçmekte olan yayaları perdeleyerek görüş kısıtlılığına yol açtığı bu durum, geçiş güvenliği açısından önemli bir risk faktörü oluşturmaktadır.

Deneyisel tasarım kapsamında, sürücüler yaya geçidine yaklaşırken davranışsal tepkileri analiz edilmiştir. Yaya geçidine yaklaşmadan önce belirli bir mesafeye uyarı levhası yerleştirilmiş ve bu levha aracılığıyla sürücülere yaklaşmakta oldukları geçiş alanı hakkında önceden bilgi verilmiştir. Simülasyon ortamında, büyük araçların konumlandırılmasıyla yayaların görünürlüğünü sınırlayan bir trafik ortamı

oluşturulmuş; bu koşullar altında sürücülerin hız kontrolü, frenleme ve karar alma davranışları gözlemlenmiştir.

Araştırmada, sürücülerin uyarı levhasını algılama düzeyleri, yaklaşma hızları, fren tepkileri ve hız değişimleri analiz edilerek, görüş kısıtlılığı altında oluşan yaya güvenliği riskleri değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, özellikle şehir içi yaya geçitlerinde karşılaşılan bu tür tehlikeli senaryoların güvenlik politikalarına ve trafik düzenlemelerine yönelik etkilerine ışık tutmayı amaçlamaktadır.

3.3.2. Senaryo 2: Yeşil dalga sisteminde hız davranışı ve ikilem bölgesi kararları

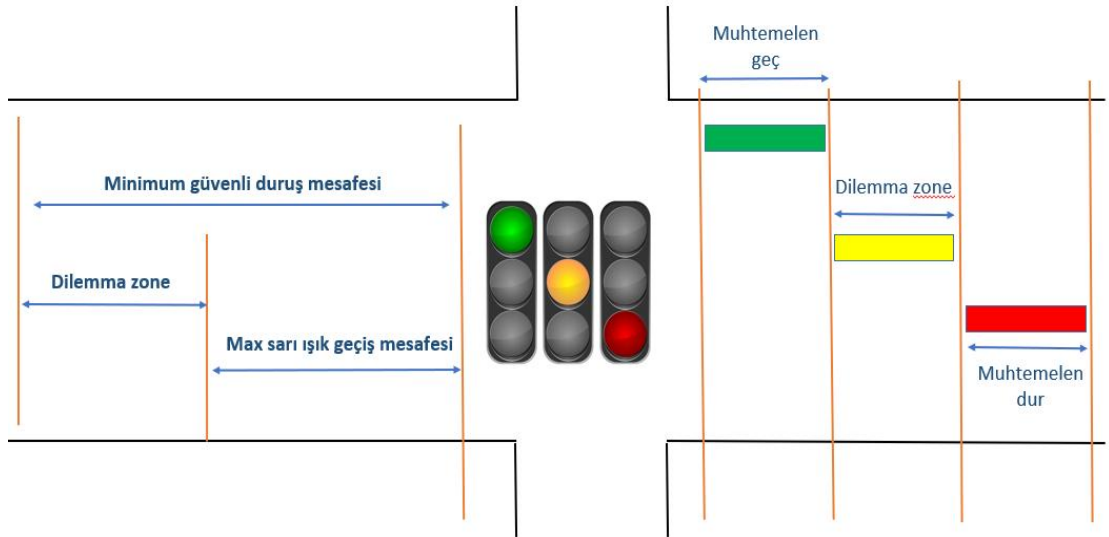
Yeşil dalga senaryosunda, sürücülerin sinyalizasyon kavşak geçişlerindeki karar anları ve hız yönetimi davranışları analiz edilmiştir. Senaryo kapsamında, yeşil ışığın sona ermek üzere olduğu anlarda sürücülerin "ikilem bölgesi" (dilemma zone) olarak tanımlanan kritik karar aşamasındaki tepkileri değerlendirilmiştir. Bu bölge, sürücünün hızını ve mesafesini göz önünde bulundurarak kavşağı geçip geçmeme kararını kısa sürede vermek zorunda kaldığı riskli bir zaman dilimini temsil etmektedir.

DeneySEL tasarım sürecinde, kavşak geçişinden sonraki hızlanma, yavaşlama ve sabit hızda seyretme eğilimleri detaylı olarak kaydedilmiş; özellikle karar anlarındaki kararsızlık davranışları gözlemlenmiştir. Ayrıca trafik akışının değişken olduğu koşullar altında sürücülerin hız ve manevra tercihlerinin nasıl şekillendiği modellenmiş ve bu tercihlerin güvenli sürüş üzerindeki olası etkileri değerlendirilmiştir.

Simülasyon ortamında kurgulanan bu senaryo, sürücülerin zaman baskısı altında verdikleri kararların trafik güvenliği üzerindeki yansımalarını anlamaya yönelik önemli veriler elde etmeyi amaçlamaktadır. Senaryoya ilişkin simülasyon görselleri Şekil 36 ve Şekil 37’de gösterilmektedir.



Şekil 36. Yeşil dalga senaryosuna ilişkin şematik kavşak çizimi ve simülasyon ortamından elde edilen ekran görüntüleri



Şekil 37. İkilem bölgesi senaryosuna ilişkin geçiş kararlarının mesafeye göre sınıflandırıldığı şematik görsel

İkinci senaryo kapsamında parkurun başlangıcında yerleştirilen trafik levhalarıyla sürücülere 90 km/s hız sınırı ve yeşil dalga sisteminin başlangıcı hakkında bilgi verilmiştir. Senaryo tasarımında, bu hızda seyreden sürücülerin, sinyal süreleri ve trafik akışı dikkate alınarak bir sonraki kavşağı kırmızı ışıktaki beklemeden geçmeleri hedeflenmiş ve parkur mesafesi buna göre optimize edilmiştir.

Simülasyon sırasında sürücülerde üç temel davranış örüntüsü gözlemlenmiştir:

- Karar anında yaşanan tereddütler sonucu mesafe ve zaman kaybı yaşayan sürücülerin bu açığı kapatmak için hızlanma eğilimi göstermeleri,

- Sarı ışık süresine yeterince erken ulaşamayan sürücülerin, sinyal değişimini fark edemeyerek kırmızı ışık ihlali riskiyle karşı karşıya kalmaları,
- Yeşil ışığın son saniyelerinde kavşağı geçtikten sonra, yeşil dalga akışını sürdürebilmek amacıyla hız artırma davranışı sergilemeleri.

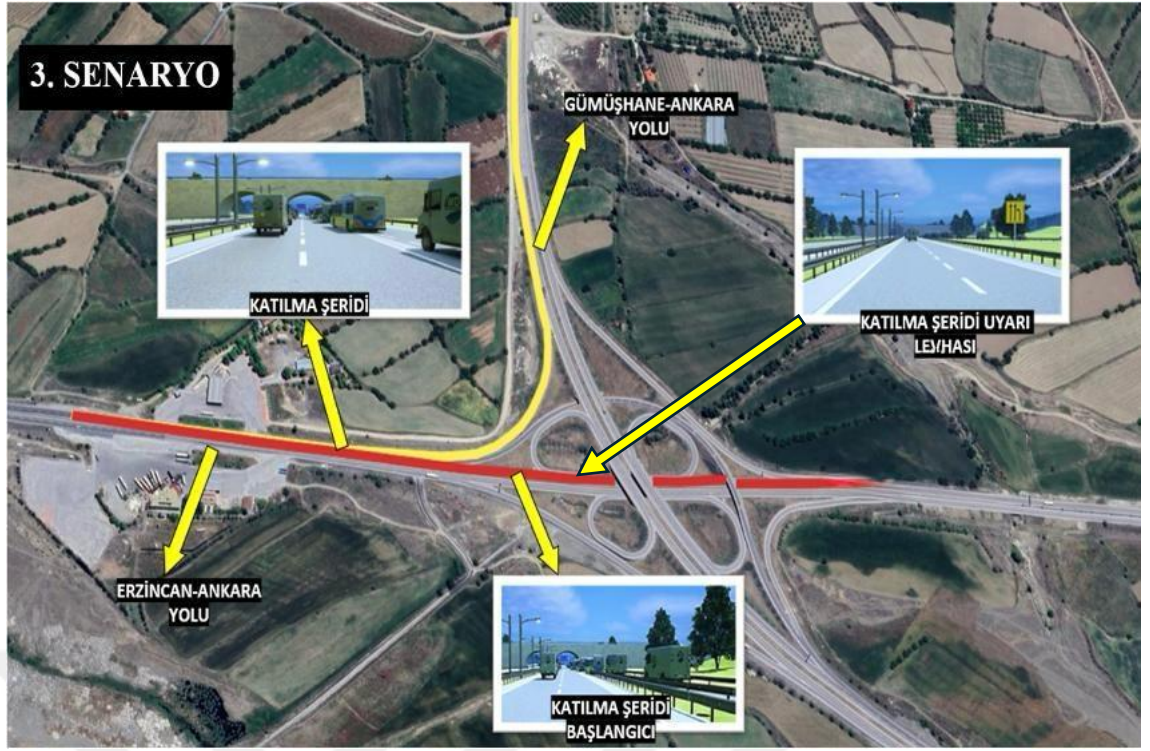
Bu örüntüler, sürücünün hız algısı, sinyal değerlendirme refleksi ve risk alma eğilimleri açısından analiz edilmiş ve güvenli sürüş açısından kritik karar anlarını ortaya koymuştur.

3.3.3. Senaryo 3: Katılma şeritlerinde sürücü tepkileri ve şerit disiplini

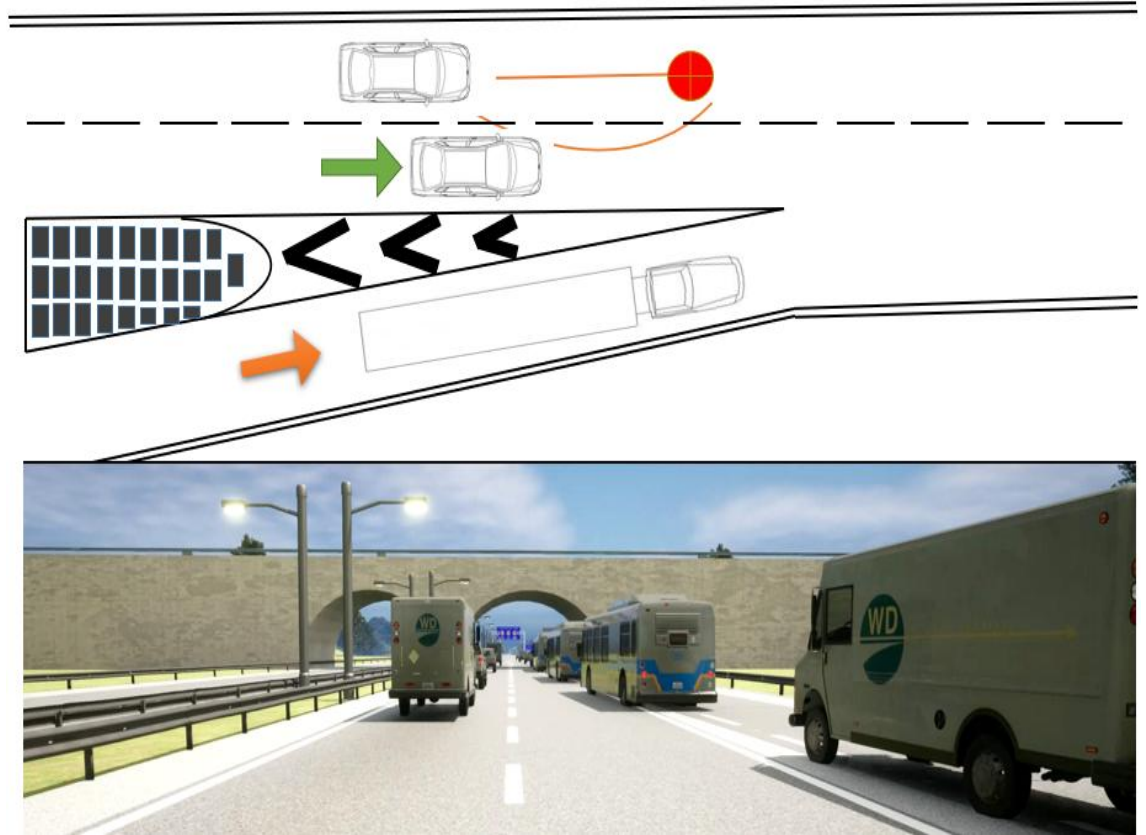
Üçüncü senaryo, karayolu üzerindeki katılma şeritlerinde sürücülerin şerit disiplini, karar alma süreçleri ve etkileşim davranışlarını değerlendirmek amacıyla tasarlanmıştır. Özellikle ağır taşıtların yoğun olarak yer aldığı trafik akışı içerisinde, düz seyir halinde ilerleyen sürücülerin, katılma noktalarına yaklaşan araçlara karşı verdikleri tepkiler sistematik şekilde gözlemlenmiştir.

Deneyisel tasarım kapsamında, katılma şeridine yaklaşımadan önce yerleştirilen bilgilendirme levhaları aracılığıyla sürücülere gerekli uyarılar sağlanmış; bu sayede karar alma sürecindeki farkındalık düzeylerinin davranışsal etkileri de değerlendirilmiştir. Katılma noktalarında, öncelik algısı, trafik akışındaki uyum davranışları ve hız yönetimi değişkenleri kaydedilmiştir.

Simülasyon ortamında modellenen bu senaryo, özellikle yoğun trafik koşullarında sürücülerin şerit disiplini ihlalleri, tehlikeli yakın takip ve ani şerit değiştirme manevralarının güvenli sürüş üzerindeki etkilerini incelemeye olanak sağlamıştır. Senaryoya ilişkin ekran görüntüsü ve şematik çizim sırasıyla Şekil 38 ve Şekil 39’da sunulmaktadır.



Şekil 38. Karayolu katılma şeridine ilişkin senaryo düzeni ve simülasyon ortamından elde edilen görsel



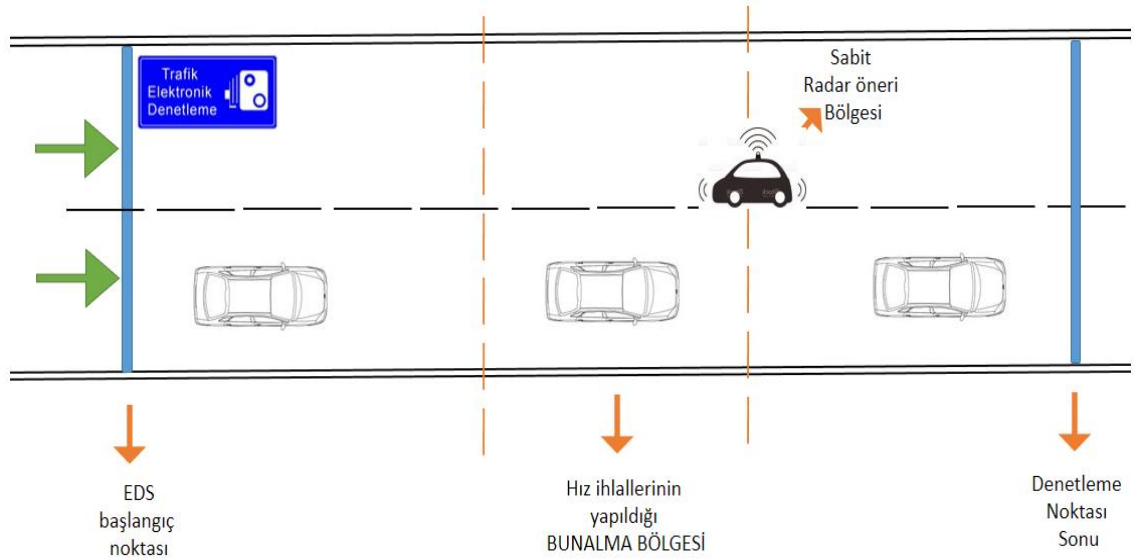
3.3.4. Senaryo 4: EDS denetimli yollarda monoton sürüş ve hız aşımı eğilimleri

Üçüncü senaryo kapsamında, (EDS) ile izlenen karayolu kesimlerinde, sürücülerin uzun süreli monoton sürüşlerin ardından hız sınırlarına uyum düzeyleri ve resmi hız limitlerini aşma eğilimleri incelenmiştir. Bu bağlamda, sürücülerin hız sabitleyici sistem etkisi altında seyir halinde oldukları koridorlarda, dikkat dağınıklığı ve sürüş monotonluğuna bağlı olarak ortaya çıkan hız değişimleri analiz edilmiştir. Araştırmanın amacı, bu değişimlerin yoğunlaştığı noktaların belirlenmesi ve bu alanlarda sabit hız denetleme sistemlerinin (sabit radar) konumlandırılmasının gerekçelendirilmesidir. Böylece, hipotez olarak öne sürülen “sürüş monotonluğu ve dikkat azalmasının hız ihlallerini artırdığı bölgelerde sabit radar uygulamalarının hız kontrolünde etkili bir önlem olabileceği” önerisi test edilmiştir.

Senaryo kapsamında, sürücüler hız kuralları hakkında önceden bilgilendirilmiştir. Simülasyon ortamında gerçekleştirilen bu deneysel uygulama, hız koridorlarının denetim etkinliği ile sürücü davranışı arasındaki ilişki araştırılmıştır. Söz konusu senaryoya ilişkin görseller Şekil 40 ve Şekil 41’de sunulmuştur.



Şekil 40. Hız koridoru senaryosuna ilişkin güzergâhtaki sabit radar, uyarı levhası ve koridor başlangıç/bitiş noktaları



Şekil 41. Hız koridoru senaryosunda EDS noktaları, bunalma bölgesi ve önerilen sabit radar konumu

3.4. Veri Temizleme ve Aykırı Değerlerin İşlenmesi

Veri ön işleme, makine öğrenmesi ve istatistiksel modelleme süreçlerinde model başarımını doğrudan etkileyen kritik bir aşamadır. Ham verilerin analiz ve modelleme için uygun forma getirilmesi; veri temizleme, dönüştürme, normalizasyon, öznitelik seçimi ve boyut indirgeme gibi tekniklerle gerçekleştirilmekte olup, bu işlemler hem analiz sonuçlarının güvenilirliğini hem de model doğruluğunu artırmak açısından büyük önem taşımaktadır (Chicco vd., 2022; Abdelouahed vd., 2024).

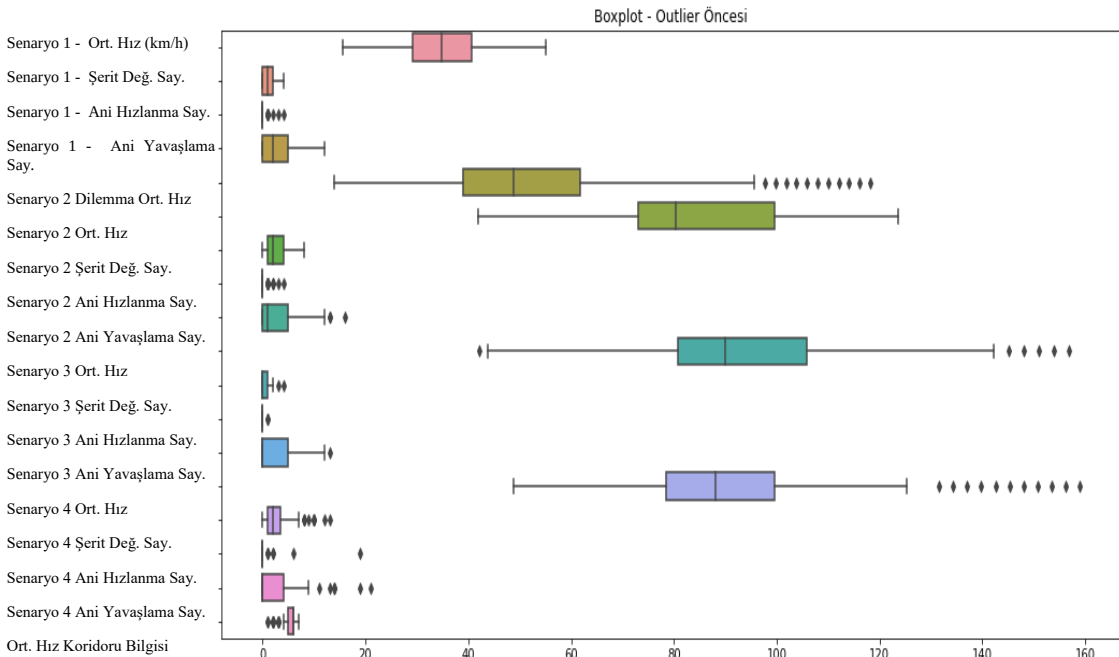
Bu kapsamda, veri temizleme, dönüştürme, normalizasyon, öznitelik seçimi ve boyut indirgeme gibi çeşitli teknikler uygulanarak, veri setinin gürültüden arındırılması ve analiz için daha tutarlı hale getirilmesi sağlanmaktadır (Bala ve Behal, 2024; Hou ve Su, 2024).

Aykırı değerler, veri setindeki genel örüntüden belirgin şekilde sapma gösteren ve analiz sonuçlarını çarpıtma potansiyeline sahip gözlemler olarak tanımlanmaktadır (Bala ve Behal, 2024). Bu değerlerin doğru biçimde tespit edilmesi, analizlerin sağlamlığını ve iç geçerliliğini korumak adına son derece önemlidir. Aykırı değerlerin belirlenmesinde yaygın şekilde kullanılan yöntemlerden biri kutu grafikleri (boxplot) olup, bu teknikle verinin beş temel istatistiksel ölçüt üzerinden dağılımı değerlendirilmekte ve çeyrekler arası aralık (IQR) yardımıyla eşik değerler hesaplanmaktadır (Aschepkov, 2024; Montgomery, 2024). Bu yöntemde, IQR sınırlarının dışındaki değerler ($Q1 - 1.5 \times IQR$ ve $Q3 + 1.5 \times IQR$) aykırı değer olarak sınıflandırılmakta ve analiz öncesinde değerlendirmeye alınmamaktadır. Öte yandan, veri standardizasyonu işlemi; farklı ölçeklerdeki değişkenlerin ortak bir ölçeğe

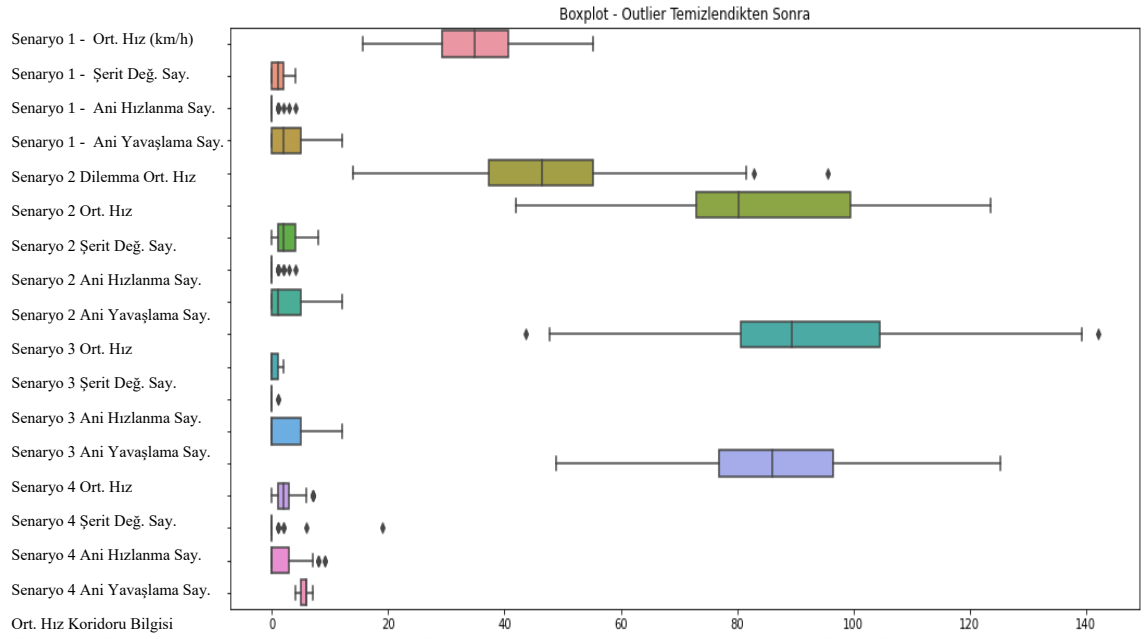
getirilmesini sağlayarak model öğrenme süreçlerini daha istikrarlı ve dengeli hale getirmektedir (Abdelouahed vd., 2024). Özellikle değişkenler arasında ölçek farkının bulunduğu durumlarda, standardizasyon işlemi model parametrelerinin daha hızlı ve etkin şekilde optimize edilmesini kolaylaştırmaktadır.

Deneyssel çalışma kapsamında elde edilen sürüş performansı verileri, analiz öncesinde kalite kontrol ve veri temizleme süreçlerinden geçirilmiştir. Bu bağlamda, özellikle ölçüm hataları, sensör kaynaklı uç değerler ve istatistiksel açıdan veri setinde sapmalara yol açabilecek aykırı değerlerin tespiti amacıyla görsel ve istatistiksel incelemeler yapılmıştır. Aykırı değerlerin belirlenmesinde kutu grafikleri (boxplot) kullanılmış; her bir senaryo için temel sürüş değişkenleri (örn. ortalama hız, ani frenleme sayısı, ani hızlanma sayısı, şerit değişim sayısı vb.) ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Belirlenen eşiklerin ötesinde kalan ekstrem değerler, veri setinde homojenliği bozabileceği ve modelleme doğruluğunu olumsuz etkileyebileceği gerekçesiyle analiz dışı bırakılmıştır.

Aşağıdaki Şekil 42’de temizleme öncesi durum ve Şekil 43’te temizleme sonrası durum olarak örnek veri setlerinden iki farklı senaryoya ait aykırı değer görselleştirmeleri sunulmuştur. Görsellerden de görüleceği üzere, özellikle uç kısımlarda yer alan değerler, analiz güvenilirliğini artırmak adına çalışmanın istatistiksel analiz aşamasında veri setinden çıkarılmıştır. Bu aykırı değer temizliği sonucunda istatistiksel analizlerin sağlamlığı, varyans homojenliği ve model uyumu iyileştirilmiştir.



Şekil 42. Senaryo 1 ve Senaryo 4 arasında ortalama hız ve diğer değişkenler için aykırı değerlerin görselleştirilmesi



Şekil 43. Aykırı değerlerin çıkarılması sonrası düzeltilmiş veri setinin boxplot görünümü.

Bu aykırı değer temizleme süreci, özellikle regresyon ve varyans analizleri sırasında model parametrelerinin sapmasız tahmin edilmesini ve anlamlılık testlerinin geçerliliğini korumasını sağlamıştır. Aykırı gözlemlerin veri setinden çıkarılmasıyla, istatistiksel testlerin Type I ve Type II hata olasılıkları minimize edilmiş, modelin genel uyum iyiliği (goodness-of-fit) artırılmıştır. Ayrıca, veri setinin dağılım özelliklerinin normalliğe daha yakın hale gelmesi, parametrik testlerin güvenilirliğini önemli ölçüde güçlendirmiştir.

3.5. Kullanılan Makine Öğrenmesi Algoritmaları

Bu çalışmada elde edilen deneysel verilerin sınıflandırılması ve sürücü davranışlarının modellenmesi amacıyla çeşitli makine öğrenmesi algoritmalarından yararlanılmıştır. Kullanılan algoritmalar, farklı veri yapıları ve örneklem özelliklerine uyum sağlayabilecek çeşitlilikte tasarlanmış olup hem doğruluk oranlarının artırılması hem de model genelleme kabiliyetlerinin güçlendirilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda, geleneksel sınıflandırma yöntemlerinden topluluk öğrenme yaklaşımlarına kadar geniş bir algoritma yelpazesi uygulanmıştır.

Her bir algoritmanın temel çalışma prensipleri ve araştırma kapsamında sağladığı aşağıda özetlenmektedir.

AdaBoost (Adaptive Boosting) Algoritması: AdaBoost, zayıf sınıflandırıcıları ardışık olarak eğiterek ve her iterasyonda model başarımına ağırlık vererek güçlü sınıflandırıcılar oluşturan bir topluluk (ensemble) öğrenme yöntemidir. Bu algoritma,

büyük veri kümelerini hızlı ve etkili şekilde analiz edebilme yeteneğine sahiptir. Her iterasyonda düşük performans gösteren sınıflandırıcıların çıktıları birleştirilerek sınıflandırma doğruluğu artırılmaktadır (Xiao vd., 2018; Gamil vd., 2024).

Decision Tree (Karar Ağaçları) Algoritması: Karar ağaçları, veri kümesini ardışık olarak alt kümelere ayırarak sınıflandırma veya regresyon işlemlerini gerçekleştiren denetimli öğrenme algoritmalarıdır. Model oluşturulurken aşırı öğrenmeyi (overfitting) azaltmak amacıyla veri ön işleme ve geçerlilik adımları titizlikle uygulanmalıdır. Algoritma, eğitim sürecinde Gini indeksi gibi ölçütleri minimize ederek dallanmalar oluşturur (Acito, 2023; Costa ve Pedreira, 2023; Pachouly vd., 2022; Itzkin vd., 2025).

Gradient Boosting Algoritması: Gradient Boosting, hata düzeltmeye dayalı yinelemeli bir topluluk yöntemidir. Her yeni model, önceki modellerin hatalarını minimize etmeye odaklanır. Böylece nihai modelin performansı ve doğruluğu sürekli artırılır (Otchere vd., 2022; Yoon, 2021)

K-Nearest Neighbors (KNN) Algoritması: KNN algoritması, sınıflandırma işlemini vektör uzayında en yakın komşu benzerliğine dayanarak gerçekleştirir. Bu algoritmada, geçmiş olasılıklar yerine komşu veri noktalarının (k sayısı kadar) benzerlikleri esas alınır. Modelin başarımı; seçilen k komşu sayısına, benzerlik ölçütüne ve eşik değerine bağlıdır (Liao ve Vemuri, 2002; Campisi vd., 2024).

Logistic Regression (Lojistik Regresyon) Algoritması: Lojistik regresyon, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi modelleyen parametrik bir sınıflandırma yöntemidir. Model, en az sayıda öznelikle en iyi uyumu sağlayacak şekilde optimize edilir ve verileri sayısal tahmin yapmak yerine, belirli sınıflara atamayı hedefler (Coşkun vd., 2004; Babu Nuthalapati ve Nuthalapati, 2024).

Random Forest Algoritması: Random Forest, sınıflandırma ve regresyon problemleri için kullanılan güçlü bir topluluk algoritmasıdır. Rastgele seçilen veri alt kümeleri üzerinde çok sayıda karar ağacı inşa eder. Dengeli olmayan ve eksik değerlere sahip veri kümeleri üzerinde yüksek performans göstermesiyle bilinir (Sekulić vd., 2020; Ullah vd., 2019).

Support Vector Classifier (SVC) Algoritması: SVC, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi modelleyen ve veri noktalarını doğru şekilde ayıran optimum hiper düzlemi belirleyen güçlü bir sınıflandırma algoritmasıdır. Hem sınıflandırma hem de ikili veri setleri üzerinde etkili sonuçlar verir (Izonin vd., 2021; Gamil vd., 2024).

Extreme Gradient Boosting (XGBoost) Algoritması: XGBoost, gradient boosting tabanlı karar ağaçları kullanarak yüksek doğrulukta tahminler üretir. Hiperparametre ayarları nispeten basit olup, aşırı öğrenme eğilimi daha düşüktür. Her yeni eklenen ağaç, önceki tahmin artıklarını minimize ederek modeli günceller (Davagdorj vd., 2020; Wang ve Ni, 2019; Esmaili-Falak ve Benemaran, 2024).

Light Gradient Boosting Machine (LightGBM) Algoritması: LightGBM, gradient boosting yönteminin optimizasyonuna dayalı, özellikle büyük veri setleri ve yüksek boyutlu özellikler üzerinde yüksek hız ve doğruluk sağlayabilen bir makine öğrenmesi algoritmasıdır. Geleneksel gradient boosting yöntemlerine göre daha az bellek kullanımı ve daha hızlı eğitim süresi sunmasıyla öne çıkar (Ke vd., 2017). LightGBM, veri kümesini önceden sıralayarak histogram tabanlı ayrıklaştırma yöntemini kullanır ve bilgi kazancı kriterine göre en uygun bölünmeleri gerçekleştirir. Ayrıca, "leaf-wise" büyüme stratejisi sayesinde hata azaltımında daha agresif ve etkili sonuçlar üretir. Bu özelliği sayesinde, özellikle trafik kazası tahminleri, sürücü davranış analizleri ve büyük ölçekli trafik verisi işlemlerinde sıkça tercih edilmektedir (Zhou vd., 2020).

Categorical Boosting (CatBoost) Algoritması: CatBoost, özellikle kategorik değişkenlerin doğrudan işlenmesine olanak tanıyan gelişmiş bir gradient boosting algoritmasıdır. Diğer boosting algoritmalarının ön işleme aşamasında gerektirdiği kategorik değişken kodlamalarına ihtiyaç duymaksızın, bu tür verileri otomatik olarak işleyebilme yeteneğine sahiptir (Prokhorenkova vd., 2018). Bu özellik, karmaşık kategorik verilerin sıklıkla karşılaşıldığı sürücü profili, yol ve çevre özellikleri gibi çok boyutlu veri setlerinde CatBoost'u avantajlı kılar. Ayrıca, overfitting riskini azaltan "ordered boosting" yaklaşımı ve daha dengeli modelleme süreci sayesinde, yüksek genelleme başarımı ve daha stabil tahmin sonuçları elde edilmesine imkân tanır (Hancock ve Khoshgoftaar, 2020).

Bu bölümde sunulan makine öğrenmesi algoritmaları, çalışmada elde edilen çok boyutlu sürücü davranış verilerinin sınıflandırılmasında ve olası risk faktörlerinin belirlenmesinde önemli işlevler üstlenmiştir. Her bir algoritmanın parametrik ve hesaplama özellikleri göz önünde bulundurularak, farklı modelleme senaryolarında optimum sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır. Uygulanan bu yöntemler sayesinde, sürüş simülasyonlarından elde edilen karmaşık veriler sistematik biçimde işlenmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki trafik güvenliğini etkileyen davranışsal dinamikler hakkında anlamlı çıkarımlar yapılabilmektedir. Elde edilen bulgular, sonraki bölümlerde detaylı şekilde sunulan analiz ve değerlendirmelerin temelini oluşturmuştur.

4. BULGULAR

Bu bölümde, araştırma kapsamında elde edilen veriler analiz edilmiş ve araştırma sorularına verilen yanıtlar yapılandırılmış bir şekilde sunulmuştur. Analiz sürecinde, belirlenen temel eğilimler ve değişkenler açık bir şekilde ortaya konmuş; elde edilen veriler aşağıda verilmiştir

Araştırmaya toplam 125 katılımcı dâhil edilmiştir. Ancak simülatör senaryolarını tamamlamayan 18 katılımcının verileri çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır. Sonuç olarak, istatistiksel değerlendirmeler ve bulgu yorumları, simülasyon sürecini tamamlayan 107 katılımcıdan elde edilen veriler üzerinden yürütülmüştür.

4.1 Katılımcı Profilleri ve Sürüş Davranışlarının Nicel Analizi

4.1.1 Demografik Özellikler ve Katılımcı Profilleri

Araştırma kapsamında, veri toplama süreci, katılımcıların sürüş davranışlarını hem sürüş öncesinde hem de sürüş sonrasında değerlendirebilmek amacıyla iki aşamalı olarak kurgulanmıştır. Bu doğrultuda, simülatör uygulamasından önce sürüş öncesi anket (SO) ve uygulamanın hemen ardından sürüş sonrası anket (SS) uygulanmıştır. Bu anketler aracılığıyla katılımcıların bireysel özellikleri, algıları, tutumları ve sürüş simülatörü sonrası değerlendirmeleri sistematik şekilde toplanmıştır. Tablo 6’da verilen nicel anket verileri, simülasyon süresince kaydedilen davranışsal performans verileriyle birlikte bütüncül bir analiz perspektifiyle değerlendirilmiştir. Böylece hem katılımcıların öznel algıları hem de ölçülebilir sürüş çıktıları karşılaştırmalı olarak analiz edilmiş, sürücü davranışlarının yalnızca performansa değil, aynı zamanda algısal ve bilişsel yönleri de değerlendirilmiştir.

Tablo 6. Katılımcıların demografik özellikleri ve sürüş deneyimi

Kategori	Katılımcı Sayısı	Toplam	Yüzde (%)
Cinsiyet (Kadın)	28	107	26.17
Cinsiyet (Erkek)	79		73.83
Yaş (18-30)	22	107	20.56
Yaş (31-45)	53		49.53
Yaş (46+)	32		29.91
Ehliyet Yılı (0-10)	39	107	36.45
Ehliyet Yılı (11-20)	39		36.45
Ehliyet Yılı (21+)	29		27.10
Kaza Geçmişi (Evet)	33	107	30.84
Kaza Geçmişi (Hayır)	74	107	69.16

Simülasyon temelli bu çalışmaya katılan 107 bireyin demografik ve sürücülük geçmişine ilişkin dağılımları incelendiğinde, örneklemin %73.83'ünü erkek (n=79) ve %26.17'sini kadın (n=28) katılımcıların oluşturduğu görülmektedir. Yaş gruplarına göre dağılım incelendiğinde, katılımcıların %49.53'ü 31-45 yaş aralığında (n=53), %29.91'i 46 yaş ve üzerinde (n=32), %20.56'sı ise 18-30 yaş grubunda (n=22) yer almaktadır.

Sürücülük deneyim süresi bakımından, 0-10 yıl ve 11-20 yıl aralığında deneyime sahip bireylerin oranları eşit olup her iki grup da %36.45'lik (n=39) bir paya sahiptir; 21 yıl ve üzeri deneyime sahip katılımcılar ise %27.10 (n=29) oranında temsil edilmektedir. Katılımcıların trafik kazası geçmişine ilişkin veriler incelendiğinde, %30.84'ü (n=33) geçmişte bir kaza deneyimi yaşadığını, %69.16'sı (n=74) ise herhangi bir kaza geçirmediğini beyan etmiştir. Bu bulgular, çalışmanın örnekleminin cinsiyet açısından tamamen homojen olmasa da ülkenin kadın sürücü oranıyla uyumlu bir dağılım gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Örneklemin, yaş ve sürücülük yılı bakımından ise görece dengeli bir yapıya sahiptir. Ayrıca, kaza geçmişi gibi kritik bir değişkenin veri setinde anlamlı biçimde temsil edildiği gözlemlenmiştir. Bu özellikler, simülasyon ortamında elde edilecek verilerin farklı sürücü profillerine göre karşılaştırmalı analizler yapılmasına imkân sunmaktadır.

Tablo 7'de katılımcıların yaş ve ehliyet yılına ilişkin temel betimleyici istatistiklerini sunmaktadır. Verilere göre, katılımcıların yaş ortalaması 37.37, ehliyet yılı ortalaması ise 15.67 olarak bulunmuştur.

Yaş değişkeninin standart sapması 10.74, ehliyet yılı değişkeninin ise 10.34 olup, her iki değişkenin de geniş bir yayılımı sahip olduğu görülmektedir. Basıklık değerleri incelendiğinde, yaş (-0.62) ve ehliyet yılı (-0.75) verilerinin her ikisinin de normal dağılıma göre daha dağınık bir dağılıma sahip olduğu anlaşılmaktadır. Benzer şekilde, çarpıklık (skewness) değerleri pozitif olup, yaş değişkeni için 0.22, ehliyet yılı için ise 0.27 olarak hesaplanmıştır; bu durum, verilerin sağa doğru asimetric bir dağılım sergilediğini göstermektedir.

Tablo 7. Katılımcıların yaş ve ehliyet yılına ilişkin betimsel istatistikler

	Yaş	Ehliyet süresi
Ortalama	37.37	15.67
Ortanca (Median)	38	16
Standart Sapma	10.74	10.34
Standart Hata	1.04	1.00
Örnek Varyans	115.39	106.94
Basıklık	-0.62	-0.75
Çarpıklık	0.22	0.27
Değer Aralığı	46	37

Tablo 7 (Devamı)

	Yas	Ehliyet süresi
En Küçük Değer	18	0
En Büyük Değer	74	37
Gözlem Sayısı (n)	107	107

Tablo 7’de sunulan veriler, çalışmaya katılan bireylerin yaş ve ehliyet sahiplik süresi açısından geniş bir dağılıma sahip olduğunu göstermektedir. Ortalama yaş 37.37 yıl, ortalama ehliyet süresi ise 15.67 yıl olarak belirlenmiş; bu durum örneklemin dengeli bir yapıda olduğunu ortaya koymaktadır. Çarpıklık ve basıklık değerleri ise dağılımların normal eğriye yakın ve uç değerlerden arınmış olduğunu göstermektedir.

4.2. Anket Sonuçlarının Değerlendirilmesi

4.2.1. Sürüş Öncesi Anketlerin DSÖ Temelli Yaş Gruplarına Göre İncelenmesi

Sürücülerin yaş gruplarına göre sınıflandırılması, trafik güvenliği araştırmalarında demografik temelli risk faktörlerinin değerlendirilmesini kolaylaştıran önemli bir yaklaşımdır. (WHO) tarafından yayımlanan 2018 tarihli *Küresel Yol Güvenliği Durum Raporu*’nda sürücüler; genç (18–24 yaş), orta yaşlı (25–64 yaş) ve yaşlı (65 yaş ve üzeri) olmak üzere üç temel yaş grubuna ayrılmaktadır. Katılımcıların yaşlara göre dağılımı Tablo 7’de sunulmuştur.

Bu yaş sınıflandırması, farklı yaş gruplarının trafik güvenliği üzerindeki etkilerinin karşılaştırmalı olarak analiz edilmesine imkân tanımaktadır. Özellikle genç yaş grubunun daha yüksek kaza riski taşıdığı, orta yaş grubunun daha dengeli ve deneyime dayalı sürüş alışkanlıklarına sahip olduğu, yaşlı sürücülerin ise bilişsel ve fiziksel sınırlılıkları nedeniyle artan risk altında bulunduğu literatürde sıkça vurgulanmaktadır (WHO, 2018).

Çalışma kapsamında yapılan analizlerde, yaş temelli bu kategorilere göre sürücü davranışları karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır. Tablo 8’de literatürde yaygın olarak kabul edilen yaş grupları özetlenmiştir. Bu tablo yapılan bu çalışmada yaş gruplarının karşılaştırılmasını ve sürüş güvenliği alanında yapılacak analizler için referans kabul edilmiştir.

Tablo 8. Sürücülerin yaş aralığına göre sınıflandırılması (WHO, 2018).

Yaş Grubu	Yaş Aralığı	Açıklama
Genç Sürücüler	18 - 24 yaş	Deneyimsizlik, risk alma eğilimi yüksek, ölümcül kaza oranı daha yüksek olan sürücüler
Orta Yaşlı Sürücüler	25 - 64 yaş	Sürüş deneyimi artar, genel olarak güvenli sürücüler
Yaşlı Sürücüler	65 yaş ve üzeri	Fiziksel ve bilişsel gerileme nedeniyle risk artışı görülen sürücüler

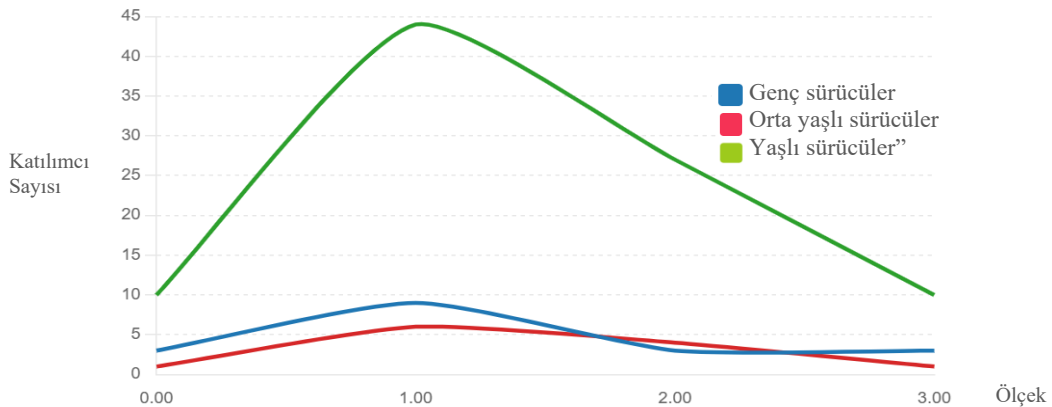
4.2.2. Sürüş Öncesi Anketlere Göre Yaş Dayalı Öz Değerlendirme ve Davranış Eğilimleri

Bu bölümde, katılımcıların sürüş öncesi anketlere verdikleri yanıtlar, DSÖ'nün (WHO, 2018) yaş gruplandırması esas alınarak üç temel gruba (genç, orta yaşlı, yaşlı) ayrılmış ve yaş temelli farklar davranışsal eğilimler bağlamında değerlendirilmiştir. Yaş faktörünün sürüş becerileri üzerindeki etkileri, özellikle öz değerlendirme temelli beyanlar aracılığıyla analiz edilmiştir. Genç sürücülerde gözlenen risk alma eğilimleri, orta yaş grubunun deneyimle gelişen dengeleyici tutumları ve yaşlı sürücülerdeki olası bilişsel-fiziksel gerilemeler, trafik güvenliği açısından anlamlı yorumlara olanak tanımıştır. Sunulan tablo ve grafikler, yaşa göre öznel sürüş yeterliklerinin nasıl şekillendiğini ortaya koymakta ve yaş grubuna özgü profil farklılıklarını sayısal verilerle desteklemektedir.

Katılımcılara yöneltilen “Kendinizi nasıl bir sürücü olarak tanımlarsınız?” sorusuna verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 9’da sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların sürücü kimliklerine yönelik öz değerlendirme düzeylerinin cinsiyete göre dağılımı Şekil 44’te etkileşimli grafikte sunulmuştur.

Tablo 9. Katılımcıların yaş grubuna göre sürücü kimliği öz değerlendirmeleri

Yaş Grubu	Agresif	Orta	Sakin	Toplam
Genç	3	9	3	15
Orta Yaşlı	10	44	27	81
Yaşlı	1	6	4	11



Şekil 44. Sürücü kimliği öz değerlendirmelerinin yaş grubuna göre dağılımını gösteren etkileşimli grafik

Katılımcıların sürücü kimliklerine yönelik öz değerlendirmeleri Şekil 44'te sunulmuştur. Orta yaş grubunda “orta” düzeyde sürücü profili baskınken, gençler ve yaşlılar bu dağılıma daha dengeli ancak düşük yoğunlukta katılım göstermiştir.

Katılımcıların sürüş tarzı değerlendirmeleri yaş gruplarına göre farklılık göstermiştir. Genç grupta (n=15), katılımcıların %60'ı kendini “orta” düzeyde sürücü olarak tanımlarken, “agresif” ve “sakin” sürücü oranları eşit şekilde %20'de kalmıştır. Bu durum, genç bireylerde sürüş davranışlarının çeşitlilik gösterdiğini ve uç davranışların da mevcut olduğunu ortaya koymaktadır.

Orta yaş grubunda (n=81), %54.3'lük oranla “orta” düzeyde sürücülük baskınken, “sakin” sürücülük %33.3, “agresif” sürücülük ise %12.3 oranında rapor edilmiştir. Bu sonuç, yaşla birlikte daha dengeli ve temkinli sürüş davranışlarının arttığını göstermektedir. Yaşlı grupta (n=11) ise, “orta” düzeyde sürücülük %54.5 ile yine en yüksek oranı oluştururken, “sakin” sürücülük %36.4 ve “agresif” sürücülük %9.1 oranında kalmıştır. Bu dağılım, ileri yaşlarda deneyim ve dikkat artışıyla birlikte risk alma eğiliminin azaldığını işaret etmektedir.

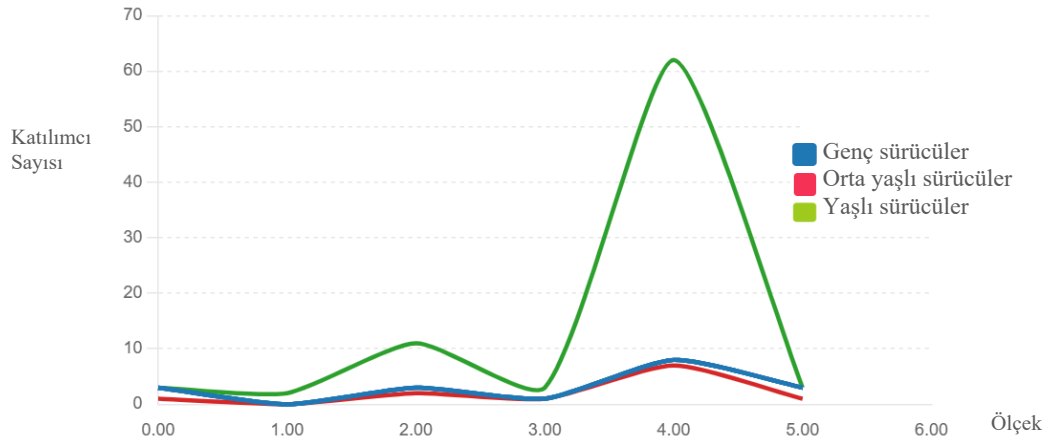
Genel bulgulara göre, tüm yaş gruplarında katılımcıların %56.1'i kendini “orta” düzeyde sürücü olarak tanımlamış; bunu %31.8 ile “sakin” ve %12.1 ile “agresif” sürücülük izlemiştir. Bu dağılım, katılımcıların büyük çoğunluğunun dengeli ve dikkatli sürüş tarzını benimsediğini, aşırı riskli veya aşırı temkinli sürüş davranışlarından uzak durduklarını göstermektedir.

Bulgular, bireylerin sürücülük kimliklerinin yaşla birlikte farklılaştığını; özellikle agresif sürücülük algısının gençlerde daha yüksek, yaşlılarda ise en düşük seviyede olduğunu göstermektedir. Bu durum, simülasyon performanslarının yaş ve öz algı bağlamında değerlendirilmesinde dikkate alınması gereken bir değişken olarak öne çıkmaktadır.

Katılımcılara yöneltilen “Ne tip araç kullanıyorsunuz?” sorusuna verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 10'da sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların kullandıkları araç tiplerinin cinsiyete göre dağılımı Şekil 45'te etkileşimli grafikte sunulmuştur.

Tablo 10. Katılımcıların yaş grubuna göre kullandıkları araç tiplerine ilişkin yanıtları

Yaş grubu	Kullanmıyorum	Ticari ağır	Ticari hafif	Şahsi ağır	Şahsi hafif	Toplam
Genç	3	0	3	1	8	15
Orta Yaşlı	3	2	11	3	62	81
Yaşlı	1	0	2	1	7	11



Şekil 45. Kullanılan araç tiplerine ilişkin yanıtların yaş grubuna göre dağılımını gösteren etkileşimli grafik

Katılımcıların kullandıkları araç tiplerinin yaş gruplarına göre dağılımı Şekil 45’te sunulmuştur. Orta yaş grubunun şahsi hafif araç kullanımında belirgin bir yoğunluk sergilediği, genç ve yaşlı grupların ise daha çok “kullanmıyorum” veya düşük frekanslı kategorilerde yer aldığı görülmektedir.

Tablo 10, katılımcıların yaş gruplarına göre araç türü tercihlerini ve buna bağlı sürüş alışkanlıklarını ortaya koymaktadır. Genç grupta (n=15), %53.3’ü şahsi hafif araç kullanmakta, %20’si araç kullanmadığını belirtmekte, kalanları ise ticari hafif ve şahsi ağır araçları tercih etmektedir. Bu durum, genç bireylerin çoğunlukla ekonomik ve erişilebilir araçlara yöneldiğini, araç erişiminde ise bazı kısıtlar yaşadığını göstermektedir.

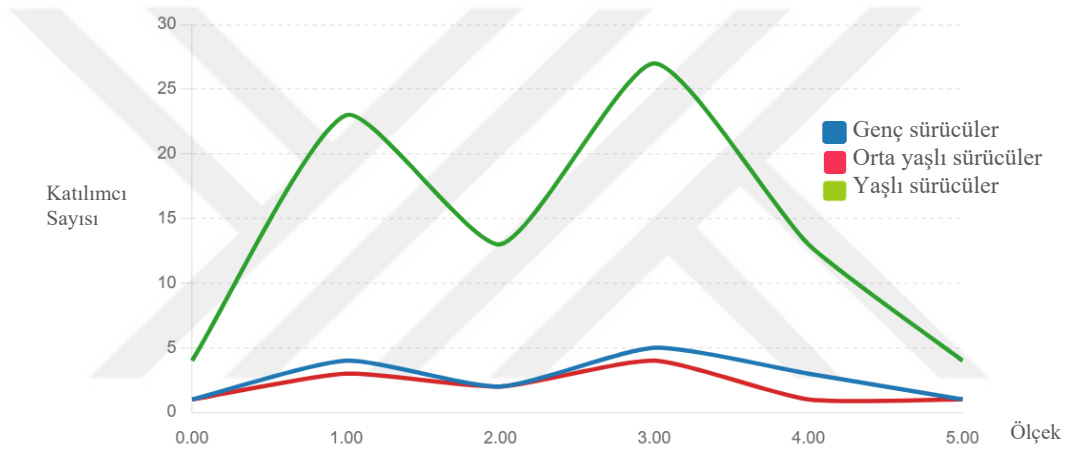
Orta yaş grubunda (n=81), %76.5 oranında şahsi hafif araç kullanımı baskın olup, ticari hafif araç kullanımı %13.6, şahsi ağır araç kullanımı %3.7 ve araç kullanmayanlar %3.7 oranındadır. Bu veriler, orta yaş grubunun aktif araç kullanıcıları olduğunu ve iş yaşamıyla ticari araç kullanımının arttığını göstermektedir. Yaşlı grupta (n=11) ise %63.6 oranında şahsi hafif araç kullanımı öne çıkmakta; ticari ve ağır araç kullanımı ise oldukça sınırlı kalmaktadır. Bu durum, yaş ilerledikçe manevra kolaylığı, konfor ve düşük güç gereksinimi gibi etkenlerin araç tercihinin belirlediğini düşündürmektedir. Toplamda, katılımcıların %72’si şahsi hafif araç, %14’ü ticari hafif araç, %4.7’si şahsi ağır araç, %1.9’u ticari ağır araç kullanmakta; %6.5’i ise araç kullanmamaktadır.

Araç türü, sürüş deneyimi ve trafik davranışları üzerinde etkili bir değişken olarak öne çıkmakta; özellikle ticari ve şahsi araç kullanıcıları arasında risk algısı, sürüş hızı, dikkat süresi ve karar verme süreçlerinde belirgin farklılıklar gözlemlenmektedir. Bulgular, örneklemin büyük çoğunluğunun gündelik, kişisel ulaşım amaçlı düşük tonajlı araçları tercih ettiğini göstermektedir.

Katılımcılara yöneltilen “Karayolundaki ağır araç yoğunluğu araç kullanım hızınızı etkiler mi?” sorusuna verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 11’de sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların ağır araç yoğunluğunun sürüş hızlarına etkisine ilişkin değerlendirmelerinin cinsiyete göre dağılımı Şekil 46’da etkileşimli grafikte sunulmuştur.

Tablo 11. Katılımcıların yaş grubuna göre ağır araç yoğunluğunun hız üzerindeki etkisine yönelik görüşleri

Yaş grubu	Hiç etkilemez	Biraz etkiler	Orta derecede etkiler	Etkiler	Çok etkiler	Toplam
Orta Yaşlı	4	23	13	27	13	81
Genç	1	4	2	5	3	15
Yaşlı	1	3	2	4	1	11



Şekil 46. Ağır araç yoğunluğunun hız üzerindeki etkisine ilişkin görüşlerin yaş grubuna göre dağılımını gösteren etkileşimli grafik

Karayolundaki ağır araç yoğunluğunun sürüş hızlarını ne ölçüde etkilediğine ilişkin yaş grubu temelli değerlendirmeler Şekil 46’da sunulmuştur. Orta yaş grubundaki katılımcıların bu yoğunluğun sürüşlerini önemli ölçüde etkilediğini belirttikleri, genç ve yaşlı grupların ise bu durumu daha düşük düzeyde etkili buldukları gözlemlenmektedir.

Tablo 11, katılımcıların karayolundaki ağır araç yoğunluğunun hız tercihlerine etkisine ilişkin değerlendirmelerini yaş gruplarına göre göstermektedir. Bulgular, ağır araçların oluşturduğu fiziksel ve psikolojik baskının sürücülerin hız davranışları üzerinde belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır.

Genç grupta (n=15), %80’i ağır araçların hızlarını etkilediğini belirtmiştir; %20’si “çok etkiler”, %33,3’ü “etkiler”, %13,3’ü “orta derecede etkiler”, %26,7’si “biraz etkiler” yanıtını vermiştir. Sadece %6,7’si etkilenmediğini ifade etmiştir. Bu durum,

genç sürücülerin büyük araçların varlığından daha fazla psikolojik etkilendiğini göstermektedir.

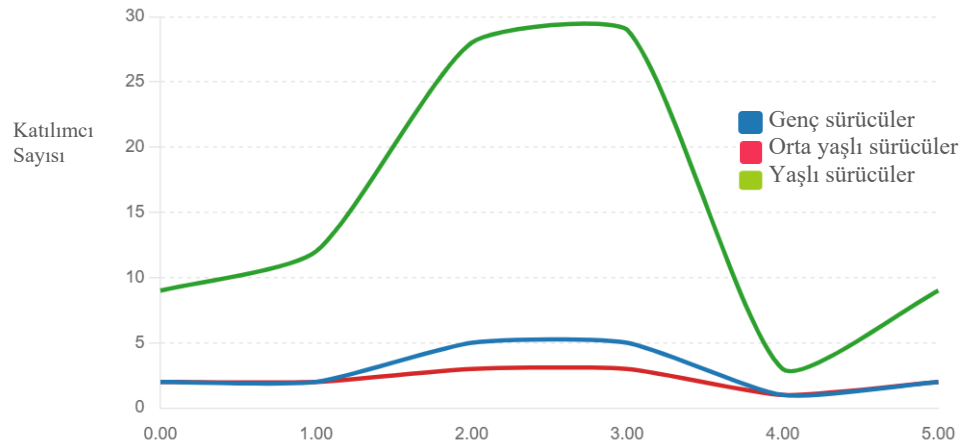
Orta yaş grubunda (n=81), %94.9 oranında katılımcı, hızlarının etkilendiğini bildirmiştir. Özellikle %33.8'i “etkiler”, %16.3'ü “çok etkiler” şeklinde cevaplamıştır. Sadece %5'i bu etkiden bağımsız olduğunu belirtmiştir. Bu sonuç, orta yaş grubunun ağır araç yoğunluğuna karşı yüksek duyarlılığa sahip olduğunu göstermektedir. Yaşlı grupta (n=11) da benzer bir eğilim görülmüş; %90.9'u ağır araçların hızlarını etkilediğini ifade etmiştir. Bu grup da hız tercihlerinde esnek davranmaktadır.

Genel olarak, katılımcıların %92.5'i ağır araç yoğunluğunun hız tercihlerine etki ettiğini belirtmiştir. Bulgular, ağır araçların sürüş hızları üzerinde genel bir çevresel etken oluşturduğunu ve bu değişkenin simülasyon senaryolarında dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca tüm yaş gruplarında yüksek farkındalık düzeyi gözlemlenmiştir.

Katılımcılara yöneltilen “Karayolunda bulunan yaya geçidi uyarı levhaları yeterli midir?” sorusuna verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 12’de sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların yaya geçidi uyarı levhalarının yeterliliğine ilişkin değerlendirmelerinin cinsiyete göre dağılımı Şekil 47’de etkileşimli grafikte sunulmuştur.

Tablo 12. Katılımcıların yaş grubuna göre yaya geçidi uyarı levhalarının yeterliliğine ilişkin görüşleri

Yaş grubu	Hiç yeterli değil	Biraz	Orta derecede	Yeterli	Çok yeterli	Toplam
Genç	2	2	5	5	1	15
Orta Yaşlı	9	12	28	29	3	81
Yaşlı	2	2	3	3	1	11



Şekil 47. Yaya geçidi uyarı levhalarının yeterliliğine ilişkin görüşlerin yaş grubuna göre dağılımını gösteren etkileşimli grafik

Tablo 12, katılımcıların yaya geçidi uyarı levhalarının yeterliliğine ilişkin görüşlerini yaş gruplarına göre sunmaktadır. Bulgular, yaya-sürücü etkileşimlerinin güvenli yönetiminde uyarı sistemlerinin etkinliğine dair algıların farklılaştığını ortaya koymaktadır.

Genç grupta (n=15), %33.3'ü (5 kişi) levhaları “yeterli”, %6.7'si “çok yeterli” bulurken, %33.3'ü “orta derecede”, %13.3'ü “biraz” ve %13.3'ü “hiç yeterli değil” yanıtını vermiştir. Bu dağılım, genç sürücülerin önemli bir kısmının mevcut levhaları yeterli veya kısmen yeterli görse de geliştirme ihtiyacının sürdüğünü göstermektedir.

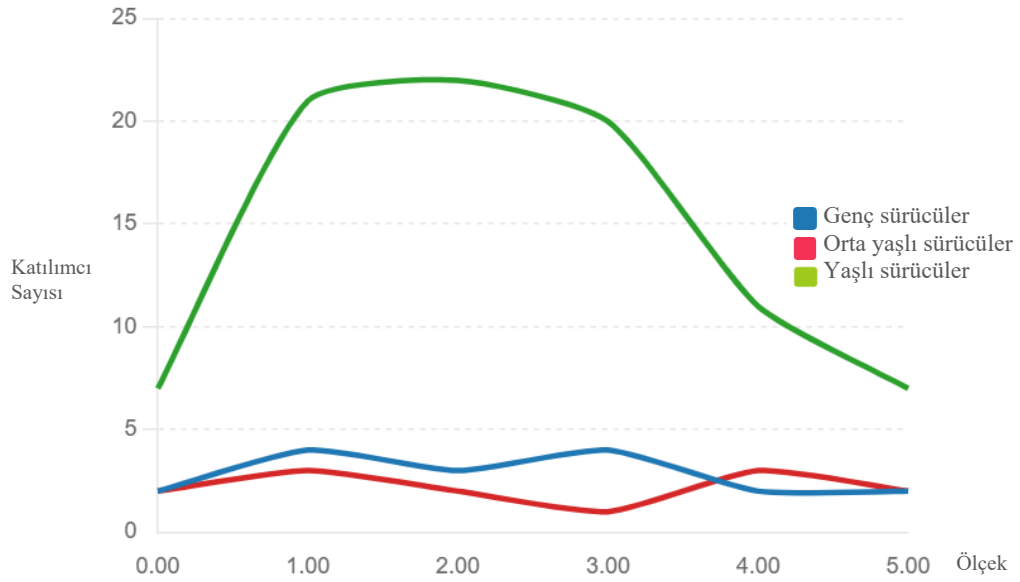
Orta yaş grubunda (n=81), %64.2'lik kesim levhaları en azından makul düzeyde yeterli bulmuş; %34.6'sı “orta derecede yeterli”, %18.5'i “yeterli” ve %11.1'i “çok yeterli” yanıtlarını vermiştir. Ancak %25.9'u levhaları yetersiz değerlendirmiştir. Bu sonuç, orta yaş grubunda levha etkinliğine dair eleştirel bir farkındalık bulunduğunu göstermektedir. Yaşlı grupta (n=11), %27.3'ü “yeterli”, %9.1'i “çok yeterli”, %27.3'ü “orta derecede”, %18.2'si “biraz” ve %18.2'si “hiç yeterli değil” yanıtını vermiştir. Yaşlı sürücüler arasında da farklı değerlendirmelerin öne çıktığı görülmektedir; bu durum, görsel algı kapasitesindeki yaşa bağlı değişimlerle ilişkilendirilebilir.

Genel değerlendirmede, katılımcıların %60,7'si levhaları en azından makul düzeyde yeterli bulurken, %39,3'lük kesim yetersizlik ifade etmiştir. Bulgular, mevcut yaya geçidi uyarı levhalarının standardizasyon, yerleştirme, kontrast ve çevresel koşullar açısından geliştirilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

Katılımcılara yöneltilen “Hız koridorunun olduğu karayolunda sürüş yapmak sıkıcı mıdır?” sorusuna verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 13'te sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların hız koridorunda sürüşe ilişkin sıkıcılık algılarının yaşına göre dağılımı Şekil 48'te etkileşimli grafikte sunulmuştur.

Tablo 13. Katılımcıların yaş grubuna göre hız koridorunda sürüşe ilişkin sıkıcılık algısı düzeyleri

Yaş grubu	Hiç sıkıcı değil	Biraz	Orta derecede	Sıkıcı	Çok sıkıcı	Toplam
Genç	2	4	3	4	2	15
Orta Yaşlı	7	21	22	20	11	81
Yaşlı	2	3	2	1	3	11



Şekil 48. Hız koridorunda sürüşe ilişkin sıkıcılık algısı düzeylerinin yaş grubuna göre etkileşim grafiği

Orta yaş grubunun sıkıcılık algısının daha dengeli dağılırken, gençlerin görüşleri arasında belirgin bir farklılık görülmediği, yaşlı grubun ise daha çeşitli yanıtlar verdiği gözlenmektedir. Tablo 13, katılımcıların hız koridorlarının sürüş deneyimi üzerindeki etkisine ilişkin değerlendirmelerini yaş gruplarına göre sunmaktadır. Bulgular, hız koridorlarının bilişsel uyarımı azaltarak monotonluk hissi yaratabildiğini göstermektedir.

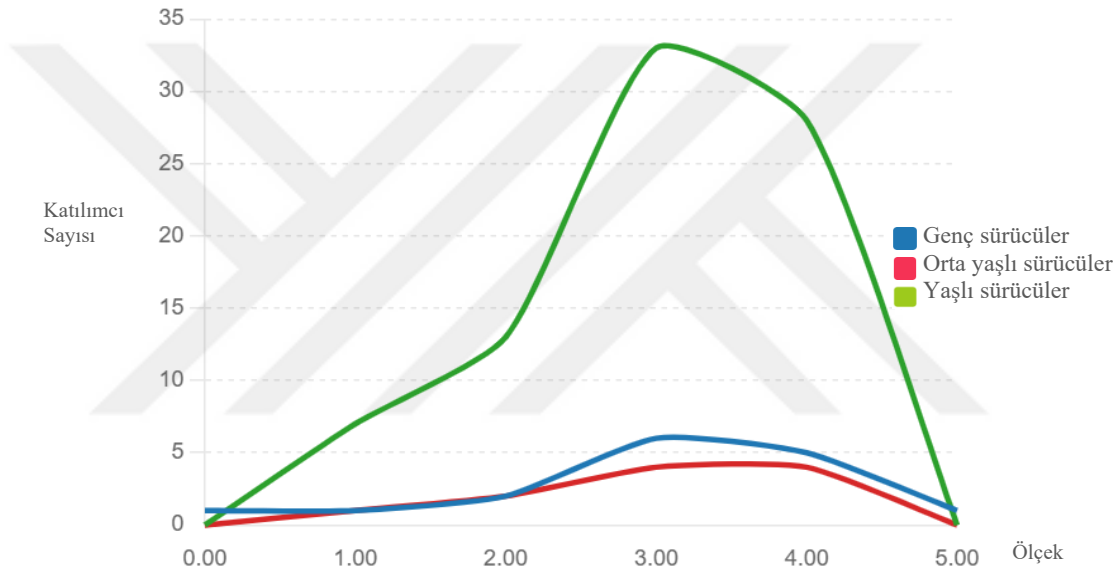
Genç grupta (n=15), %53.3'ü sistemi “sıkıcı” veya “çok sıkıcı” bulmuş, %26.7'si “biraz sıkıcı”, %20'si ise “orta derecede” veya “hiç sıkıcı değil” yanıtlarını vermiştir. Genç sürücülerin hız değişimlerine duyarlılıkları ve özgürlük beklentileri dikkate alındığında, hız koridorlarının bilişsel monotonluk oluşturduğu görülmektedir. Orta yaş grubunda (n=81), %38.3'ü sistemi “sıkıcı” veya “çok sıkıcı” bulmuş, %27.2'si “orta derecede”, %25.9'u “biraz” ve %8.6'sı “hiç sıkıcı değil” demiştir. Bu grup, gençlere kıyasla daha işlevsellik ve güvenlik odaklı bir değerlendirme yapmıştır. Yaşlı grupta (n=11), %36.4'ü “sıkıcı” veya “çok sıkıcı”, %18.2'si “orta derecede”, %27.3'ü “biraz” ve %18.2'si “hiç sıkıcı değil” yanıtını vermiştir. Sabit hızda sürüşe alışık olan yaşlı bireylerde monotonluk hissinin daha az rahatsız edici olduğu görülmektedir.

Genel olarak, 107 katılımcının %40.2'si hız koridorlarını sıkıcı bulurken, %59.8'i sistemin sıkıcılığını düşük ya da orta düzeyde değerlendirmiştir. Bulgular, hız koridorlarının işlevsel olmakla birlikte özellikle genç ve orta yaş gruplarında sürüş motivasyonunu olumsuz etkileyebilecek bilişsel ve psikolojik sınırlılıklar barındırdığını göstermektedir.

Katılımcılara yöneltilen “Elektronik Denetleme Sistemi (EDS) hızınızı azaltmak için etkili bir sistem midir?” sorusuna verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 14’te sunulmuştur. Ayrıca, katılımcıların EDS sisteminin hız azaltmadaki etkisine ilişkin değerlendirmeleri, yaş dağılımlarına göre Şekil 49’da etkileşimli bir grafikte sunulmuştur.

Tablo 14. Katılımcıların yaş grubuna göre elektronik denetleme sisteminin hız azaltmadaki etkisine ilişkin değerlendirme düzeyleri

Yaş grubu	Hiç değil	Biraz	Orta derecede	Etkili	Çok etkili	Toplam
Genç	1	1	2	6	5	15
Orta Yaşlı	0	7	13	33	28	81
Yaşlı	0	1	2	4	4	11



Şekil 49. Elektronik denetleme sisteminin hız azaltmadaki etkisine ilişkin değerlendirmelerin yaş grubuna göre etkileşim grafiği

Tablo 14, katılımcıların Elektronik Denetleme Sistemi’nin (EDS) hız kontrolü üzerindeki etkisine ilişkin öznel değerlendirmelerini yaş gruplarına göre sunmaktadır. Bulgular, EDS sisteminin sürücüler nezdinde yüksek düzeyde caydırıcı ve işlevsel olarak algılandığını göstermektedir.

Genç grupta (n=15), %40’ı “etkili”, %33.3’ü “çok etkili” yanıtını vermiş; yalnızca %6.7’si (1 kişi) “hiç etkili değil” demiştir. Genç sürücülerde cezai yaptırımların algısal caydırıcılığı belirgin şekilde öne çıkmaktadır. Orta yaş grubunda (n=81), %40.7’si “etkili”, %34.6’sı “çok etkili” olarak değerlendirmiş; %75.3’ü sistemi yüksek düzeyde etkili bulmuştur. Bu grup, EDS’yi güvenilir ve etkin bir denetim aracı olarak görmektedir. Yaşlı grupta (n=11), %36.4’ü “etkili”, %36.4’ü “çok etkili”, geri kalanları

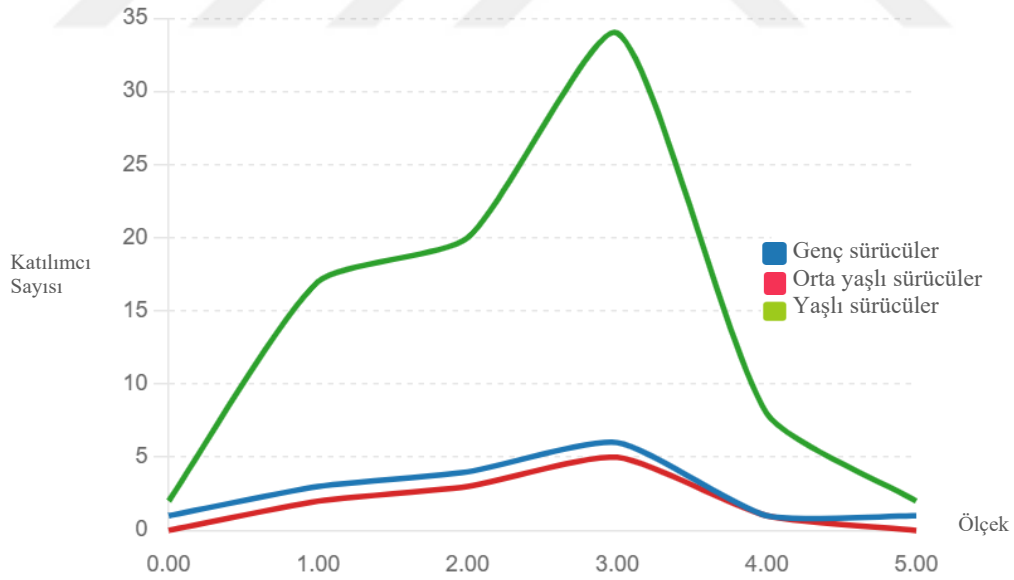
ise en az “orta” düzeyde etkili bulmuştur. Bu sonuç, sabit hızda sürüş eğilimindeki yaşlı sürücülerin sistemi yüksek oranda benimsemiş olduğunu göstermektedir.

Genel olarak, 107 katılımcının %76,6’sı (82 kişi) EDS’yi “etkili” veya “çok etkili” bulmuştur. Sadece %0,9’luk çok küçük bir grup sistemin etkili olmadığını belirtmiştir. Bulgular, EDS uygulamalarının yalnızca teknik değil, algısal düzeyde de yüksek kabul gördüğünü ve tüm yaş gruplarında hız kontrolünü etkin biçimde sağladığını ortaya koymaktadır.

Katılımcılara yöneltilen “Katılma şeridinden hızla çıkan araçlar sizin sürüş disiplininizi etkiler ve kaza yapma olasılığınızı arttırır mı?” sorusuna verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 15’te sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların bu duruma ilişkin sürüş disiplinleri ve kaza riski algılarının yaş grubuna göre dağılımı Şekil 50’de etkileşimli grafikte sunulmuştur.

Tablo 15. Katılımcıların yaş grubuna göre katılma şeridinden çıkan araçların sürüş disiplini ve kaza riski üzerindeki etkisine ilişkin değerlendirme düzeyleri

Yaş grubu	Hiç artırmaz	Biraz	Orta derecede	Arttırır	Çok arttırır	Toplam
Genç	1	3	4	6	1	15
Orta Yaşlı	2	17	20	34	8	81
Yaşlı	0	2	3	5	1	11



Şekil 50. Katılma şeridinden çıkan araçların sürüş disiplini ve kaza riski üzerindeki etkisine ilişkin değerlendirmelerin yaş grubuna göre etkileşim grafiği

Tablo 15, katılımcıların katılma şeritlerinden hızla çıkan araçların sürüş disiplini ve potansiyel kaza riski üzerindeki etkisine dair algılarını yaş gruplarına göre sunmaktadır. Bulgular, bu alanların sürücüler tarafından önemli bir risk kaynağı olarak algılandığını göstermektedir.

Genç grupta (n=15), %60'ı durumu “artırır” veya “çok artırır” şeklinde değerlendirmiştir; %26.7’si “orta derecede”, %20’si “biraz” ve %6.7’si “hiç artırmaz” yanıtını vermiştir. Genç sürücülerde ani karar alma ve şerit dengeleme zorlukları nedeniyle yüksek düzeyde rahatsızlık ve tedirginlik algısı öne çıkmaktadır. Orta yaş grubunda (n=81), %51.9’u “artırır” veya “çok artırır” yanıtını vermiştir. %24.7’si “orta derecede”, %21.0’i “biraz” ve %2.5’i “hiç artırmaz” demiştir. Bu grup, aktif sürücülük deneyimiyle dinamik katılımların yarattığı belirsizlik ve adaptasyon gereksinimini ciddi bir güvenlik sorunu olarak değerlendirmektedir. Yaşlı grupta (n=11), %54.5’i “artırır” veya “çok artırır” yanıtını vermiştir; kalanları ise “orta” veya “biraz” düzeyinde etki bildirmişlerdir. Bu grup, düşük hız ve yüksek dikkat gereksinimi nedeniyle hızla gelen katılma davranışlarına karşı daha duyarlıdır.

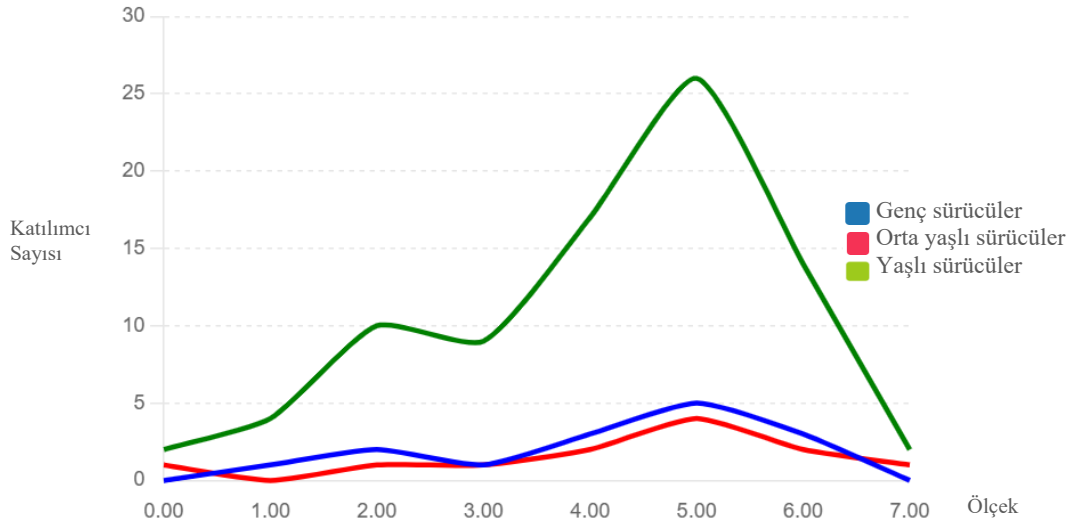
Genel toplamda 107 katılımcının %76.6’sı katılma şeritlerinden hızla çıkan araçların sürüş disiplinini ve kaza riskini artırdığını ifade etmiştir. Bulgular, yaş farkı gözetmeksizin sürücülerin bu alanları riskli ve düzensiz trafik bölgeleri olarak algıladığını göstermektedir. Katılımcı değerlendirmeleri, katılma şeritlerinin fiziksel tasarımı ve yönlendirme sistemlerinin iyileştirilmesi gereğine işaret etmektedir.

4.2.3. Sürüş Sonrası Anketlere Göre Yaş Gruplarının Davranışsal Eğilimleri ve Geri Bildirimleri

Katılımcılara yöneltilen “Sorunsuz bir sürüş testi gerçekleştirdim (Kullanırken herhangi bir sıkıntı yaşamadım)” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 16’da sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların sürüş testi sırasında sorun yaşama durumlarına ilişkin değerlendirmelerinin yaşa göre dağılımı Şekil 51’de etkileşimli grafikte sunulmuştur.

Tablo 16. Katılımcıların yaş grubuna göre sürüş testini sorunsuz gerçekleştirme durumlarına ilişkin değerlendirme düzeyleri

Yaş grb.	Kesinlikle katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz katılıyorum	Kararsızım	Biraz katılmıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle katılıyorum	Toplam
Genç	0	1	2	1	3	5	3	15
Orta Yaşlı	2	4	10	9	17	26	14	81
Yaşlı	1	0	1	1	2	4	2	11



Şekil 51. Sürüş testini sorunsuz gerçekleştirme durumlarına ilişkin değerlendirmelerin yaş grubuna göre etkileşim grafiği

Tablo 16, katılımcıların simülatör ortamında gerçekleştirdikleri sürüş testine ilişkin deneyimlerini yaş gruplarına göre sınıflandırmakta ve sistemin kullanıcı dostu yapısına ilişkin değerlendirmeleri yansıtmaktadır.

Genç grupta (n=15), %33.3'ü “katılıyorum”, %20'si “kesinlikle katılıyorum”, %20'si “biraz katılıyorum” yanıtını vermiş; sadece 1'er katılımcı “katılmıyorum” ve “kararsızım” demiştir. Gençler, teknolojik uyuma yüksek düzeyde sahip olduklarını ve simülatöre kolay uyum sağladıklarını göstermiştir. Orta yaş grubunda (n=81), %32.1'i “katılıyorum”, %17.3'ü “kesinlikle katılıyorum”, %21'i “biraz katılıyorum”, %11.1'i “kararsızım” demiştir. %7.4'lük küçük bir kesim ise olumsuz yanıt vermiştir. Orta yaş grubunda genel memnuniyet yüksek olmakla birlikte genç gruba kıyasla daha ölçülü değerlendirmeler gözlenmiştir. Yaşlı grupta (n=11), %36.4'ü “katılıyorum”, %18.2'si “kesinlikle katılıyorum”, %18.2'si “biraz katılıyorum”, 1'er katılımcı “kararsızım”, “katılmıyorum” ve “kesinlikle katılmıyorum” yanıtlarını vermiştir. Yaşlı bireyler de genel olarak olumlu bir deneyim yaşamış ve sisteme uyum sağlamıştır.

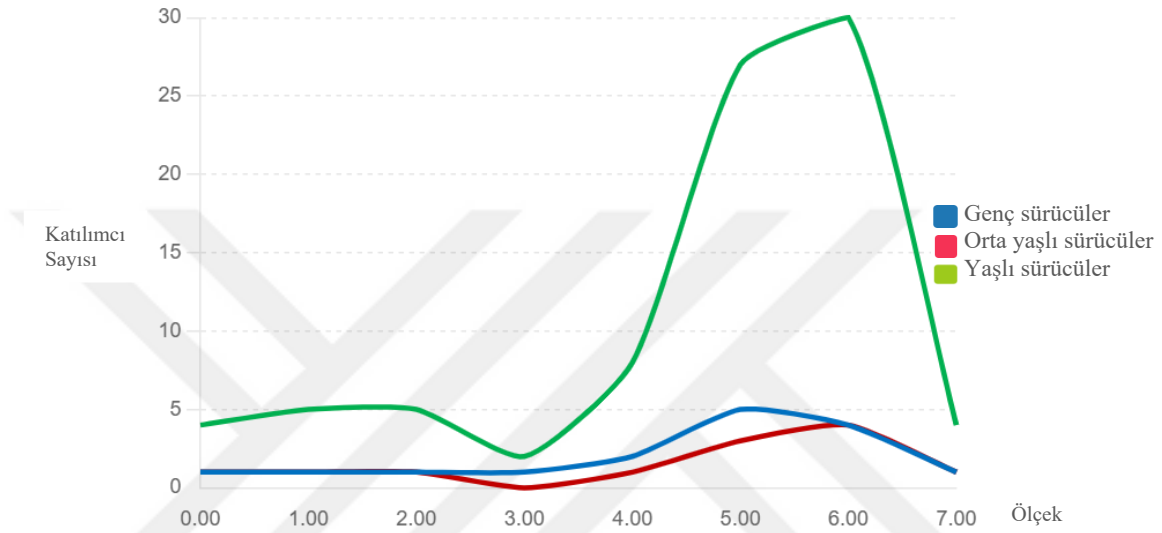
Genel olarak katılımcıların %73.8'i simülatör deneyimini olumlu değerlendirmiştir. Ancak %8.4'lük bir kesim memnuniyetsizlik ifade etmiştir. Bulgular, simülatör sisteminin genel olarak kullanıcı dostu ve işlevsel bulunduğunu; teknolojik uyumun özellikle genç ve yaşlı gruplarda daha yüksek memnuniyet sağladığını, orta yaş grubunda ise olumlu ancak daha eleştirel bir yaklaşımın var olduğunu ortaya koymaktadır.

Katılımcılara yöneltilen “Sürüş öncesi ya da sonrasında herhangi bir fiziksel rahatsızlık hissetmedim” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 17'de sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların fiziksel rahatsızlık yaşıyıp yaşamadıklarına ilişkin

değerlendirmelerinin yaş grubuna göre dağılımı Şekil 52’de etkileşimli grafikte sunulmuştur.

Tablo 17. Katılımcıların yaş grubuna göre sürüş öncesi veya sonrası fiziksel rahatsızlık hissine ilişkin değerlendirme düzeyleri

Yaş grb.	Kesinlikle katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz katılıyorum	Kararsızım	Biraz katılmıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle katılıyorum	Toplam
Genç	1	1	1	1	2	5	4	15
Orta Yaşlı	4	5	5	2	8	27	30	81
Yaşlı	1	1	1	0	1	3	4	11



Şekil 52. Sürüş öncesi veya sonrası fiziksel rahatsızlık hissine ilişkin değerlendirmelerin yaş grubuna göre etkileşim grafiği

Tablo 17, simülasyon sürecinin katılımcılar üzerindeki fizyolojik etkilerini yaş gruplarına göre değerlendirmektedir. Fiziksel rahatsızlık hissetmeme durumu, simülatörün ergonomik ve algısal tasarım yeterliliğine ilişkin önemli bir gösterge sunmaktadır.

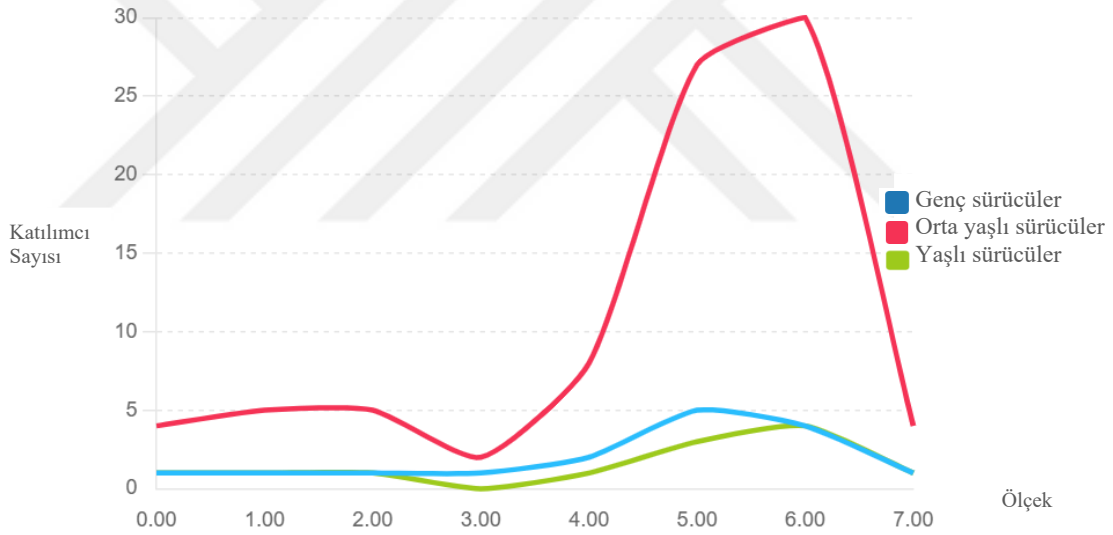
Genç grupta (n=15), %33.3’ü “katılıyorum”, %26.7’si “kesinlikle katılıyorum” ve %13.3’ü “biraz katılıyorum” yanıtını vermiştir. Az sayıda katılımcı ise (%6.7) olumsuz veya kararsız yanıt vermiştir. Gençler genel olarak simülatör deneyimini fiziksel açıdan sorunsuz geçirmiş olsa da bazı bireylerde hafif rahatsızlıklar gözlemlenmiştir. Orta yaş grubunda (n=81), %37’si “kesinlikle katılıyorum”, %33.3’ü “katılıyorum”, %9.9’u “biraz katılıyorum” ve %2.5’i “kararsızım” demiştir. Olumsuz değerlendirme yapanların oranı %11.1’de kalmıştır. Orta yaş grubunun simülatör ortamını fizyolojik olarak en rahat tolere eden grup olduğu görülmektedir. Yaşlı grupta (n=11), %36.4’ü “kesinlikle katılıyorum”, %27.3’ü “katılıyorum” ve %9.1’i “biraz katılıyorum” yanıtını vermiştir. %18.2’lik bir kesim ise olumsuz değerlendirme yapmıştır. Yaşlı bireylerde vestibüler hassasiyet nedeniyle sınırlı düzeyde rahatsızlık bildirimleri görülmektedir.

Genel toplamda katılımcıların %79.4'ü simülatör kullanımında fiziksel rahatsızlık yaşamadığını ifade etmiştir. Bulgular, simülasyon sisteminin genel anlamda ergonomik ve fizyolojik olarak tolere edilebilir olduğunu; yalnızca sınırlı bir katılımcı grubunda hafif hassasiyet geliştiğini göstermektedir.

Katılımcılara yöneltilen “Test için hazırlanan 3D modellemeler oldukça gerçekçidir” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 18’de sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların 3D modellemelerin gerçekçiliğine ilişkin değerlendirmelerinin cinsiyete göre dağılımı Şekil 53’te etkileşimli grafikte sunulmuştur.

Tablo 18. Katılımcıların yaş grubuna göre 3D modellemelerin gerçekçiliğine ilişkin değerlendirme düzeyleri

Yaş grubu	Kesinlikle katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz katılıyorum	Kararsızım	Biraz katılmıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle katılıyorum	Toplam
Genç	0	1	2	2	2	4	4	15
Orta Yaşlı	0	1	2	8	24	25	21	81
Yaşlı	0	1	1	0	1	3	4	11



Şekil 53. 3d modellemelerin gerçekçiliğine ilişkin değerlendirmelerin yaş grubuna göre etkileşim grafiği

Tablo 18, simülatörde kullanılan üç boyutlu (3D) modellemelerin gerçekçilik düzeyine ilişkin katılımcı algılarını yaş grubu temelinde sunmaktadır.

Genç grupta (n=15), %26.7’si “kesinlikle katılıyorum”, %26.7’si “katılıyorum”, %13.3’ü “biraz katılıyorum” demiş; az sayıda katılımcı (%13.4) kararsız veya olumsuz yanıt vermiştir. Gençler, genel olarak 3D modellemeleri gerçekçi bulmuş, ancak bir kısmı daha eleştirel yaklaşım sergilemiştir. Orta yaş grubunda (n=81), %25.9’u “kesinlikle katılıyorum”, %30.9’u “katılıyorum” ve %29.6’sı “biraz katılıyorum” yanıtını vermiştir. Kararsız oranı %9.9; olumsuz değerlendirme oranı ise sadece

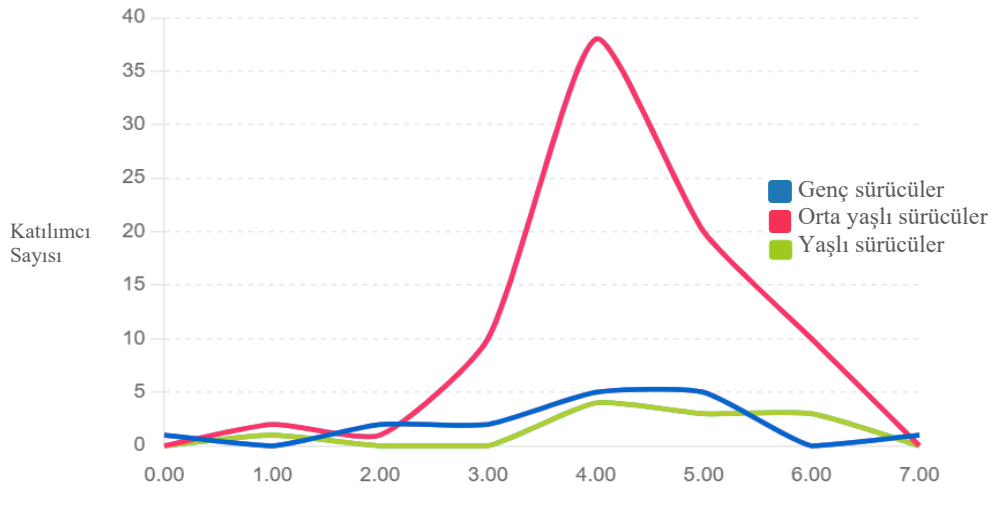
%2.5'tir. Orta yaş grubunda da genel memnuniyet oldukça yüksektir. Yaşlı grupta (n=11), %36.4'ü “kesinlikle katılıyorum”, %27.3'ü “katılıyorum”, %9.1'i “biraz katılıyorum” demiştir. Sadece 1'er kişi olumsuz ve kararsız yanıt vermiştir. Yaşlı bireylerde de sistem genel olarak tatmin edici bulunmuştur.

Genel toplamda katılımcıların %81.3'ü 3D modellemeleri en az orta düzeyde gerçekçi bulmuş, yalnızca %2,8'i olumsuz değerlendirme yapmıştır. Bulgular, simülasyonun görsel altyapısının yüksek düzeyde algısal kabul gördüğünü, yaş grupları arasında tutarlı bir memnuniyet sağladığını ve test ortamının gerçeklik hissini başarıyla desteklediğini göstermektedir.

Katılımcılara yöneltilen “Hazırlanan sürüş senaryoları ile kendimi senaryonun içerisinde hissettim ve gerçek bir sürüşteki gibi davranmaya çalıştım” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 19'da sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların senaryo içindeki gerçeklik algısı ve sürüş davranışı düzeylerinin cinsiyete göre dağılımı Şekil 54'te etkileşimli grafiklerle sunulmuştur.

Tablo 19. Katılımcıların yaş grubuna göre senaryo içi gerçeklik algısı ve sürüş davranışı düzeylerine ilişkin değerlendirme

Yaş grb.	Kesinlikle katılmıyorum	Biraz katılmıyorum	Kararsızım	Biraz katılıyorum	Kesinlikle katılıyorum	Toplam
Genç	1	0	2	5	0	15
Orta Yaşlı	0	2	10	38	10	81
Yaşlı	0	1	0	4	3	11



Şekil 54. Senaryo içi gerçeklik algısı ve sürüş davranışı düzeylerinin yaş grubuna göre etkileşim grafiği

Tablo 19, katılımcıların simülasyon senaryolarıyla özdeşleşme ve gerçek sürüş davranışlarını taklit etme eğilimlerini yaş grubu temelinde değerlendirmektedir.

Genç grupta (n=15), %33.3'ü “katılıyorum”, %33.3'ü “biraz katılıyorum” ve %13.3'ü “kesinlikle katılıyorum” demiştir. Kararsız ve olumsuz yanıt verenlerin oranı

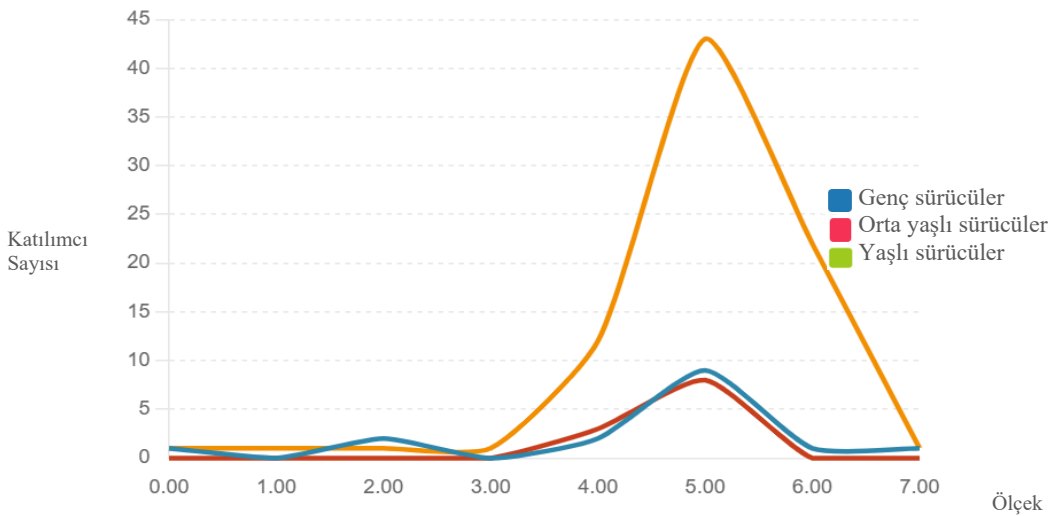
%20 civarındadır. Gençler, genel olarak senaryo ile uyum sağlamış; ancak bir kısmı yüksek gerçekçilik beklentisi nedeniyle daha eleştirel yaklaşmıştır. Orta yaş grubunda (n=81), %46.9'u "biraz katılıyorum", %24.7'si "katılıyorum", %12.3'ü "kesinlikle katılıyorum" yanıtını vermiştir. Yaklaşık %84'lük bir oranla orta yaş grubunun büyük çoğunluğu senaryo ile kısmi veya yüksek düzeyde özdeşleşmiştir. Yaşlı grupta (n=11), %27.3'ü "kesinlikle katılıyorum", %27.3'ü "katılıyorum" ve %36.4'ü "biraz katılıyorum" demiştir. Sadece 1 katılımcı olumsuz değerlendirme yapmıştır. Yaşlı bireyler de senaryo ile yüksek düzeyde uyum sağlamıştır.

Genel toplamda, katılımcıların %83.2'si senaryo ile gerçek sürüş deneyimi arasında ilişki kurarak davranışlarını bu bağlamda yönlendirdiğini belirtmiştir. Bulgular, yaş gruplarından bağımsız olarak simülatör senaryolarının yüksek düzeyde algısal ve davranışsal geçerlilik sağladığını ve sürüş reflekslerini etkili biçimde aktive ettiğini göstermektedir.

Katılımcılara yöneltilen "Senaryo içerisindeki trafik akımı oldukça gerçekçidir" ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 20'de sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların trafik akımının gerçekçiliğine ilişkin değerlendirmelerinin yaş grubuna göre dağılımı Şekil 55'te etkileşimli grafikte sunulmuştur.

Tablo 20. Katılımcıların yaş grubuna göre senaryo içindeki trafik akımı gerçekliğine ilişkin değerlendirme düzeyleri

Yaş grubu	Kesinlikle katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz katılıyorum	Kararsızım	Biraz katılmıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle katılıyorum	Toplam
Genç	1	0	2	0	2	9	1	15
Orta Yaşlı	1	1	1	1	12	43	22	81
Yaşlı	0	0	0	0	3	8	0	11



Şekil 55. Senaryo içindeki trafik akımı gerçekliğine ilişkin değerlendirmelerin yaş grubuna göre etkileşim grafiği

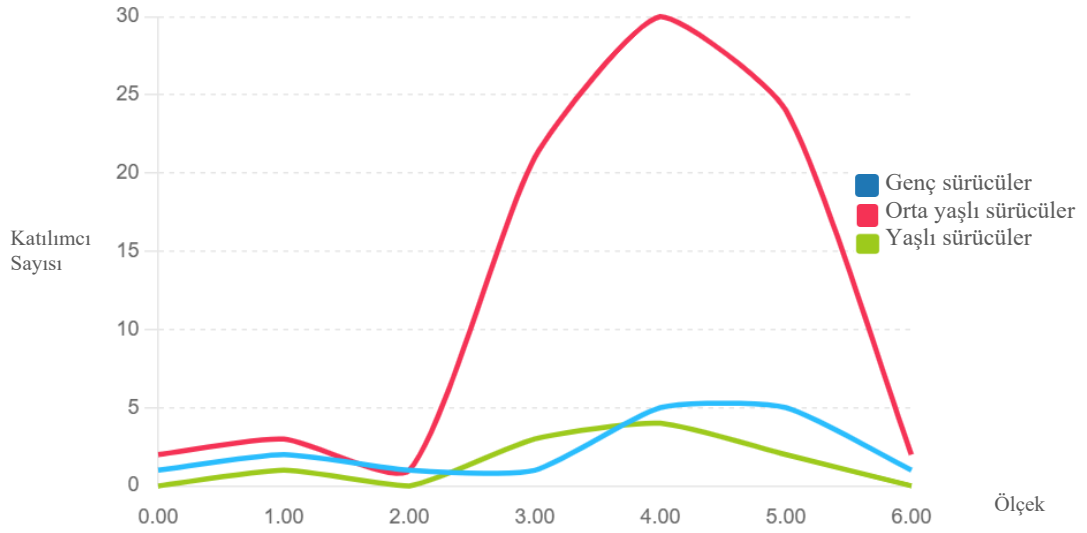
Tablo 20 incelendiğinde katılımcılar; Genç grupta (n=15), %60'ı “katılıyorum”, %13.3'ü “biraz katılıyorum” ve %6.7'si “kesinlikle katılıyorum” yanıtını vermiştir. Az sayıda katılımcı olumsuz değerlendirme yapmıştır. Genç katılımcılar genel olarak trafik akışını gerçekçi bulmakla birlikte, bazı bireylerde daha yüksek düzeyde görsel ve akışsal beklentiler dikkat çekmektedir. Orta yaş grubunda (n=81), %53.1'i “katılıyorum”, %27.2'si “kesinlikle katılıyorum” ve %14.8'i “biraz katılıyorum” demiştir. Olumsuz değerlendirme oranı oldukça düşüktür. Orta yaş grubunun büyük çoğunluğu trafik akışını doğal ve sahaya uygun bulmaktadır. Yaşlı grupta (n=11), %72.7'si “katılıyorum” ve %27.3'ü “biraz katılıyorum” demiştir. Olumsuz ya da kararsız yanıt bildiren bulunmamıştır. Yaşlı bireyler trafik akışını anlaşılır ve güvenli bulmuşlardır.

Genel toplamda, katılımcıların %95.3'ü trafik akışını en az orta düzeyde gerçekçi bulmuş; yalnızca %4.7'lik bir kesim olumsuz yanıt vermiştir. Bulgular, yaş gruplarına bakılmaksızın senaryodaki trafik akışının yüksek düzeyde algısal gerçeklik sağladığını ve katılımcıların senaryoyu inandırıcı biçimde içselleştirdiğini göstermektedir.

Katılımcılara yöneltilen “Yayalara yol vermek için duran araçlar yayaları görmemi engelledi” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 21’de sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların bu duruma ilişkin görüş engellenmesi algılarının yaş grubuna göre dağılımı Şekil 56’de etkileşimli grafikte sunulmuştur.

Tablo 21. Katılımcıların yaş grubuna göre “yayalara yol vermek için duran araçlar yayaları görmemi engelledi” ifadesine verdikleri yanıtlar

Yaş grubu	Kesinlikle katılmıyorum	Biraz katılmıyorum	Kararsızım	Biraz katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle katılıyorum	Toplam
Genç	1	2	1	1	5	5	15
Orta Yaşlı	2	3	1	21	30	24	81
Yaşlı	0	1	0	3	4	2	11



Şekil 56. “Yayalara yol vermek için duran araçlar yayaları görmemi engelledi” ifadesine verilen yanıtların yaş grubuna göre etkileşim grafiği

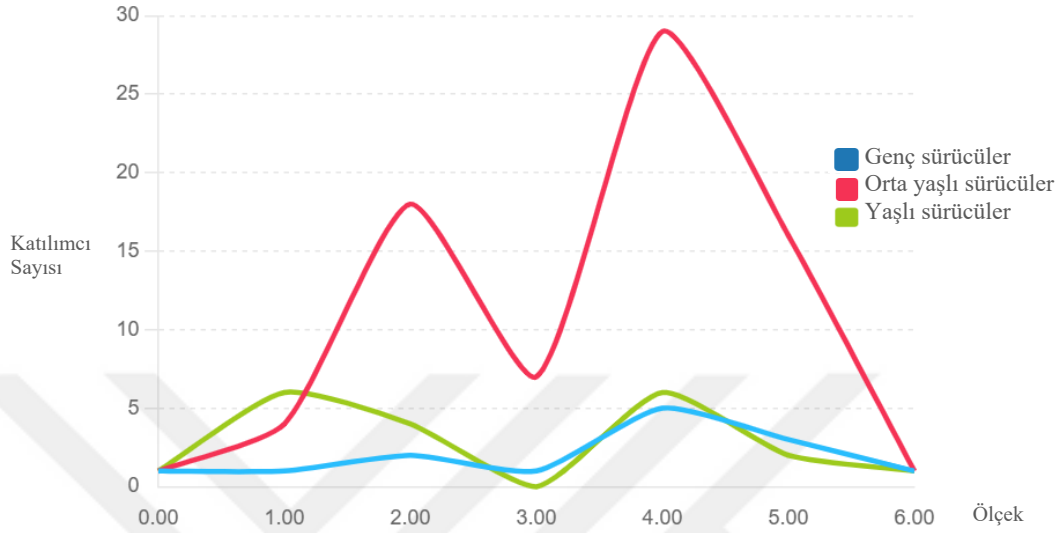
Tablo 21 incelendiğinde katılımcılar; Genç grupta (n=15), %33.3’ü “katılıyorum”, %33.3’ü “kesinlikle katılıyorum” ve %6.7’si “biraz katılıyorum” yanıtını vermiştir. Az sayıda katılımcı (%20) olumsuz veya kararsız değerlendirme yapmıştır. Genç sürücüler, görüş kısıtlılığını yüksek oranda risk faktörü olarak algılamaktadır. Orta yaş grubunda (n=81), %37’si “katılıyorum”, %29.6’sı “kesinlikle katılıyorum”, %25.9’u “biraz katılıyorum” demiştir. Sadece %7.5’lik küçük bir kesim olumsuz değerlendirme yapmıştır. Orta yaş grubunun büyük çoğunluğu görüş engellerinin ciddi bir güvenlik riski oluşturduğunu ifade etmiştir. Yaşlı grupta (n=11), %36.4’ü “katılıyorum”, %18.2’si “kesinlikle katılıyorum” ve %27.3’ü “biraz katılıyorum” demiştir. Olumsuz değerlendirme yapan yalnızca 1 kişi vardır. Yaşlı sürücüler de görüş engellenmesine karşı yüksek duyarlılık göstermektedir.

Genel toplamda katılımcıların %90.6’sı görüş engellenmesinin sürüş güvenliği üzerinde etkili olduğunu kabul etmiştir. Bulgular, simülasyon ortamında oluşturulan senaryoların gerçek trafik risklerini başarılı biçimde yansıttığını ve sürücülerin bu durumu gerçekçi şekilde algıladığını göstermektedir.

Katılımcılara yöneltilen “Yaya geçidi tabelalarını fark edebildim” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 22’de sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların yaya geçidi tabelalarını fark etme düzeylerine ilişkin değerlendirmelerinin yaş grubuna göre dağılımı Şekil 57’de etkileşimli grafikte sunulmuştur.

Tablo 22. Katılımcıların yaş grubuna göre yaya geçidi tabelalarını fark etme düzeylerine ilişkin değerlendirme düzeyleri

Yaş grubu	Kesinlikle katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz katılıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle katılıyorum	Toplam
Genç	1	1	2	1	5	3	15
Orta Yaşlı	1	4	18	7	29	16	81
Yaşlı	1	6	4	0	6	2	11



Şekil 57. Yaya geçidi tabelalarını fark etme düzeylerine ilişkin değerlendirmelerin yaş grubuna göre etkileşim grafiği

Tablo 22 incelendiğinde katılımcılar; Genç grupta (n=15), %33.3'ü “katılıyorum”, %20'si “kesinlikle katılıyorum” demiştir. Toplamda %53.3'ü tabelaları fark ettiğini belirtmiş; kalan %46.7'lik kesimde ise kısmi veya düşük düzeyde farkındalık görülmüştür. Gençlerde dikkat düzeylerinin bireysel odaklanmaya bağlı olarak değişebildiği anlaşılmaktadır. Orta yaş grubunda (n=81), %35.8'i “katılıyorum”, %19.8'i “kesinlikle katılıyorum” ve %22.2'si “biraz katılıyorum” demiştir. Toplamda %77.8'i tabelaları fark ettiğini ifade etmiştir. Orta yaş grubunun yüksek dikkat düzeyi sergilediği, ancak bazı bireylerde görsel çözünürlük ve trafik yoğunluğunun etkili olabileceği gözlemlenmiştir. Yaşlı grupta (n=11), %54.5'i “katılıyorum”, %18.2'si “kesinlikle katılıyorum” demiştir. Ancak %27.3'lük kesimde düşük farkındalık bildirilmiştir. Yaşlı sürücülerde görsel keskinlikteki azalma ve dikkat yoğunluğundaki değişkenlik bu farkındalık düzeyini etkilemiştir.

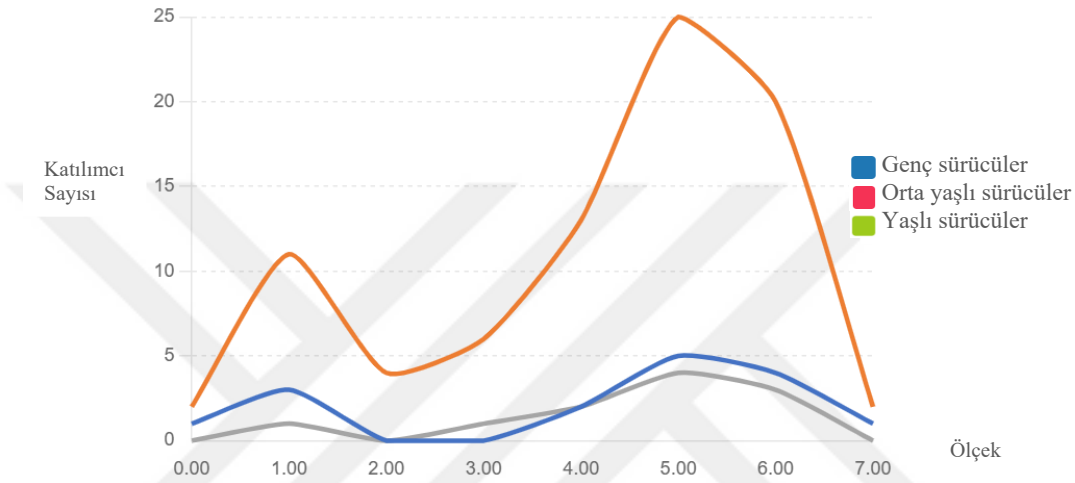
Genel toplamda katılımcıların %77.5'i tabelaları en azından kısmen fark ettiğini belirtmiştir. %22.5'lik kesim ise farkındalıkta zorluk yaşamıştır. Bulgular, simülasyon ortamındaki yaya geçidi tabelalarının genel olarak işlevsel olduğunu, ancak yaş grupları arasında anlamlı algısal farklılıklar bulunduğunu ortaya koymaktadır.

Katılımcılara yöneltilen “Sol şeritteki araçların yayalara yol vermesi tehlikeli bir durumdur” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 23'te sunulmuştur. Ayrıca

katılımcıların bu durumu tehlikeli bulma düzeylerine ilişkin değerlendirmelerinin yaş grubuna göre dağılımı Şekil 58’de etkileşimli grafikte sunulmuştur.

Tablo 23. Katılımcıların yaş grubuna göre sol şeritteki araçların yayalara yol vermesinin tehlike oluşturma durumuna ilişkin değerlendirme düzeyleri

Yaş grubu	Kesinlikle katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz katılmıyorum	Kararsızım	Biraz katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle katılıyorum	Toplam
Genç	1	3	0	0	2	5	4	15
Orta Yaşlı	2	11	4	6	13	25	20	81
Yaşlı	0	1	0	1	2	4	3	11



Şekil 58. Sol şeritteki araçların yayalara yol vermesinin tehlike oluşturup oluşturmadığına ilişkin yaş grubuna göre etkileşim grafiği

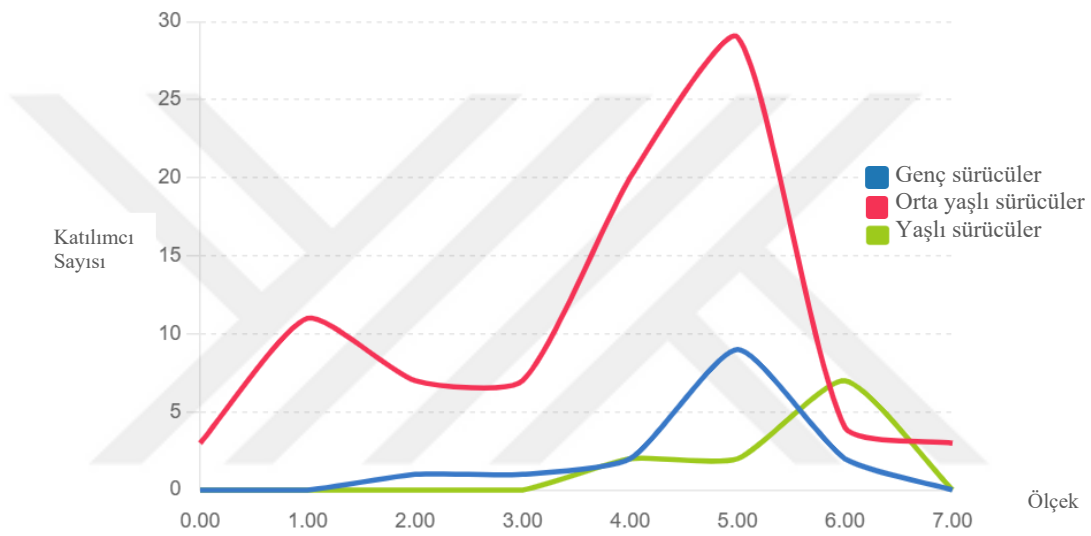
Tablo 23 incelendiğinde katılımcılar; Genç grupta (n=15), %33.3’ü “katılıyorum”, %26.6’sı “kesinlikle katılıyorum” ve %13.3’ü “biraz katılıyorum” yanıtını vermiştir. Katılımcıların %73.2’si durumu ciddi bir risk olarak değerlendirmiştir. Az sayıda katılımcı olumsuz görüş bildirmiştir. Orta yaş grubunda (n=81), %30.9’u “katılıyorum”, %24.7’si “kesinlikle katılıyorum” ve %16’sı “biraz katılıyorum” demiştir. Toplamda %71.6’sı riski kabul etmiş; %13.6’sı olumsuz değerlendirme yapmıştır. Orta yaş grubu daha dengeli ancak temkinli bir değerlendirme sergilemiştir. Yaşlı grupta (n=11), %36.4’ü “katılıyorum”, %27.3’ü “kesinlikle katılıyorum” ve %18.2’si “biraz katılıyorum” yanıtını vermiştir. Olumsuz yanıt veren yalnızca 2 kişi bulunmaktadır. Yaşlı bireylerde risk algısı daha yüksektir.

Genel toplamda, katılımcıların %72.9’u bu senaryoyu riskli bulmuş; yalnızca %15.9’u olumsuz yanıt vermiştir. Bulgular, katılımcıların büyük çoğunluğunun sol şeritte yayaya yol verme davranışının önemli bir trafik güvenliği riski oluşturduğunu düşündüğünü ve bu konuda farkındalığın yüksek olduğunu göstermektedir.

Katılımcılara yöneltilen “Yeşil dalga sistemi sürüş hızımı azalttı” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 24’te sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların yeşil dalga sisteminin hız azaltıcı etkisine yönelik değerlendirmelerinin yaş grubuna göre dağılımı Şekil 59’da etkileşimli grafikte sunulmuştur.

Tablo 24. Katılımcıların yaş grubuna göre yeşil dalga sisteminin sürüş hızlarına etkisine ilişkin değerlendirme düzeyleri

Yaş grb	Kesinlikle katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz katılmıyorum	Kararsızım	Biraz katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle katılıyorum	Toplam
Genç	0	0	1	1	2	9	2	15
Orta Yaşlı	3	11	7	7	20	29	4	81
Yaşlı	0	0	0	0	2	2	7	11



Şekil 59. Yeşil dalga sisteminin sürüş hızlarına etkisine ilişkin değerlendirmelerin yaş grubuna göre etkileşim grafiği

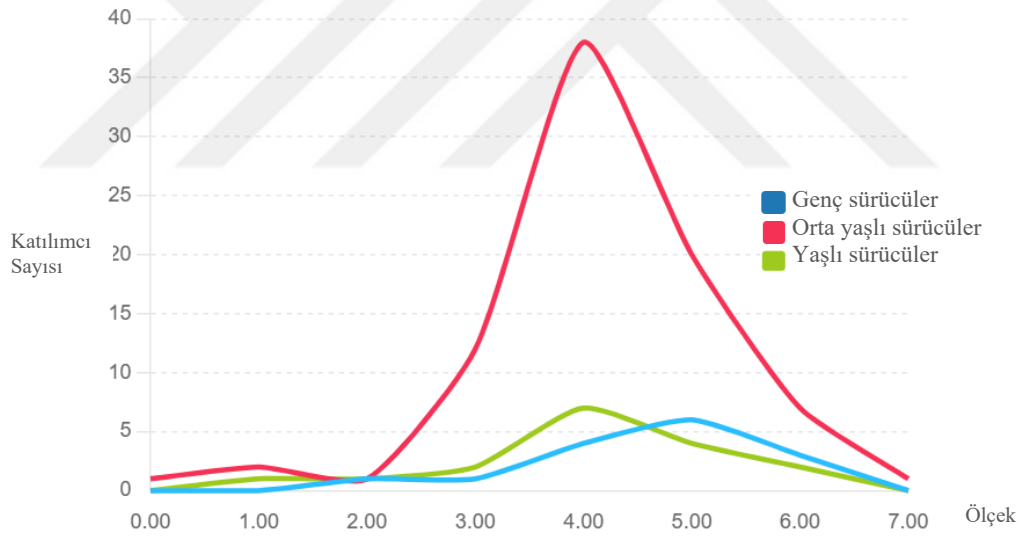
Tablo 24, katılımcılar genç grupta (n=15), %60’ı “katılıyorum” ve %13.3’ü “kesinlikle katılıyorum” demiştir. Toplamda %73.3’ü sistemin hızlarını azalttığını ifade etmiştir. Olumsuz yanıt veren olmamıştır. Genç sürücüler sistemin hız optimizasyonuna katkısını genel olarak olumlu değerlendirmiştir. Orta yaş grubunda (n=81), %35.8’i “katılıyorum”, %4.9’u “kesinlikle katılıyorum” ve %24.7’si “biraz katılıyorum” demiştir. Toplam %65.4 oranında kısmi ya da tam onay mevcuttur. %19.6’lık bir kesim ise olumsuz değerlendirme yapmıştır. Orta yaş grubunda, yeşil dalga sisteminin sürüş hızlarına etkisine ilişkin algı daha bölünmüş bir şekilde ortaya çıkmıştır. Yaşlı grupta (n=11), %63.6’sı “kesinlikle katılıyorum”, %18.2’si “katılıyorum” demiştir. Toplamda %81.8’i yeşil dalga sisteminin hızlarını azalttığını ifade etmiştir. Bu sonuç, yaşlı sürücülerin sisteme en yüksek düzeyde olumlu yanıt veren grup olduğunu göstermektedir.

Genel toplamda, katılımcıların %71'i yeşil dalga sisteminin hız azaltıcı etkisini kabul etmektedir; %19.6'sı ise olumsuz değerlendirme yapmıştır. Bulgular, sistemin genel olarak hız üzerinde düzenleyici etkisinin kabul gördüğünü, ancak bu algının yaş gruplarına göre farklılaştığını ortaya koymaktadır.

Katılımcılara yöneltilen “Yeşil dalga sisteminde kırmızı ışıktaki beklemem için hızımı artırdım” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 25’te sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların bu sistem karşısında hız artırma eğilimlerine ilişkin değerlendirmelerinin yaş grubuna göre dağılımı Şekil 60’ta etkileşimli grafikte sunulmuştur.

Tablo 25. Katılımcıların yaş grubuna göre yeşil dalga sisteminde kırmızı ışıktaki beklemem için hız artırma eğilimlerine ilişkin değerlendirme düzeyleri

Yaş grb.	Kesinlikle katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz katılmıyorum	Kararsızım	Biraz katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle katılıyorum	Toplam
Genç	0	0	1	1	4	6	3	15
Orta Yaşlı	1	2	1	12	38	20	7	81
Yaşlı	0	1	1	2	7	4	2	11



Şekil 60. Yeşil dalga sisteminde kırmızı ışıktaki beklemem için hız artırma eğilimlerinin yaş grubuna göre etkileşim grafiği

Tablo 25’te genç grupta (n=15), %40’ı “katılıyorum”, %20’si “kesinlikle katılıyorum” ve %26.6’sı “biraz katılıyorum” demiştir. Toplamda %86.6’sı hız artırma davranışını kabul etmiştir. Genç sürücüler yeşil dalga sistemini çoğunlukla hız artırma fırsatı olarak değerlendirmiştir. Orta yaş grubunda (n=81), %46.9’u “biraz katılıyorum”, %24.7’si “katılıyorum” ve %8.6’sı “kesinlikle katılıyorum” demiştir. Toplamda %80.2’si hız artırma eğilimini ifade etmiştir. Orta yaşlı sürücülerde de yeşil dalga sisteminde kırmızı ışıktaki beklemem için hız artışına yönelim gözlenmiştir. Yaşlı

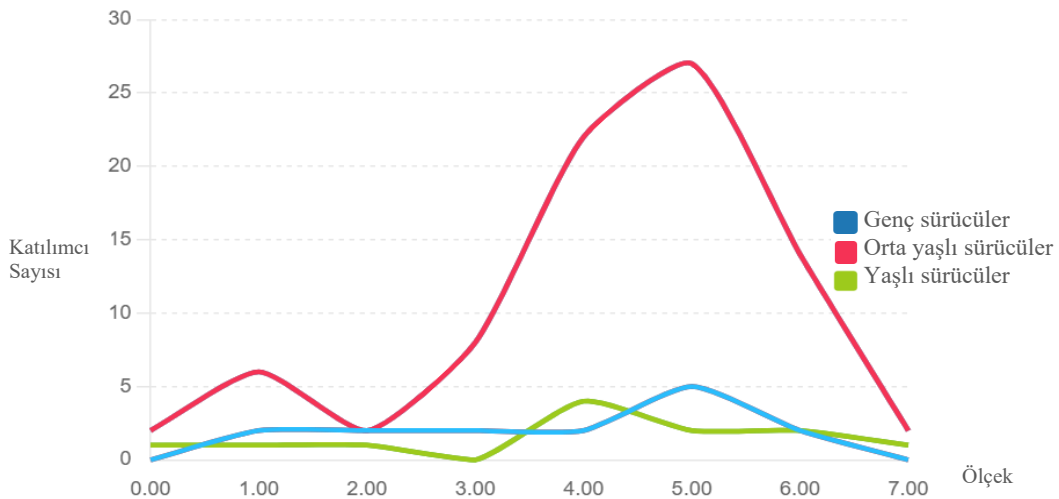
grupta (n=11), %63.6'sı “biraz katılıyorum”, %36.4'ü “katılıyorum” veya “kesinlikle katılıyorum” demiştir. Toplam %81.8'lik oranla yaşlı sürücüler de hız artırma davranışını kabul etmiş; ancak bu grupta karar verme daha temkinli ve kontrollü olmuştur.

Genel toplamda, katılımcıların %81.3'ü yeşil dalga sisteminde hız artırma eğilimi sergilediklerini ifade etmiştir. Bulgular, sistemin hız azaltma amacı taşımasına karşın, sürücülerde fırsatçı hızlanma davranışını da tetikleyebildiğini göstermektedir. Yaş grupları arasında bu eğilim düzeyi değişmekle birlikte yaygın bir davranış biçimi olarak öne çıkmaktadır.

Katılımcılara yöneltilen “Yeşil dalganın doğru çalıştığını düşünerek hızımı ayarlamaya çalıştım” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 26'da sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların yeşil dalga sistemine güvenerek hız ayarlama davranışlarına ilişkin değerlendirmelerinin yaş grubuna göre dağılımı Şekil 61'de etkileşimli grafikte sunulmuştur.

Tablo 26. Katılımcıların yaş grubuna göre yeşil dalga sistemine güvenerek hız ayarlama davranışına ilişkin değerlendirme düzeyleri

Yaş grb	Kesinlikle katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz katılmıyorum	Kararsızım	Biraz katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle katılıyorum	Toplam
Genç	0	2	2	2	2	5	2	15
Orta Yaşlı	2	6	2	8	22	27	14	81
Yaşlı	1	1	1	0	4	2	2	11



Şekil 61. Yeşil dalga sistemine güvenerek hız ayarlama davranışına ilişkin değerlendirmelerin yaş grubuna göre etkileşim grafiği

Tablo 26, yeşil dalga sistemine duyulan güvenin, katılımcıların hız ayarlama davranışlarına etkisini yaş grupları temelinde değerlendirmektedir. Genç grupta (n=15), %33.3'ü “katılıyorum” ve %13.3'ü “kesinlikle katılıyorum” demiştir. Toplamda

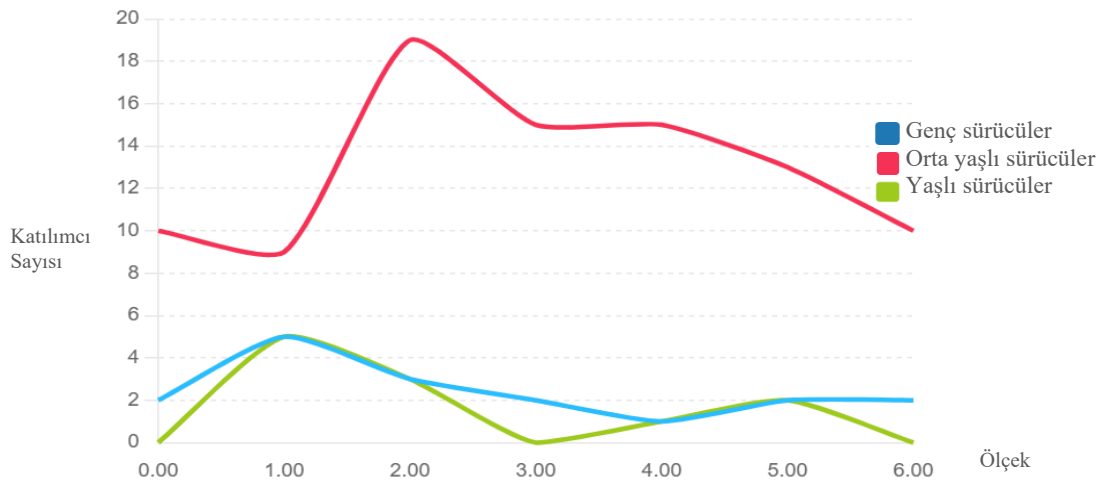
%46.6'sı sistemi dikkate alarak hızını ayarladığını belirtmiştir. Genç sürücüler arasında sisteme duyulan güven sınırlı kalmış, hız ayarlarının daha çok bireysel kararlarla belirlendiği gözlemlenmiştir. Orta yaş grubunda (n=81), %33.3'ü "katılıyorum", %17.3'ü "kesinlikle katılıyorum" ve %27.1'i "biraz katılıyorum" demiştir. Toplamda %77.7'lik oranla sistemle daha yüksek uyum sağlanmıştır. Ancak az sayıda katılımcı sistemin güvenilirliğine yönelik şüphelerini sürdürmüştür. Yaşlı grupta (n=11), %72.7'si sistemi dikkate alarak hız ayarladığını ifade etmiştir. Olumsuz görüş bildirenlerin oranı düşüktür. Yaşlı sürücüler sistemle uyum göstermekte, ancak zaman zaman eleştirel yaklaşım sergilemektedir.

Genel toplamda, katılımcıların %76,5'i yeşil dalga sistemine güvenerek hız ayarladıklarını ifade etmiştir. Bulgular, sistemin teknik başarısı kadar sürücü güveninin de hız kontrolü üzerinde belirleyici olduğunu; gençlerde daha bağımsız, orta ve yaşlı gruplarda ise daha uyumlu davranış kalıplarının geliştiğini göstermektedir.

Katılımcılara yöneltilen "Ortalama hız koridoru içerisinde bulunan radar aracı beklemediğim bir durumdu" ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 27'de sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların radar aracını beklenmedik bir unsur olarak değerlendirme düzeylerinin yaş grubuna göre dağılımı Şekil 62'de etkileşimli grafikte sunulmuştur.

Tablo 27. Katılımcıların yaş grubuna göre radar aracını beklenmedik bir unsur olarak değerlendirme düzeyleri

Yaş grubu	Kesinlikle katılmıyorum	Biraz katılmıyorum	Kararsızım	Biraz katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle katılıyorum	Toplam
Genç	2	5	3	2	1	2	15
Orta Yaşlı	10	9	19	15	15	13	81
Yaşlı	0	5	3	0	1	2	11



Şekil 62. Radar aracını beklenmedik bir unsur olarak değerlendirme düzeylerinin yaş grubuna göre etkileşim grafiği

Tablo 27, katılımcıların hız koridoru içerisindeki radar aracını beklenmedik bir unsur olarak algılama düzeylerini yaş gruplarına göre değerlendirmektedir.

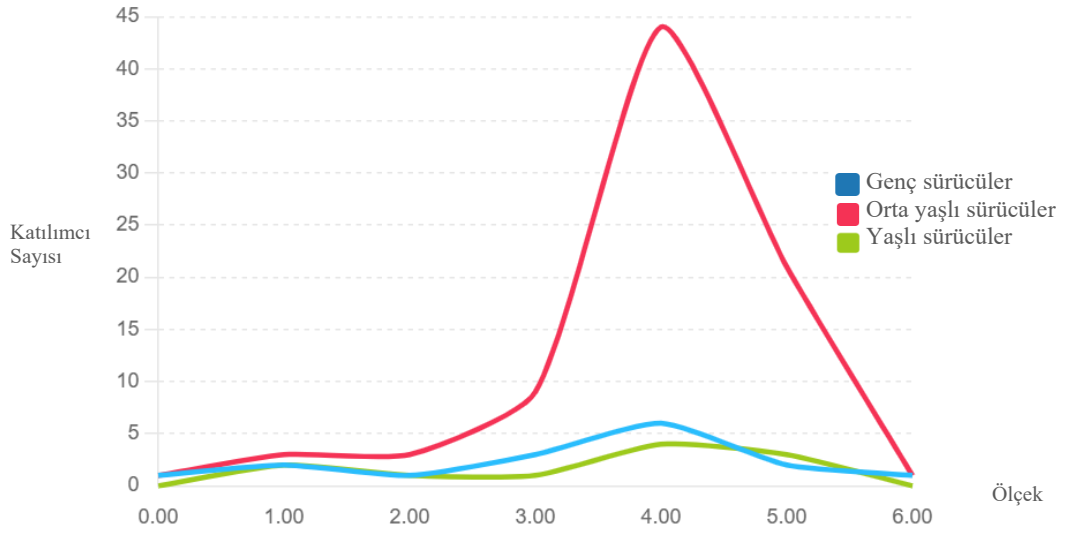
Genç grupta (n=15), %13.3'ü “kesinlikle katılıyorum”, %6.7'si “katılıyorum” ve %13.3'ü “biraz katılıyorum” demiştir. Buna karşılık %46.6'sı olumsuz veya kararsız yanıt vermiştir. Genç sürücüler radar aracını yaklaşık yarı yarıya beklenmedik ya da olağan bir unsur olarak değerlendirmiştir. Orta yaş grubunda (n=81), %16'sı “kesinlikle katılıyorum”, %18.5'i “katılıyorum” ve %18.5'i “biraz katılıyorum” yanıtını vermiştir. %23.4'ü kararsız, %23.4'ü ise olumsuz değerlendirme yapmıştır. Orta yaş grubunda radar aracına yönelik algı daha kararsız ve dengeli dağılmıştır. Yaşlı grupta (n=11), %18.2'si “kesinlikle katılıyorum”, %9.1'i “katılıyorum” ve %45.5'i “biraz katılmıyorum” demiştir. %27.3'ü kararsız kalmıştır. Yaşlı bireyler genel olarak sabit denetim sistemlerine alışkın olduklarını, mobil denetimlerde ise kısmen sürpriz etkisi hissettiklerini ifade etmişlerdir.

Genel toplamda, katılımcıların %49.6'sı radar aracını beklenmedik unsur olarak algılamakta, %52.4'ü kararsız veya olumsuz yanıt vermiştir. Bulgular, radar araçlarının trafik içinde algısal etki yarattığını, bu etkinin ise yaş grupları arasında farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Katılımcılara yöneltilen “Ortalama hız koridoru içerisinde anlık hız ölçen radar araçlarının olması doğru bir uygulamadır” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 28'de sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların bu uygulamayı doğru bulma düzeylerine ilişkin değerlendirmelerinin yaş grubuna göre dağılımı Şekil 63'te etkileşimli grafikte sunulmuştur.

Tablo 28. Katılımcıların yaş grubuna göre anlık hız ölçen radar uygulamasının doğruluğuna ilişkin değerlendirme düzeyleri

Yaş grubu	Kesinlikle katılmıyorum	Biraz katılmıyorum	Kararsızım	Biraz katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle katılıyorum	Toplam
Genç	1	2	1	3	6	2	15
Orta Yaşlı	1	3	3	9	44	21	81
Yaşlı	0	2	1	1	4	3	11



Şekil 63. Anlık hız ölçen radar uygulamasının doğruluğuna ilişkin değerlendirmelerin yaş grubuna göre etkileşim grafiği

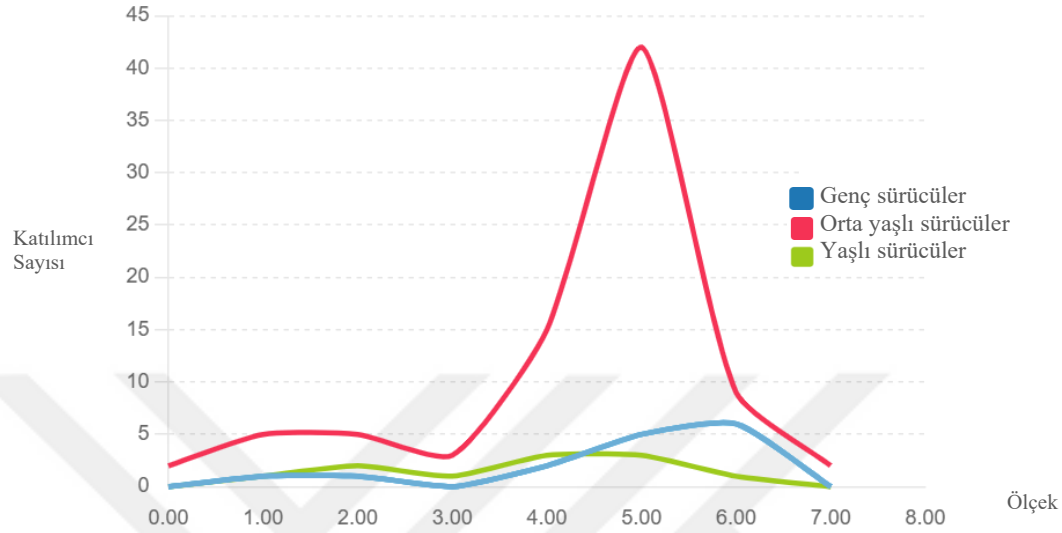
Tablo 28 incelendiğinde genç grupta (n=15), %40'ı “katılıyorum”, %13.3'ü “kesinlikle katılıyorum”, toplamda %53.3'ü uygulamayı olumlu değerlendirmiştir. %26.7'si ise kararsız veya düşük düzeyde onay vermiştir. Gençler arasında destek yüksek olmakla birlikte, kararsızlık oranı da dikkat çekicidir. Orta yaş grubunda (n=81), %54.3'ü “katılıyorum”, %25.9'u “kesinlikle katılıyorum” demiş; toplamda %80.2 oranında yüksek kabul görülmüştür. Olumsuz ve kararsız yanıt oranı ise %8.6 düzeyindedir. Orta yaşlı sürücüler sistemi büyük ölçüde doğru ve işlevsel bulmuştur. Yaşlı grupta (n=11), %36.4'ü “katılıyorum” ve %27.3'ü “kesinlikle katılıyorum” demiştir. Toplamda %63.7 oranında olumlu değerlendirme yapılmıştır. Kararsızlık oranı diğer gruplara göre biraz daha yüksektir; ancak olumsuz görüş bildiren katılımcı bulunmamıştır.

Genel toplamda katılımcıların %72'si anlık hız ölçen radar sistemini desteklediğini ifade etmiştir. %17'si ise daha temkinli veya kararsız kalmıştır. Bulgular, sistemin özellikle orta yaş grubunda yüksek kabul gördüğünü, genel katılımcı kitlesinde ise büyük ölçüde olumlandığını ortaya koymaktadır.

Katılımcılara yöneltilen “Karayollarında yapılan uygulamalardan dolayı Ortalama Hız Koridoru hakkında yeterli bilgiye sahibim” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 29'da sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların ortalama hız koridoruna ilişkin bilgi düzeylerine yönelik değerlendirmelerinin yaş grubuna göre dağılımı Şekil 64'te etkileşimli grafikte sunulmuştur.

Tablo 29. Katılımcıların yaş grubuna göre ortalama hız koridoru hakkında bilgi sahibi olma düzeyleri

Yaş grb.	Kesinlikle katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz katılmıyorum	Kararsızım	Biraz katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle katılıyorum	Toplam
Genç	0	1	1	0	2	5	6	15
Orta Yaşlı	2	5	5	3	15	42	9	81
Yaşlı	0	1	2	1	3	3	1	11



Şekil 64. Ortalama hız koridoru hakkında bilgi sahibi olma düzeylerinin yaş grubuna göre etkileşim grafiği

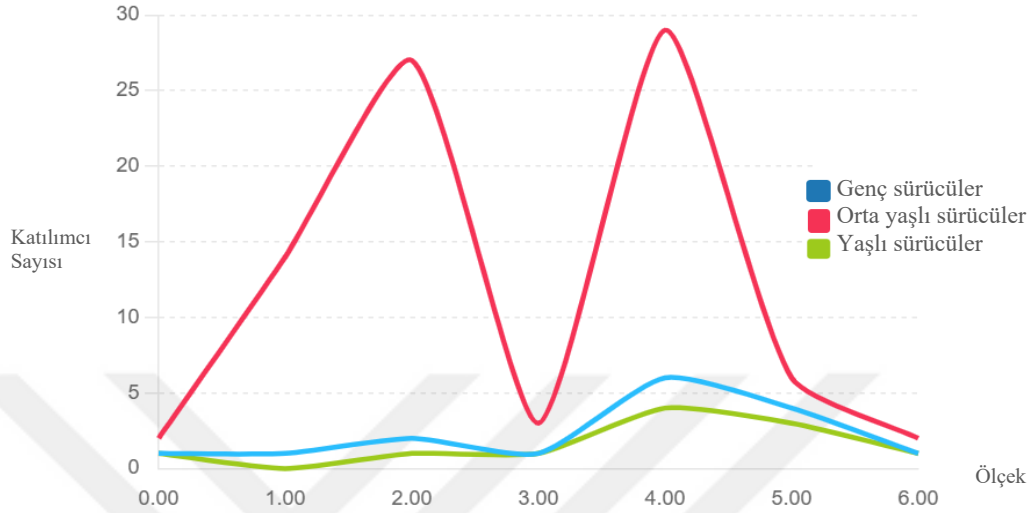
Tablo 29, ortalama hız koridoru (OHK) sistemine ilişkin farkındalık düzeylerini yaş gruplarına göre değerlendirmektedir. Genç grupta (n=15), %86.7'si OHK hakkında bilgi sahibi olduğunu belirtmiştir (%40'ı “kesinlikle katılıyorum”, %33.3'ü “katılıyorum”, %13.3'ü “biraz katılıyorum”). Olumsuz değerlendirme yapanların oranı düşüktür (%13.4). Orta yaş grubunda (n=81), %11.1'i “kesinlikle katılıyorum”, %51.9'u “katılıyorum” ve %18.5'i “biraz katılıyorum” yanıtını vermiştir. Toplamda %81.5'i sistem hakkında bilgi sahibi olduğunu ifade etmiştir. Olumsuz ve kararsız yanıt oranı %19'un altındadır. Yaşlı grupta (n=11), %9.1'i “kesinlikle katılıyorum”, %27.3'ü “katılıyorum” ve %27.3'ü “biraz katılıyorum” demiştir. Toplam %63.7'lik bilgi düzeyine ulaşılmış; diğer gruplara kıyasla farkındalık düzeyi daha düşük kalmıştır.

Genel toplamda, katılımcıların %87,8'i OHK sistemine ilişkin farkındalık sahibi olduğunu belirtmiştir. Bulgular, özellikle genç ve orta yaş gruplarında sistemin işleyişine yönelik yüksek düzeyde bilgi sahibi olunduğunu göstermektedir.

Katılımcılara yöneltilen “Katılma şeridinden yaklaşan araçlar beni oldukça tedirgin etti” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 30'da sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların bu duruma ilişkin tedirginlik düzeylerinin yaş grubuna göre dağılımı Şekil 65'te etkileşimli grafikte sunulmuştur.

Tablo 30. Katılımcıların yaş grubuna göre katılma şeridinden yaklaşan araçlara ilişkin tedirginlik düzeyleri

Yaş grubu	Kesinlikle katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz katılıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle katılıyorum	Toplam
Genç	1	1	2	1	6	4	15
Orta Yaşlı	2	14	27	3	29	6	81
Yaşlı	1	0	1	1	4	3	11



Şekil 65. Katılma şeridinden yaklaşan araçlara ilişkin tedirginlik düzeylerinin yaş grubuna göre etkileşim grafiği

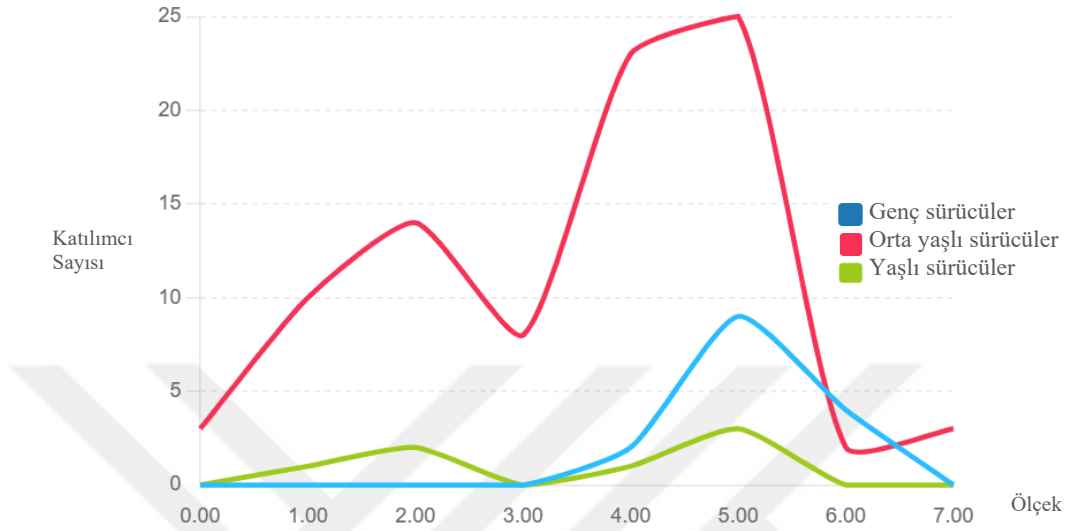
Tablo 30, katılımcıların katılma şeridinden yaklaşan araçlar karşısında hissettikleri tedirginlik düzeylerini yaş gruplarına göre değerlendirmektedir. Genç grupta (n=15), %26.7'si “kesinlikle katılıyorum”, %40'ı “katılıyorum” ve %13.3'ü “biraz katılıyorum” demiştir. Toplamda %80'inden fazlası tedirginlik yaşadığını ifade etmiştir. Olumsuz yanıt oranı %13.4'tür. Orta yaş grubunda (n=81), %7.4'ü “kesinlikle katılıyorum”, %35.8'i “katılıyorum” ve %33.3'ü “biraz katılıyorum” demiştir. Toplamda %76.5'i tedirginlik yaşadığını belirtmiştir. Kararsız ve olumsuz yanıt oranı gençlere göre biraz yüksektir. Yaşlı grupta (n=11), %27.3'ü “kesinlikle katılıyorum”, %36.4'ü “katılıyorum” ve %9.1'i “biraz katılıyorum” demiştir. Toplamda %72.7 oranında tedirginlik bildirilmiştir.

Genel toplamda, %80.4'ü katılma şeridinden gelen araçların sürüş konforu ve güvenliği açısından ciddi tedirginlik oluşturduğunu ifade etmiştir. Bulgular, katılma şeritlerinin risk algısını yükselttiğini ve sürücülerin bu bölgelerde dikkat ve bilgilendirme gereksinimini vurguladığını göstermektedir.

Katılımcılara yöneltilen “Katılma şeridi öncesindeki uyarı levhaları yeterliydi” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 31'de sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların uyarı levhalarının yeterliliğine ilişkin değerlendirmelerinin yaş grubuna göre dağılımı Şekil 66'da etkileşimli grafikte sunulmuştur.

Tablo 31. Katılımcıların yaş grubuna göre katılma şeridi öncesi uyarıcı levhaların yeterliliğine ilişkin değerlendirme düzeyleri

Yaş grubu	Kesinlikle katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz katılıyorum	Kararsızım	Biraz katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle katılıyorum	Toplam
Genç	0	0	0	0	2	9	4	15
Orta Yaşlı	3	10	14	8	23	25	2	81
Yaşlı	0	1	2	0	1	3	0	11



Şekil 66. Katılma şeridi öncesi uyarıcı levhaların yeterliliğine ilişkin değerlendirmelerin yaş grubuna göre etkileşim grafiği

Tablo 31, katılımcıların katılma şeridi öncesindeki uyarı levhalarının yeterliliğine ilişkin değerlendirmelerini yaş gruplarına göre sunmaktadır. Genç grupta (n=15), %60'ı “katılıyorum”, %26.7’si “kesinlikle katılıyorum” ve %13.3’ü “biraz katılıyorum” yanıtlarını vermiştir. Olumsuz veya kararsız yanıt bulunmamaktadır. Genç sürücüler uyarıcı levhaları yüksek oranda yeterli bulmuştur. Orta yaş grubunda (n=81), %30.9’u “katılıyorum”, %28.4’ü “biraz katılıyorum” ve %17.3’ü “biraz katılıyorum (tekrar)” yanıtını vermiştir. Olumsuz ve kararsız yanıtlar ise %26’ya ulaşmıştır. Bu grup uyarı levhalarına karşı daha eleştirel ve ölçülü yaklaşmıştır. Yaşlı grupta (n=11), %27.3’ü “katılıyorum”, %18.2’si “biraz katılıyorum” ve %9.1’i “katılmıyorum” demiştir. “Kesinlikle katılıyorum” yanıtı hiç verilmemiştir. Yaşlı sürücülerde farkındalık düzeyi daha düşük, değerlendirme ise daha kararsız kalmıştır.

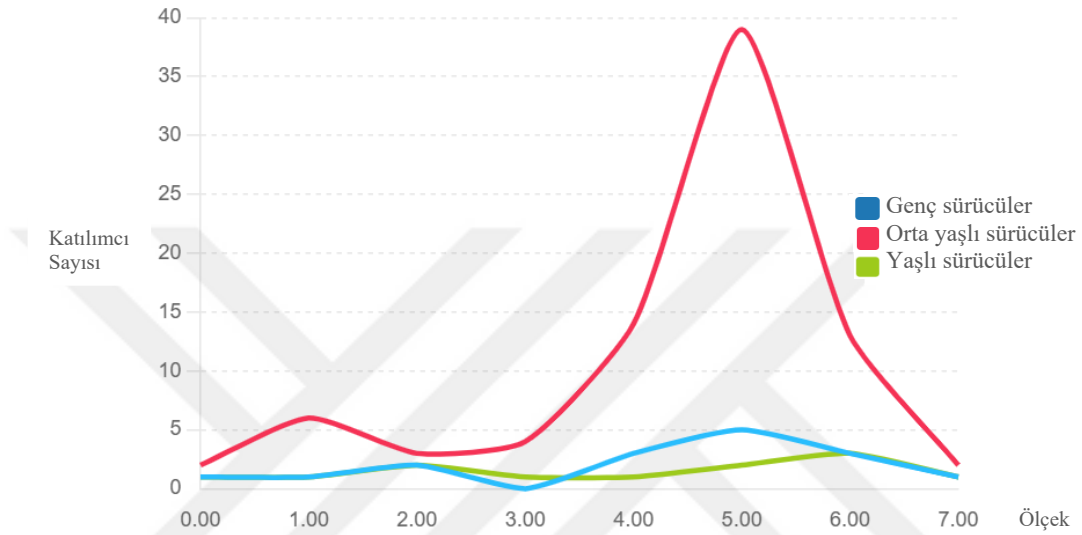
Genel toplamda, katılımcıların %76.6’sı levhaları olumlu ya da kısmen olumlu değerlendirmiştir. Bulgular, genel anlamda uyarı levhalarının etkili olduğunu, ancak özellikle orta yaş ve yaşlı gruplarda iyileştirme ve dikkat çekicilik açısından gelişim alanları bulunduğunu göstermektedir.

Katılımcılara yöneltilen “Katılma şeridinden yaklaşan araçlar şerit disiplinimi etkiledi” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 32’de sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların katılma şeridinden gelen araçların şerit disiplinine etkisine ilişkin

değerlendirmelerinin yaş grubuna göre dağılımı Şekil 67’de etkileşimli grafikte sunulmuştur.

Tablo 32. Katılımcıların yaş grubuna göre katılma şeridinden yaklaşan araçların şerit disiplinine etkisine ilişkin değerlendirme düzeyleri

Yaş Grubu	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz Katılmıyorum	Kararsızım	Biraz Katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum	Toplam
Genç	1	1	2	0	3	5	3	15
Orta Yaşlı	2	6	3	4	14	39	13	81
Yaşlı	1	1	2	1	1	2	3	11



Şekil 67. Katılma şeridinden yaklaşan araçların şerit disiplinine etkisine ilişkin değerlendirmelerin yaş grubuna göre etkileşim grafiği

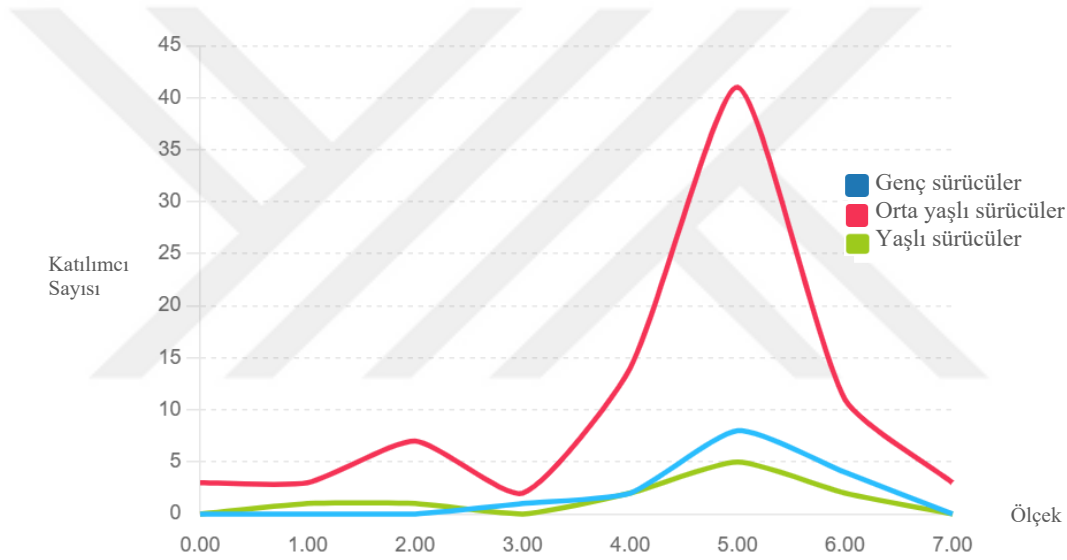
Tablo 32, katılma şeridinden gelen araçların şerit disiplini üzerindeki etkisine ilişkin katılımcı değerlendirmelerini yaş gruplarına göre sunmaktadır. Genç grupta (n=15), %20’si “kesinlikle katılıyorum”, %33.3’ü “katılıyorum” ve %20’si “biraz katılıyorum” demiştir. Toplam %73.3 oranında bu durumun şerit disiplini etkilediği düşünülmektedir. Olumsuz değerlendirme oranı %26.7’dir. Orta yaş grubunda (n=81), %16’sı “kesinlikle katılıyorum”, %48.1’i “katılıyorum” ve %17.3’ü “biraz katılıyorum” demiştir. Toplam %81.4’lük yüksek bir oran bu etkiyi onaylamıştır. Olumsuz ve kararsız yanıtlar %18.6 düzeyindedir. Yaşlı grupta (n=11), %27.3’ü “kesinlikle katılıyorum”, %18.2’si “katılıyorum” ve %9.1’i “biraz katılıyorum” demiştir. Toplam %54.6 oranında olumlu değerlendirme yapılmıştır; bu grup diğer yaş gruplarına göre daha çok kararsız ve olumsuz yanıt vermiştir.

Genel toplamda katılımcıların %80.4’ü, katılma şeridinden gelen araçların şerit disiplini olumsuz etkilediğini ifade etmiştir. Bulgular, özellikle orta yaş grubunda bu etkinin daha belirgin hissedildiğini ortaya koymaktadır.

Katılımcılara yöneltilen “Ülkemizde, senaryodakine benzer şekilde katılma bölgelerinde çok sayıda araç çıktığını ve bunların bu bölgelerde sürüş davranışımı ve şerit disiplini olumsuz etkilediğini düşünüyorum” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 33’te sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların bu duruma ilişkin sürüş davranışı ve şerit disiplini üzerindeki etkileri değerlendirme düzeylerinin yaş grubuna göre dağılımı Şekil 68’de etkileşimli grafikte sunulmuştur.

Tablo 33. Katılımcıların yaş grubuna göre katılma bölgelerinde yoğun araç çıkışının sürüş davranışı ve şerit disiplinine etkisine ilişkin değerlendirme düzeyleri

Yaş grubu	Kesinlikle katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz katılmıyorum	Kararsızım	Biraz katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle katılıyorum	Toplam
Genç	0	0	0	1	2	8	4	15
Orta Yaşlı	3	3	7	2	14	41	11	81
Yaşlı	0	1	1	0	2	5	2	11



Şekil 68. Katılma bölgelerinde yoğun araç çıkışının sürüş davranışı ve şerit disiplinine etkisine ilişkin değerlendirmelerin yaş grubuna göre etkileşim grafiği

Tablo 33, katılma bölgelerindeki araç yoğunluğunun sürüş davranışı ve şerit disiplini üzerindeki etkisine ilişkin katılımcı değerlendirmelerini yaş gruplarına göre sunmaktadır. Genç grupta (n=15), %26.7’si “kesinlikle katılıyorum”, %53.3’ü “katılıyorum” ve %13.3’ü “biraz katılıyorum” demiştir. Toplamda %93.3 oranında güçlü bir katılım gözlenmiştir. Olumsuz veya kararsız yanıt oranı düşüktür (%6.7). Orta yaş grubunda (n=81), %13.6’sı “kesinlikle katılıyorum”, %50.6’sı “katılıyorum” ve %17.3’ü “biraz katılıyorum” yanıtını vermiştir. Toplam katılım oranı %81.5’tir. Olumsuz ve kararsız yanıt oranı %18.5’tir. Yaşlı grupta (n=11), %18.2’si “kesinlikle katılıyorum”, %45.5’i “katılıyorum” ve %18.2’si “biraz katılıyorum” demiştir. Toplam katılım oranı %81.9’dur. Olumsuz yanıt oranı %18.2’dir.

Genel toplamda, katılımcıların %84.1'i katılma bölgelerindeki yoğun araç çıkışının sürüş davranışı ve şerit disiplini üzerinde olumsuz etkisi olduğunu ifade etmiştir. Bulgular, bu etkinin yaş grupları arasında ortak bir trafik güvenliği sorunu olarak algılandığını göstermektedir.

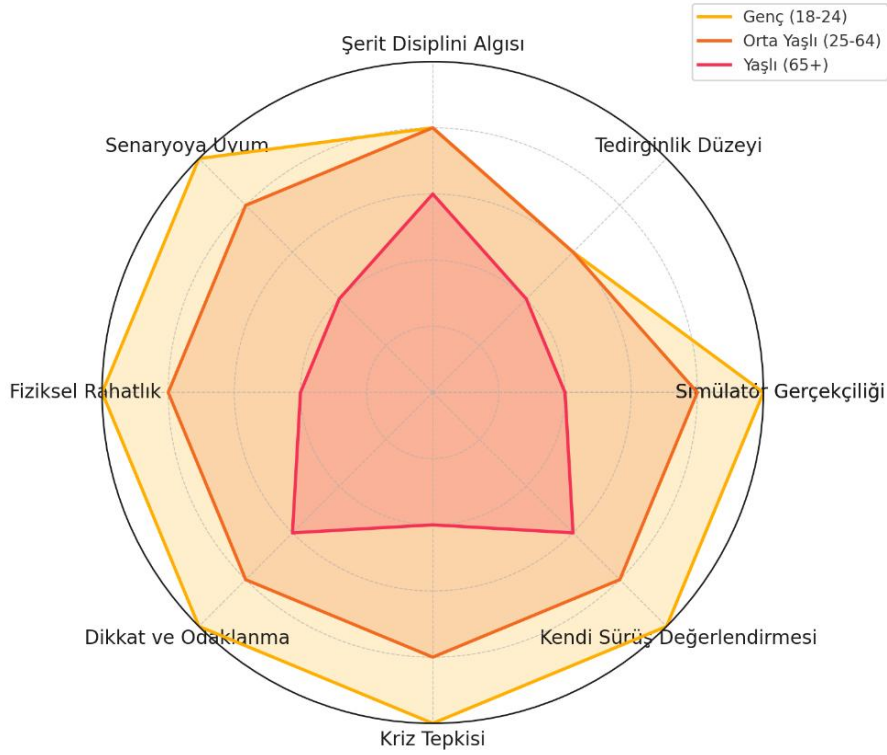
4.2.4. Sürüş Öncesi ve Sonrası Anket Verileriyle Yaş Gruplarının Davranışsal Sürücü Profillerinin Bütüncül Analizi

Bu bölümde, katılımcıların sürüş öncesi ve sonrası anketlerden elde edilen verileri, DSÖ'nün yaş sınıflandırmasına (WHO, 2021) dayalı olarak genç (18–24 yaş), orta yaşlı (25–64 yaş) ve yaşlı (65 yaş ve üzeri) olmak 4.1.2 de anlatıldığı üzere üç grupta ayrılarak incelenmiştir.

Söz konusu sınıflandırma doğrultusunda sürücü davranışlarında gözlemlenen bilişsel, duygusal ve fiziksel farklılıklar yaş değişkeni bağlamında karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, Şekil 69'da sunulan radar grafik, yaş gruplarına ait sürücülerden elde edilen yanıtları sekiz temel davranışsal boyutta (simülâtörün gerçekçiliği algısı, tedirginlik düzeyi, şerit disiplini algısı, senaryoya uyum, fiziksel rahatlık, dikkat ve odaklanma, kriz tepkisi ve öz değerlendirme) karşılaştırmalı olarak sunmaktadır.

- Genç sürücüler, özellikle simülâtör gerçekçiliğine yüksek düzeyde uyum sağlama, senaryolara hızlı uyum sağlama, kriz durumlarında kontrol hissi ve genel öz yeterlik algısında daha yüksek puanlamalar gerçekleştirmiştir.
- Orta yaşlı sürücüler ise tüm davranışsal boyutlarda dengeli ve istikrarlı yanıtlar vererek, sürüş deneyiminin getirdiği bilişsel stabiliteyi yansıtmıştır.
- Öte yandan, yaşlı sürücüler dikkat, fiziksel konfor ve kriz yönetimi gibi alanlarda daha düşük değerlendirmelerle öne çıkmış; bu durum yaşla birlikte ortaya çıkan bilişsel ve fizyolojik gerilemenin simülâtör ortamındaki sürüş davranışları üzerinde etkili olabileceğini göstermektedir.

Şekil 69'da sunulan grafiksel temsil, yaş grupları arasında belirginleşen davranışsal örüntüleri sistematik biçimde ortaya koymakta; aynı zamanda yaşa özgü güvenli sürüş stratejilerinin geliştirilmesine yönelik politika ve uygulamalara bilimsel dayanak sunmaktadır.



Şekil 69. Genç, orta yaşlı ve yaşlı sürücülere ait davranışsal boyutların radar grafik ile karşılaştırılması.

Simülasyon gerçekçiliği algısı: Genç sürücüler, simülasyonun gerçekçiliğini oldukça yüksek düzeyde değerlendirmiş ve bu deneyimi gerçek trafik koşullarına yakın bulduklarını ifade etmişlerdir. Bu grubun teknolojiye olan aşinalıkları ve dijital ortamlarda geçirdikleri süre göz önüne alındığında, sanal ortamda kendilerini rahat hissetmeleri beklenen bir sonuçtur. Orta yaş grubundaki sürücülerde de simülasyon algısı olumlu olmakla birlikte, daha ölçülü değerlendirmeler yapılmıştır. Yaşlı sürücüler ise teknolojik ortama alışkın olmamaları ve bilişsel esnekliklerinin sınırlı olması nedeniyle bu ortama uyum sağlamakta zorlanmış ve gerçekçilik algısı düşük kalmıştır.

Katılma şeridinde tedirginlik: Katılma manevralarının yer aldığı senaryolarda genç sürücüler düşük düzeyde tedirginlik göstermiştir. Bu durum, ani karar alma ve çevik manevra kabiliyetlerinin yüksek olmasıyla açıklanabilir. Orta yaş grubunda tedirginlik düzeyi orta seviyede seyretmiş; sürücüler, tecrübe ile temkinli yaklaşımı dengeleyerek senaryolara uyum sağlamışlardır. Yaşlı sürücüler ise bu senaryolarda belirgin şekilde tedirginlik bildirmiştir. Bu, dikkat bölünmesi, karar verme sürelerinin uzaması ve yaşla birlikte gelen risk algısındaki değişimlerle doğrudan ilişkilidir.

Şerit disiplini algısı: Şerit disiplini ile ilgili değerlendirmelerde genç ve orta yaş grubundaki sürücüler arasında olumlu yanıtlar yoğunluk göstermiştir. Genç sürücüler daha fazla özgüven bildirirken, orta yaşlı sürücülerde bu durum deneyimle desteklenen ölçülü bir tutum şeklinde gözlemlenmiştir. Yaşlı sürücülerde ise kararsızlık, çevresel

etkilere karşı hassasiyet ve tepki süresindeki gecikmeler nedeniyle şerit disiplini algısı zayıf kalmıştır.

Senaryoya uyum ve hazır hissetme

Genç sürücüler, simülatör senaryolarına hızla uyum sağlamış ve sürüşe başlamadan önce kendilerini hazır hissettiklerini belirtmişlerdir. Orta yaş grubunda senaryoya uyum kabiliyeti yüksek düzeyde ancak gençlere kıyasla daha temkinli bir şekilde ifade edilmiştir. Yaşlı grubun ise senaryoya uyum süreci daha zor olmuş ve bu durum hem bilişsel esnekliğin azalması hem de teknolojik ortama karşı olan mesafe ile ilişkilendirilmiştir.

Fiziksel rahatlık

Fiziksel rahatlık açısından genç ve orta yaş grubundaki sürücüler genel olarak simülatör ortamını konforlu bulmuşlardır. Yaşlı sürücüler ise vestibüler sistem hassasiyeti, boyun ve bel bölgesi rahatsızlıkları gibi yaşa bağlı fizyolojik etmenler nedeniyle simülatör ortamında fiziksel rahatsızlık yaşamışlardır. Bu bulgular, yaşla birlikte artan fiziksel duyarlılığın sürüş deneyimi üzerindeki etkisini göstermektedir.

Dikkat ve odaklanma

Genç sürücüler sürüş süresince dikkatlerini yüksek düzeyde sürdürmüş, çevresel uyaranlara karşı dikkat dağınıklığı bildirmemiştir. Orta yaş grubunda dikkat düzeyleri genel olarak yüksek olmasına rağmen çevresel faktörlere karşı daha temkinli yaklaşımlar sergilenmiştir. Yaşlı sürücülerde dikkat süresinin azalması ve dışsal uyaranlara karşı hassasiyetin artması sonucu dikkat ve odaklanma düzeyinde düşüş gözlenmiştir.

Beklenmedik ani durumlarında tepki

Genç sürücüler, senaryo içinde kriz anlarında daha teknik ve hızlı çözümler üretmiş, panik davranışları sergilememiştir. Orta yaşlı sürücüler bu durumlarda kontrollü ama temkinli tepkiler vermiştir. Yaşlı sürücülerde ise kriz anlarında belirgin tedirginlik, karar verme zorluğu ve yüksek duygusal tepkiler kaydedilmiştir. Bu durum yaşla birlikte azalan bilişsel işleme hızı ile açıklanabilir.

Sürücülük öz-değerlendirmesi

Genç sürücüler, sürüş becerilerine yüksek güven duymuş ve olumlu değerlendirmelerde bulunmuştur. Orta yaş grubundaki sürücüler, kendilerini deneyim temelli ama ölçülü biçimde değerlendirmiştir. Yaşlı sürücüler ise kendi sürüş becerilerini pozitif ama daha temkinli bir üslupla ifade etmiştir. Bu, öz-farkındalığın yaşla birlikte arttığını ve daha içsel sorgulamanın devreye girdiğini göstermektedir. Genel durum Tablo 34'te özetlenmiştir.

Tablo 34. Yaş gruplarına göre sürücü davranışı karşılaştırma tablosu

Değerlendirilen alanı	Genç sürücüler (18–24 yaş)	Orta yaşlı sürücüler (25–64 yaş)	Yaşlı sürücüler (65 yaş ve üstü)
Simülâtör gerçekçiliği algısı	Yüksek düzeyde gerçekçilik algısı; teknolojiye uyum güçlü.	Gerçekçilik algısı yüksek; temkinli fakat olumlu değerlendirme.	Gerçekçilik algısı zayıf; teknolojiye mesafeli yaklaşım.
Katılma şeridinde tedirginlik	Tedirginlik oranı düşük; hızlı karar verme eğilimi.	Tedirginlik orta düzeyde; çevresel faktörleri gözetiyor.	Yüksek tedirginlik düzeyi; bilişsel gerilemeler etkili.
Şerit disiplini algısı	Şerit disiplini konusunda güvenli yanıtlar; özgüven yüksek.	Şerit disiplini konusunda pozitif ama dikkatli ifadeler.	Şerit disiplini algısı kararsız; dikkat dağınıklığı baskın.
Senaryoya Uyum ve Hazır Hissetme	Senaryoya hızlı adapte; yüksek sürüş özgüveni.	Uyumlu ve deneyime dayalı yaklaşım; kontrollü davranışlar.	Senaryoya adapte olmakta zorlanmış; güven eksikliği.
Fiziksel rahatlık	Fiziksel olarak rahat hissettiklerini belirtmişlerdir.	Genellikle rahat hissedilmiş; bazı bireysel farklılıklar mevcut.	Fiziksel rahatsızlık yaygın; baş dönmesi ve konfor düşüklüğü.
Dikkat ve Odaklanma	Dikkat ve odaklanma güçlü, çevresel dikkat dağınıklığı az.	Dikkat düzeyi genel olarak yeterli; çevreye odaklı eğilimler var.	Dikkat dağınıklığı sık; çevresel uyarılara hassasiyet artmış.
Beklenmedik durumda tepki	Teknik ve hızlı kriz yönetimi; panik düzeyi düşük.	Krizlerde kontrollü ancak zaman zaman temkinli davranışlar.	Krizlerde yüksek tedirginlik ve karar verme zorluğu.
Sürücülük öz-değerlendirmesi	Yüksek öz değerlendirme; olumlu ve kendine güvenen dil.	Ölçülü ve deneyimle şekillenmiş değerlendirmeler.	Kendini değerlendirmede çekingen ve korunaklı ifadeler.

4.2.5. Sürüş Öncesi Anketlere Göre Cinsiyete Göre Sürücü Profilleri ve Trafik Güvenliği Algısı

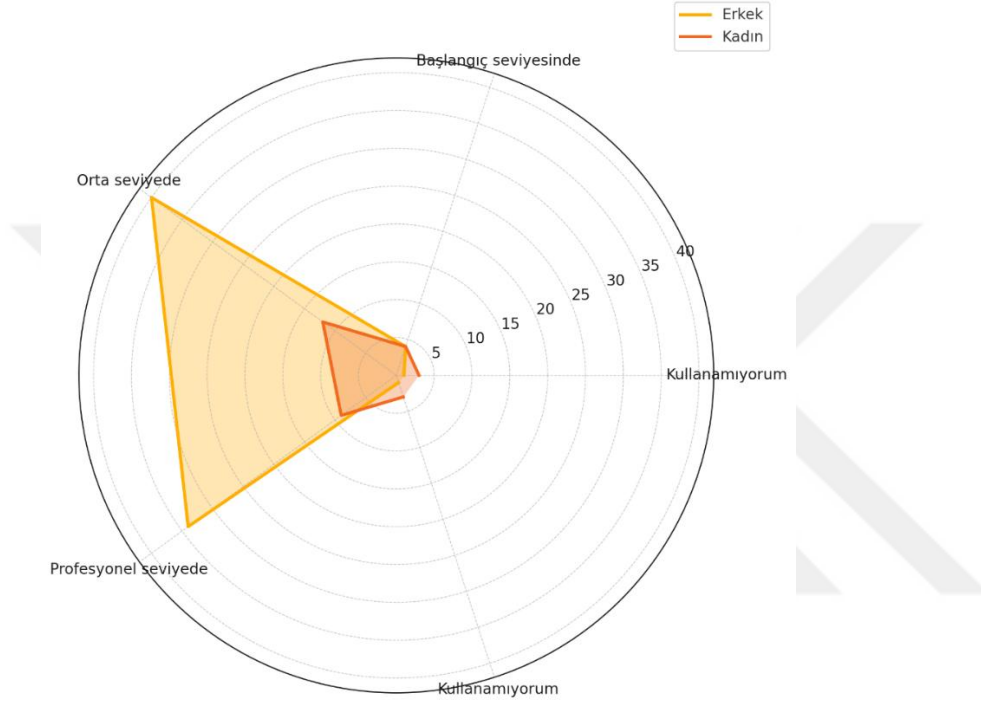
Bu bölümde, simülâtör ortamında elde edilen sürüş verileri doğrultusunda, katılımcıların cinsiyete göre gösterdiği davranışsal farklılıklar çok boyutlu bir bakış açısıyla ele alınmıştır. Kadın ve erkek sürücülerin hız kontrolü, ani manevralar, şerit değiştirme sıklığı ve genel sürüş dinamikleri gibi performans göstergeleri ayrı ayrı incelenmiş; bu göstergeler üzerinden davranışsal örüntüler ortaya konmuştur. Bulgular, toplumsal cinsiyetin yalnızca algısal düzeyde değil, gerçek sürüş davranışlarında da belirleyici etkiler üretebildiğini göstermekte; trafik güvenliği, sürücü eğitimleri ve kişiselleştirilmiş yönlendirme sistemleri açısından önemli çıkarımlar sunmaktadır. Bölüm kapsamında sunulan tablo ve grafikler, cinsiyet değişkeninin sürüş karakteristikleri üzerindeki yansımalarını sayısal düzeyde görselleştirerek, karşılaştırmalı bir değerlendirme imkânı sağlamaktadır.

Katılımcılara yöneltilen “Araç kullanma becerinizi nasıl tanımlarsınız?” sorusuna verdikleri cinsiyete göre araç kullanma becerilerine ilişkin öz değerlendirme düzeyleri Tablo 35’te sunulmuştur. Ayrıca Katılımcıların araç kullanma becerilerine yönelik öz

değerlendirme düzeylerinin cinsiyete göre dağılımı Şekil 70’te radar grafikte sunulmuştur.

Tablo 35. Katılımcıların cinsiyete göre araç kullanma becerilerine ilişkin öz değerlendirme düzeyleri

Cinsiyet	Kullanamıyorum	Başlangıç seviyesinde	Orta seviyede	Profesyonel seviyede	Toplam
Erkek	1	4	40	34	79
Kadın	3	4	12	9	28



Şekil 70. Araç kullanma becerisi öz değerlendirmelerinin cinsiyete göre dağılımı

Katılımcıların araç kullanma becerilerine ilişkin öz değerlendirme düzeyleri Şekil 70’te gösterilmiştir. Erkekler ağırlıklı olarak kendilerini orta ve profesyonel düzeyde tanımlarken, kadınların daha düşük beceri düzeylerini ifade ettiği görülmektedir.

Tablo 35’te ki bulgular, sürüş becerisi algısında cinsiyetler arasında anlamlı farklılıklar bulunduğunu göstermektedir. Erkek katılımcıların %50.6’sı “orta seviyede”, %43.0’ı “profesyonel seviyede” sürüş becerisine sahip olduğunu belirtmiştir. Sadece %5.1’i “başlangıç seviyesinde” ve %1.3’ü “araç kullanamıyorum” yanıtını vermiştir. Bu sonuç, erkeklerin büyük oranda orta ve üst düzey sürüş yeterliliğine sahip olduklarını düşündüklerini göstermektedir. Kadın katılımcıların %42.9’u “orta seviyede”, %32.1’i “profesyonel seviyede” olduğunu belirtmiş; %14.3’ü “başlangıç seviyesinde” ve %10.7’si “araç kullanamıyorum” yanıtını vermiştir. Kadın katılımcılarda başlangıç düzeyinde veya hiç araç kullanmayanların oranının erkeklere kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir.

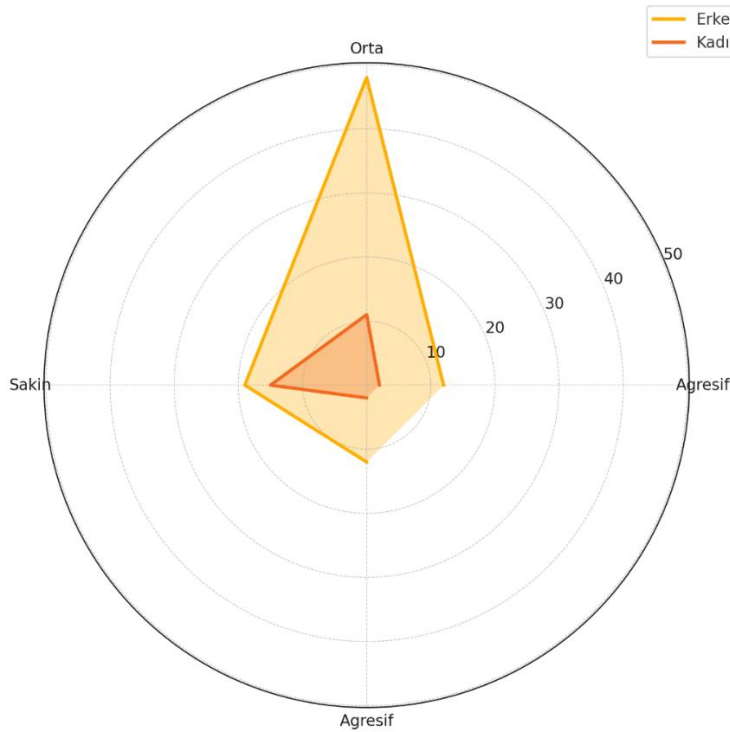
Genel toplamda katılımcıların %48.6'sı “orta seviye”, %40.2'si “profesyonel seviye”, %7.5'i “başlangıç seviyesi” ve %3.7'si “araç kullanamıyorum” şeklinde değerlendirme yapmıştır. Bu dağılım, örneklemin büyük çoğunluğunun sürüş becerilerine güven duyduğunu ve yeterlilik algısını orta ile profesyonel seviye arasında konumlandığını göstermektedir.

Katılımcıların sürüş becerilerine ilişkin öz değerlendirmeleri, risk alma davranışları, karar verme süreçleri ve çevresel uyaranlara verilen tepkiler üzerinde belirleyici rol oynayabilmektedir. Bu nedenle, öznel algılar davranışsal bulguların yorumlanmasına katkı sağlamaktadır.

Katılımcılara yöneltilen “Kendinizi nasıl bir sürücü olarak tanımlarsınız?” sorusuna verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 36’da sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların sürücü kimliklerine yönelik öz değerlendirme düzeylerinin cinsiyete göre dağılımı Şekil 71’de radar grafikte sunulmuştur.

Tablo 36. Katılımcıların cinsiyete göre sürücü kimliği öz değerlendirmeleri

Cinsiyet	Agresif	Orta	Sakin	Agresif
Erkek	12	48	19	79
Kadın	2	11	15	28
Toplam	14	59	34	107



Şekil 71. Sürücü kimliği öz değerlendirmelerinin cinsiyete göre dağılımı

Sürücü kimliği değerlendirmeleri Şekil 71’de sunulmuştur. Erkekler daha agresif bir sürücü profili belirtirken, kadınların çoğunluğu kendini sakin sürücü olarak tanımlamıştır.

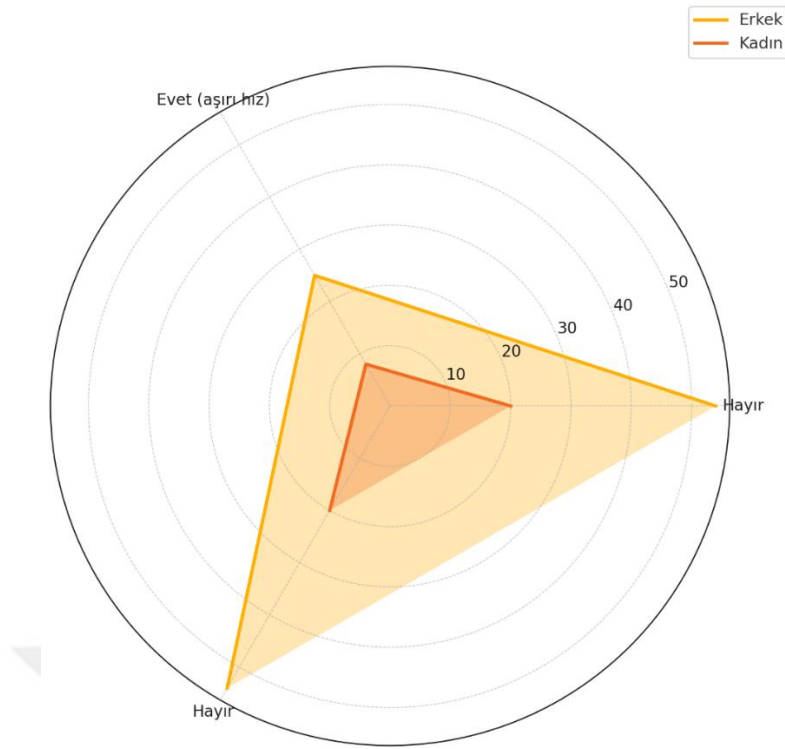
Tablo 36’da erkek katılımcıların %60.8’i kendilerini “orta” düzeyde sürücü olarak tanımlamış, %24.1’i “sakin” ve %15.2’si “agresif” sürüş stili beyan etmiştir. Bu dağılım, erkeklerin çoğunlukla dengeli sürüş tarzına sahip oldukları algısını yansıtmaktadır. Kadın katılımcıların %53.6’sı “sakin”, %39.3’ü “orta” ve %7.1’i “agresif” sürücü tanımlaması yapmıştır. Kadın sürücülerde sakin sürüş tarzının öne çıkması, literatürdeki kadınların daha temkinli ve kural odaklı sürüş eğilimleriyle örtüşmektedir. Genel örnekleme, katılımcıların %55.1’i “orta”, %31.8’i “sakin” ve %13.1’i “agresif” sürüş tarzına sahip olduklarını belirtmiştir. Bu sonuçlar, örneklemin büyük çoğunluğunun dengeli veya temkinli sürüş tarzını benimsediğini göstermektedir.

Bulgular, simülatör ortamında gözlemlenen sürüş davranışlarının, katılımcıların beyan ettikleri sürüş profilleriyle anlamlı bir ilişki içerisinde olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle agresif sürüş eğiliminde olan az sayıdaki katılımcının riskli senaryolara verdiği tepkiler, trafik güvenliği açısından önemli davranış kalıplarının analizine katkı sağlamaktadır.

Katılımcılara yöneltilen “Daha önce trafik kazası yaptınız mı?” sorusuna verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 37’de sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların trafik kazası yapma durumlarının cinsiyete göre dağılımı Şekil 72’de radar grafikte sunulmuştur.

Tablo 37. Katılımcıların cinsiyete göre trafik kazası deneyimlerine ilişkin yanıtları

Cinsiyet	Evet		Toplam
	Hayır	Aşırı hız	
Erkek	54	25	79
Kadın	20	8	28
Toplam	74	33	107



Şekil 72. Trafik kazası deneyimlerine ilişkin yanıtların cinsiyete göre dağılımı

Trafik kazası yapma durumları Şekil 72’de gösterilmiştir. Erkeklerin aşırı hız nedeniyle kaza yaptığını belirtme oranı kadınlara göre daha yüksektir.

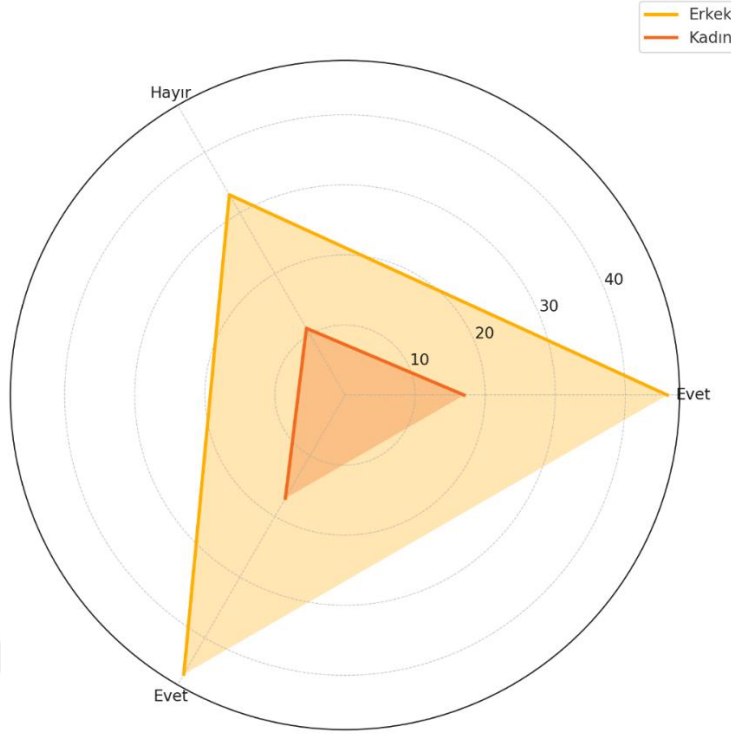
Tablo 37’de erkek katılımcıların %68.4’ü aşırı hız yapmadığını, %31.6’sı ise aşırı hız yaptığını belirtmiştir. Bu oran, erkekler arasında yaklaşık her üç kişiden birinin hız sınırlarını zaman zaman aştığını göstermektedir. Kadın katılımcıların %71.4’ü aşırı hız yapmadığını, %28.6’sı ise aşırı hız yaptığını ifade etmiştir. Kadın katılımcılar arasında aşırı hız yapma eğilimi erkeklere kıyasla biraz daha düşük seviyededir.

Genel toplamda katılımcıların %69.2’si aşırı hız yapmadığını, %30.8’i ise yaptığını beyan etmiştir. Bu bulgular, örneklemin yaklaşık üçte birinin hız ihlali gerçekleştirdiğini ve her iki cinsiyette de hız sınırı aşımının dikkate alınması gereken bir yaygınlığa sahip olduğunu göstermektedir.

Katılımcılara yöneltilen “Sürücülerin karayolunda olması gerekenden daha hızlı gittiğini düşünüyor musunuz?” sorusuna verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 38’de sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların bu konudaki görüşlerinin cinsiyete göre dağılımı Şekil 73’te radar grafikte sunulmuştur.

Tablo 38. Katılımcıların cinsiyete göre sürücülerin karayolunda hızlı seyrettiğine yönelik görüşleri

Cinsiyet	Evat	Hayır	Toplam
Erkek	46	33	79
Kadın	17	11	28
Toplam	63	44	107



Şekil 73. Sürücülerin karayolunda hızlı seyretme durumuna ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı

Katılımcıların sürücülerin karayolunda olması gerekenden daha hızlı gittiğine yönelik görüşleri Şekil 73'te sunulmuştur. Her iki cinsiyet grubunda da bu görüşe katılım yüksektir; ancak erkeklerde biraz daha belirgin bir yoğunluk gözlemlenmektedir.

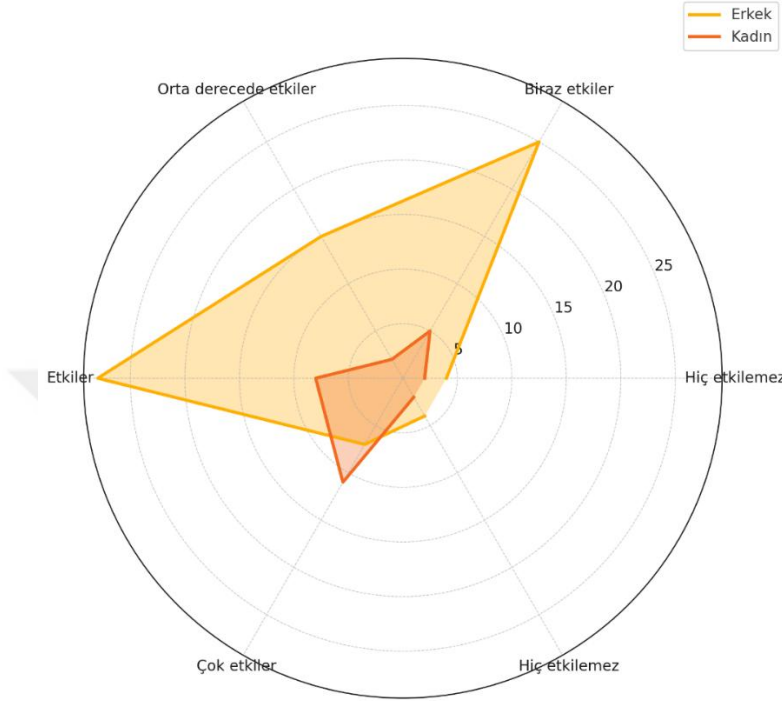
Tablo 38'de erkek katılımcıların %58.2'si sürücülerin hızının yüksek olduğunu belirtirken, %41.8'i bu görüşe katılmamıştır. Erkekler arasında da hız eğilimlerinin yüksek olduğu yönünde belirgin bir algı bulunmaktadır. Kadın katılımcıların %60.7'si sürücülerin olması gerekenden hızlı gittiğini ifade etmiş, %39.3'ü ise katılmadığını belirtmiştir. Kadın katılımcılar hız eğilimlerini erkeklere göre daha eleştirel değerlendirmiştir.

Genel toplamda katılımcıların %58.9'u karayollarında sürücülerin hızının fazla olduğunu düşünürken, %41.1'i bu görüşe katılmamıştır. Bulgular, katılımcıların önemli bir bölümünün trafik ortamında hız ihlallerini sık gözlemlediğini ve hız probleminin trafik güvenliği açısından yaygın bir sorun olarak algılandığını göstermektedir.

Katılımcılara yöneltilen "Karayolundaki ağır araç yoğunluğu araç kullanım hızınızı etkiler mi?" sorusuna verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 39'da sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların ağır araç yoğunluğunun sürüş hızlarına etkisine ilişkin görüşlerinin cinsiyete göre dağılımı Şekil 74'te radar grafikte sunulmuştur.

Tablo 39. Katılımcıların cinsiyete göre ağır araç yoğunluğunun hız üzerindeki etkisine yönelik görüşleri

Cinsiyet	Hiç etkilemez	Biraz etkiler	Orta derecede etkiler	Etkiler	Çok etkiler	Toplam
Erkek	4	25	15	28	7	79
Kadın	2	5	2	8	11	28
Toplam	6	30	17	36	18	107



Şekil 74. Ağır araç yoğunluğunun hız üzerindeki etkisine ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı

Katılımcıların ağır araç yoğunluğunun sürüş hızlarını etkileme düzeyine ilişkin görüşleri Şekil 74’te sunulmuştur. Erkek katılımcıların “biraz” ve “etkiler” yanıtları öne çıkarken, kadın katılımcıların daha çok “çok etkiler” yanıtını verdiği görülmektedir.

Tablo 39’da erkek katılımcıların %35.4’ü ağır araç trafiğinin hızlarını “etkilediğini”, %31.6’sı “biraz etkilediğini”, %19’u “orta düzeyde etkilediğini” ve %8.9’u “çok etkilediğini” belirtmiştir. Sadece %5.1’i bu durumun hızlarını etkilemediğini ifade etmiştir. Erkekler genel olarak ağır araçların hız üzerinde kısıtlayıcı bir etki yarattığını düşünmektedir. Kadın katılımcıların %39.3’ü ağır araçların hızlarını “çok etkilediğini”, %28.6’sı “etkilediğini”, %17.9’u “biraz etkilediğini” ve %7.1’i “orta düzeyde etkilediğini” belirtmiştir. Yine yalnızca %7.1’i bu etkiden bağımsız olduğunu ifade etmiştir. Kadın sürücüler, erkeklere kıyasla ağır araçların hız üzerindeki sınırlayıcı etkisini daha yüksek düzeyde algılamaktadır.

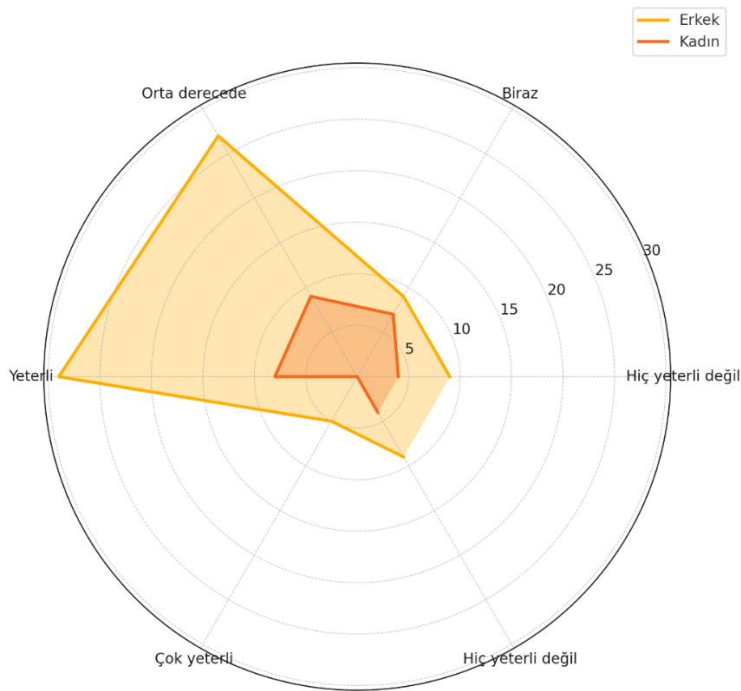
Genel örnekleme katılımcıların %33.6’sı “etkilediğini”, %28.0’i “biraz etkilediğini”, %16.8’i “çok etkilediğini”, %15.9’u “orta düzeyde etkilediğini” ve %5.6’sı “hiç etkilemediğini” belirtmiştir. Bulgular, ağır araç trafiğinin sürücülerin hız

kararlarını önemli ölçüde etkilediğini ve cinsiyet temelli algı farklılıklarının bu etkiyi değiştirdiğini ortaya koymaktadır. Bu farklılıklar, trafik güvenliği politikaları ve simülasyon çalışmaları için dikkate alınması gereken önemli bir faktör olarak öne çıkmaktadır.

Katılımcılara yöneltilen “Karayolunda/karayollarında bulunan yaya geçidi uyarı levhaları yeterli midir?” sorusuna verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 40’ta sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların yaya geçidi uyarı levhalarının yeterliliğine ilişkin değerlendirmelerinin cinsiyete göre dağılımı Şekil 75’te radar grafikte sunulmuştur.

Tablo 40. Katılımcıların cinsiyete göre yaya geçidi uyarı levhalarının yeterliliğine yönelik görüşleri

Cinsiyet	Hiç yeterli değil	Biraz	Orta derecede	Yeterli	Çok yeterli	Toplam
Erkek	9	9	27	29	5	79
Kadın	4	7	9	8	0	28
Toplam	13	16	36	37	5	107



Şekil 75. Yaya geçidi uyarı levhalarının yeterliliğine ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı

Katılımcıların yaya geçidi uyarı levhalarının yeterliliğine ilişkin görüşleri Şekil 75’te sunulmuştur. Erkek katılımcıların “yeterli” ve “orta derecede” yanıtlarında yoğunlaştığı, kadın katılımcıların ise genel olarak “biraz” ve “orta” düzeyde görüş bildirdiği gözlenmektedir.

Tablo 40’ta erkek katılımcıların %36.7’si levhaları “yeterli”, %34.2’si “orta derecede yeterli” bulmuş; %11.4’ü “biraz yeterli”, %11.4’ü “hiç yeterli değil” ve

%6.3'ü “çok yeterli” yanıtını vermiştir. Erkekler arasında çoğunluk, levhaları orta ya da yeterli seviyede etkili görmektedir; ancak tam anlamıyla etkili bir sistem olarak değerlendirme oranı düşüktür. Kadın katılımcıların %32.1'i “orta derecede yeterli”, %28.6'sı “yeterli”, %25'i “biraz yeterli” ve %14.3'ü “hiç yeterli değil” olarak değerlendirmiştir. Hiçbir kadın katılımcı “çok yeterli” yanıtını vermemiştir. Kadınların erkeklere kıyasla daha eleştirel bir tutum sergilediği görülmektedir.

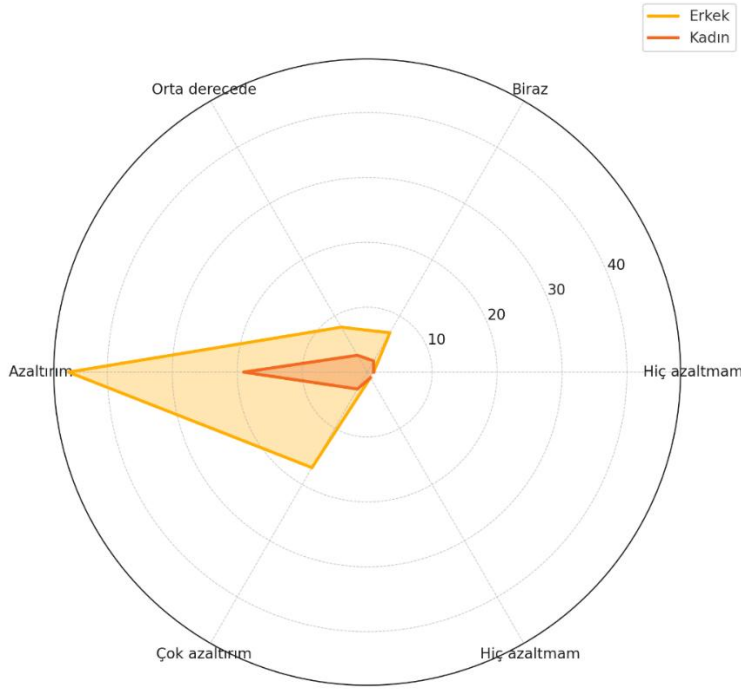
Genel örneklemede katılımcıların %34.6'sı levhaları “yeterli”, %33.6'sı “orta derecede yeterli”, %15.0'i “biraz yeterli”, %12.1'i “hiç yeterli değil” ve %4.7'si “çok yeterli” olarak değerlendirmiştir. Bulgular, katılımcıların çoğunluğunun yaya geçidi levhalarını kısmen yeterli bulduğunu, ancak sistemin genel etkinliği konusunda sınırlı bir memnuniyet düzeyi bulunduğunu göstermektedir.

Sonuçlar, yaya geçidi levhalarının trafik güvenliği açısından sınırlı bir algısal etkiye sahip olduğunu ve özellikle kadın sürücülerde memnuniyet oranının daha düşük olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, düzenlemelerde cinsiyet temelli algısal farklılıkların dikkate alınmasının önemini vurgulamaktadır.

Katılımcılara yöneltilen “Yaya geçidine yaklaştığınızda hızınızı azaltır mısınız?” sorusuna verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 41’de sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların yaya geçidine yaklaşırken hız azaltma davranışlarının cinsiyete göre dağılımı Şekil 76’da radar grafikte sunulmuştur.

Tablo 41. Katılımcıların cinsiyete göre yaya geçidinde hız azaltma davranışına yönelik görüşleri

Cinsiyet	Hiç azaltmam	Biraz	Orta derecede	Azaltırım	Çok azaltırım	Toplam
Erkek	1	7	8	46	17	79
Kadın	1	2	3	19	3	28
Toplam	2	9	11	65	20	107



Şekil 76. Yaya geçidinde hız azaltma davranışına ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı

Katılımcıların yaya geçidine yaklaşırken hız azaltma davranışlarına ilişkin görüşleri Şekil 76’da sunulmuştur. Her iki cinsiyet grubunda da hız azaltma davranışı baskındır; özellikle erkek katılımcıların “azaltırım” yanıtı ön plana çıkmaktadır.

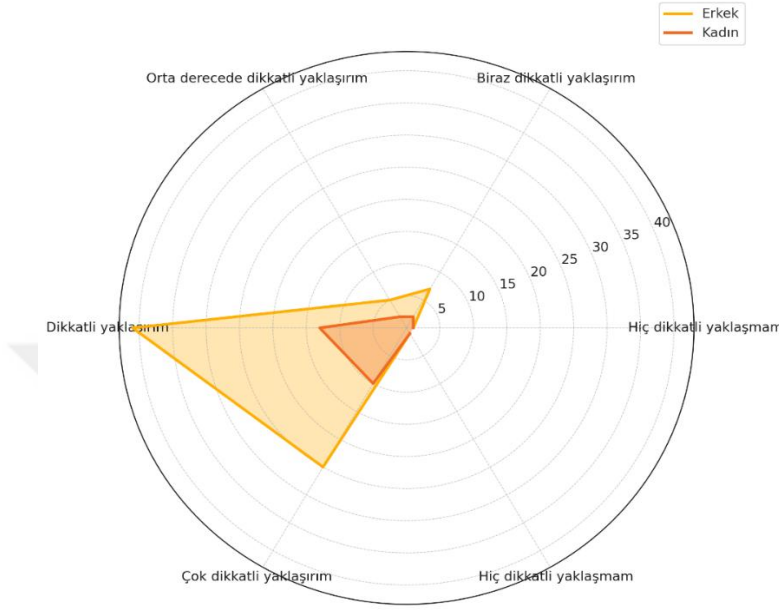
Tablo 41’de erkek katılımcıların %58.2’si hızını “azaltırım”, %21.5’i “çok azaltırım” şeklinde belirtmiştir. %10.1’i “orta derecede”, %8.9’u “biraz” ve %1.3’ü “hiç azaltmam” yanıtını vermiştir. Erkek sürücüler arasında hız azaltma davranışının yaygın şekilde benimsendiği görülmektedir. Kadın katılımcıların %67.9’u “azaltırım”, %10.7’si “çok azaltırım” demiştir. %10.7’si “orta derecede”, %7.1’i “biraz” ve %3.6’sı “hiç azaltmam” şeklinde yanıt vermiştir. Kadın katılımcılar da yüksek oranda hız azaltma davranışı sergilemekte; ancak “çok azaltırım” oranı erkeklere göre daha düşük kalmaktadır.

Genel toplamda katılımcıların %60.7’si “azaltırım”, %18.7’si “çok azaltırım”, %10.3’ü “orta derecede”, %8.4’ü “biraz” ve %1.9’u “hiç azaltmam” yanıtını vermiştir. Bulgular, katılımcıların büyük çoğunluğunun yaya geçitlerinde hız azaltma davranışını benimsediğini ve bu davranışın cinsiyetler arasında benzerlik gösterdiğini, ancak düzey farklılıkları bulunduğunu ortaya koymaktadır.

Katılımcılara yöneltilen “Yayaalara yol vermek için duran araçları gördüğünüzde yaya geçidine çok dikkatli yaklaşır mısınız?” sorusuna verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 42’de sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların bu duruma ilişkin dikkat düzeylerinin cinsiyete göre dağılımı Şekil 77’de radar grafikte sunulmuştur.

Tablo 42. Katılımcıların cinsiyete göre yayaya yol veren araçları görünce dikkatli yaklaşma davranışına yönelik görüşleri

Cinsiyet	Hiç dikkatli yaklaşmam	Biraz dikkatli yaklaşırım	Orta derecede dikkatli yaklaşırım	Dikkatli yaklaşırım	Çok dikkatli yaklaşırım	Toplam
Erkek	1	7	5	41	25	79
Kadın	1	2	2	13	10	28
Toplam	2	9	7	54	35	107



Şekil 77. Yayaya yol veren araçlara yaklaşırken dikkatli sürüş davranışına ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı

Katılımcıların yayalara yol vermek için duran araçları gördüklerinde yaya geçidine yaklaşırken gösterdikleri dikkat düzeyleri Şekil 77’de sunulmuştur. Erkek ve kadın katılımcıların çoğunluğu bu durumda yüksek dikkat düzeyi sergilemektedir; erkeklerde “dikkatli yaklaşırım”, kadınlarda ise “çok dikkatli yaklaşırım” seçeneği öne çıkmaktadır.

Tablo 42’de erkek katılımcıların %51.9’u “dikkatli”, %31.6’sı “çok dikkatli” yaklaşım sergilediğini belirtmiştir. %8.9’u “biraz dikkatli”, %6.3’ü “orta derecede dikkatli” ve %1.3’ü “hiç dikkatli yaklaşmam” yanıtını vermiştir. Erkek sürücüler, yaya geçitlerinde özellikle diğer araçların durduğu durumlarda dikkat düzeylerini yükseltmektedir.

Kadın katılımcıların %46.4’ü “dikkatli”, %35.7’si “çok dikkatli” olarak yanıtlamıştır. %7.1’i “biraz dikkatli”, %7.1’i “orta derecede dikkatli” ve %3.6’sı “hiç dikkatli” yanıtını vermiştir. Kadın sürücülerde de yüksek dikkat düzeyi benzer şekilde yaygındır.

Genel toplamda katılımcıların %50.5’i “dikkatli”, %32.7’si “çok dikkatli”, %8.4’ü “biraz dikkatli”, %6.5’i “orta derecede dikkatli” ve %1.9’u “hiç dikkatli yaklaşmam”

yanıtını vermiştir. Bulgular, katılımcıların büyük çoğunluğunun yaya geçitlerinde çevresel ipuçlarını dikkate alarak dikkat düzeyini artırdığını ve yaya güvenliği konusunda yüksek farkındalık sergilediklerini göstermektedir.

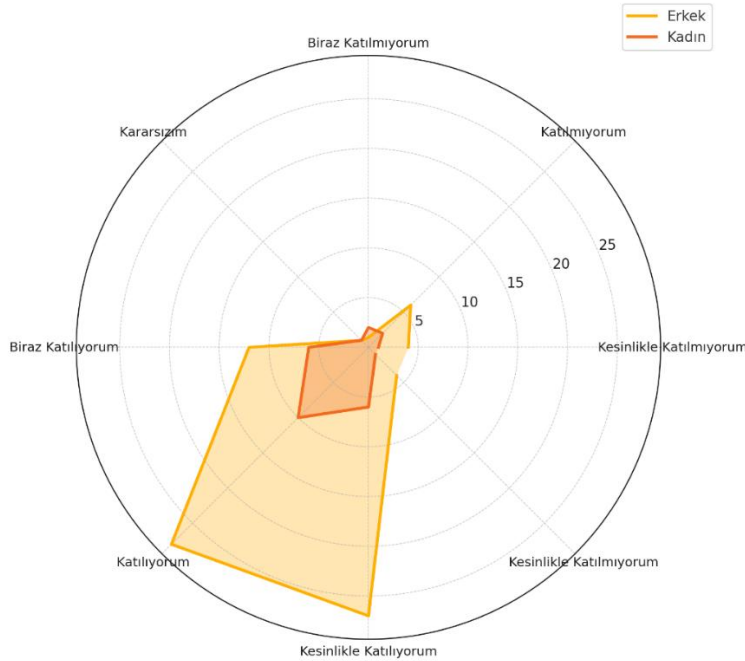
4.2.6. Sürüş Sonrası Anket Sonuçlarının Cinsiyete Göre İncelenmesi

Anket verileri hem nicel dağılımları hem de cinsiyet temelli karşılaştırmaları içerecek şekilde sistematik olarak analiz edilmiş; elde edilen bulgular katılımcıların simülasyon ortamındaki sürüş deneyimlerini nasıl değerlendirdiklerine dair önemli göstergeler sunmuştur. Yöneltilen sorulara verilen yanıtların frekans ve yüzde dağılımlarına dayalı olarak yapılan analiz sonuçlarına ayrıntılı şekilde yer verilmiştir.

Katılımcılara yöneltilen “Aracı kullanırken herhangi bir sıkıntı yaşamadım” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 43’te sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların sürüş sırasında sorun yaşama durumlarına ilişkin değerlendirmelerinin cinsiyete göre dağılımı Şekil 78’de radar grafikte sunulmuştur.

Tablo 43. Katılımcıların cinsiyete göre sürüş testini sorunsuz tamamlama durumuna yönelik görüşleri

Cinsiyet	Kesinlikle Katılmıyorum	Biraz Katılmıyorum	Kararsızım	Biraz Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum	Toplam
Erkek	4	6	1	12	28	79
Kadın	1	2	1	6	10	28
Toplam	5	8	2	18	38	107



Şekil 78. Sürüş testini sorunsuz tamamlama durumuna ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı

Katılımcıların sürüş testini sorunsuz tamamlama durumlarına ilişkin görüşleri Şekil 78’de sunulmuştur. Erkek katılımcıların çoğunluğu “katılıyorum” ve “kesinlikle katılıyorum” seçeneklerinde yoğunlaşırken, kadın katılımcılarda bu eğilim daha düşük düzeydedir.

Tablo 43’te erkek katılımcıların %34.2’si “kesinlikle katılıyorum”, %35.4’ü “katılıyorum” ve %15.2’si “biraz katılıyorum” yanıtlarını vermiştir. Toplam %84.8’i sürüş testini başarıyla tamamladığını düşünmektedir. Olumsuz ve kararsız yanıt oranı %15.2’dir. Kadın katılımcılarda %21.4’ü “kesinlikle katılıyorum”, %35.7’si “katılıyorum” ve %21.4’ü “biraz katılıyorum” demiştir. Toplam %78.5 oranında olumlu değerlendirme yapılmıştır. Olumsuz ve kararsız yanıt oranı %21.5’tir.

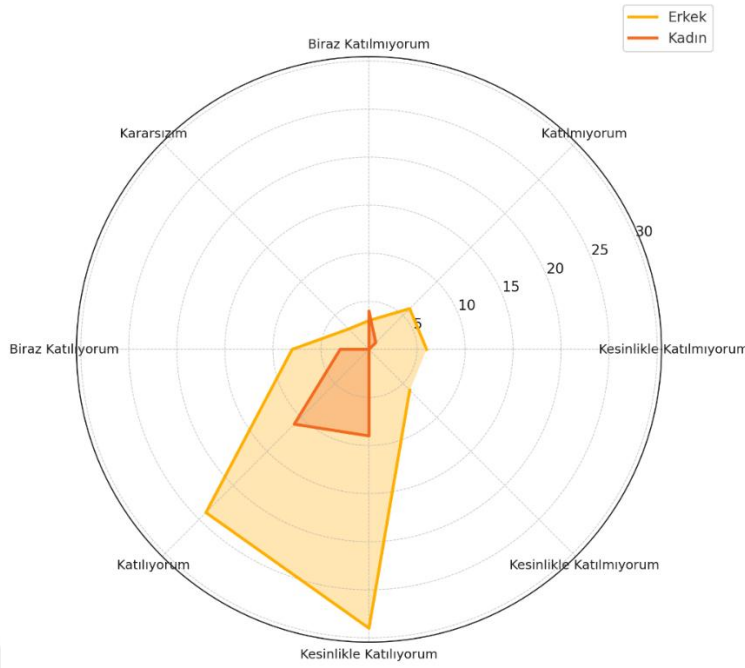
Genel toplamda 107 katılımcının %30.8’i “kesinlikle katılıyorum”, %35.5’i “katılıyorum” ve %16.8’i “biraz katılıyorum” yanıtını vermiştir. Böylece katılımcıların %83.2’si sürüş testini sorunsuz tamamladığını ifade etmiştir.

Bulgular, simülatör tabanlı sürüş testlerinin büyük oranda kullanıcı dostu ve başarılı bir deneyim sunduğunu; ancak bazı bireysel farklılıklara bağlı olarak adaptasyon ve performans farklılıklarının da bulunduğunu göstermektedir.

Katılımcılara yöneltilen “Sürüş öncesi ya da sonrasında herhangi bir fiziksel rahatsızlık hissetmedim” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 44’te sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların fiziksel rahatsızlık yaşama durumlarına ilişkin değerlendirmelerinin cinsiyete göre dağılımı Şekil 79’da radar grafikte sunulmuştur.

Tablo 44. Katılımcıların cinsiyete göre sürüş öncesi veya sonrası fiziksel rahatsızlık durumuna yönelik görüşleri

Cinsiyet	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz Katılmıyorum	Kararsızım	Biraz Katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum	Toplam
Erkek	6	6	3	3	8	24	29	79
Kadın	0	1	4	0	3	11	9	28
Toplam	6	7	7	3	11	35	38	107



Şekil 79. Sürüş öncesi ve sonrası fiziksel rahatsızlık durumuna ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılım

Katılımcıların sürüş öncesi veya sonrası fiziksel rahatsızlık yaşama durumlarına ilişkin değerlendirmeleri Şekil 79'da sunulmuştur. Erkek katılımcıların büyük çoğunluğu fiziksel rahatsızlık yaşamadığını belirtmişken, kadın katılımcılar arasında daha temkinli yanıtlar öne çıkmaktadır.

Tablo 44'te erkek katılımcıların %36.7'si "kesinlikle katılıyorum", %30.4'ü "katılıyorum" ve %10.1'i "biraz katılıyorum" demiştir. Toplam %77.2'si fiziksel rahatsızlık yaşadığını ifade etmiştir. Olumsuz ve kararsız yanıt oranı %22.8'dir. Kadın katılımcıların %32.1'i "kesinlikle katılıyorum", %39.3'ü "katılıyorum" ve %10.7'si "biraz katılıyorum" yanıtlarını vermiştir. Toplamda %82.1'i fiziksel rahatsızlık yaşamıştır. Olumsuz yanıt oranı %17.9'dur.

Genel toplamda 107 katılımcının %35.5'i "kesinlikle katılıyorum", %32.7'si "katılıyorum" ve %10.3'ü "biraz katılıyorum" yanıtını vermiştir. Böylece katılımcıların %78.5'i simülasyon sürecinde fiziksel rahatsızlık yaşadığını belirtmiştir.

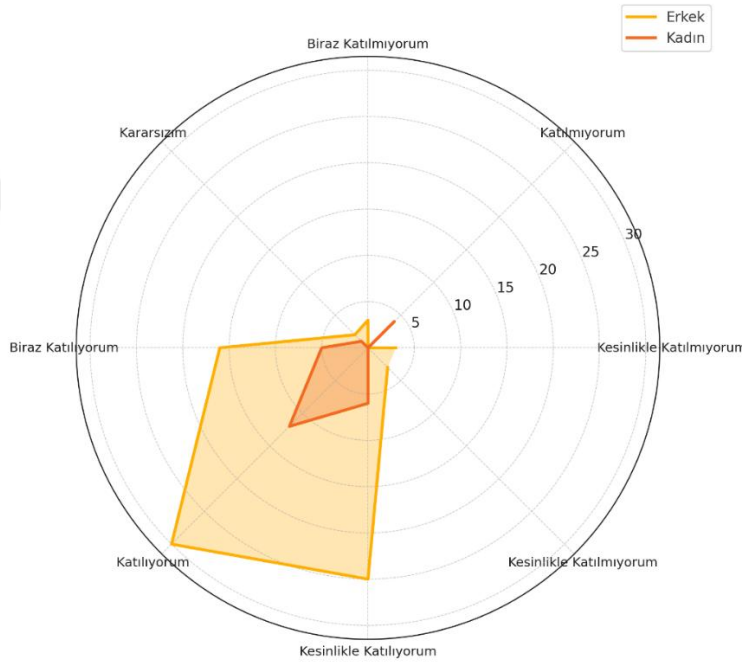
Bulgular, simülatör kaynaklı fiziksel rahatsızlıkların yaygın olduğunu ve bu durumun yalnızca bireysel farklılıklarla değil, aynı zamanda simülasyon sisteminin teknik özellikleri, senaryo yapısı ve duysal uyaranların uyumu ile ilişkili olduğunu göstermektedir.

Katılımcılara yöneltilen "Araç simülatöründe kendimi gerçek bir araç kullanıyormuş gibi hissettim" ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 45'te

sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların simülatör deneyimini gerçek sürüşle özdeşleştirme düzeylerinin cinsiyete göre dağılımı Şekil 80’de radar grafikle sunulmuştur.

Tablo 45. Katılımcıların cinsiyete göre simülatörü gerçek araç hissiyle deneyimleme düzeyine yönelik görüşleri

Cinsiyet	Kesinlikle Katılmıyorum	Biraz Katılmıyorum	Kararsızım	Biraz Katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum	Toplam
Erkek	3	0	3	2	16	30	79
Kadın	0	4	0	1	5	12	28
Toplam	3	4	3	3	21	42	107



Şekil 80. Simülatörü gerçek araç hissiyle deneyimleme düzeyine ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı

Katılımcıların araç simülatörünü gerçek bir sürüş deneyimi olarak değerlendirme düzeyleri Şekil 80’de sunulmuştur. Erkek katılımcılar ağırlıklı olarak “katılıyorum” ve “kesinlikle katılıyorum” seçeneklerini belirtirken, kadın katılımcıların değerlendirmeleri daha çok “kararsız” ve “biraz katılıyorum” düzeyinde yoğunlaşmıştır.

Tablo 45’te erkek katılımcıların %31.6’sı “kesinlikle katılıyorum”, %38.0’i “katılıyorum” ve %20.3’ü “biraz katılıyorum” yanıtını vermiştir. Olumsuz ve kararsız yanıt oranı toplamda %10.1’de kalmıştır. Erkek katılımcılar genel olarak simülasyon deneyimini yüksek oranda gerçek sürüşe benzetmiştir.

Kadın katılımcıların %21.4’ü “kesinlikle katılıyorum”, %42.9’u “katılıyorum” ve %17.9’u “biraz katılıyorum” yanıtını vermiştir. Kadın katılımcılar arasında olumsuz ve kararsız yanıt oranı %17.9 olmuştur. Bu grup, erkeklere kıyasla daha temkinli bir değerlendirme sergilemiş olsa da genel eğilim olumludur.

Genel toplamda katılımcıların %88'i simülatörü gerçek sürüş deneyimine benzetmiştir. Elde edilen bulgular, simülatör ortamının hem davranışsal hem bilişsel geçerliliğe sahip olduğunu ve gerçek sürüş koşullarına benzer sürücü tepkileri üretebildiğini göstermektedir. Cinsiyetler arasındaki kısmi farklılıklar ise bireysel deneyim ve algısal becerilerle ilişkilidir.

Katılımcılara yöneltilen “Test için hazırlanan 3D modellemeler oldukça gerçekçidir” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 46’da sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların 3D modellemelerin gerçekçiliğine ilişkin değerlendirmelerinin cinsiyete göre dağılımı Şekil 81’de radar grafikte sunulmuştur.

Tablo 46. Katılımcıların cinsiyete göre 3d modellemelerin gerçekçiliğine yönelik görüşleri

Cinsiyet	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz Katılmıyorum	Kararsızım	Biraz Katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum	Toplam
Erkek	1	2	3	12	31	30	79	1
Kadın	0	0	1	4	18	5	28	0
Toplam	1	2	4	16	49	35	107	1



Şekil 81. 3D gerçekçiliğine ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı

Katılımcıların testte kullanılan 3D modellemelerin gerçekçiliğine ilişkin değerlendirmeleri Şekil 81’de sunulmuştur. Erkek katılımcıların önemli bir kısmı “biraz katılıyorum”, “katılıyorum” ve “kesinlikle katılıyorum” seçeneklerinde yoğunlaşırken, kadın katılımcıların görüşleri daha çok “biraz” ve “katılıyorum” düzeyinde toplanmıştır.

Tablo 46’da erkek katılımcıların %38.0’ı “katılıyorum”, %39.2’si “biraz katılıyorum” ve %15.2’si “kararsızım” yanıtını vermiştir. Olumsuz yanıt oranı toplamda %7.6’da kalmıştır. Erkek katılımcıların büyük kısmı 3D modellemeleri kısmen gerçekçi bulmuş, ancak yüksek düzeyde gerçeklik algısı daha sınırlı kalmıştır. Kadın katılımcıların %64.3’ü “biraz katılıyorum”, %17.9’u “katılıyorum” ve %14.3’ü “kararsızım” yanıtını vermiştir. Olumsuz yanıt oranı yalnızca %3.6’dır. Kadın katılımcılar da benzer şekilde modellemeleri genel olarak olumlu değerlendirmiş; ancak yüksek gerçekçilik vurgusu erkeklere kıyasla daha düşük düzeyde ifade edilmiştir.

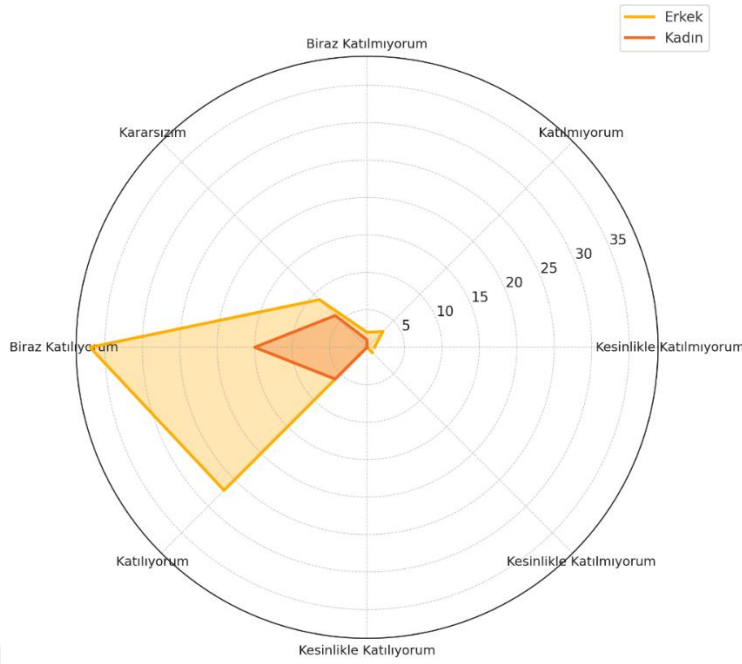
Genel toplamda katılımcıların %45.8’i “biraz katılıyorum”, %32.7’si “katılıyorum” ve %15.0’i “kararsızım” yanıtını vermiştir. Olumsuz yanıt oranı %6.5’te kalmıştır. Bu sonuçlar, simülatörde kullanılan 3D görselleştirmenin genel kabul gördüğünü, ancak tam anlamıyla yüksek gerçeklik algısının sınırlı olduğunu göstermektedir.

Elde edilen bulgular, 3D modellemelerin kullanıcıların simülatör deneyimini olumlu yönde desteklediğini; ancak görsel gerçeklik seviyesinin iyileştirilmesinin kullanıcı deneyimini daha da artırabileceğini ortaya koymaktadır.

Katılımcılara yöneltilen “Hazırlanan sürüş senaryoları ile kendimi senaryonun içerisinde hissettim ve gerçek bir sürüşteki gibi davranmaya çalıştım” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 47’de sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların senaryo içine girme ve gerçek sürüş davranışı sergileme düzeylerinin cinsiyete göre dağılımı Şekil 82’de radar grafikte sunulmuştur.

Tablo 47. Katılımcıların cinsiyete göre senaryoya odaklanma ve gerçek sürüş davranışı düzeyine yönelik görüşleri

Cinsiyet	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz Katılmıyorum	Kararsızım	Biraz Katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum	Toplam
Erkek	1	3	2	9	37	27	79	1
Kadın	0	0	1	6	15	6	28	0
Toplam	1	3	3	15	52	33	107	1



Şekil 82. Senaryoya odaklanma ve gerçek sürüş davranışı düzeyine ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı

Katılımcıların sürüş senaryolarına kendilerini kaptırma ve gerçek sürüş davranışı sergileme düzeylerine ilişkin değerlendirmeleri Şekil 82’de sunulmuştur. Erkek katılımcılar daha yüksek oranda “biraz katılıyorum” ve “katılıyorum” seçeneklerini işaretlemiş; kadın katılımcılar ise bu konuda daha temkinli ve kararsız bir dağılım göstermiştir.

Tablo 47’de erkek katılımcıların %46.8’i “biraz katılıyorum”, %34.2’si “katılıyorum” ve %11.4’ü “kararsızım” yanıtını vermiştir. Olumsuz yanıt oranları düşük seviyede kalmıştır. Bu dağılım, erkek katılımcıların büyük çoğunluğunun senaryoya uyum sağladığını ve simülatörde gerçek sürüş davranışlarını sergileyebildiklerini düşündüklerini göstermektedir. Kadın katılımcıların %53.6’sı “biraz katılıyorum”, %21.4’ü “katılıyorum” ve %21.4’ü “kararsızım” yanıtını vermiştir. Olumsuz yanıt oranı oldukça düşüktür. Kadın katılımcılar da senaryoya büyük oranda uyum göstermiş, ancak erkeklere kıyasla değerlendirmelerinde daha temkinli ve kararsız bir tutum sergilemişlerdir.

Genel toplamda, 107 katılımcının %48.6’sı “biraz katılıyorum”, %30.8’i “katılıyorum” ve %14.0’ı “kararsızım” yanıtını vermiştir. Olumsuz yanıt oranı %6.5 düzeyinde kalmıştır. Bu dağılım, katılımcıların büyük çoğunluğunun simülatör ortamını gerçek sürüş davranışlarını sergileyebilecekleri bir ortam olarak değerlendirdiğini göstermektedir.

Elde edilen bulgular, simülasyon ortamının dikkat, karar verme ve tepki süreçlerini etkin biçimde harekete geçirdiğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte,

kadın katılımcılar arasında gözlenen daha yüksek orandaki kararsızlık, senaryonun içselleştirilmesinde bireysel ve toplumsal farklılıkların etkili olabileceğini düşündürmektedir.

Katılımcılara yöneltilen “Senaryo içerisindeki trafik akımı oldukça gerçekçidir” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 48’de sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların trafik akımının gerçekçiliğine ilişkin değerlendirmelerinin cinsiyete göre dağılımı Şekil 83’te radar grafikte sunulmuştur.

Tablo 48. Katılımcıların cinsiyete göre senaryodaki trafik akımının gerçekçiliğine yönelik görüşleri

Cinsiyet	Kesinlikle Katılmıyorum	Biraz Katılmıyorum	Kararsızım	Biraz Katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum	Toplam
Erkek	2	1	2	12	40	21	79
Kadın	0	0	1	5	20	2	28
Toplam	2	1	3	17	60	23	107



Şekil 83. Trafik akımı gerçekliğine ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı

Katılımcıların senaryo içerisindeki trafik akımının gerçekçiliğine ilişkin değerlendirmeleri Şekil 83’te sunulmuştur. Erkek katılımcılar “katılıyorum” ve “kesinlikle katılıyorum” düzeylerinde yüksek yoğunluk göstermiş; kadın katılımcılar ise özellikle “katılıyorum” seçeneğinde yoğunlaşmıştır.

Tablo 48’te erkek katılımcıların %50,6’sı “katılıyorum”, %26,6’sı “kesinlikle katılıyorum” ve %15,2’si “biraz katılıyorum” yanıtlarını vermiştir. Olumsuz ve kararsız yanıt oranları oldukça düşük seviyelerde kalmıştır. Bu dağılım, erkek katılımcıların

büyük çoğunluğunun simüle edilen trafik akışını gerçek trafik düzenine benzer ve sürüş deneyimini destekleyici nitelikte bulduğunu göstermektedir. Kadın katılımcıların %71.4’ü “katılıyorum”, %17.9’u “biraz katılıyorum” ve %7.1’i “kesinlikle katılıyorum” yanıtını vermiştir. Olumsuz veya kararsız yanıt bildiren katılımcı bulunmamış; yalnızca %3.6’sı “biraz katılmıyorum” yanıtını vermiştir. Bu sonuç, kadın katılımcıların da trafik akışını genel olarak gerçekçi bulduklarını, ancak “yüksek düzeyde gerçekçilik” algısının erkeklere kıyasla biraz daha temkinli ifade edildiğini göstermektedir.

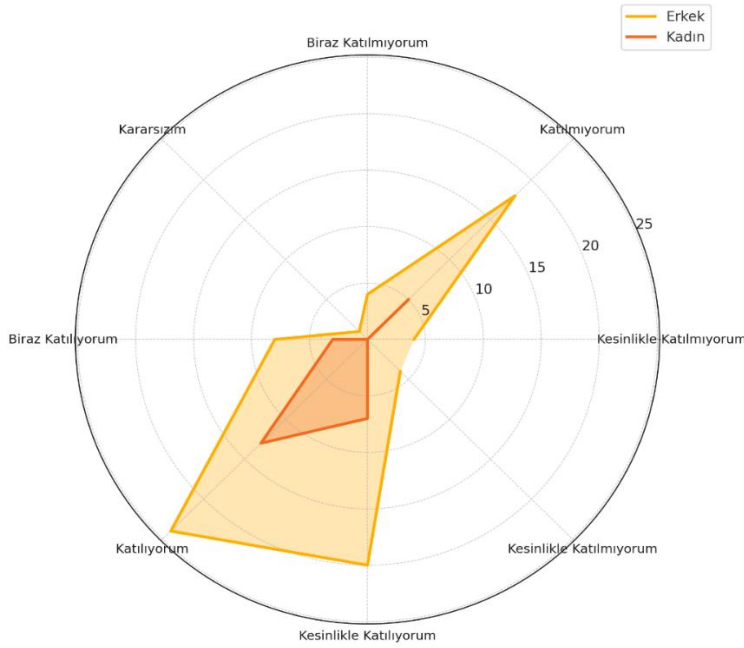
Genel toplamda, 107 katılımcının %56.1’i “katılıyorum”, %21.5’i “kesinlikle katılıyorum” ve %15.9’u “biraz katılıyorum” yanıtını vermiştir. Olumsuz ve kararsız yanıt oranı ise %6.5 düzeyinde kalmıştır. Böylece katılımcıların %93.5’i senaryodaki trafik akışını belirli ölçüde gerçekçi bulduğunu ifade etmiştir.

Bu bulgular, simülasyon ortamında kurgulanan trafik akışının yüksek algısal bütünlük sağladığını ve senaryonun deneysel geçerlilik açısından güvenilir bir zemin oluşturduğunu göstermektedir. Katılımcıların büyük çoğunluğunun senaryoyu gerçek sürüş koşullarıyla ilişkilendirebilmiş olması, simülatör ortamının sürücü davranışlarının analizine uygun bir bağlam sunduğunu ortaya koymaktadır.

Katılımcılara yöneltilen “Yayaalara yol vermek için duran araçlar yayaları görmemi engelledi” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 49’da sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların bu durumun görüş alanlarını etkileme düzeyine ilişkin değerlendirmelerinin cinsiyete göre dağılımı Şekil 84’te radar grafikte sunulmuştur.

Tablo 49. Katılımcıların cinsiyete göre yayalara yol veren araçların görüş açısını engelleme durumuna ilişkin görüşleri

Cinsiyet	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz Katılmıyorum	Kararsızım	Biraz Katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum	Toplam
Erkek	4	18	4	1	8	24	20	79
Kadın	0	5	0	0	3	13	7	28
Toplam	4	23	4	1	11	37	27	107



Şekil 84. Yaya yollarına yol veren araçların görüş engelleme durumuna ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı

Katılımcıların yaya yollarına yol veren araçların görüş alanlarını engelleyip engellemediğine dair değerlendirmeleri Şekil 84'te sunulmuştur. Erkek katılımcılar “katılıyorum” ve “kesinlikle katılıyorum” ifadelerinde daha yoğunlaşırken, kadın katılımcılar benzer şekilde bu iki ifadeye toplu yanıtlar vermiştir.

Tablo 49 'da erkek katılımcıların %25.3'ü “kesinlikle katılıyorum”, %30.4'ü “katılıyorum” ve %10.1'i “biraz katılıyorum” yanıtlarını vermiştir. Böylece erkek katılımcıların %65.8'i bu durumu görüş kısıtı yaratan bir unsur olarak değerlendirmiştir. Öte yandan %22.8'i “katılmıyorum”, %5.1'i “kesinlikle katılmıyorum”, %5.1'i “biraz katılmıyorum” ve %1.3'ü “kararsızım” yanıtlarını vermiştir. Bu dağılım, erkek katılımcılar arasında belirli bir görüş ayrılığı bulunsa da, genel eğilimin görüş açısı engellenmesi riskini fark etme yönünde olduğunu göstermektedir. Kadın katılımcıların %25'i “kesinlikle katılıyorum”, %46.4'ü “katılıyorum” ve %10.7'si “biraz katılıyorum” yanıtlarını vermiştir. Kadın katılımcılar arasında “katılmıyorum”, “kesinlikle katılmıyorum” ve “kararsızım” yanıtı veren bulunmamıştır. Bu durum, kadın katılımcıların büyük çoğunluğunun görüş engellenmesinin ciddi bir güvenlik riski oluşturduğuna güçlü biçimde inandıklarını göstermektedir.

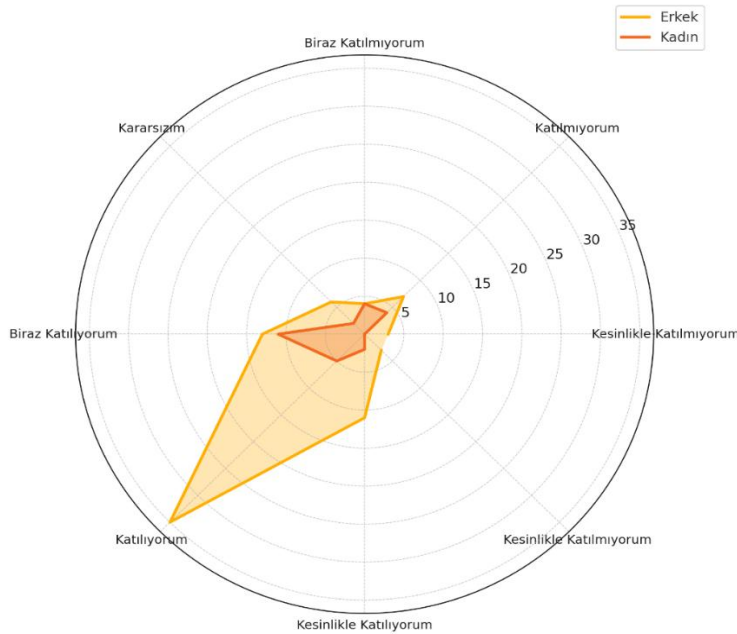
Genel değerlendirmede, 107 katılımcının %25.2'si “kesinlikle katılıyorum”, %34.6'sı “katılıyorum” ve %10.3'ü “biraz katılıyorum” yanıtını vermiştir. Olumsuz veya kararsız görüş bildirenlerin toplam oranı ise %29.9'da kalmıştır. Toplamda katılımcıların yaklaşık %70.1'i, yaya geçitlerinde duran araçların görüş kısıtına neden olduğunu ifade etmiştir.

Bu bulgular, özellikle büyük hacimli araçların (örneğin otobüs, kamyonet) yaya geçitleri yakınında durmasının sürücülerin görüş alanını önemli ölçüde kısıtladığını ve bu durumun trafik güvenliği açısından kritik bir risk faktörü olarak algılandığını ortaya koymaktadır. Görsel bariyerlerin yalnızca algısal değil, aynı zamanda karar verme süreçlerinde davranışsal gecikmelere yol açabileceği anlaşılmaktadır. Katılımcılar, bu tür senaryolarda yaya güvenliğinin doğrudan tehdit altına girdiğini ve sürücü tepkilerinde kritik zaman kayıplarının meydana gelebileceğini ifade etmişlerdir. Bu sonuçlar, simülasyon ortamında kurgulanan senaryonun, çevresel etkenlerin sürüş güvenliği üzerindeki etkilerini anlamada işlevsel bir değerlendirme zemini sunduğunu göstermektedir.

Katılımcılara yöneltilen “Yaya geçidi tabelalarını fark edebildim” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 50’de sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların yaya geçidi tabelalarını fark etme düzeylerine ilişkin değerlendirmelerinin cinsiyete göre dağılımı Şekil 85’te radar grafikte sunulmuştur.

Tablo 50. Katılımcıların cinsiyete göre yaya geçidi tabelalarını fark etme düzeylerine ilişkin görüşleri

Cinsiyet	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz Katılmıyorum	Kararsızım	Biraz Katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum	Toplam
Erkek	3	7	4	6	13	35	11	79
Kadın	0	4	4	2	11	5	2	28
Toplam	3	11	8	8	24	40	13	107



Şekil 85. Yaya geçidi tabelalarını fark etme düzeyine ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı

Katılımcıların yaya geçidi tabelalarını fark etme düzeylerine ilişkin değerlendirmeleri Şekil 85’te sunulmuştur. Erkek katılımcılar “katılıyorum” seçeneğinde yoğunlaşırken, kadın katılımcılar daha çok “biraz katılıyorum” düzeyinde görüş bildirmiştir.

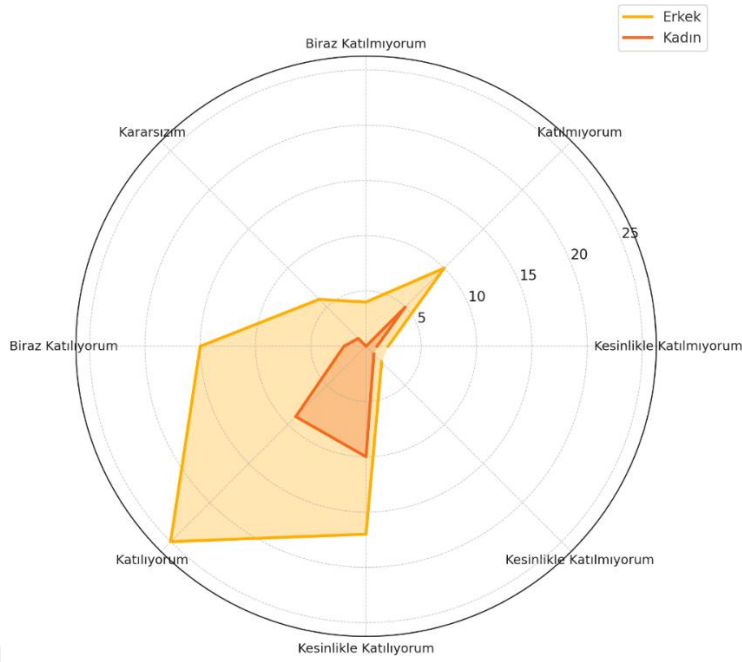
Tablo 50’de erkek katılımcıların %58.2’si tabelaları fark ettiğini (“kesinlikle katılıyorum” ve “katılıyorum”) belirtirken, %16.5’i “biraz katılıyorum” demiştir. Olumsuz yanıt oranı ise %17.8 seviyesindedir. Kadın katılımcılarda ise fark etme oranı %25 (%7.1 “kesinlikle katılıyorum” ve %17.9 “katılıyorum”) olup, %39.3’lük oranla çoğunluk “biraz katılıyorum” yanıtını vermiştir; olumsuz ve kararsız yanıtlar ise toplamda %35.7 oranındadır. Genel değerlendirmede, katılımcıların %72’si tabelaları belirli düzeyde fark ettiğini ifade etmiştir. Ancak “biraz” ve “kararsızım” yanıtlarının yüksekliği, farkındalığın güçlü ve yaygın olmadığını göstermektedir.

Bu sonuçlar, simülasyon ortamındaki trafik işaretlerinin genel olarak algılandığını; fakat görsel dikkat çekiciliğinin bazı katılımcılar için yetersiz kaldığını ortaya koymaktadır. Özellikle kadın katılımcıların erkeklere kıyasla daha düşük farkındalık bildirmesi, trafik levhalarının algısal performansının farklı kullanıcı gruplarında farklı etkiler yaratabileceğini düşündürmektedir. Dolayısıyla, trafik işaretlerinin tasarım ve konumlandırılmasında evrensel erişilebilirliği artıracak düzenlemelere ihtiyaç duyulmaktadır.

Katılımcılara yöneltilen “Sol şeritteki araçların yayalara yol vermesi tehlikeli bir durumdur” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 51’de sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların bu durumu tehlikeli bulma düzeylerine ilişkin değerlendirmelerinin cinsiyete göre dağılımı Şekil 86’da radar grafikte sunulmuştur.

Tablo 51. Katılımcıların cinsiyete göre sol şeritteki araçların yayalara yol vermesinin tehlike oluşturup oluşturmadığına ilişkin görüşleri

Cinsiyet	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz Katılmıyorum	Kararsızım	Biraz Katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum	Toplam
Erkek	2	10	4	6	15	25	17	79
Kadın	1	5	0	1	2	9	10	28
Toplam	3	15	4	7	17	34	27	107



Şekil 86. Sol şeritte yayaya yol verme davranışının tehlike oluşturma durumuna ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı

Katılımcıların sol şeritteki araçların yayalara yol vermesinin tehlikeli olup olmadığına dair değerlendirmeleri Şekil 86’da sunulmuştur. Erkek katılımcılar “katılıyorum” ve “kesinlikle katılıyorum” yanıtlarında yoğunluk gösterirken, kadın katılımcıların da bu değerlendirmeye benzer şekilde yüksek oranda katıldığı görülmektedir.

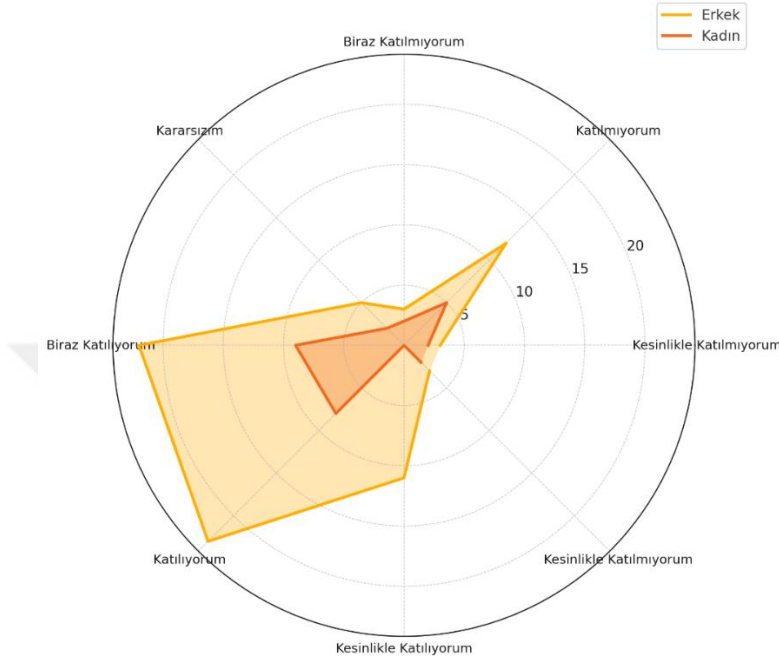
Tablo 51’de erkek katılımcıların %72.2’si, kadın katılımcıların ise %75’i bu davranış tehlikeli bulmuştur. Kadınlar arasında “kesinlikle katılıyorum” oranı (%35.7), erkeklere (%21.5) göre daha yüksek çıkmıştır. Olumsuz görüşler erkeklerde %20.3, kadınlarda ise %25.1 seviyesindedir. Genel toplamda, katılımcıların %72.9’u bu davranışın ciddi bir risk oluşturduğunu ifade etmiştir.

Bu sonuçlar, sol şeritte yayaya yol verme davranışının sürücüler tarafından yaygın biçimde tehlikeli kabul edildiğini göstermektedir. Özellikle görüş engeli ve ani fren ihtimali nedeniyle arkadan gelen araçlar açısından yüksek kaza riski taşıdığı vurgulanmaktadır.

Katılımcılara yöneltilen “Yeşil dalga sistemi sürüş hızımı azalttı” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 52’de sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların yeşil dalga sisteminin hızlarına etkisine ilişkin değerlendirmelerinin cinsiyete göre dağılımı Şekil 87’de radar grafikte sunulmuştur.

Tablo 52. Katılımcıların cinsiyete göre yeşil dalga sisteminin sürüş hızlarına etkisine ilişkin görüşleri

Cinsiyet	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz Katılmıyorum	Kararsızım	Biraz Katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum	Toplam
Erkek	3	12	3	5	22	23	11	79
Kadın	2	5	2	2	9	8	0	28
Toplam	5	17	5	7	31	31	11	107



Şekil 87. Yeşil dalga sisteminin hız üzerindeki etkisine ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı

Katılımcıların yeşil dalga sisteminin sürüş hızlarını etkileme düzeyine ilişkin değerlendirmeleri Şekil 87’de sunulmuştur. Erkek katılımcıların büyük çoğunluğu bu sistemin hızlarını azalttığını ifade ederken, kadın katılımcıların “biraz katılıyorum” ve “katılıyorum” düzeylerinde yoğunlaştığı görülmektedir.

Tablo 52’de erkek katılımcıların %70.8’i, kadın katılımcıların ise %60.7’si sistemin hızlarına belirli ölçüde etki ettiğini ifade etmiştir. Erkeklerde “kesinlikle katılıyorum” oranı (%13.9) kadınlara göre (0%) daha yüksektir. Olumsuz değerlendirme oranları erkeklerde %26.6, kadınlarda ise %39.2 düzeyindedir.

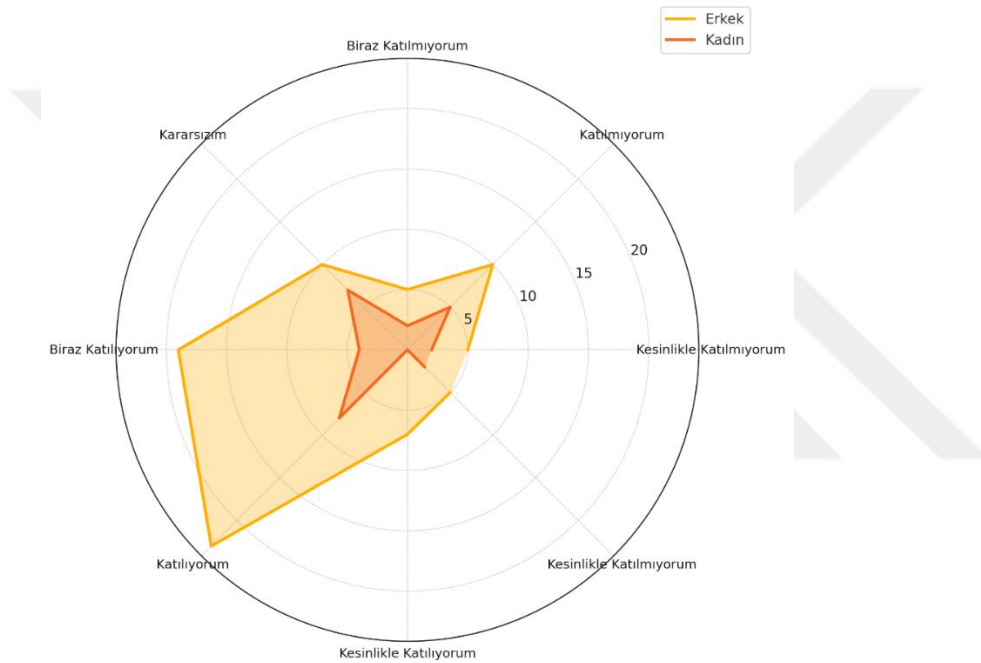
Genel toplamda, katılımcıların %68.1’i yeşil dalga sisteminin hız kontrolünde etkili olduğunu kabul etmektedir. Buna karşın %29.5’i olumsuz veya kararsız yanıt vermiştir.

Bu sonuçlar, yeşil dalga sisteminin sürüş hızları üzerinde doğrudan yönlendirici bir etkiye sahip olduğunu; ancak sistemin etkililiği ve sürücü adaptasyonu açısından cinsiyete bağlı algı farklılıkları bulunduğunu göstermektedir. Trafik yönetiminde yeşil dalga sistemlerinin hız regülasyonu üzerindeki bu işlevi dikkate alınmalıdır.

Katılımcılara yöneltilen “Yeşil dalga sisteminde kırmızı ışıktaki beklemem için hızımı artırdım” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 53’te sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların bu sistem karşısında hız artırma eğilimlerine ilişkin değerlendirmelerinin cinsiyete göre dağılımı Şekil 88’de radar grafikte sunulmuştur.

Tablo 53. Katılımcıların cinsiyete göre yeşil dalga sisteminde kırmızı ışıktaki beklemem için hız artırma davranışına ilişkin görüşleri

Cinsiyet	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz Katılmıyorum	Kararsızım	Biraz Katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum	Toplam
Erkek	5	10	5	10	19	23	7	79
Kadın	2	5	2	7	4	8	0	28
Toplam	7	15	7	17	23	31	7	107



Şekil 88. Kırmızı ışıktaki beklemem için hız artırma davranışına ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı

Katılımcıların yeşil dalga sisteminde kırmızı ışıktaki beklemem amacıyla hız artırma davranışına yönelik değerlendirmeleri Şekil 88’de sunulmuştur. Erkek katılımcılar arasında “katılıyorum” ve “biraz katılıyorum” yanıtları yaygınken, kadın katılımcıların “kararsızım” ve “katılmıyorum” düzeylerinde daha fazla yoğunlaştığı gözlenmiştir.

Tablo 53’te erkek katılımcıların %62.1’i hız artırma davranışını kabul ederken, %25.3’ü bu davranışı reddetmiş, %12.7’si kararsız kalmıştır. Kadın katılımcılar ise daha temkinli bir yaklaşım sergilemiştir; yalnızca %42.9’u hız artırma eğilimini kabul ederken, %32.1’i karşı çıkmış ve %25’i kararsız kalmıştır.

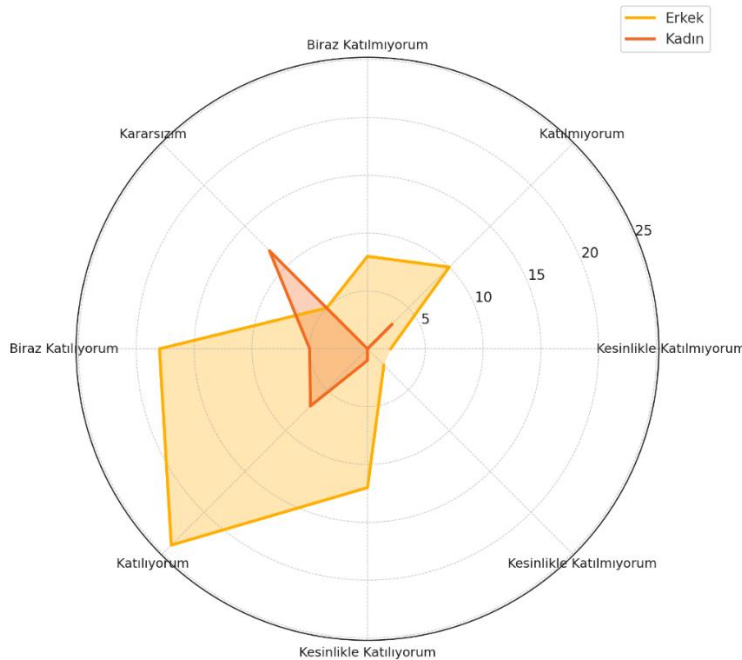
Genel değerlendirmede, katılımcıların %56.9'u yeşil dalga sistemi altında hız artırma davranışı sergilediğini ifade etmiştir. Olumsuz ve kararsız yanıtlar ise toplamda %43.1 oranında gerçekleşmiştir.

Bu bulgular, yeşil dalga sistemlerinin bazı sürücülerde planlanan senkronizasyonun aksine riskli hız artışlarını teşvik edebildiğini göstermektedir. Sinyal sisteminin amacı olan düzenli ve güvenli trafik akışının zaman zaman sürücülerin hız stratejileriyle çeliştiği ve özellikle cinsiyet temelli farklı risk algılarının bu kararları şekillendirdiği anlaşılmaktadır.

Katılımcılara yöneltilen “Yeşil dalganın doğru çalıştığını düşünerek hızımı ayarlamaya çalıştım” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 54’te sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların yeşil dalga sistemine güvenerek hız ayarlama davranışlarına ilişkin değerlendirmelerinin cinsiyete göre dağılımı Şekil 89’da radar grafikte sunulmuştur.

Tablo 54. Katılımcıların cinsiyete göre yeşil dalga sistemine güvenerek hız ayarlama davranışına ilişkin görüşleri

Cinsiyet	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz Katılmıyorum	Kararsızım	Biraz Katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum	Toplam
Erkek	2	10	8	5	18	24	12	79
Kadın	0	3	0	12	5	7	1	28
Toplam	2	13	8	17	23	31	13	107



Şekil 89. Yeşil dalga sistemine güvenerek hız ayarlama davranışına ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı

Katılımcıların yeşil dalga sistemine güvenerek hızlarını ayarlama davranışına yönelik değerlendirmeleri Şekil 89’da sunulmuştur. Erkek katılımcılar ağırlıklı olarak

“katılıyorum” ve “kesinlikle katılıyorum” düzeylerinde görüş belirtirken, kadın katılımcılar “kararsızım” yanıtında daha fazla yoğunlaşmıştır.

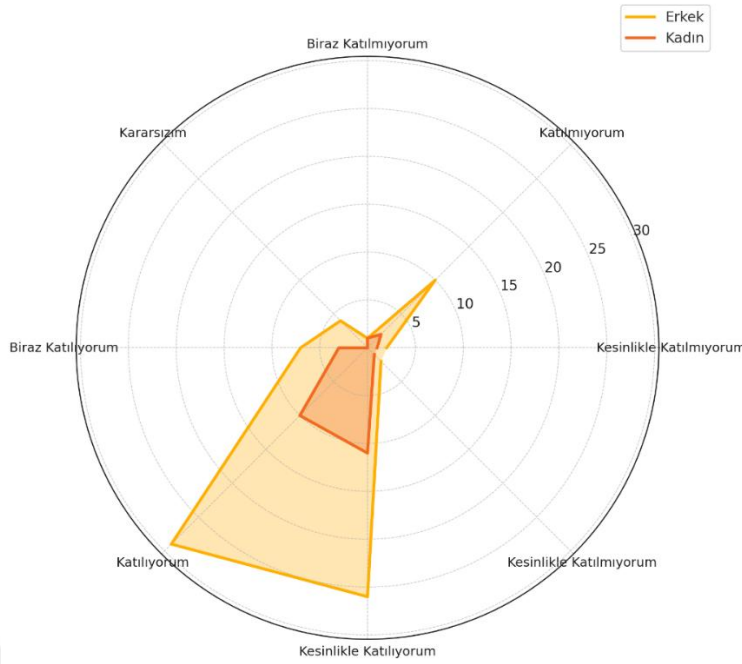
Tablo 54’te erkek katılımcıların %68.4’ü yeşil dalga sistemine güvenerek hız ayarladığını ifade ederken, %25.3’ü olumsuz görüş bildirmiş, %6.3’ü ise kararsız kalmıştır. Kadın katılımcılar arasında ise olumlu değerlendirme oranı %46.5’te kalırken, dikkat çeken şekilde %42.9’u kararsız olduğunu belirtmiştir. Olumsuz yanıt oranı %10.7’de kalmıştır. Genel sonuçta, tüm katılımcıların %62.5’i sistemin hız ayarlama üzerinde etkili olduğunu kabul ederken, kararsızların oranı %15.9, olumsuz yanıtların toplamı ise %21.5’tir.

Bu bulgular, yeşil dalga sisteminin sürücüler üzerinde kısmen güven oluşturan bir hız yönetim aracı olarak işlev gördüğünü göstermektedir. Ancak özellikle kadın katılımcılarda yüksek kararsızlık oranı, sistemin performansına ve tahmin edilebilirliğine ilişkin tereddütlerin varlığına işaret etmektedir. Sistem algısındaki bu farklılıklar, hem trafik mühendisliği uygulamalarında hem de sürücü bilgilendirme çalışmalarında dikkate alınması gereken önemli bir unsurdur.

Katılımcılara yöneltilen “Ortalama hız koridoru içerisinde bulunan radar aracı beklemediğim bir durumdu” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 55’te sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların radar aracını beklenmedik bir unsur olarak değerlendirme düzeylerinin cinsiyete göre dağılımı Şekil 90’da radar grafikte sunulmuştur.

Tablo 55. Katılımcıların cinsiyete göre ortalama hız koridorundaki radar aracına yönelik beklenmedik durum algılarına ilişkin görüşleri

Cinsiyet	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz Katılmıyorum	Kararsızım	Biraz Katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum	Toplam
Erkek	2	10	1	4	7	29	26	79
Kadın	1	2	1	0	3	10	11	28
Toplam	3	12	2	4	10	39	37	107



Şekil 90. Radar aracının beklenmedikliği algısına ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı

Katılımcıların ortalama hız koridorunda radar aracı ile karşılaşma durumunu beklenmedik bir unsur olarak değerlendirme düzeyleri Şekil 90’da sunulmuştur. Erkek katılımcıların büyük bir kısmı bu durumu “katılıyorum” ve “kesinlikle katılıyorum” ifadeleriyle değerlendirirken, kadın katılımcılar da benzer biçimde bu görüşlerde yoğunluk göstermiştir.

Tablo 55’te erkek katılımcıların %69.6’sı (toplam 55 kişi) radar aracını beklenmedik bir unsur olarak değerlendirmiştir. Benzer şekilde, kadın katılımcıların %85.7’si (21 kişi) bu durumu sürüş sırasında beklenmedik bir unsur olarak algılamıştır. Kadınlarda bu algının erkeklere kıyasla daha belirgin olduğu görülmektedir.

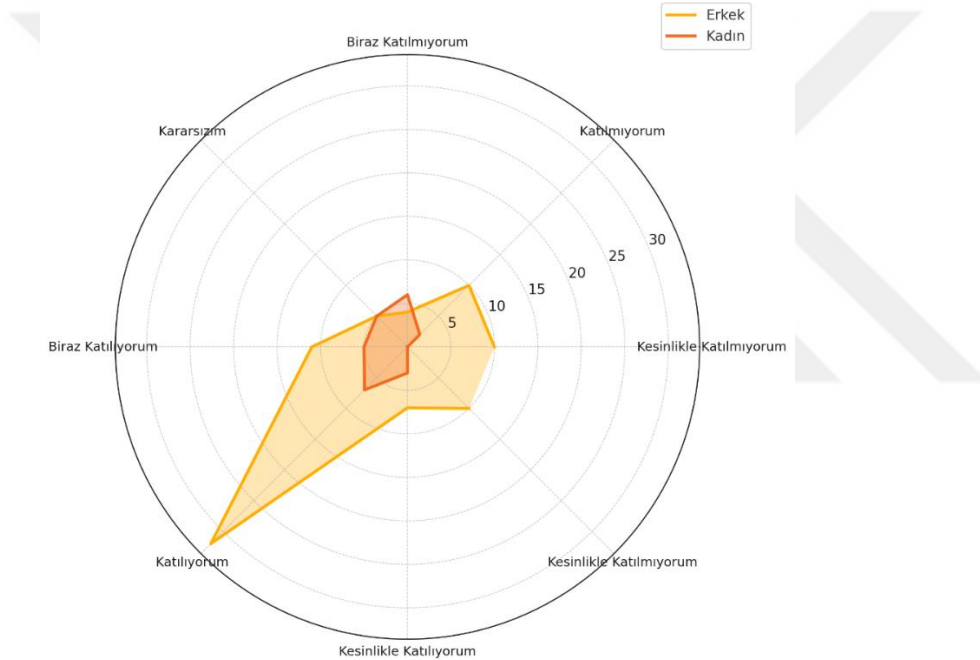
Genel örnekleimde ise katılımcıların %80.3’ü radar aracını beklenmedik bir unsur olarak değerlendirmiştir. Buna karşılık, %16.8 oranındaki katılımcı olumsuz veya kararsız yanıt vermiştir.

Bu sonuçlar, sürücülerin radar aracı gibi anlık ve sabit denetim sistemlerinin varlığına karşı hâlen yüksek oranda sürpriz ve dikkat kayması yaşadıklarını göstermektedir. Sürekli denetim sistemlerine alışkanlık gelişse de mobil veya görünür radar varlığı sürüş psikolojisi üzerinde anlık baskı yaratmaktadır. Bu durumun, sürüş güvenliğini etkileyebilecek ani hız değişimleri ve tepkisel manevralar üzerinde davranışsal sonuçlar doğurabileceği anlaşılmaktadır. Bulgular, trafik denetim araçlarının yerleşim stratejilerinin ve sürücü eğitimlerinin bu algısal etkiler dikkate alınarak düzenlenmesi gerektiğine işaret etmektedir.

Katılımcılara yöneltilen “Ortalama hız koridoru içerisinde anlık hız ölçen radar araçlarının olması doğru bir uygulamadır” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 56’da sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların bu uygulamayı doğru bulma düzeylerine ilişkin değerlendirmelerinin cinsiyete göre dağılımı Şekil 91’de radar grafikle sunulmuştur.

Tablo 56. Katılımcıların cinsiyete göre ortalama hız koridorunda anlık hız ölçen radar uygulamasının doğruluğuna ilişkin görüşleri

Cinsiyet	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz Katılmıyorum	Kararsızım	Biraz Katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum	Toplam
Erkek	10	10	4	5	11	32	7	79
Kadın	0	2	6	5	5	7	3	28
Toplam	10	12	10	10	16	39	10	107



Şekil 91. Anlık hız ölçen radar uygulamasının doğruluğuna ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı

Katılımcıların ortalama hız koridoru içerisinde yer alan anlık hız ölçen radar araçlarının doğru bir uygulama olup olmadığına dair değerlendirmeleri Şekil 91’de sunulmuştur. Erkek katılımcıların büyük çoğunluğu “katılıyorum” ifadesinde yoğunlaşırken, kadın katılımcıların görüşleri daha çok “kararsızım” ve “biraz katılıyorum” düzeylerinde toplanmıştır.

Tablo 56’da erkek katılımcıların %49.4’ü sistemin doğruluğuna olumlu yaklaşmış; %8.9’u (7 kişi) “kesinlikle katılıyorum”, %40.5’i (32 kişi) “katılıyorum” demiştir. %13.9’u (11 kişi) ise “biraz katılıyorum” diyerek daha temkinli bir güven ifade etmiştir. Öte yandan erkeklerde %41’e yakın bir kesim sistemin doğruluğu

konusunda ya kararsız kalmış ya da olumsuz yanıt vermiştir. Kadın katılımcılar arasında güven düzeyi erkeklere göre daha düşük ve dağınık bir seyir göstermiştir. %35.7'si (10 kişi) olumlu yanıt verirken, %17.9'u (5 kişi) “kararsızım” demiş ve %28.5'i (8 kişi) olumsuz görüş bildirmiştir.

Genel örneklemede, %60.7'lik bir kesim sistemin doğruluğunu kabul etmektedir. Katılımcıların %9.3'ü (10 kişi) “kesinlikle katılıyorum”, %36.4'ü (39 kişi) “katılıyorum”, %15.0'i (16 kişi) “biraz katılıyorum” yanıtlarını vermiştir. Buna karşılık %29.8 oranında (32 kişi) katılımcı sistemin doğruluğu konusunda olumsuz ya da kararsız kalmıştır.

Bu bulgular, anlık hız ölçümüne dayalı denetim sistemlerinin önemli bir kısmı tarafından güvenilir kabul edildiğini; ancak sistem doğruluğuna ilişkin belirli bir bilgi eksikliği, şüphe ve eleştirel bakışın sürdüğünü göstermektedir. Katılımcıların bir bölümü sistemlerin teknik doğruluğundan ziyade, şeffaflık, kalibrasyon güvenilirliği ve ölçüm koşullarına ilişkin yeterli bilgiye sahip olmadığını düşündürmektedir. Bu durum, radar sistemlerinin sürücüler nezdindeki kabul düzeyini artırmak için hem teknik hem de iletişim odaklı iyileştirmelere ihtiyaç olduğunu ortaya koymaktadır.

Katılımcılara yöneltilen “Ortalama hız koridoru içerisinde çeşitli kesimlerde hızımı artırıp azaltmaya çalıştım” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 57’de sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların ortalama hız koridoru boyunca hız değişikliği yapma eğilimlerine ilişkin değerlendirmelerinin cinsiyete göre dağılımı Şekil 92’de radar grafikte sunulmuştur.

Tablo 57. Katılımcıların cinsiyete göre ortalama hız koridorunda hızlarını değiştirerek dengeleme davranışına ilişkin görüşleri

Cinsiyet	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz Katılmıyorum	Kararsızım	Biraz Katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum	Toplam
Erkek	2	6	3	9	16	35	8	79
Kadın	0	1	0	0	10	14	3	28
Toplam	2	7	3	9	26	49	11	107



Şekil 92. Hız dengeleme davranışına ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı

Katılımcıların ortalama hız koridorunda hızlarını kesitler arasında artırıp azaltarak dengeleme davranışlarına ilişkin değerlendirmeleri Şekil 92’te sunulmuştur. Erkek katılımcıların büyük kısmı “katılıyorum” ve “biraz katılıyorum” seçeneklerinde yoğunlaşırken, kadın katılımcılar da benzer şekilde bu davranışa yüksek oranda katıldıklarını ifade etmiştir.

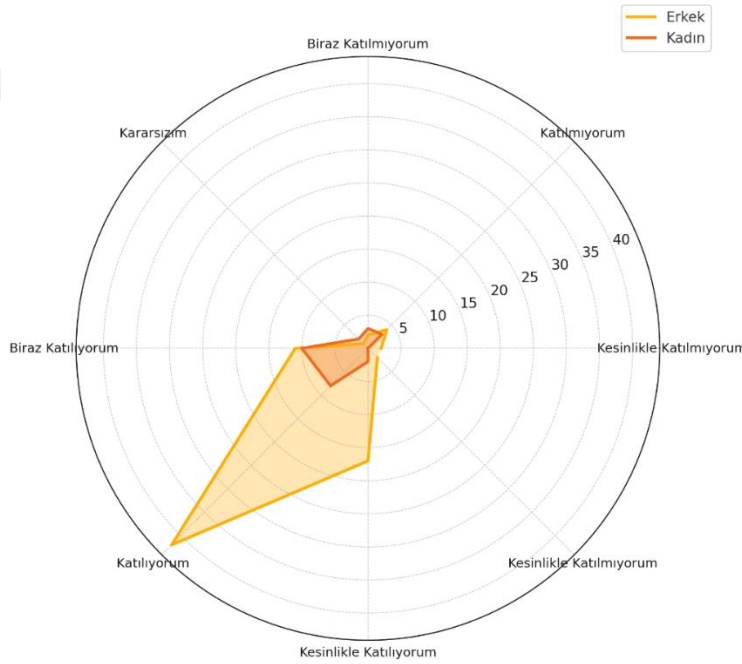
Tablo 57’de erkek katılımcıların %75.0’ı hız ayarlama davranışını çeşitli düzeylerde kabul etmiştir (%10.1 “kesinlikle katılıyorum”, %44.3 “katılıyorum”, %20.3 “biraz katılıyorum”). Buna karşın %25’e yakın bir kesim kararsız veya olumsuz görüş bildirmiştir. Kadın katılımcılar arasında bu davranış daha belirgin görülmektedir; %96.4’ü hızlarını denetim sistemine uyumlu şekilde düzenlediklerini ifade etmiştir. Sadece %3.6’lık küçük bir grup olumsuz yanıt vermiştir. Genel toplamda ise katılımcıların %80.4’ü (86 kişi) ortalama hız koridoru içinde hızlarını bilinçli şekilde ayarladığını belirtmiştir. %19.6’lık bir kesim ise kararsız ya da olumsuz yanıt vermiştir.

Bu bulgular, sürücülerin hız denetim sistemlerinin işleyişine karşı yüksek bir farkındalık geliştirdiğini ve hız yönetiminde stratejik ayarlamalar yapabildiklerini göstermektedir. Katılımcıların büyük bölümü, sistemin mantığını kavrayarak hem hız artışı hem yavaşlamayı kontrollü biçimde kullanmaktadır. Ancak bu stratejik davranışların kısa süreli hız dalgalanmalarına yol açması, trafik akışının sürekliliğini olumsuz etkileyebileceği ve ani hız değişimleri nedeniyle arkadan çarpma riskini artırabileceği için trafik güvenliği bakımından dikkatle izlenmesi gereken bir boyut oluşturmaktadır.

Katılımcılara yöneltilen “Karayollarında yapılan uygulamalardan dolayı ortalama hız koridoru hakkında yeterli bilgiye sahibim” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 58’de sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların ortalama hız koridoruna ilişkin bilgi düzeylerinin cinsiyete göre dağılımı Şekil 93’te radar grafikte sunulmuştur.

Tablo 58. Katılımcıların cinsiyete göre ortalama hız koridoru uygulamaları hakkındaki bilgi düzeylerine ilişkin görüşleri

Cinsiyet	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz Katılmıyorum	Kararsızım	Biraz Katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum	Toplam
Erkek	2	4	2	1	11	42	17	79
Kadın	0	3	3	2	10	8	2	28
Toplam	2	7	5	3	21	50	19	107



Şekil 93. Ortalama hız koridoru bilgisine ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı

Katılımcıların karayollarında uygulanan ortalama hız koridoru hakkında bilgi düzeylerine ilişkin değerlendirmeleri Şekil 93’te sunulmuştur. Erkek katılımcıların çoğunluğu “katılıyorum” ve “kesinlikle katılıyorum” yanıtlarında yoğunlaşırken, kadın katılımcılar ise daha çok “biraz katılıyorum” düzeyinde görüş bildirmiştir.

Tablo 58’de erkek katılımcıların %88.6’sı (%53.2 “katılıyorum”, %21.5 “kesinlikle katılıyorum”, %13.9 “biraz katılıyorum”) sistem hakkında bilgi sahibi olduğunu belirtmiştir. Olumsuz ve kararsız yanıt oranı toplamda yalnızca %11.4’tür. Bu durum, erkek sürücüler arasında ortalama hız koridoru sistemine dair yüksek düzeyde bilgi ve farkındalık geliştiğini göstermektedir. Kadın katılımcılar arasında ise bilgi düzeyi daha dağınık bir yapı sergilemiştir. %71.4’ü (%28.6 “katılıyorum”, %7.1

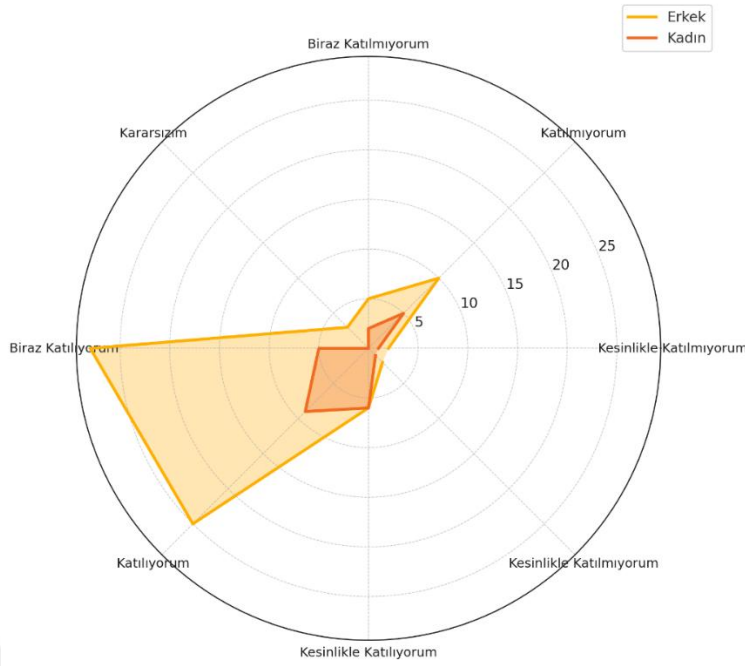
“kesinlikle katılıyorum”, %35.7 “biraz katılıyorum”) bilgi sahibi olduğunu belirtirken, %28.6’sı daha düşük bilgi düzeyinde (%10.7 “katılmıyorum”, %10.7 “biraz katılmıyorum”, %7.1 “kararsızım”) değerlendirmeler yapmıştır. Genel toplamda katılımcıların %84.1’i sistem hakkında bilgi sahibi olduğunu (%46.7 “katılıyorum”, %17.8 “kesinlikle katılıyorum”, %19.6 “biraz katılıyorum”) ifade etmiştir. %15.9’luk bir kesim ise bilgi eksikliği ya da belirsizlik bildirmiştir.

Bu bulgular, ortalama hız koridoru sisteminin genel olarak sürücüler arasında tanındığını; ancak bu farkındalığın cinsiyete bağlı olarak değişkenlik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Kadın sürücülerde bilgi seviyesinin erkeklere kıyasla daha düşük olması, trafik sistemlerinin teknik işleyişini kamuya aktarma sürecinde hedefe yönelik bilgilendirme ve eğitim çalışmalarının önemini vurgulamaktadır. Bu durum, denetim sistemlerinin etkinliği kadar, kullanıcıların bu sistemlere ilişkin bilgi ve güven düzeyinin geliştirilmesi gerekliliğini de açıkça göstermektedir.

Katılımcılara yöneltilen “Katılma şeridinden yaklaşan araçlar beni oldukça tedirgin etti” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 59’da sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların katılma şeridinden gelen araçlara bağlı tedirginlik düzeylerinin cinsiyete göre dağılımı Şekil 94’te radar grafikte sunulmuştur.

Tablo 59. Katılımcıların cinsiyete göre katılma şeridinden gelen araçların yarattığı tedirginliğe ilişkin görüşleri

Cinsiyet	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz Katılmıyorum	Kararsızım	Biraz Katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum	Toplam
Erkek	2	10	5	3	28	25	6	79
Kadın	1	5	2	0	5	9	6	28
Toplam	3	15	7	3	33	34	12	107



Şekil 94. Katılma şeridinden gelen araçların oluşturduğu tedirginliğe ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı

Katılımcıların katılma şeridinden gelen araçların sürüş sırasında yarattığı tedirginliğe ilişkin değerlendirmeleri Şekil 94'te sunulmuştur. Erkek katılımcıların yanıtları “biraz katılıyorum” ve “katılıyorum” düzeylerinde yoğunlaşırken, kadın katılımcıların ise daha eşit şekilde dağılım gösterdiği gözlenmiştir.

Tablo 59’da erkek katılımcıların %74.6’sı (%31.6 “katılıyorum”, %7.6 “kesinlikle katılıyorum”, %35.4 “biraz katılıyorum”) katılma şeritlerinden gelen araçların tedirginlik yarattığını belirtmiştir. %25.4’lük kesim ise düşük tedirginlik içeren değerlendirmelerde bulunmuştur. Bu oran, erkek sürücülerin büyük çoğunluğunun bu tür etkileşimleri sürüş güvenliği açısından dikkat gerektiren ve potansiyel risk barındıran durumlar olarak algıladığını göstermektedir.

Kadın katılımcıların %71.4’ü (%32.1 “katılıyorum”, %21.4 “kesinlikle katılıyorum”, %17.9 “biraz katılıyorum”) benzer şekilde tedirginlik hissettiğini ifade etmiştir. Kadın katılımcılar arasında olumsuz değerlendirme oranı erkeklerden biraz daha yüksek seyretmiştir; ancak “kararsızım” yanıtının hiç verilmemesi, kadınların daha net bir tutum sergilediklerini göstermektedir.

Genel örnekleme ise katılımcıların %73.8’i (%31.8 “katılıyorum”, %11.2 “kesinlikle katılıyorum”, %30.8 “biraz katılıyorum”) bu durumu tedirginlik yaratan bir unsur olarak değerlendirmiştir. %26.2’lik kesim ise düşük tedirginlik ya da belirsizlik bildirmiştir.

Bu bulgular, şerit birleşme noktalarının sürücüler üzerinde yüksek düzeyde dikkat ve stres oluşturduğunu ve ani karar alma süreçlerini zorlaştırdığını ortaya koymaktadır.

Katılma bölgelerinde yaşanan bu bilişsel ve davranışsal zorlanmalar hem şerit uyumu hem de öncelik algısının sürücüler arasında her zaman net bir şekilde oluşmadığını göstermektedir. Özellikle yetersiz bilgilendirme, belirsiz şerit işaretlemeleri ve yoğun trafik hacmi bu stres faktörünü artırmakta; ani hız değişimleri, dengesiz şerit geçişleri ve potansiyel çarpışma riskleri ile sonuçlanabilmektedir. Bulgular, bu tür birleşim noktalarının tasarımında hem fiziksel altyapı hem de sürücü psikolojisini hedef alan çok katmanlı güvenlik stratejilerinin geliştirilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

Katılımcılara yöneltilen “Katılma şeridi öncesindeki uyarı levhaları yeterliydi” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 60’ta sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların katılma şeridi öncesindeki uyarı levhalarının yeterliliğine ilişkin değerlendirmelerinin cinsiyete göre dağılımı Şekil 95’te radar grafikte sunulmuştur.

Tablo 60. Katılımcıların cinsiyete göre katılma şeridi öncesindeki uyarı levhalarının yeterliliğine ilişkin görüşleri

Cinsiyet	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz Katılmıyorum	Kararsızım	Biraz Katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum	Toplam
Erkek	2	8	10	4	19	32	4	79
Kadın	1	3	6	4	7	5	2	28
Toplam	3	11	16	8	26	37	6	107



Şekil 95. Katılma şeridi öncesi uyarı levhalarının yeterliliğine ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı

Katılımcıların katılma şeridi öncesinde bulunan uyarı levhalarının yeterliliğine ilişkin değerlendirmeleri Şekil 95’te sunulmuştur. Erkek katılımcılar en çok

“katılıyorum” düzeyinde görüş bildirirken, kadın katılımcıların yanıtları daha çok “biraz katılıyorum” ve “kararsızım” arasında dağılmıştır.

Tablo 60’ta erkek katılımcıların %69.7’si (%40.5 “katılıyorum”, %24.1 “biraz katılıyorum”, %5.1 “kesinlikle katılıyorum”) uyarı levhalarını yeterli bulmuştur. Buna karşın %30.3’lük kesim, (%2.5 “kesinlikle katılmıyorum”, %10.1 “katılmıyorum”, %12.7 “biraz katılmıyorum”, %5.1 “kararsızım”) levhaların yetersiz olduğu ya da kararsız olduklarını ifade etmiştir. Erkek sürücüler genel olarak uyarı levhalarını işlevsel görürken, yaklaşık üçte birlik bir kesimin daha eleştirel bir bakış sergilediği görülmektedir.

Kadın katılımcıların %50’si (%25.0 “biraz katılıyorum”, %17.9 “katılıyorum”, %7.1 “kesinlikle katılıyorum”) levhaları yeterli bulmuştur. Ancak %35.7’si (%21.4 “biraz katılmıyorum”, %10.7 “katılmıyorum”, %3.6 “kesinlikle katılmıyorum”) olumsuz yanıt verirken, %14.3’ü “kararsızım” demiştir. Kadın katılımcılar arasında hem olumlu görüş oranı erkeklere göre daha düşük, hem de kararsızlık oranı daha yüksektir.

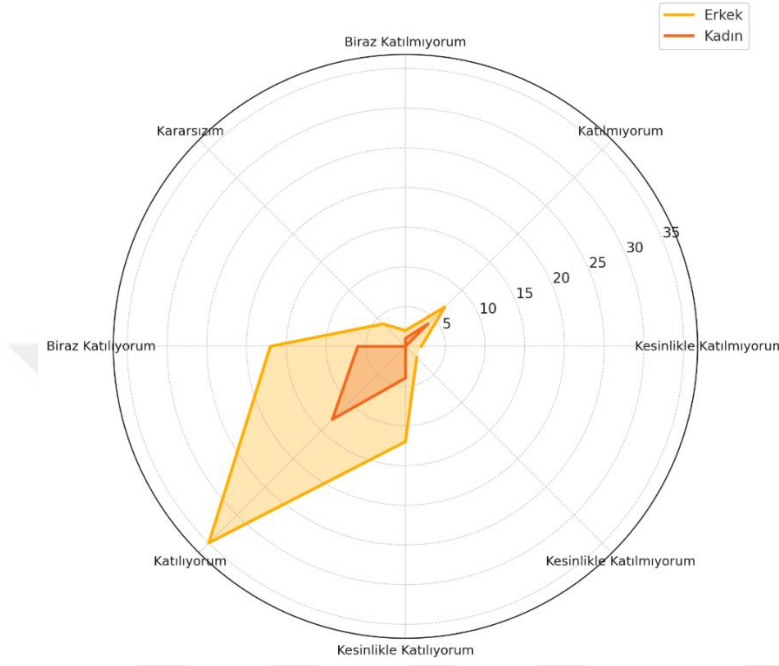
Genel dağılımda ise, katılımcıların %64.5’i (%34.6 “katılıyorum”, %24.3 “biraz katılıyorum”, %5.6 “kesinlikle katılıyorum”) levhaları yeterli görmektedir. Buna karşın %28.1’i (%10.3 “katılmıyorum”, %15.0 “biraz katılmıyorum”, %2.8 “kesinlikle katılmıyorum”) olumsuz değerlendirme yaparken; %7.5’i kararsız kalmıştır.

Bu bulgular, katılma şeritleri öncesindeki uyarı levhalarının sürücüler için genel anlamda işlevsel ve faydalı bulunduğunu; ancak dikkat çekicilik, konumlandırma ve tasarım gibi yönlerden geliştirmeye açık olduğunu göstermektedir. Özellikle olumsuz ve kararsız yanıtların varlığı, mevcut levha sistemlerinin her sürücü grubu tarafından aynı etkililikle algılanmadığını ve trafik mühendisliği açısından görsel bilgilendirme parametrelerinin çok boyutlu şekilde optimize edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, özellikle şerit birleşme bölgelerinde uyarıcı işaretleme sistemlerinin algısal yükü azaltacak şekilde sadeleştirilmesi, dikkat odaklı ve yeterli zaman aralığı sunan yerleşim planlarının geliştirilmesi gerekmektedir.

Katılımcılara yöneltilen “Katılma şeridinden yaklaşan araçlar şerit disiplini etkiledi” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 61’de sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların katılma şeridinden gelen araçların şerit disiplinine etkisine ilişkin değerlendirmelerinin cinsiyete göre dağılımı Şekil 96’da radar grafikte sunulmuştur.

Tablo 61. Katılımcıların cinsiyete göre katılma şeridinden gelen araçların şerit disiplinine etkisine ilişkin görüşleri

Cinsiyet	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz Katılmıyorum	Kararsızım	Biraz Katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum	Toplam
Erkek	2	7	2	4	17	35	12	79
Kadın	0	4	1	0	6	13	4	28
Toplam	2	11	3	4	23	48	16	107



Şekil 96. Katılma şeridinden gelen araçların şerit disiplinine etkisine ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı

Katılımcıların katılma şeridinden gelen araçların şerit disiplinlerine etkisiyle ilgili değerlendirmeleri Şekil 96’da sunulmuştur. Erkek katılımcıların yanıtları özellikle “katılıyorum” düzeyinde yoğunlaşırken, kadın katılımcıların değerlendirmeleri “biraz katılıyorum” ve “katılıyorum” ifadelerinde toplanmıştır.

Tablo 61’de erkek katılımcıların %81.0’ı (%44.3 “katılıyorum”, %15.2 “kesinlikle katılıyorum”, %21.5 “biraz katılıyorum”) katılma şeritlerinden gelen araçların mevcut şerit disiplinini olumsuz etkilediğini ifade etmiştir. Buna karşın %19.0’ı (%2.5 “kesinlikle katılmıyorum”, %8.9 “katılmıyorum”, %2.5 “biraz katılmıyorum”, %5.1 “kararsızım”) bu görüşe katılmamış veya kararsız kalmıştır. Erkek sürücüler arasında, katılma şeritlerinin şerit bütünlüğünü bozan bir unsur olarak algılandığı net şekilde görülmektedir. Kadın katılımcıların %82.1’i (%46.4 “katılıyorum”, %14.3 “kesinlikle katılıyorum”, %21.4 “biraz katılıyorum”) benzer şekilde bu görüşe destek verirken; %17.9’u (%14.3 “katılmıyorum”, %3.6 “biraz katılmıyorum”, %14.3 “kararsızım”) olumsuz veya nötr değerlendirmede bulunmuştur. Kadınlarda da genel eğilim erkeklerle paralel olmakla birlikte kararsızlık oranının nispeten daha yüksek olduğu

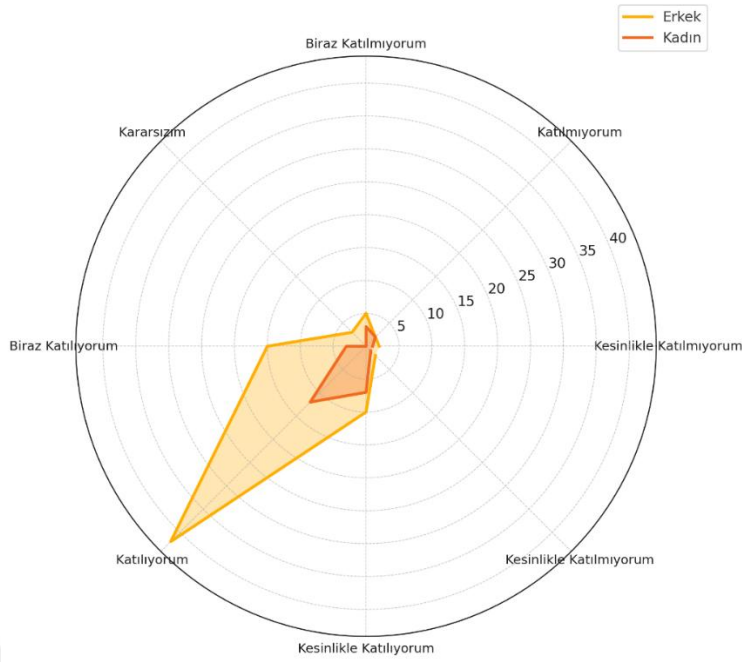
gözlenmektedir. Genel toplamda katılımcıların %81.4'ü (%44.9 “katılıyorum”, %15.0 “kesinlikle katılıyorum”, %21.5 “biraz katılıyorum”) katılma şeritlerinin şerit disiplinini bozduğunu ifade etmiştir. Olumsuz görüş bildirenlerin oranı %14.9; kararsız kalanların oranı ise %3.7'dir.

Bu bulgular, şerit katılma kesimleri bölgelerinin sürücüler açısından yüksek farkındalık ve hassasiyetle izlenen, ancak aynı zamanda kaygı ve kontrol kaybı riski taşıyan alanlar olduğunu göstermektedir. Katılma şeritlerinden gelen araçların yarattığı problemleri; ani frenleme, hız dalgalanması ve beklenmedik şerit değişikliklerine yol açarak hem bireysel sürüş güvenliğini hem de genel trafik akışının sürekliliğini tehdit etmektedir. Katılımcıların geliştirdiği bu davranışsal farkındalık, katılma şeridi tasarımlarında fiziksel altyapının yanı sıra, sürücü bilgilendirme sistemleri ve dinamik yönlendirme çözümleriyle desteklenmesi gerektiğini göstermektedir.

Katılımcılara yöneltilen “Ülkemizde, senaryodakine benzer şekilde katılma bölgelerinde çok sayıda araç çıktığını ve bunların bu bölgelerde sürüş davranışımı ve şerit disiplinimi olumsuz etkilediğini düşünüyorum” ifadesine verdikleri yanıtların dağılımı Tablo 62’de sunulmuştur. Ayrıca katılımcıların bu durumu sürüş davranışları ve şerit disiplini açısından olumsuz değerlendirme düzeylerinin cinsiyete göre dağılımı Şekil 97’de radar grafikte sunulmuştur.

Tablo 62. Katılımcıların cinsiyete göre katılma bölgelerinde yoğun araç çıkışının sürüş davranışı ve şerit disiplinine etkisine ilişkin görüşleri

Cinsiyet	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz Katılmıyorum	Kararsızım	Biraz Katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum	Toplam
Erkek	2	2	5	3	15	42	10	79
Kadın	1	2	3	0	3	12	7	28
Toplam	3	4	8	3	18	54	17	107



Şekil 97. Katılma bölgelerinde yoğun araç çıkışının sürüş ve şerit disiplinine etkisine ilişkin görüşlerin cinsiyete göre dağılımı

Katılımcıların ülkemizdeki katılma bölgelerinde yoğun araç çıkışının sürüş davranışlarına ve şerit disiplinine etkisiyle ilgili değerlendirmeleri Şekil 97’de sunulmuştur. Erkek katılımcıların çoğu bu durumu “katılıyorum” ve “kesinlikle katılıyorum” düzeyinde belirtirken, kadın katılımcılar da benzer biçimde bu görüşlerde anlamlı bir yoğunluk göstermiştir.

Tablo 62’de erkek katılımcıların %85.4’ü (%53.2 “katılıyorum”, %12.7 “kesinlikle katılıyorum”, %19.0 “biraz katılıyorum”) yoğun araç çıkışlarının sürüş davranışlarını ve şerit disiplinini olumsuz etkilediğini belirtmiştir. Buna karşın yalnızca %14.6’sı (%2.5 “kesinlikle katılmıyorum”, %2.5 “katılmıyorum”, %6.3 “biraz katılmıyorum”, %3.8 “kararsızım”) olumsuz ya da kararsız görüş bildirmiştir. Erkek katılımcılar arasında yoğun çıkış noktalarının trafik dengesini bozduğu yönünde güçlü bir görüş birliği olduğu görülmektedir. Kadın katılımcıların %78.6’sı (%42.9 “katılıyorum”, %25.0 “kesinlikle katılıyorum”, %10.7 “biraz katılıyorum”) bu durumun şerit disiplinine olumsuz etki yaptığını ifade etmiştir. %21.4’ü ise (%3.6 “kesinlikle katılmıyorum”, %7.1 “katılmıyorum”, %10.7 “biraz katılmıyorum”) aksi yönde değerlendirmede bulunmuştur. Kadın katılımcılar arasında da büyük çoğunluk benzer şekilde yoğun çıkışların risk oluşturduğunu dile getirmiştir. Genel toplamda katılımcıların %83.2’si (%50.5 “katılıyorum”, %15.9 “kesinlikle katılıyorum”, %16.8 “biraz katılıyorum”) yoğun katılma noktalarının sürüş davranışı ve şerit bütünlüğünü bozduğunu belirtmiştir. %16.8’i ise olumsuz veya kararsız yanıt vermiştir.

Bu bulgular, katılma bölgelerinde artan araç çıkışlarının sürücüler üzerinde doğrudan stres ve dikkat yükü yarattığını, karar verme süreçlerini zorlaştırdığını ve şerit disiplinini tehdit eden ani manevra davranışlarına yol açtığını göstermektedir. Katılımcıların yüksek farkındalığı, bu bölgelerin sadece fiziksel altyapı değil, aynı zamanda bilişsel yük ve davranışsal adaptasyon açısından da kritik olduğunu ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, bu noktaların geometrik tasarımı, trafik yoğunluğu yönetimi ve uyumlu sinyalizasyon sistemleri gibi çok boyutlu mühendislik çözümleriyle optimize edilmesi hem güvenlik hem de sistem verimliliği açısından öncelikli müdahale alanı olarak değerlendirilmektedir.

4.2.7. Sürüş Öncesi ve Sonrası Anket Verilerinin Cinsiyete göre Bütüncül Değerlendirmesi

Bu çalışmada, sürüş öncesi ve sonrası olmak üzere iki aşamalı uygulanan anketler aracılığıyla katılımcıların simülatör deneyimine dair düşünceleri, psikolojik durumları ve sürüş davranışları değerlendirilmiştir. Anket sonuçları, özellikle cinsiyet değişkeni temel alınarak analiz edilmiş ve yorumlanmıştır.

Katılımcıların çoğu, simülatör deneyimini gerçek bir sürüşe oldukça yakın bulmuş ve bu durumdan memnun kalmıştır. Erkek katılımcılar genellikle deneyimi daha güçlü şekilde olumlu değerlendirmiş, özellikle “kesinlikle katılıyorum” yanıtlarını daha sık vermiştir. Kadın katılımcılar ise daha çok “biraz katılıyorum” ya da “kararsızım” gibi daha temkinli yanıtlar vermiştir. Bu sonuçlar, erkeklerin simülasyon ortamına daha kolay uyum sağladığını; kadınların ise çevresel faktörlere karşı daha dikkatli ve ölçülü bir yaklaşım sergilediğini göstermektedir.

Benzer şekilde, “katılma şeridinden yaklaşan araçların tedirginlik yarattığı” ifadesine kadın katılımcıların daha yüksek oranda onay verdiği; erkeklerin ise bu durumu daha az belirttiği görülmüştür. Bu fark, kadınların riskli durumlara karşı daha hassas ve dikkatli olduğunu göstermektedir. Ayrıca, şerit disiplininin dışsal faktörlerden etkilenip etkilenmediğine dair sorularda da kadınlar daha kararlı yanıtlar verirken, erkekler daha dağınık bir dağılım göstermiştir. Bu durum, kadınların sürüş sürecinde daha sabit ve dikkat odaklı bir tutum sergilediğini düşündürmektedir.

Fiziksel rahatlık, dikkat düzeyi, araç hâkimiyeti ve sürüş hazır olma gibi konularda verilen yanıtlar incelendiğinde, katılımcıların büyük çoğunluğunun simülasyon süresince kendilerini rahat, kontrollü ve hazır hissettikleri anlaşılmaktadır. Ayrıca, katılımcıların çoğu senaryoların gerçek trafik koşullarına benzediğini ve sürüş davranışlarını etkilediğini ifade etmiştir. Sürüş sırasında trafik kurallarına dikkat

ettiklerini, kontrollü ve dikkatli davrandıklarını belirtmeleri de simülâtör ortamının gözlem ve ölçüm açısından etkili bir araç olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, elde edilen anket verileri, simülasyon ortamının hem sürücülerin algı ve tutumlarını ortaya koymak hem de sürüş davranışlarını analiz etmek açısından güçlü bir yöntem olduğunu göstermektedir.

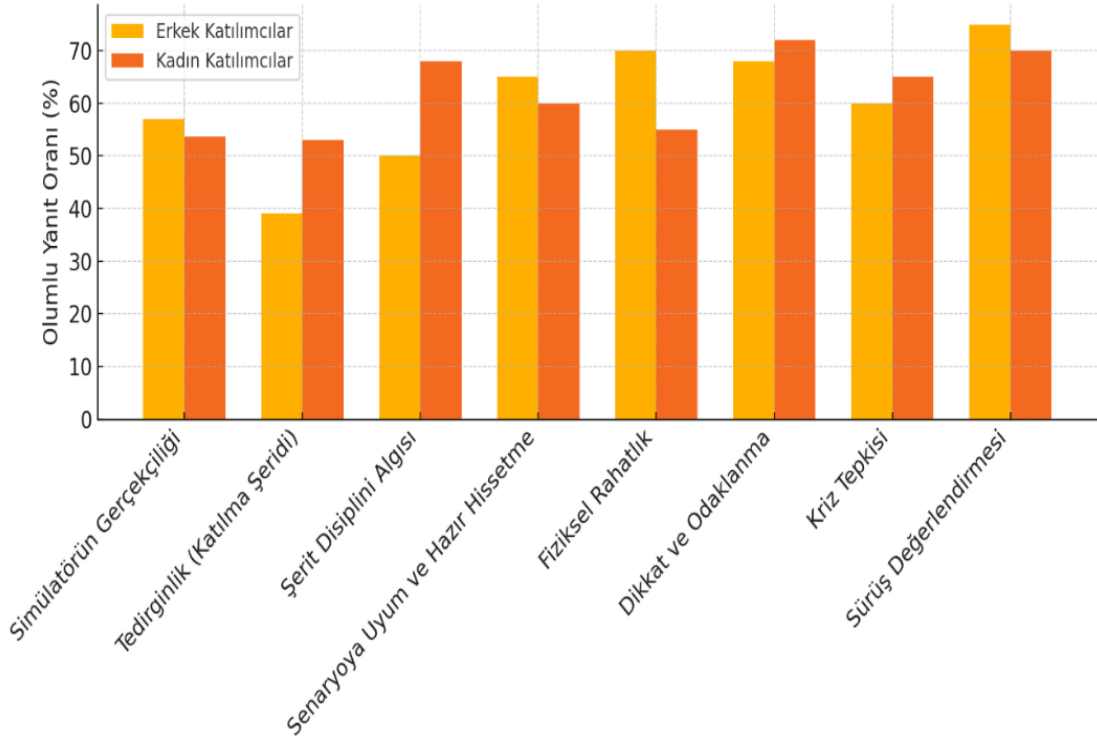
Tablo 63'te simülâtör tabanlı sürüş deneyimine ilişkin anket verilerinden elde edilen bulgular doğrultusunda, erkek ve kadın katılımcıların değerlendirmeleri arasındaki belirgin farklılıkları karşılaştırmalı olarak sunmaktadır.

Tablo 63. Sürüş öncesi ve sonrası anketlere dayalı cinsiyete göre değerlendirme sonuçları

Değerlendirilen alan	Erkek katılımcılar	Kadın katılımcılar	Gözlenen farklılık
Simülâtörün gerçekçiliği algısı	%57'si (45 kişi) “kesinlikle katılıyorum”	%53,6'sı (15 kişi) “katılıyorum”	Erkek sürücüler simülâtörü daha gerçekçi bulmuş, kadınlar daha temkinli değerlendirmiştir.
Tedirginlik düzeyi (katılma şeridi)	%39'u (31 kişi) tedirginlik belirtmiş	%53'ü (15 kişi) tedirginlik belirtmiş	Kadınlar sürücüler daha fazla tedirginlik yaşadığını ifade etmiş; bu fark, risk algısı düzeyini işaret edebilir.
Şerit disiplinine etki algısı	Dağılımlı yanıtlar; belirgin yoğunluk yok	Kararlı ve yüksek yoğunluklu olumlu yanıt	Kadınlar sürücüler dışsal faktörlerin şerit disiplini üzerindeki etkisini daha açık ifade etmiştir.
Senaryoya Uyum ve Sürüşe Hazır Hissetme	Yüksek düzeyde hazır hissetme oranı	Daha düşük oranda ama yine olumlu değerlendirme	Erkek sürücüler daha kolay uyum sağlamış, kadınlar da olumlu bulsa da daha az güvenle ifade etmiştir.
Fiziksel rahatlık algısı	Büyük oranda rahat hissettiğini belirtmiş	Rahatlık düzeyi daha dağınık yanıtlarla ifade edilmiş	Erkek sürücüler fiziksel konforu daha net vurgulamış, kadınlar arasında görüş farklılıkları daha fazladır.
Dikkat ve Odaklanma Düzeyi	Odaklanma düzeyi genel olarak yüksek raporlanmış	Dikkatini daha çok çevresel unsurlara yönelten yanıtlar	Kadınlar sürücüler dikkatlerini daha çok çevresel risklere yoğunlaştırmış, erkekler genel sürece odaklanmıştır.
Kriz durumlarında tepki değerlendirmesi	Sürüş boyunca kontrol hissi daha yüksek	Krizlerde daha dikkatli ama daha fazla tedirginlik bildirmiştir	Kadınlar sürücüler duygusal tepkileri daha yüksektir; erkekler ise daha teknik değerlendirmeler yapmıştır.
Kendi sürüşünü değerlendirme	Trafik kurallarına uyum ve araç hâkimiyetini olumlu değerlendirmiş	Benzer yönde yanıtlar olsa da daha ölçülü ve dikkatli bir ifade biçimi	Kadınlar sürücüler kendilerini olumlu değerlendirmiş ancak bunu daha temkinli bir dil ile ifade etmiştir.

Şekil 98'de ki grafik, simülâtör deneyimine ilişkin olarak erkek ve kadın katılımcıların verdikleri olumlu yanıt oranlarını sekiz temel değerlendirme alanı çerçevesinde karşılaştırmalı olarak sunmaktadır. Grafikteki değerlendirme alanları

arasında, katılımcıların simülatörün gerçek sürüşe ne kadar benzediğine dair algıları, katılma şeridinden gelen araçların yarattığı tedirginlik düzeyi, trafik yoğunluğu gibi dışsal faktörlerin şerit disiplini üzerindeki etkisine yönelik değerlendirmeleri ve senaryoya uyum sağlama ile sürüş hazır hissetme durumları yer almaktadır. Ayrıca, simülasyon sürecindeki fiziksel rahatlık düzeyleri, dikkat ve odaklanma becerileri, ani gelişen kriz durumlarına verdikleri tepkiler ve son olarak, kendi sürüş performanslarına dair öz değerlendirmeleri de bu kapsamda analiz edilmiştir.



Şekil 98. Simülatör deneyimine ilişkin değerlendirmelerin cinsiyete göre dağılımı

4.2.8. Sürüş Sonrası Algısal ve Fiziksel Değerlendirmeler

Sürücülerin trafik güvenliği, hız kontrolü ve sürüş deneyimine ilişkin öznel değerlendirmelerini belirlemek amacıyla uygulanan sürüş sonrası anket, katılımcıların algısal ve davranışsal tutumlarını ölçmeyi hedeflemektedir. Bu kapsamda yöneltilen sorular; karayolu üzerindeki düzenlemelerin etkililiği, kişisel sürüş alışkanlıkları ve güvenlik algısı gibi temel boyutlara odaklanmaktadır.

Veriler, 1 (Hiç) ile 5 (Çok) arasında derecelendirilen beşli Likert ölçeği aracılığıyla toplanmıştır. Tablo 64’te her bir maddeye verilen yanıtların frekans dağılımları sunulmuş olup, katılımcıların belirli uygulamalara karşı duyarlılık düzeylerini ve sürüş sonrası yaşadıkları fiziksel ya da psikolojik etkilenimleri betimleyici niteliktedir.

Tablo 64. Trafik güvenliği ve sürücü davranışlarına yönelik frekans dağılımı

Kategori	1	2	3	4	5	Toplam
Karayolundaki ağır araç yoğunluğu araç kullanım hızınızı etkiler mi?	6	30	17	36	18	107
Karayolunda/karayollarında bulunan yaya geçidi uyarı levhaları yeterli midir?	13	16	36	37	5	107
Yaya geçidine yaklaştığınızda hızınızı azaltır mısınız?	2	9	11	65	20	107
Yayalara yol vermek için duran araçları gördüğünüzde yaya geçidine çok dikkatli yaklaşır mısınız?	2	9	7	54	35	107
Yeşil dalga sistemi hızınızı ayarlamanız için yeterli midir?	10	25	31	38	3	107
Yeşil dalga sistemlerinin sürücülerin hız ihlali yapmasını engellediğini düşünüyor musunuz?	15	27	34	29	2	107
Ülkemizdeki karayollarında uygulanan yeşil dalga sistemini faydalı buluyor musunuz?	7	25	30	36	9	107
Hız koridoru içerisinde sürüş yapmak hızınızı azaltmada etkili oldu mu?	3	9	23	50	22	107
Hız koridorunun olduğu karayolunda sürüş yapmak sıkıcı mıdır?	11	28	27	25	16	107
Elektronik Denetleme Sistemi (EDS) hızınızı azaltmak için etkili bir sistem midir?	3	9	16	46	33	107
Katılma şeridinde yaklaşırken hızınızı trafik akımına göre azaltır mısınız?	1	18	18	63	7	107
Katılma şeridinden hızla çıkan araçlar sizin sürüş disiplininizi etkiler ve kaza yapma olasılığınızı artırır mı?	5	24	27	36	15	107
Katılma şeridinden yaklaşan araçlar sizi tedirgin eder mi?	6	29	38	29	5	107
Ülkemizde katılma şeritleri trafik güvenliği açısından yeterli uzunluğa sahip midir?	9	33	39	24	2	107
Hiç=1, Biraz=2, Orta=3, Kısmen=4, Çok=5						

Yapılan sürüş sonrası (SS) anket sonuçlarına göre, sürücülerin ağır taşıt yoğunluğunun hızlarını etkileyip etkilemediği sorusuna verilen yanıtlar incelendiğinde, katılımcıların çoğunluğunun bu durumu ‘kısmen’ (36 kişi) ve ‘orta’ (17 kişi) düzeyde etkileyici bulduğu görülmektedir.

Buna karşın, ‘çok’ etkilediğini belirtenlerin sayısı (18 kişi) görece daha düşük kalmıştır. Bu sonuç, ağır taşıtların sürüş hızına olan etkisinin sürücüler tarafından sınırlı düzeyde algılandığını göstermektedir.

Yaya geçidi uyarı levhalarının yeterliliği konusundaki değerlendirmelerde ise katılımcıların büyük çoğunluğu ‘orta’ (36 kişi) ve ‘kısmen’ (37 kişi) seçeneklerini tercih etmiştir. ‘Çok’ seçeneğini işaretleyenlerin sayısının (5 kişi) düşük olması, levhaların sürücüler tarafından genellikle yetersiz bulunduğunu ortaya koymaktadır. Yaya geçidine yaklaşırken hız azaltma davranışı, katılımcıların büyük kısmı tarafından ‘kısmen’ (65 kişi) ve ‘çok’ (20 kişi) olarak bildirilmiştir.

Bu durum, sürücülerin yaya güvenliği konusunda daha dikkatli davrandığını, ancak bu davranışın genellikle belirli koşullara bağlı olduğunu göstermektedir. Yaya geçidinde duran araçlara yaklaşırken dikkat düzeyi ise önemli bir fark yaratmaktadır. Çoğunluk (54 kişi) bu durumda hızlarını ‘kısmen’ azaltırken, 35 kişi bu durumu ‘çok’ dikkat gerektiren bir davranış olarak değerlendirmiştir. Bu bulgu, sürücülerin yayaların güvenliğine yönelik algılarının güçlü olduğunu işaret etmektedir.

Yeşil dalga sisteminin hız ayarlama üzerindeki etkisi konusunda katılımcıların çoğunluğu ‘kısmen’ (38 kişi) ve ‘orta’ (31 kişi) düzeyde yanıtlar vermiştir. Buna karşılık, bu sistemin hız ihlallerini engelleme kapasitesi konusunda ‘çok’ etkili olduğunu düşünenlerin sayısı (2 kişi) oldukça düşüktür. Bu, mevcut sistemin hız kontrolü açısından sürücüler tarafından sınırlı bir başarıyla değerlendirildiğini göstermektedir.

Hız koridorlarının sürücüler üzerindeki etkisine dair sonuçlar, bu önlemin hız azaltmada etkili olduğunu (50 kişi ‘kısmen’, 22 kişi ‘çok’) ancak sürüş keyfini azaltabileceğini (28 kişi ‘biraz’, 27 kişi ‘orta’) ortaya koymaktadır. Bu, hız koridorlarının sürücü davranışını kısmen değiştirse de sürüş konforu açısından bazı olumsuz algılar yarattığını göstermektedir.

Elektronik Denetleme Sistemleri (EDS) hız kontrolü açısından önemli bir etkiye sahip olarak görülmektedir. Katılımcıların önemli bir kısmı (46 kişi ‘kısmen’, 33 kişi ‘çok’) EDS’nin hız azaltmada etkili olduğunu belirtmiştir. Bu sonuç, teknolojik denetimlerin sürücü davranışları üzerinde güçlü bir etkisi olduğunu ortaya koymaktadır.

Katılma şeritlerine yönelik değerlendirmelerde ise bu alanların trafik güvenliği açısından yeterliliği sorgulanmıştır. Katılımcıların çoğunluğu bu şeritlerin uzunluğunu ‘orta’ (39 kişi) ve ‘biraz’ (33 kişi) düzeyinde bulmuş, yalnızca 2 kişi bu durumu ‘çok’ yeterli olarak değerlendirmiştir. Bu bulgu, mevcut altyapının sürücülerin beklentilerini tam olarak karşılamadığını göstermektedir.

Simülasyon tabanlı deneylerin ardından uygulanan sürüş sonrası anket, katılımcıların simülasyon ortamındaki deneyimlerine ilişkin öznel değerlendirmelerini sistematik biçimde ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda, anket formu; katılımcıların senaryo içeriğine adaptasyon düzeylerini, sürüş esnasında hissettikleri rahatlık veya rahatsızlık durumlarını ve genel güvenlik algılarını ölçmeye yönelik olarak yapılandırılmıştır. Simülasyonun gerçekçiliği, bilişsel yük ve çevresel uyarıcılara verilen tepkiler gibi unsurların değerlendirilmesi, katılımcıların deneyime dair algı ve tutumlarının çok boyutlu analizine olanak sağlamaktadır.

Bu veriler, sürücü davranışlarının psikolojik ve algısal boyutlarını anlamlandırmak açısından önemli girdiler sunmakta ve simülasyon temelli araştırmalarda metodolojik geçerliliğin artırılmasına katkı sağlamaktadır.

Veriler, 1 (Kesinlikle katılmıyorum) ile 7 (Kesinlikle katılıyorum) arasında değişen yedi basamaklı bir Likert ölçeği kullanılarak toplanmıştır. Tablo 65’de her bir ifadenin yanıt frekansları yer almaktadır.

Tablo 65. Sürüş simülasyonu gerçeklik ve güvenilirlik değerlendirmesi

Anket Soruları	1	2	3	4	5	6	7	Toplam
Sorunsuz bir sürüş testi gerçekleştirdim	5	6	5	4	18	38	31	107
Sürüş öncesi ya da sonrasında herhangi bir fiziksel rahatsızlık hissetmedim	4	6	7	3	13	39	35	107
Araç simülatöründe kendimi gerçek bir araç kullanıyormuş gibi hissettim	1	4	4	3	21	43	31	107
Test için hazırlanan senaryo modellemeleri oldukça gerçekçidir	1	2	3	3	9	33	56	107
Hazırlanan sürüş senaryoları ile kendimi senaryonun içerisinde hissettim ve gerçek bir sürüşteki gibi davranmaya çalıştım.	1	0	3	4	13	51	35	107
Yayalara yol vermek için duran araçlar yayaları görmemi engelledi.	5	21	5	1	11	38	26	107
Yaya geçidi tabelalarını fark edebildim.	4	13	9	6	22	38	15	107
Sol şeritteki araçların yayalara yol vermesi tehlikeli bir durumdur	2	12	5	7	18	36	27	107
Yeşil dalga sistemi sürüş hızımı azalttı.	6	12	6	6	31	34	12	107
Yeşil dalga sisteminde kırmızı ışıktaki beklememek için hızımı artırdım.	9	12	10	19	26	33	9	107
Yeşil dalga sisteminin doğru çalıştığını düşünerek hızımı ayarlamaya çalıştım	2	11	9	15	26	30	14	107
Ortalama hız koridoru içerisinde bulunan radar aracı beklemediğim bir durumdu.	3	11	2	5	11	36	39	107
Ortalama hız koridoru içerisinde anlık hız ölçen radar araçlarının olması doğru bir uygulamadır	13	14	8	10	20	34	8	107
Ortalama hız koridoru içerisinde çeşitli kesimlerde hızımı artırıp azaltmaya çalıştım	2	7	4	8	25	47	14	107
Ortalama Hız Koridoru hakkında yeteli bilgiye sahibim.	2	7	5	3	22	44	24	107
Katılma şeridinden yaklaşan araçlar beni oldukça tedirgin etti.	4	15	7	3	34	36	8	107
Katılma şeridi öncesindeki uyarı levhaları yeterliydi.	3	12	15	7	30	34	6	107
Katılma şeridinden yaklaşan araçlar şerit disiplinimi etkiledi.	2	9	4	4	25	41	22	107
Ülkemizde, senaryodakine benzer şekilde katılma bölgelerinde çok sayıda araç çıktığını ve bunların bu bölgelerde sürüş davranışımı ve şerit disiplinimi olumsuz etkilediğini düşünüyorum.	4	5	7	3	22	46	20	107
1: Kesinlikle katılmıyorum 2: Katılmıyorum 3: Biraz katılmıyorum 4: Kararsızım								
5: Biraz katılıyorum 6: Katılıyorum 7: Kesinlikle katılıyorum								

Tablo 65'te verilen sürüş sonrası yapılan anket sonuçlarına göre, sürücülerin simülatör deneyimleri ve sürüş senaryolarına verdikleri tepkiler incelendiğinde bazı temel eğilimler göze çarpmaktadır.

Sorunsuz bir sürüş testi gerçekleştirdiğini belirten katılımcıların çoğunluğu (%35,5) yüksek düzeyde katılım göstermiş (6 ve 7 seviyeleri), ancak azımsanmayacak bir kısmı (%14,1) düşük seviyelerde (1 ve 2) yanıtlar vermiştir. Bu durum, bazı sürücülerin simülatör ortamında teknik veya kişisel zorluklar yaşadığını gösterebilir.

Fiziksel rahatsızlık hissetmeme konusunda katılımcıların büyük kısmı (%69,2) pozitif yanıtlar (6 ve 7) vermiştir. Bu, simülatör ortamının çoğunlukla konforlu bir deneyim sunduğunu, ancak bazı katılımcıların (%9,3) yine de belirli rahatsızlıklar yaşayabildiğini ortaya koymaktadır. Simülatörün gerçek araç hissiyatı yaratma kapasitesi, katılımcıların büyük kısmı tarafından (%69,2) olumlu değerlendirilmiş, ancak bu algının tamamen gerçekçi olduğunu düşünenlerin oranı (%29,0) görece sınırlı kalmıştır. Bu sonuç, simülasyon ortamının gerçeklik algısını artırmak için bazı teknik iyileştirmeler yapılması gerektiğini düşündürmektedir.

Senaryo modellemelerinin gerçekçiliği konusunda ise katılımcıların %82,2'si (6 ve 7) olumlu görüş bildirmiştir. Bu, senaryo tasarımının genellikle başarılı olduğunu ancak düşük düzeyde katılım gösteren az sayıda katılımcının (%5,6) olduğunu da göstermektedir. Yaya geçidi tabelalarını fark edebilme konusunda ise katılımcıların çoğunluğu (%49,5) yüksek düzeyde farkındalık bildirmiştir. Ancak, düşük düzeyde farkındalık belirtenlerin oranı (%15,9) simülasyonun bazı sürücüler için görsel dikkat dağıtıcı unsurlar içerebileceğini düşündürmektedir. Yeşil dalga sisteminin hız azaltma üzerindeki etkisi karışık sonuçlar ortaya koymuştur. Katılımcıların yalnızca %10,3'ü bu sistemin hızlarını “kesinlikle” azalttığını belirtirken, önemli bir kısmı (%29,0) düşük düzeyde katılım göstermiştir. Bu, sistemin etkisinin katılımcıların hız kontrolü üzerindeki algısının sınırlı olduğunu ortaya koymaktadır.

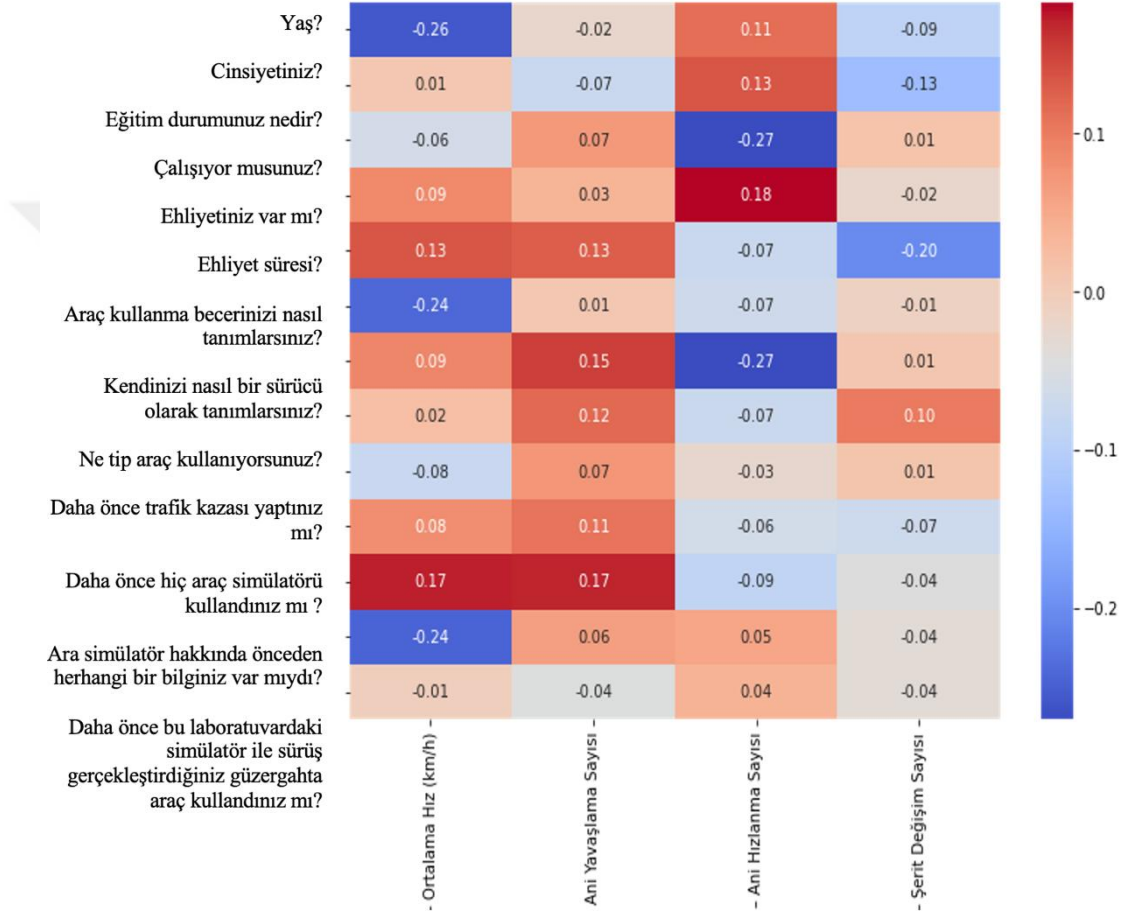
Ortalama hız koridoru ve radar uygulamaları hakkındaki görüşler ise oldukça çeşitlidir. Radar araçlarının beklenmediği konusunda katılımcıların %70,1'i (6 ve 7) yüksek düzeyde katılım göstermiş, ancak bazı katılımcılar (%13,1) bu durumu daha düşük düzeyde değerlendirmiştir. Bu, sürücülerin hız kontrolü ve sürüş güvenliği algısının çeşitli faktörlere bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir. Katılma şeritlerinin güvenliği konusunda ise katılımcıların büyük kısmı (%54,2) bu alanların trafik güvenliği açısından yeterli olmadığını belirtmiştir. Bu, mevcut altyapının sürücülerin beklentilerini tam olarak karşılamadığına işaret etmektedir.

4.3. Sürüş Öncesi ve Sonrası Anket Soruları ile İlgili Senaryo Korelasyonları

Bu bölümde, sürüş öncesi algısal ve tutumsal değerlendirmeleri ölçen anket soruları ile deneysel sürüşlerde farklı senaryo koşullarında ortaya çıkan ortalama hız davranışları arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

4.3.1. Sürüş Öncesi Anket Soruları ile İlgili Senaryo Korelasyonları

Katılımcıların bireysel özellikleri ile simülasyon senaryolarındaki sürüş performansları arasındaki ilişkileri inceleyen Pearson korelasyon analizi sonuçları Şekil 99’da sunulmuştur. Genel olarak değişkenler arasında düşük ve zayıf düzeyde ilişkiler tespit edilmiştir. Bununla birlikte, bazı değişken çiftlerinde sürüş davranışlarıyla istatistiksel açıdan anlamlı sayılabilecek korelasyonlar saptanmış ve bu bulgular belirli demografik faktörlerin sürüş performansı üzerindeki sınırlı ancak gözlemlenebilir etkilerini ortaya koymuştur.



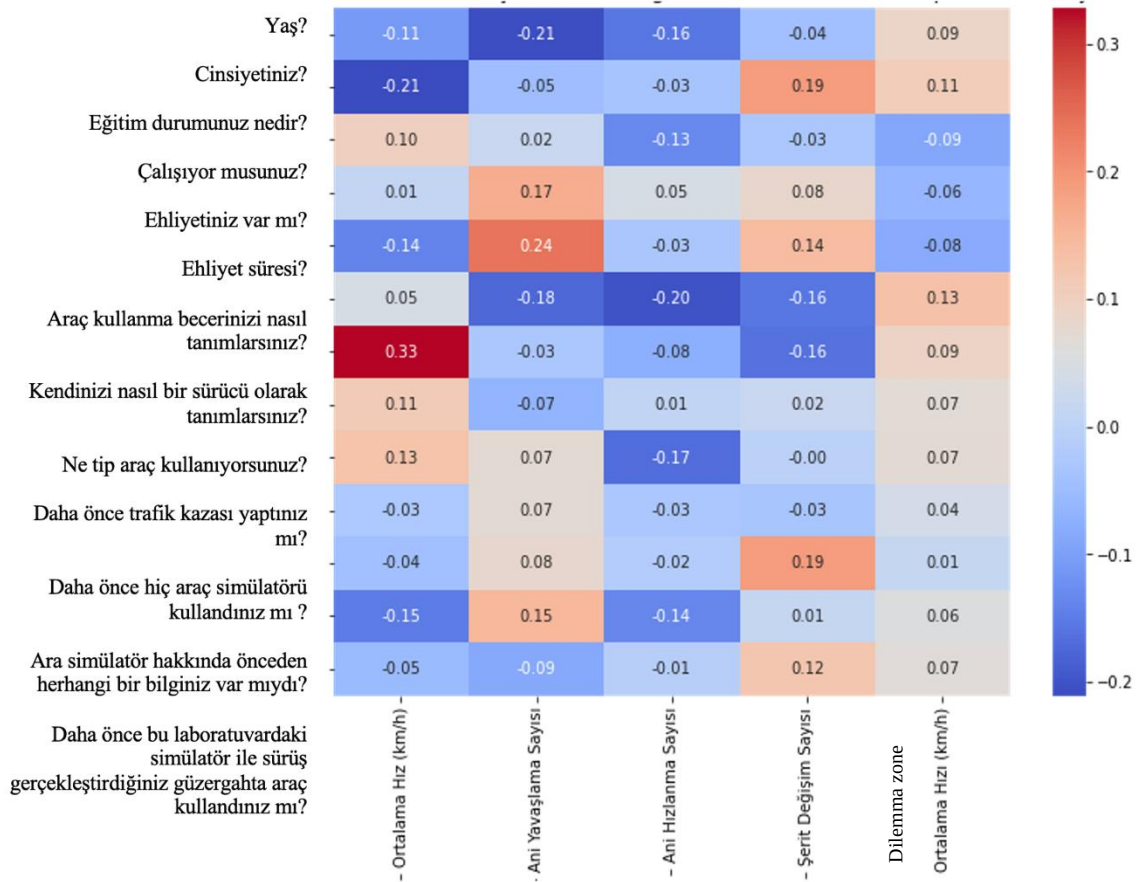
Şekil 99. Sürüş öncesi anket soruları ile senaryo bazlı ani hızlanma davranışları arasındaki korelasyon matrisi

Katılımcıların demografik ve sürüşle ilgili kişisel özellikleri ile simülatör ortamındaki temel sürüş performans göstergeleri arasındaki anlamlı ilişkiler incelenmiştir. Elde edilen korelasyon katsayıları, belirli değişken çiftleri arasındaki davranışsal açıdan anlamlı ilişkileri ortaya koymakta olup, bu bulgular Tablo 66’da sunulmuştur.

Tablo 66. Senaryo 1 sürüş performansı ile katılımcı özellikleri arasındaki anlamlı korelasyon sonuçları

Katılımcı Özelliği	Sürüş Davranışı	Korelasyon Katsayısı (r)	İlişki Yönü	Yorum
Yaş	Ort. hız	-0.26	Negatif	Yaş arttıkça hız azalıyor (temkinli sürüş eğilimi)
Ehliyet Süresi	Ort. hız	-0.24	Negatif	Deneyim arttıkça hız kontrolü artıyor
Simülasyon Deneyimi	Ort. hız	-0.24	Negatif	Simülasyon deneyimi kontrollü sürüş alışkanlığı kazandırıyor
Eğitim Düzeyi	Ani Hızl.	-0.27	Negatif	Eğitim düzeyi yükseldikçe ani hızlanma azalıyor
Araç Kullanma Becerisi	Ani Hızl.	-0.27	Negatif	Kendini iyi sürücü görenler ani hızlanma yapmıyor
Ehliyet Varlığı	Şerit dğş.	-0.20	Negatif	Ehliyet sahibi olanlarda şerit değişim sayısı azalıyor

Şekil 100 sürüş öncesi demografik ve kişisel sürücü profili değişkenleri ile Senaryo 2 kapsamında simülasyon ortamında elde edilen sürüş performansı çıktıları arasındaki anlamlı ilişkiler incelenmiştir. Yapılan korelasyon analizleri, bazı değişken çiftleri arasında istatistiksel ve davranışsal anlamda dikkate değer ilişkiler ortaya çıkarmıştır.



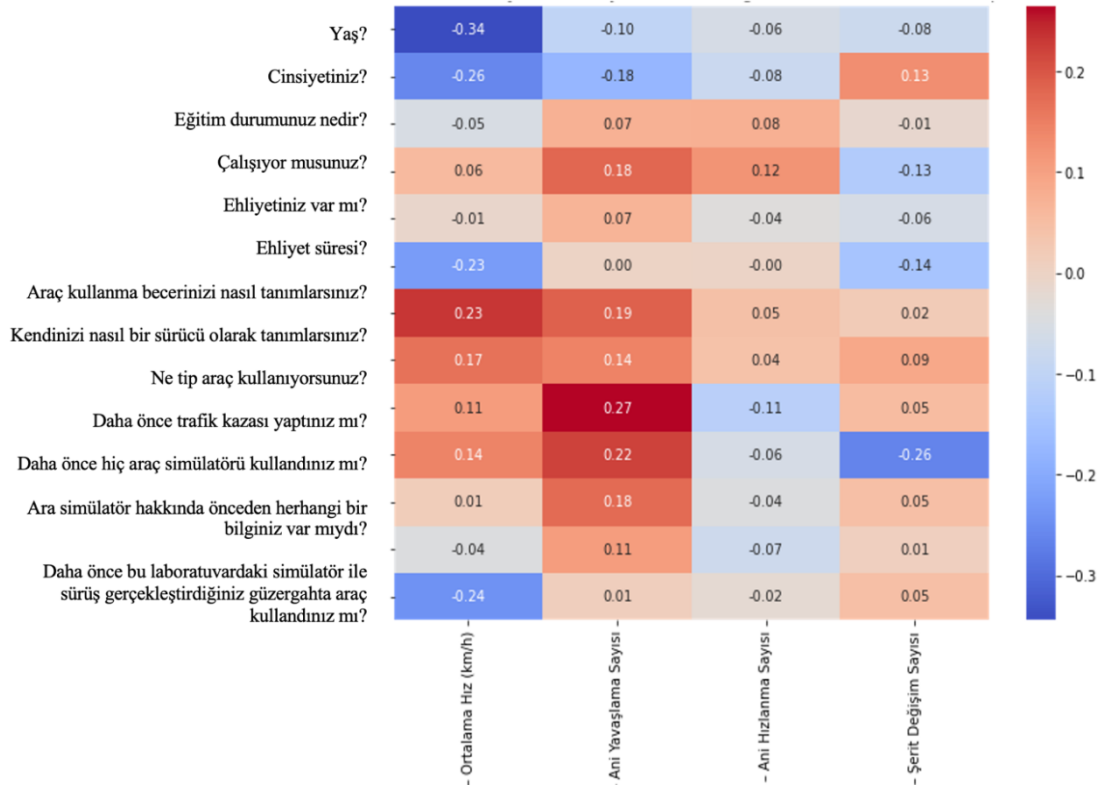
Şekil 100. Sürüş öncesi anket soruları ile senaryo bazlı ani yavaşlama davranışları arasındaki korelasyon matrisi

Sürüş öncesi anket soruları ile deneysel sürüşlerde gözlemlenen toplam olay sayıları arasındaki ilişkileri değerlendirmek amacıyla Şekil 101’de verilen korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir. Tablo 67’de verilen matrise ait sürüş performansı ile katılımcı özellikleri arasındaki anlamlı korelasyon sonuçları yer almaktadır.

Tablo 67. Senaryo 2 sürüş performansı ile katılımcı özellikleri arasındaki anlamlı korelasyon sonuçları

Katılımcı özelliği	Sürüş davranışı	Korelasyon katsayısı (r)	İlişki yönü	Yorum
Araç Kullanma Becerisi	Ort. hız	0.33	Pozitif	Öz-beceriye yüksek gören sürücüler daha yüksek hızla seyretmektedir.
Cinsiyet	Ani Hızl.	0.19	Pozitif	Cinsiyete bağlı olarak ani hızlanma davranışı değişmektedir.
Ehliyet Varlığı	Ani Yvş	0.24	Pozitif	Ehliyeti olanlarda ani frenleme davranışı daha sık gözlenmektedir.
Çalışma Durumu	Ani Yvş	0.17	Pozitif	Aktif çalışan bireylerde frenleme davranışı artmaktadır.
Simülasyon Deneyimi	Ani Hızl.	0.19	Pozitif	Simülasyon deneyimi olanlar hızlanma manevralarını daha sık gerçekleştirmektedir.

Şekil 101’de katılma şeridi senaryosunda (Senaryo 3) sürüş öncesi demografik ve sürücü profili değişkenleri ile simülasyon ortamında elde edilen sürüş performansı çıktıları arasındaki anlamlı korelasyon ilişkileri sunulmuştur. Yapılan analizler, bazı bireysel faktörlerin hız ve frenleme davranışları üzerinde dikkat çekici etkiler oluşturduğunu göstermiştir.



Şekil 101. Senaryo 3 katılma sürüş öncesi demografik özellikler ve sürücü profil korelasyon matrisi

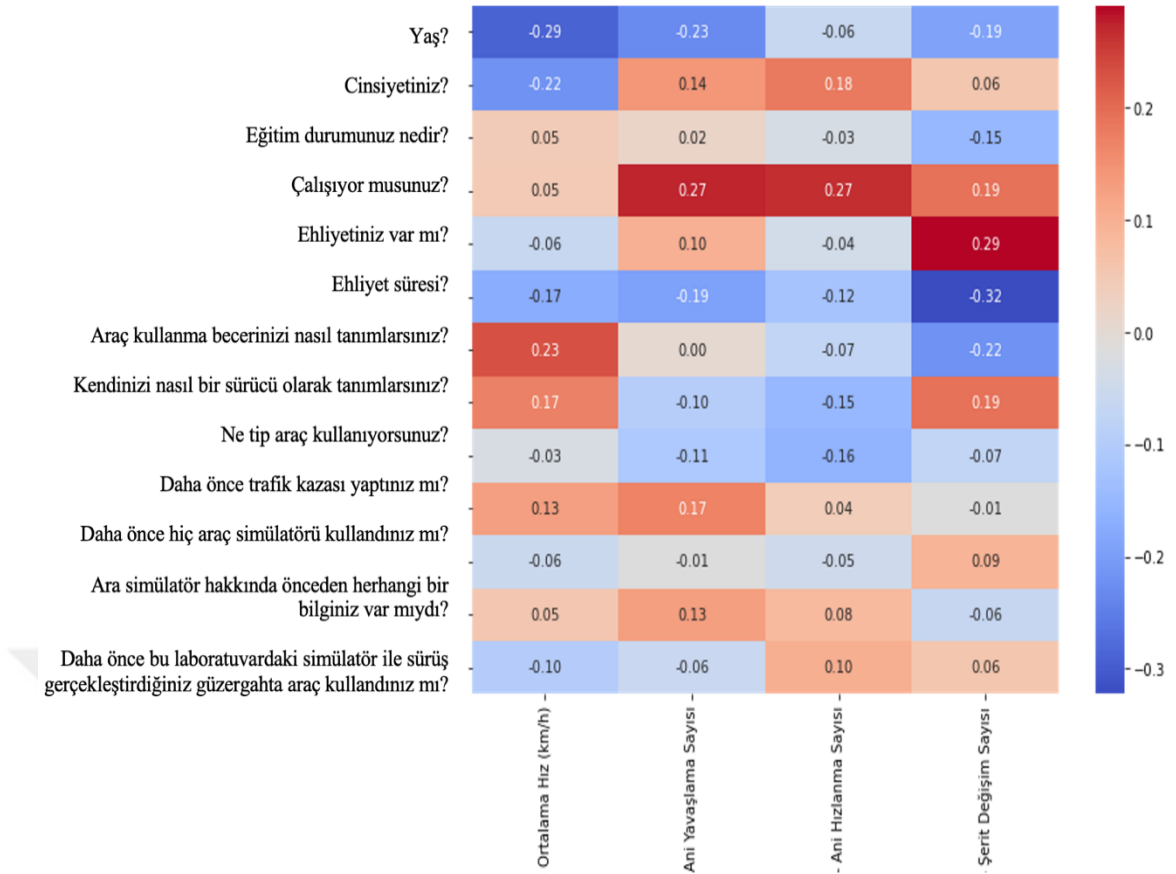
Tablo 68’de Senaryo 3 için anlamlı olan sürüş performansı ile sürücü özellikleri arasındaki korelasyona ait değerler verilmiştir.

Tablo 68. Senaryo 3 (katılma şeridi) sürüş performansı ile katılımcı özellikleri arasındaki anlamlı korelasyon sonuçları

Katılımcı özelliği	Sürüş davranışı	Korelasyon katsayısı (r)	İlişki yönü	Yorum
Yaş	Ort hız	-0.34	Negatif	Yaş arttıkça hız azalmakta, temkinli sürüş eğilimi artmaktadır.
Cinsiyet	Ort hız	-0.26	Negatif	Cinsiyet faktörü hız üzerinde etkili olmaktadır.
Ehliyet Süresi	Ort hız	-0.23	Negatif	Deneyim arttıkça hız düşmekte, kontrol artmaktadır.
Araç Kullanma Becerisi	Ort hız	0.23	Pozitif	Öz-becerisini yüksek görenler daha yüksek hızda seyretmektedir.
Araç Tipi	Ani yvş.	0.27	Pozitif	Araç tipi frenleme davranışını etkilemektedir.
Trafik Kazası Geçmişi	Ani yvş.	0.22	Pozitif	Kaza geçmişi olan sürücüler daha sık fren yapmaktadır.

Bu bulgular, sürücü özelliklerinin özellikle hız ve frenleme davranışları üzerinde anlamlı etkiler oluşturduğunu ve sürüş performans analizlerinde bu değişkenlerin dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.

Şekil 102’de Senaryo 4 kapsamında katılımcıların demografik ve sürüş profili değişkenleri ile sürüş performans göstergeleri arasındaki anlamlı ilişkiler incelenmiştir. Yapılan korelasyon analizleri, sürüş davranışlarının çeşitli bireysel özelliklere duyarlı şekilde farklılaştığını göstermiştir.



Şekil 102. Senaryo 4 hız koridoru sürüş öncesi demografik özellikler ve sürücü profil korelasyon matrisi

Tablo 69’da Senaryo 4 kapsamında katılımcıların demografik ve sürüş profili değişkenleri ile sürüş performans göstergeleri arasındaki anlamlı ilişkiler incelenmiş ve korelasyon analizleri, sürüş davranışlarının çeşitli bireysel özelliklere duyarlı şekilde farklılaştığını göstermiştir.

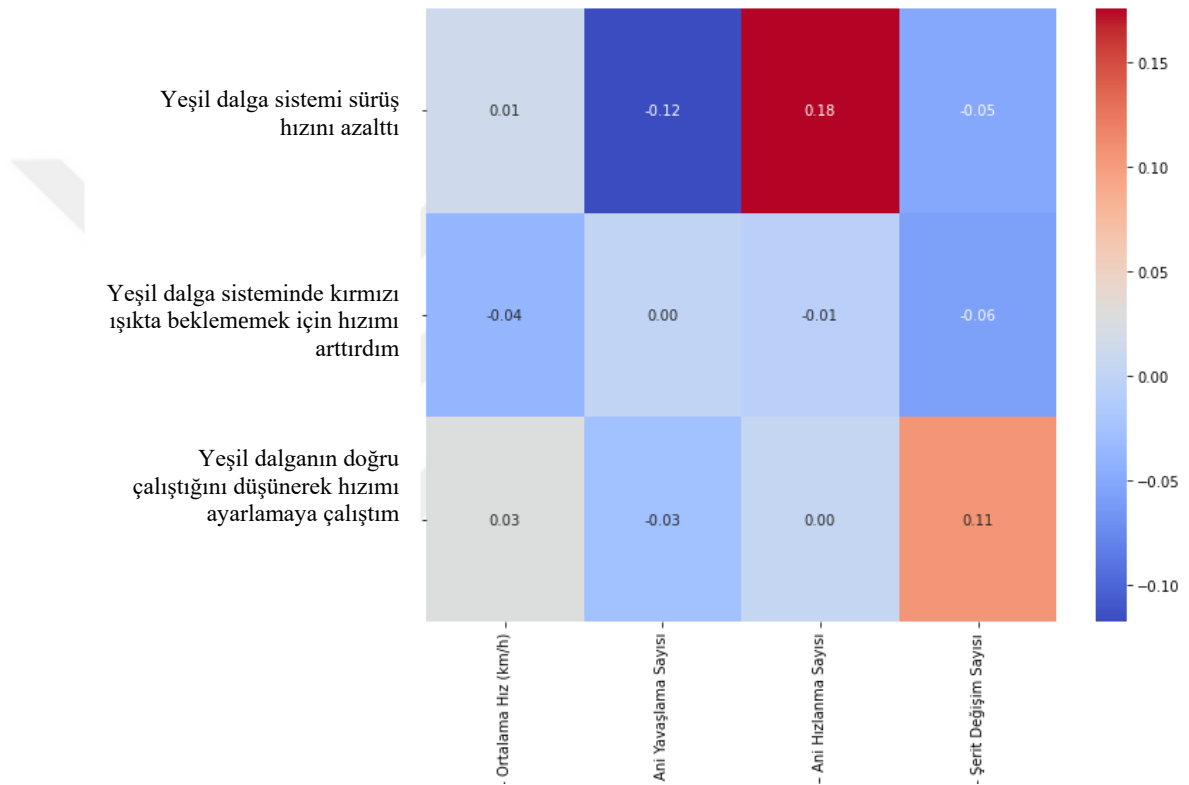
Tablo 69. Senaryo 4 sürüş performansı ile katılımcı özellikleri arasındaki anlamlı olan korelasyon sonuçları

Katılımcı Özelliği	Sürüş Davranışı	Korelasyon Katsayısı (r)	İlişki Yönü	Akademik Yorumu
Yaş	Ort. hız	-0.29	Negatif	Yaş arttıkça hız azalmakta, temkinli sürüş eğilimi artmaktadır.
Çalışma Durumu	Ani yvş.	0.27	Pozitif	Aktif çalışan bireylerde frenleme davranışı artmaktadır.
Çalışma Durumu	Ani Hız.	0.27	Pozitif	Aktif çalışan bireylerde hızlanma manevraları artmaktadır.
Ehliyet Süresi	Şerit dğş.	-0.32	Negatif	Deneyim arttıkça şerit değişimi azalmaktadır.
Ehliyet Varlığı	Şerit dğş.	0.29	Pozitif	Ehliyet sahibi sürücüler daha sık şerit değiştirmektedir.

Bulgular, yaş, çalışma durumu ve deneyim değişkenlerinin hız, ani frenleme ve şerit değişimi davranışları üzerinde anlamlı düzeyde etkili olduğunu göstermektedir.

4.3.2. Sürüş Sonrası Anket Soruları ile İlgili Senaryo Korelasyonları

Şekil 103'te verilen Senaryo 1 kapsamında sürüş sonrası uygulanan anket soruları ile simülör ortamında ölçülen sürüş performans değişkenleri arasındaki ilişkiler korelasyon analizi yoluyla incelenmiştir. Yapılan analizler, katılımcıların yaya geçidi ve yaya algısına ilişkin öznel değerlendirmeleri ile hız, ani hızlanma, ani yavaşlama ve şerit değişimi davranışları arasındaki etkileşimleri değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Korelasyon katsayıları, davranışsal açıdan anlamlı sayılabilecek sınırlı düzeyde ilişkiyi ortaya koymuştur.



Şekil 103. Anket soruları ve senaryo 1 ile ilgili algı korelasyon matrisi

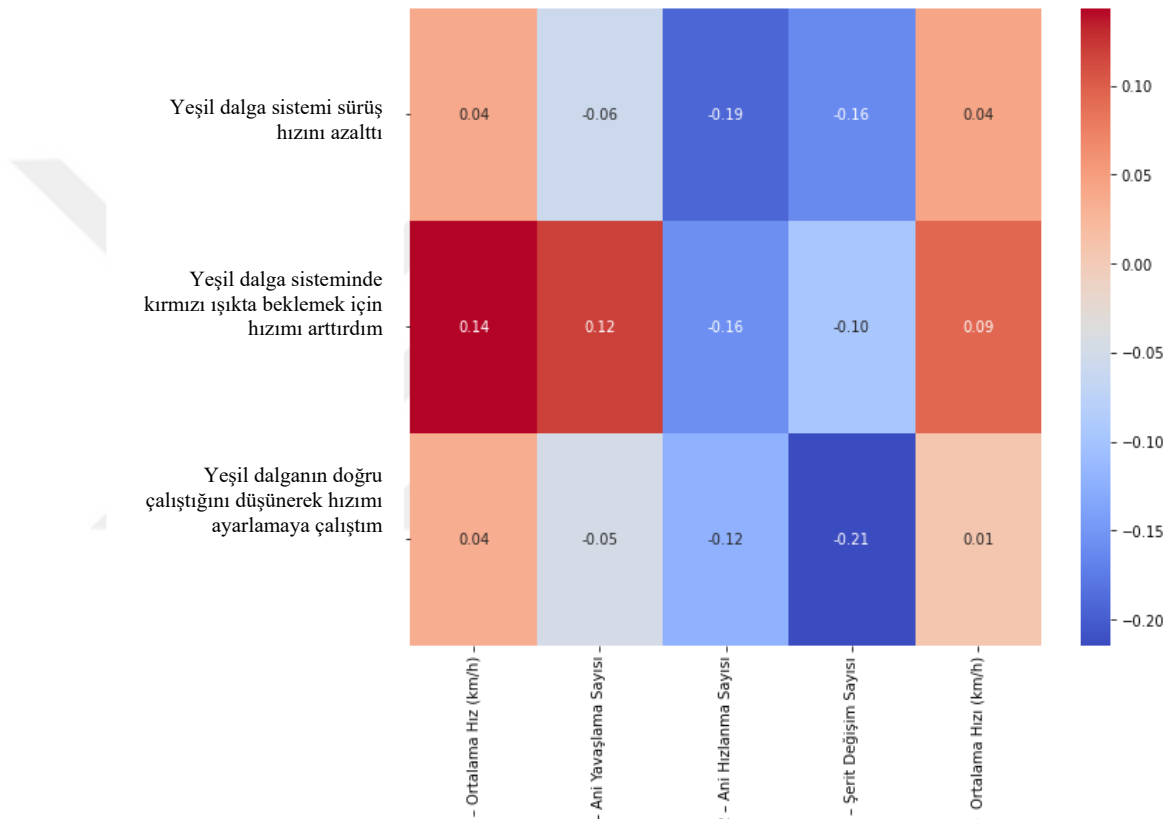
Tablo 70'te, Senaryo 1 kapsamında katılımcıların sürüş sonrası algısal değerlendirme soruları ile sürüş performans göstergeleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

Tablo 70. Senaryo 1 (yaya geçidi) sürüş sonrası anket soruları ile sürüş performansı göstergeleri arasındaki korelasyon sonuçları

Anket Sorusu	Ort. Hız	Ani Yvş.	Ani Hızl.	Şerit Değ.
Yayalara yol vermek için duran araçlar yayaları görmeme engelledi	0.01	-0.12	0.18	-0.05
Yaya geçidi tabelalarını fark edebildim	-0.04	0.00	-0.01	-0.06
Sol şeritte araçların yayalara yol vermesi tehlikeli bir durumdur	0.03	-0.03	0.00	0.11

Analiz sonuçları incelendiğinde; yayalara yol vermek için duran araçların yayaları görmeyi engellediği algısının, ani hızlanma davranışı ile düşük düzeyde pozitif ilişki ($r = 0.18$) sergilediği belirlenmiştir. Diğer anket soruları ile sürüş performansı değişkenleri arasında anlamlı düzeyde istatistiksel bir ilişki saptanmamıştır. Bu sonuç, yaya geçidi senaryosunda algısal etmenlerin sürüş dinamiğine sınırlı etkide bulunduğunu göstermektedir.

Şekil 104'te Anket soruları ile Senaryo 2 (yeşil dalga) sürüş davranışları performans değişkenleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir.



Şekil 104. Anket soruları ile Senaryo 2 sürüş davranışları korelasyon matrisi

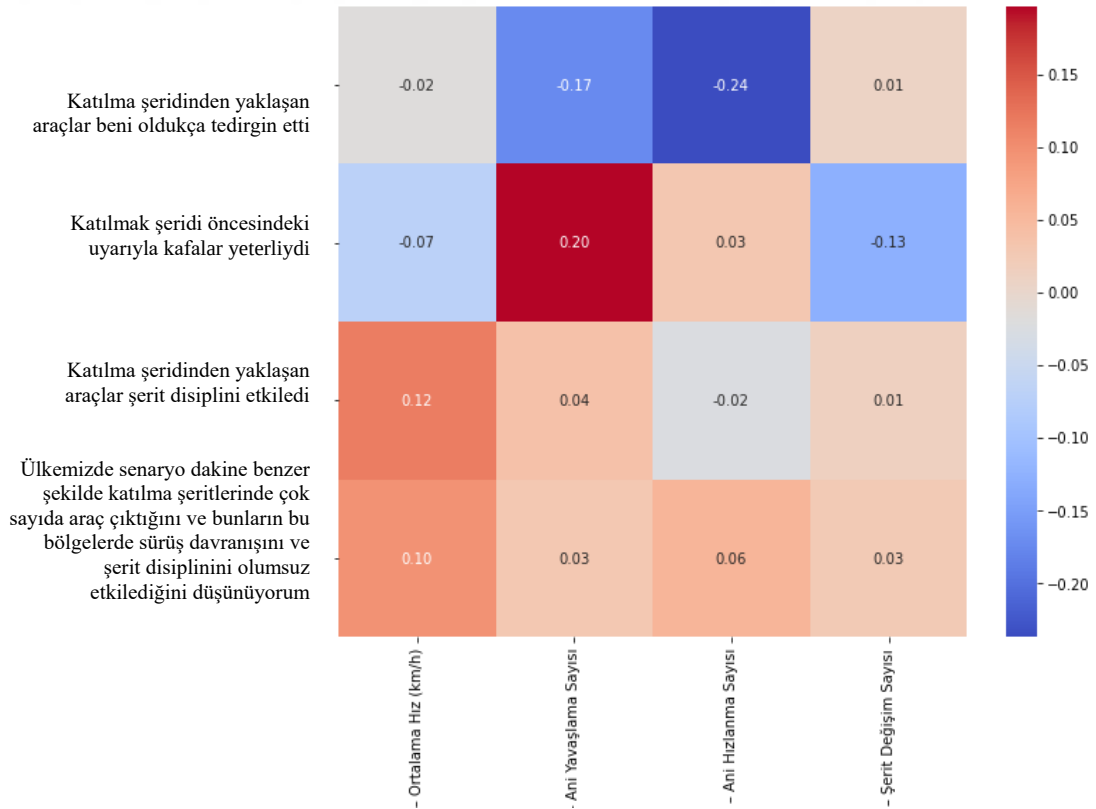
Tablo 71'de, Senaryo 2 kapsamında katılımcıların sürüş sonrası algısal değerlendirme soruları ile sürüş performans göstergeleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Yapılan korelasyon analizleri, sürüş davranışlarının katılımcıların yeşil dalga sistemine ilişkin algısal değerlendirmelerine duyarlı şekilde değişim gösterdiğini ortaya koymuştur.

Tablo 71. Senaryo 2 (yeşil dalga) kapsamında sürüş sonrası anket soruları ile sürüş performansı göstergeleri arasındaki korelasyon sonuçları

Anket sorusu	Ort. hız	Ani yavaşlama	Ani hızlanma	Şerit değişimi	Dilemma zone ort. hız
Hızımı azalttım	0.04	-0.06	-0.19	-0.16	0.04
Kırmızı ışıktaki beklemem için hızımı artırdım	0.14	0.12	-0.16	-0.10	0.09
Doğru çalıştığını düşünerek hızımı ayarladım	0.04	-0.05	-0.12	-0.21	0.01

Elde edilen bulgular, sistemin doğru çalıştığına yönelik algının şerit değiştirme davranışında belirli bir düzene ve istikrara katkı sağladığını göstermektedir. Yeşil dalga sistemi ile ilgili algısal değerlendirmelerin sürüş davranışları üzerindeki etkileri genel olarak sınırlı düzeydedir. Ancak sistemin doğru çalıştığını düşünme algısı, şerit değişim davranışında hafif azalma ile ilişkilidir.

Şekil 105'te Senaryo 3 kapsamında katılımcıların katılma şeridi ve katılma bölgelerine ilişkin sürüş sonrası algısal değerlendirmeleri ile simülatör ortamında ölçülen sürüş performans değişkenleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Yapılan korelasyon analizleri, katılma bölgelerine ilişkin algının sürüş davranışları üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Analizler, belirli değişken çiftleri arasında sınırlı ancak davranışsal açıdan dikkate değer bazı ilişkileri ortaya koymuştur.



Şekil 105. Senaryo 3 sürüş sonrası anket soruları ile sürüş performansı değişkenleri arasındaki Pearson korelasyon matrisi

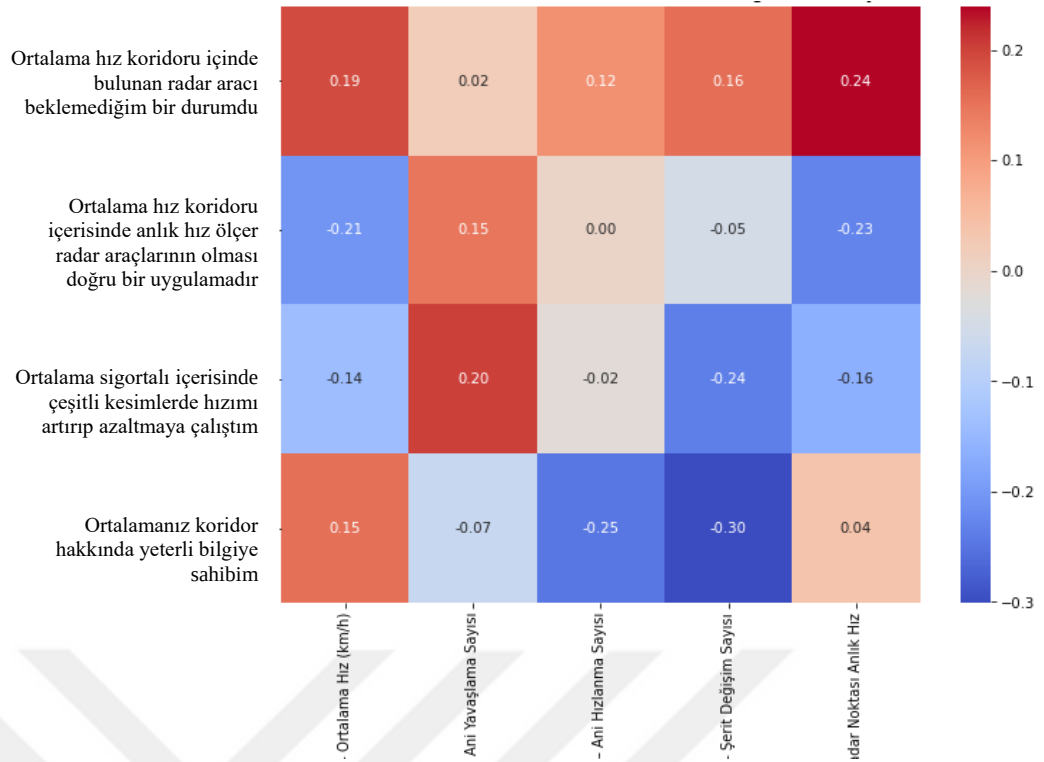
Tablo 72’de, Senaryo 3 kapsamında katılımcıların sürüş sonrası algısal değerlendirme soruları ile sürüş performans göstergeleri arasındaki ilişkiler sunulmaktadır. Korelasyon katsayıları üzerinden sürüş davranışlarıyla ilişkili anlamlı etkileşimler değerlendirilmiştir.

Tablo 72. Senaryo 3 kapsamında sürüş sonrası anket soruları ile sürüş performansı göstergeleri arasındaki korelasyon sonuçları

Anket Sorusu	Ortalama Hız	Ani Yavaşlama	Ani Hızln.	Şerit Değ.
Katılma şeridinden yaklaşan araçlar beni tedirgin etti	0.02	-0.17	0.24	0.01
Katılma şeridi öncesindeki uyarı levhaları yeterliydi	-0.07	0.20	0.03	-0.19
Katılma şeridindeki araçlar şerit disiplinini etkiledi	0.12	0.01	0.02	0.01
Ülkemizde katılma bölgelerinde araçlar şerit disiplinini olumsuz etkiliyor	0.10	0.03	0.06	0.03

Senaryo 3 kapsamında Elde edilen bulgular, katılma şeridinden yaklaşan araçlara yönelik tedirginlik algısı arttıkça sürücülerde ani hızlanma eğiliminin yükseldiği ($r = 0.24$), bu durumun stres kaynaklı hızlanma reflekslerini tetikleyebileceği değerlendirilmektedir. Öte yandan, katılma şeridi öncesinde yer alan uyarı levhalarının yeterliliğine yönelik olumlu algının artmasıyla ani yavaşlama davranışlarının da paralel biçimde arttığı ($r = 0.20$) görülmektedir. Bu bulgu, algılanan uyarı sistemlerinin frenleme davranışlarını aktive edebileceğini göstermektedir.

Şekil 106’da Senaryo 4 kapsamında katılımcıların ortalama hız koridoru ve sabit radar uygulamasına ilişkin sürüş sonrası algısal değerlendirmeleri ile sürüş performans değişkenleri arasındaki ilişkiler korelasyon analizi ile değerlendirilmiştir. Yapılan analizler, hız koridoru sistemine yönelik algının sürüş davranışlarına olan etkilerini ortaya koymayı amaçlamaktadır.



Şekil 106. Senaryo 4 sürüş sonrası anket soruları ile sürüş performansı değişkenleri arasındaki Pearson korelasyon matrisi

Tablo 73'te, Senaryo 4 kapsamında katılımcıların sürüş sonrası değerlendirme soruları ile simülasyon performans çıktıları arasındaki korelasyon sonuçları sunulmaktadır.

Tablo 73. Senaryo 4 kapsamında sürüş sonrası anket soruları ile sürüş performansı göstergeleri arasındaki korelasyon sonuçları

Anket sorusu	Ortalama hız	Ani yavaşlama	Ani hızlanma	Şerit değişimi	Sabit radar noktası anlık hız
Radar aracı beklemediğim bir durumdu	0.19	0.02	0.12	0.16	0.24
Radar olması doğru bir uygulamadır	-0.21	0.15	0.00	-0.05	-0.23
Hızımı artırıp azaltmaya çalıştım	-0.14	0.20	-0.02	-0.24	-0.16
Ortalama hız koridoru hakkında yeterli bilgiye sahibim	0.15	-0.07	-0.25	-0.30	0.04

Senaryo 4 kapsamında elde edilen bulgular, ortalama hız koridoru ve sabit radar uygulamasına ilişkin algının sürüş davranışları üzerinde anlamlı etkiler oluşturduğunu göstermektedir. Radar aracının beklenmedik bulunması, sabit radar noktalarında hız artışına neden olabilirken; hız dalgalanması yaşayan sürücülerde ani yavaşlama davranışları artış göstermektedir. Öte yandan, ortalama hız koridoru hakkında bilgi düzeyi yüksek olan sürücüler hem ani hızlanma hem de şerit değişimi davranışlarında daha stabil ve kontrollü bir sürüş sergilemektedir.

4.4. Simülör Verilerinin İrdelenmesi

4.4.1 Sürücü Davranışlarına Ait Temel Tanımlayıcı Göstergeler

Çalışma kapsamında analiz edilen sürücü davranışlarına ilişkin temel değişkenlerin betimsel istatistikleri Tablo 74’te sunulmuştur. Bu tabloda, her bir öznitelige ait ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler aracılığıyla verilerin dağılım özellikleri ve merkezi eğilim ölçütleri ortaya konulmuştur. Böylece, sürücülerin simülör ortamındaki performansları, değişkenler düzeyinde gözlemlenebilen varyasyonlar üzerinden sistematik şekilde değerlendirilmiştir.

Tablo 74. Özniteliklerin tanımlayıcı istatistikleri

Öznitelik Adı	Toplam	Ort.	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
Ortalama Hız	107	76.85	14.81	48.64	113.46
Ani İvmelenme Sayısı	107	2.18	3.70	0.00	12.00
Ortalama İvme	107	13.87	4.19	0.00	19.00
Geçerli Hız Limitlerine Uyma Oranı	107	40.31	17.62	12.00	69.00
Şerit Değişim Sayısı	107	53.36	23.70	13.85	118.20
Ortalama Yanal Mesafe	107	102.29	32.62	42.62	187.51
Senaryoların Hız Değişim Oranı	107	1.05	1.00	0.00	4.00
Senaryoların Şerit Değişim Oranı	107	34.72	7.98	15.65	55.17

Tablo 74’te sunulan tanımlayıcı istatistikler, çalışmada yer alan sekiz temel öznenliğin dağılım özelliklerini ortaya koymaktadır. Ortalama hız değeri 76.85 km/saat olup, bu değişken 48.64 ile 113.46 km/saat arasında bir dağılım göstermektedir. Standart sapmanın 14.81 olması, sürücüler arasında hız tercihleri açısından dikkate değer farklılıklar olduğunu göstermektedir.

Ani ivmelenme sayısı, ortalama 2.18 olarak belirlenmiş ve minimum 0 ile maksimum 12 arasında değişmiştir. Bu durum, bazı sürücülerin tamamen dengeli sürüş profili sergilerken, bazılarının agresif sürüş özellikleri gösterebildiğini ortaya koymaktadır.

Ortalama ivme değişkeni için ortalama değeri 13.87 m/s² olup, bu değişkenin 0.00 ile 19.00 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Özellikle minimum değerin sıfır olması, bazı sürücülerin oldukça durağan bir hızlanma profiline sahip olduğunu düşündürmektedir. Geçerli hız limitlerine uyma oranı ortalama %40.31 ile nispeten düşük bir düzeyde gerçekleşmiştir; bu durum, sürücülerin çoğunlukla hız limitlerinin üzerine çıktığını ortaya koymaktadır. Bu değişkenin 12 ile 69 arasında değişmesi, hız limitlerine uyumun bireyler arasında oldukça değişken olduğunu göstermektedir.

Şerit değişim sayısı, ortalama 53.36 ile hesaplanmış ve 13.85 ile 118.20 arasında oldukça geniş bir dağılım göstermiştir. Standart sapmanın 23.70 olması, sürücüler arası

şerit değiştirme davranışlarında önemli farklılıklar bulunduğu işaret etmektedir. Benzer şekilde, ortalama yanal mesafe 102.29 m olarak belirlenmiş, 42.62 m ile 187.51 m arasında değişmiştir. Bu değerler, sürücülerin şerit merkezine olan mesafelerini kontrol etme şekillerinin değişken olduğunu göstermektedir.

Senaryoların hız değişim oranı, 0.00 ile 4.00 arasında değişmiş olup, ortalama 1.05 değeri sürücülerin genel olarak benzer hız değişim eğilimleri sergilediğini düşündürmektedir. Diğer yandan, senaryoların şerit değişim oranı ortalama 34.72 olarak elde edilmiş ve 15.65 ile 55.17 arasında farklılık göstermiştir. Bu sonuç, bazı sürücülerin senaryolar süresince daha yoğun şerit değiştirme davranışı sergilediğini göstermektedir.

Genel olarak, veri setinde yer alan tüm öznitelikler, sürücülerin farklı davranış profillerini temsil edebilecek düzeyde çeşitlilik sunmaktadır. Özellikle yüksek standart sapma değerleri ve minimum-maksimum değerler arasındaki geniş aralıklar, değişkenlerin sınıflandırma modellerinde ayırıştırıcı güç taşıdığını göstermektedir.

4.4.1.1 Senaryo Bazlı Temel Betimsel İstatistiklerin Karşılaştırmalı Özeti

Simülatör ortamında gerçekleştirilen sürüşler sonucunda her bir senaryo kapsamında sürücülerin hız, şerit değişimi, ani hızlanma ve ani yavaşlama davranışlarına ilişkin temel betimsel istatistikler hesaplanmıştır. Tablo 75 ve Tablo 76’da verilen bulgular, senaryo bazlı sürüş performansının başlangıç düzeydeki genel dağılım özelliklerini ortaya koyarak sonraki istatistiksel değerlendirmelere temel oluşturmayı amaçlamaktadır.

Tablo 75. Senaryo 1’e ait ortalama hız ve şerit değişim davranışlarına ilişkin temel betimsel istatistikler

Açıklama	Senaryo 1 – ortalama hız (km/h)	Senaryo 1 – şerit değişim sayısı
Sayı	107.000000	107.000000
Ortalama	34.718058	1.046729
Standart sapma	7.978313	1.003608
Minimum	15.646400	0.000000
25%	29.228305	0.000000
50%	34.843397	1.000000
75%	40.645222	2.000000
Maksimum	55.165400	4.000000

Tablo 76. Senaryo 1'e ait ani hızlanma ve ani yavaşlama davranışlarına ilişkin temel betimsel istatistikler

Açıklama	Senaryo 1 – ani hızlanma sayısı	Senaryo 1 – ani yavaşlama sayısı
Sayı	107.000000	107.000000
Ortalama	0.158879	2.925234
Standart sapma	0.568837	3.137422
Minimum	0.000000	0.000000
25%	0.000000	0.000000
50%	0.000000	2.000000
75%	0.000000	5.000000
Maksimum	4.000000	12.000000

Senaryo 1 kapsamında sürücülerden elde edilen ortalama hız, şerit değişim sayısı, ani hızlanma ve ani yavaşlama davranışlarına ilişkin temel betimsel istatistikler tablo halinde özetlenmiştir. Ortalama hız değerinin 34.72 km/s düzeyinde olduğu ve hız dağılımının dar bir aralıkta yoğunlaştığı gözlemlenmiştir. Şerit değişim sayısı ortalaması ise 1.05 olup, sürücülerin bu senaryoda sınırlı sayıda şerit değişimi gerçekleştirdiği anlaşılmaktadır. Ani hızlanma olayları genel olarak oldukça düşük seviyelerde gerçekleşmiş ve büyük ölçüde sıfır değerinde yoğunlaşmıştır. Ani yavaşlama davranışı ise diğer değişkenlere göre daha yüksek varyasyon göstermiş, ortalama 2.93 olay ile geniş bir dağılım sergilemiştir. Bu bulgular, Senaryo 1'deki yaya güvenliği odaklı koşulların sürücü davranışlarını temkinli ve kontrollü bir sürüş profiline yönlendirdiğini göstermektedir.

Senaryo 2 kapsamında sürücülerin dilemma zone ortalama hızları, genel hız seviyeleri, şerit değişim sayıları, ani hızlanma ve ani yavaşlama davranışlarına ilişkin temel betimsel istatistikler hesaplanmıştır ve Tablo 77, Tablo 78 ve Tablo 79'da verilmiştir. Bu veriler, yeşil dalga sistemi altındaki sürüş davranışlarının genel dağılım özelliklerini ortaya koymaktadır.

Tablo 77. Senaryo 2'ye ait dilemma zone ortalama hızına ilişkin temel betimsel istatistikler

Açıklama	Senaryo 2 dilemma zone ort. hızı (km/h)
Sayı	107.000000
Ortalama	53.357393
Standart sapma	23.700314
Minimum	13.850664
25%	38.905486
50%	48.879702
75%	61.801790
Maksimum	118.201389

Tablo 78. Senaryo 2'ye ait ortalama hız ve şerit değişim davranışlarına ilişkin temel betimsel istatistikler

Açıklama	Senaryo 2 – ortalama hız (km/h)	Senaryo 2 – şerit değişim sayısı
Sayı	107.000000	107.000000
Ortalama	84.630083	2.439252
Standart sapma	18.309753	2.124332
Minimum	41.933486	0.000000
25%	73.053791	0.000000
50%	80.262543	2.000000
75%	99.558257	4.000000
Maksimum	123.655212	8.000000

Tablo 79. Senaryo 2'ye ait ani hızlanma ve ani yavaşlama davranışlarına ilişkin temel betimsel istatistikler

Açıklama	Senaryo 2 – ani hızlanma sayısı	Senaryo 2 – ani yavaşlama sayısı
Sayı	107.000000	107.000000
Ortalama	0.214953	2.962617
Standart sapma	0.629885	3.913993
Minimum	0.000000	0.000000
25%	0.000000	0.000000
50%	0.000000	1.000000
75%	0.000000	5.000000
Maksimum	4.000000	16.000000

Senaryo 2 kapsamında elde edilen temel betimsel istatistikler üç farklı davranış göstergesi üzerinden analiz edilmiştir. Dilemma zone bölgesindeki ortalama hız değerleri 53.36 km/s seviyesinde gerçekleşmiş ve oldukça geniş bir dağılım göstermiştir. Genel ortalama hız ise 84.63 km/s olup, bu senaryoda sürücülerin hız tercihleri 42 ile 124 km/s arasında değişmiştir. Şerit değişim davranışında ise ortalama 2.44 değişimle, sürücülerin yeşil dalga sistemiyle uyum sağlamak için sık sık şerit değiştirdikleri görülmektedir. Ani hızlanma davranışları düşük seviyede gözlemlenmiş ve büyük ölçüde sıfır değerine yakın seyretmiştir. Ani yavaşlama davranışında ise ortalama 2.96 olay ile geniş bir varyasyon gözlenmiş ve bazı sürücülerde 16'ya kadar sert frenleme davranışları kaydedilmiştir. Bu bulgular, yeşil dalga sisteminin genel hız kontrolünü sağlarken sürücüler üzerinde zaman zaman yoğun şerit değiştirme ve ani frenleme davranışları oluşturabileceğini ortaya koymaktadır.

Senaryo 3 kapsamında sürücülerin genel hız düzeyleri, şerit değişim sıklıkları, ani hızlanma ve ani yavaşlama davranışlarına ilişkin temel betimsel istatistikler hesaplanmış ve Tablo 80, Tablo 81'de verilmiştir. Bu veriler, hız koridoru uygulamasının sürüş davranışları üzerindeki etkilerini ortaya koymaktadır.

Tablo 80. Senaryo 3'e ait ortalama hız ve şerit değişim davranışlarına ilişkin temel betimsel istatistikler

Açıklama	Senaryo 3 – ortalama hız (km/h)	Senaryo 3 – şerit değişim sayısı
Sayı	107.000000	107.000000
Ortalama	93.953031	0.495327
Standart sapma	22.636764	0.816964
Minimum	42.194126	0.000000
25%	80.784132	0.000000
50%	89.934000	0.000000
75%	105.751734	1.000000
Maksimum	156.873766	4.000000

Tablo 81. Senaryo 3'e ait ani hızlanma ve ani yavaşlama davranışlarına ilişkin temel betimsel istatistikler

Açıklama	Senaryo 3 – ani hızlanma sayısı	Senaryo 3 – ani yavaşlama sayısı
Sayı	107.000000	107.000000
Ortalama	0.018692	2.504673
Standart sapma	0.136071	3.593426
Minimum	0.000000	0.000000
25%	0.000000	0.000000
50%	0.000000	0.000000
75%	0.000000	5.000000
Maksimum	1.000000	13.000000

Senaryo 3'e ait temel betimsel istatistikler, hız koridoru uygulamasının sürücüler üzerindeki davranışsal etkilerini detaylı şekilde yansıtmaktadır. Ortalama hız değeri 93.95 km/s olup, bu senaryo diğerlerine kıyasla en yüksek hız eğiliminin gözlemlendiği senaryo olmuştur. Şerit değişim sayısı ortalama 0.50 olup, sürücüler büyük oranda şerit değiştirmeden sabit şerit takibi yapmıştır. Ani hızlanma davranışları neredeyse hiç gözlemlenmemiş; ortalama 0.02 olay ile son derece sınırlı kalmıştır. Ani yavaşlama davranışları ise ortalama 2.50 olay ile sınırlı düzeyde gözlenmiş, ancak maksimum 13 olayla zaman zaman sert frenleme davranışları ortaya çıkmıştır. Elde edilen bulgular, hız koridoru sisteminin sürücüleri yüksek hızlara yönlendirdiğini ancak ani hızlanma ve şerit değişim davranışlarını büyük ölçüde sınırlandırdığını göstermektedir.

Senaryo 4 kapsamında sürücülerin hız düzeyleri, şerit değişim sıklıkları, ani hızlanma ve ani yavaşlama davranışlarına ilişkin temel betimsel istatistikler hesaplanmış ve Tablo 82, Tablo 83'te verilmiştir. Bu veriler, hız koridoru ve sabit radar uygulamasının birleşik etkilerini değerlendirmek amacıyla analiz edilmiştir.

Tablo 82. Senaryo 4'e ait ortalama hız ve şerit değişim davranışlarına ilişkin temel betimsel istatistikler

Açıklama	Senaryo 4 – ortalama hız (km/h)	Senaryo 4 – şerit değişim sayısı
Sayı	107.000000	107.000000
Ortalama	92.950607	2.897196
Standart sapma	23.048904	2.910406
Minimum	48.909402	0.000000
25%	78.475651	1.000000
50%	88.005652	2.000000
75%	99.611962	3.500000
Maksimum	158.982687	13.000000

Tablo 83. Senaryo 4’e ait ani hızlanma ve ani yavaşlama davranışlarına ilişkin temel betimsel istatistikler

Açıklama	Senaryo 4 – ortalama hız (km/h)	Senaryo 4 – şerit değişim sayısı
Sayı	107.000000	107.000000
Ortalama	0.299065	2.626168
Standart sapma	1.938755	4.285833
Minimum	0.000000	0.000000
25%	0.000000	0.000000
50%	0.000000	0.000000
75%	0.000000	4.000000
Maksimum	19.000000	21.000000

Senaryo 4’e ait temel betimsel istatistikler, hız koridoru ve sabit radar sistemlerinin sürüş davranışları üzerindeki birleşik etkilerini ortaya koymaktadır. Ortalama hız değeri 92.95 km/s olarak hesaplanmış ve geniş bir hız aralığı içinde sürücülerin çoğunluğunun hız limitlerine yakın seviyelerde seyrettiği gözlemlenmiştir. Şerit değişim davranışı ortalama 2.90 ile Senaryo 3’e kıyasla belirgin şekilde daha sık gerçekleşmiştir. Ani hızlanma davranışlarında ortalama 0.30 olay gözlenmiş; bununla birlikte maksimum değer 19’a kadar çıkmış ve bazı sürücülerde yüksek ani hızlanma eğilimleri ortaya çıkmıştır. Ani yavaşlama davranışları ise ortalama 2.63 olay ile genel olarak sınırlı kalmış; ancak maksimum 21 olay ile zaman zaman sert frenleme davranışları da gözlemlenmiştir. Bu bulgular, hız koridoru ve sabit radar sistemlerinin birlikte uygulandığı durumda hız kontrolünün büyük ölçüde sağlandığını, ancak bazı sürücülerde ani hız değişimlerine yönelik bireysel eğilimlerin varlığını sürdürdüğünü göstermektedir.

4.4.2. Sürücü Davranışlarının Sayısal Modellenmesi

Sürücülerin farklı trafik senaryoları altındaki davranışsal performans göstergelerini sayısal olarak modellemek amacıyla, temel sürüş davranışlarına ilişkin değişkenler sistematik biçimde kodlanmıştır. Bu değişkenler, katılımcıların hız yönetimi, şerit değiştirme, ani hızlanma ve ani yavaşlama gibi kritik davranışlarını analiz etmeye olanak sağlayarak, trafik güvenliği açısından riskli eğilimleri nicel olarak değerlendirmek için yapılandırılmıştır. Ayrıca sürücülerin senaryolara verdiği davranışsal tepkilerin karşılaştırmalı analizine imkân tanıyacak şekilde tasarlanmıştır.

Aşağıda sunulan Tablo 84, her bir trafik senaryosu kapsamında tanımlanan davranışsal performans göstergelerinin değişken kodlarını ve karşılık gelen açıklamalarını detaylandırmaktadır. Bu kodlama sistemi, ilerleyen bölümlerde gerçekleştirilecek istatistiksel analizlerin tutarlı bir şekilde yürütülmesi ve yorumlanması açısından referans niteliği taşımaktadır.

Tablo 84. Senaryoya dayalı davranışsal performans göstergeleri değişken kodlamaları

Kod	Değişken	Kod	Değişken
S1	Ortalama Hız (Km/h)	S12	Senaryo2 – Ani Hızlanma Sayısı
S2	Toplam Ani Hızlanma Sayısı	S13	Senaryo2 – Ani Yavaşlama Sayısı
S3	Toplam Ani Frenleme Sayısı	S14	Senaryo3 – Ortalama Hız (Km/h)
S4	Toplam Şerit Değişim Sayısı	S15	Senaryo3 – Şerit Değişim Sayısı
S5	Senaryo1 – Ortalama Hız (Km/h)	S16	Senaryo3 – Ani Hızlanma Sayısı
S6	Senaryo1 – Şerit Değişim Sayısı	S17	Senaryo3 – Ani Yavaşlama Sayısı
S7	Senaryo1 – Ani Hızlanma Sayısı	S18	Senaryo4 – Ortalama Hız (Km/h)
S8	Senaryo1 – Ani Yavaşlama Sayısı	S19	Senaryo4 – Şerit Değişim Sayısı
S9	Dilemma Zone – Ortalama Hız (Km/h)	S20	Senaryo4 – Ani Hızlanma Sayısı
S10	Senaryo2 – Ortalama Hız (Km/h)	S21	Senaryo4 – Ani Yavaşlama Sayısı
S11	Senaryo2 – Şerit Değişim Sayısı	S22	Sabit Radar Noktası Anlık Hız

Tablo 84’te sunulan değişken kodlamaları, farklı trafik senaryolarında sürücülerin hız yönetimi, şerit değiştirme, ani hızlanma ve ani yavaşlama gibi davranışsal performans göstergelerinin sistematik bir şekilde analiz edilmesini kolaylaştırmak amacıyla yapılandırılmıştır. Bu değişkenler, sürüş davranışlarının nicel olarak modellenmesine olanak tanımakta ve sürücünün trafik koşullarına uyum sürecindeki tepkilerini ayrıntılı şekilde değerlendirmek için temel bir çerçeve sunmaktadır.

4.4.3 Sürüş Performans Göstergeleri Arasındaki Korelasyon

Çalışma kapsamında elde edilen sürüş performans verileri arasındaki ilişkilerin ortaya konulması amacıyla gerçekleştirilen korelasyon analizi, modelleme sürecinde dikkate alınması gereken yapısal benzerlikler hakkında öngörüler sunmaktadır. Tablo 85’te sunulan öznelilikler arası korelasyon katsayıları, değişkenler arasındaki doğrusal ilişkinin yönünü ve gücünü istatistiksel olarak belirlemekte; bu durum, sürüş davranışlarının hangi değişkenler etrafında kümelendiğini anlamaya katkı sağlamaktadır.

Elde edilen bu bulgular hem regresyon analizlerinin kurulmasına hem de makine öğrenmesi modellerinde değişken seçimi süreçlerine yön verecek niteliktedir.

Tablo 85. Öznelilikler arası korelasyon değerleri

Değişken 1	Değişken 2	r	İlişki Gücü
Ortalama Hız (km/sa)	Senaryo Şerit Değişim Oranı	0.193	Zayıf
	Şerit Değişim Sayısı	0.218	Zayıf
	Senaryolar Hız Değişim Oranı	0.272	Zayıf
	Ort. İvme (m/s ²)	0.318	Zayıf
	Ani İvmelenme Sayısı	-0.356	Zayıf
	Ortalama Yanal Mesafe (m)	-0.326	Zayıf
	Geçerli Hız Limitine Uyuma Oranı	-0.127	Zayıf

Tablo 85. (Devamı)

Değişken 1	Değişken 2	r	İlişki Gücü
Ani İvmelenme Sayısı	Senaryo Şerit Değişim Oranı	0.178	Zayıf
	Şerit Değişim Sayısı	-0.282	Zayıf
	Geçerli Hız Limitine Uyuma Oranı	0.317	Zayıf
	Senaryolar Hız Değişim Oranı	0.843	Güçlü
	Ortalama Yanal Mesafe (m)	-0.353	Zayıf
	Ort. İvme (m/s ²)	-0.202	Zayıf
Ort. İvme (m/s ²)	Geçerli Hız Limitine Uyuma Oranı	0.205	Zayıf
	Ortalama Yanal Mesafe (m)	0.193	Zayıf
	Senaryolar Hız Değişim Oranı	0.218	Zayıf
	Senaryo Şerit Değişim Oranı	0.272	Zayıf
	Şerit Değişim Sayısı	0.318	Zayıf
Geçerli Hız Limitine Uyuma Oranı	Senaryo Şerit Değişim Oranı	-0.356	Zayıf
	Şerit Değişim Sayısı	-0.326	Zayıf
	Senaryolar Hız Değişim Oranı	-0.127	Zayıf
	Ortalama Yanal Mesafe (m)	0.178	Zayıf
Şerit Değişim Sayısı	Ortalama Yanal Mesafe (m)	-0.282	Zayıf
	Senaryolar Hız Değişim Oranı	0.317	Zayıf
	Senaryo Şerit Değişim Oranı	0.843	Güçlü
Ortalama Yanal Mesafe (m)	Senaryo Şerit Değişim Oranı	-0.353	Zayıf
	Senaryolar Hız Değişim Oranı	-0.202	Zayıf
Senaryolar Hız Değişim Oranı	Senaryo Şerit Değişim Oranı	0.205	Zayıf

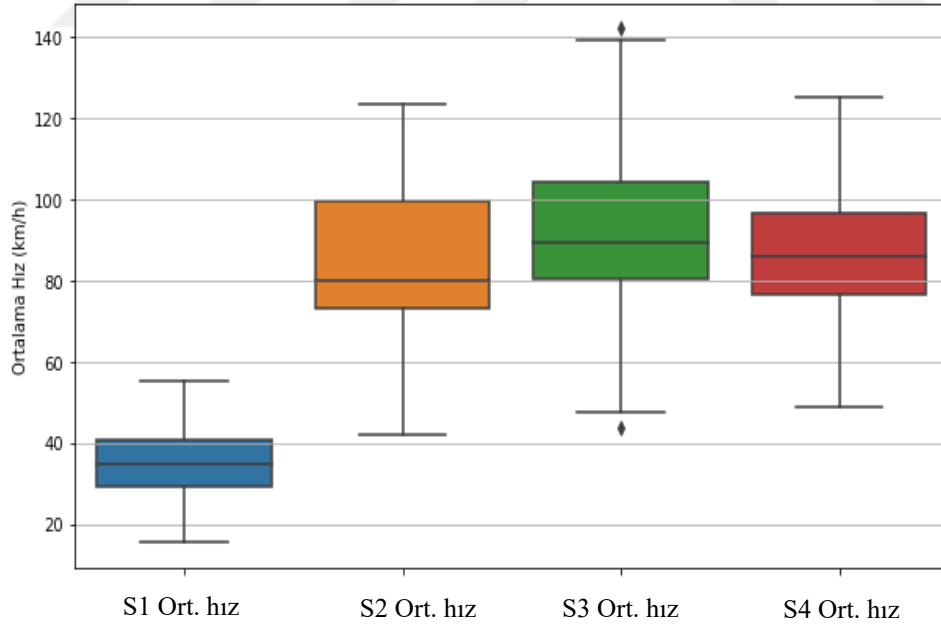
Tablo 85’te sunulan korelasyon değerleri, değişkenler arasında genel olarak zayıf düzeyde ilişkiler bulunduğunu göstermektedir. Bu durum, özniteliklerin büyük ölçüde birbirinden bağımsız bilgi taşıdığına işaret etmektedir. Ancak bazı değişkenler arasında dikkat çeken güçlü ilişkiler de mevcuttur. Örneğin, şerit değişim sayısı ile senaryo şerit değişim oranı arasında gözlemlenen 0.843’lük pozitif korelasyon, bu iki özneliliğin birlikte kullanılması durumunda çoklu doğrusallık (multicollinearity) problemini artırabileceğini göstermektedir. Bu tür ilişkilerin, özellikle makine öğrenmesi modellerine değişken seçimi yapılırken dikkate alınması gerekmektedir (Kuhn ve Johnson, 2013).

Benzer şekilde, ani ivmelenme sayısı ile ortalama ivme arasındaki -0.202’lik zayıf korelasyon, bu özniteliklerin aynı fiziksel süreci farklı yönlerden temsil ettiğini düşündürmektedir. Diğer yandan, düşük korelasyon değerlerinin çokluğu, değişkenlerin bağımsız özellik taşıdığı izlenimini uyandırır da bu özniteliklerin sınıflandırma algoritmalarına etkisi ancak boyut indirgeme teknikleri kullanılarak değerlendirildiğinde netleşecektir.

Zayıf düzeydeki korelasyonların çok sayıda bulunması, ilgili özniteliklerin doğrudan modele dâhil edilmesi için yeterli bir gerekçe oluşturmaz. Bu tür değişkenler, modelin anlamlılık düzeyini düşürebilir ve yapay ilişki varsayımlarına yol açabilir. Bu nedenle, öznitelik seçimi sürecinde yalnızca korelasyon katsayısına dayanmak yerine, istatistiksel anlamlılık, değişkenler arası çoklu bağlantı ve modele katkı düzeyi gibi ek kriterlerin de dikkate alınması önem arz etmektedir.

Veri setinin sınırlı olduğu durumlarda (örneğin $N < 150$), çok sayıda değişkenin kullanılması model karmaşıklığını artırabilir, bu da aşırı uyum (overfitting) gibi istenmeyen sonuçlara yol açabilir (James vd., 2013). Bu nedenle, değişken seçim süreci yalnızca korelasyonlara değil, aynı zamanda modelin doğruluk ve genelleme performansına göre yapılandırılmalıdır.

Ortalama hız bulgularının yorumu ve senaryo bazlı değerlendirme yapılabilmesi amacıyla, farklı trafik yönetim stratejilerinin sürücülerin hız davranışları üzerindeki etkileri ayrıntılı şekilde incelenmiş; senaryo bazlı ortalama hız dağılımları analiz edilerek sürücülerin hız profilleri karşılaştırmalı biçimde değerlendirilmiş ve elde edilen eğilimler istatistiksel bulgular ışığında yorumlanmıştır. Şekil 107’de senaryoların ortalama hız dağılımları karşılaştırılmıştır.



Şekil 107. Senaryolar arasında ortalama hız dağılımlarının karşılaştırılması

Farklı trafik senaryoları altında sürücülerin göstermiş oldukları ortalama hız dağılımları incelendiğinde, senaryolar arasında belirgin farklılıklar gözlemlenmiştir.

- Senaryo 1’de (yaya geçidi ve yayalara yönelik özel senaryo) sürücülerin ortalama hız değerleri anlamlı biçimde düşük seviyelerde kalmış, medyan

hız yaklaşık 35–40 km/h düzeyinde gerçekleşmiştir; bu durum, yaya güvenliği vurgusunun sürücülerin hız davranışını azaltıcı yönde etkilediğini göstermektedir.

- Buna karşın, Senaryo 2 (yeşil dalga), Senaryo 3 (hız koridoru) ve Senaryo 4 (hız koridoru + sabit radar) senaryolarında medyan hızlar 80–95 km/h aralığında ölçülmüş ve bu senaryolar arasında anlamlı farklılık tespit edilmemiştir. Söz konusu sonuç, hız yönetimi amacıyla uygulanan trafik kontrol stratejilerinin sürücülerin hız davranışını belirli bir aralıkta dengelemede etkili olduğunu ve benzer hız profillerinin oluşmasına katkı sağladığını göstermektedir.
- Ayrıca, Senaryo 4’te sabit radar uygulamasına rağmen üst hız sınırını aşan bireysel örnekler gözlemlenmiş, bu da sabit radarların yüksek hız eğilimlerini tamamen ortadan kaldırmakta sınırlı kalabileceğini işaret etmiştir.

Sonuç olarak, analiz edilen senaryolar farklı trafik yönetim yaklaşımlarının sürücü davranışları üzerinde anlamlı etkiler yarattığını ve hız kontrol stratejilerinin özellikle yüksek hızların kontrol altına alınmasında önemli rol oynadığını ortaya koymaktadır.

4.4.4. Senaryo Bazlı Ortalama Hız Davranışları Arasındaki Korelasyon Analizi

Senaryolar arasında sürücülerin hız davranışlarının tutarlılığını değerlendirmek amacıyla bireysel ortalama hız değerleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Bu kapsamda, farklı trafik yönetim stratejilerinin hız davranışları üzerindeki benzerlik ve farklılıklarını ortaya koymak üzere Tablo 86’da verilen Spearman korelasyon analizi uygulanmıştır.

Tablo 86. Senaryolar arasında ortalama hız değerlerine ilişkin spearman korelasyon matrisi

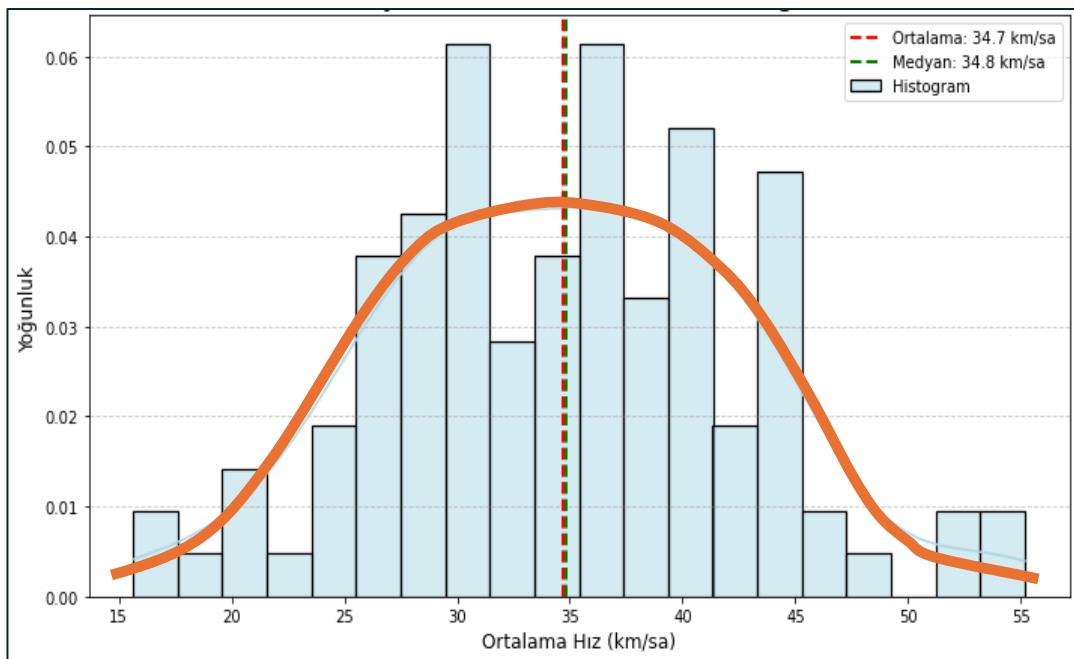
	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4
Senaryo 1	1.000000	0.312173	0.399430	0.414742
Senaryo 2	0.312173	1.000000	0.464537	0.500313
Senaryo 3	0.399430	0.464537	1.000000	0.639433
Senaryo 4	0.414742	0.500313	0.639433	1.000000

Farklı trafik senaryoları altındaki sürücülerin ortalama hız değerleri arasındaki ilişki Spearman korelasyon analizi ile değerlendirilmiştir. Analiz sonucunda, hız kontrol stratejilerinin uygulandığı senaryolar arasında orta düzeyde pozitif korelasyonlar tespit edilmiştir.

Senaryo 2 ile Senaryo 3 ($r=0.4645$) ve Senaryo 2 ile Senaryo 4 ($r=0.5003$) arasındaki korelasyonlar, sürücülerin bu iki senaryoda benzer hız davranışları sergilediğini göstermektedir. Benzer şekilde Senaryo 3 ile Senaryo 4 ($r=0.6394$) arasındaki yüksek korelasyon, hız koridoru ve sabit radar uygulamalarının hız davranışını büyük ölçüde uyumlu hale getirdiğini işaret etmektedir. Buna karşılık, Senaryo 1 ile diğer senaryolar arasındaki korelasyonlar (Senaryo 1- Senaryo 2: $r=0.3121$, Senaryo 1- Senaryo 3: $r=0.3993$, Senaryo 1- Senaryo 4: $r=0.4147$) daha düşük seviyede kalmış ve farklı senaryo koşullarının sürücüler üzerinde farklı hız profilleri oluşturduğunu ortaya koymuştur. Bu bulgular, hız yönetimi uygulamalarının hız davranışını uyumlaştırma potansiyelini desteklemekte, ancak yaya güvenliği odaklı koşullarda (Senaryo 1 gibi) sürücülerin daha farklı ve daha düşük hız tercihleri sergilediğini göstermektedir.

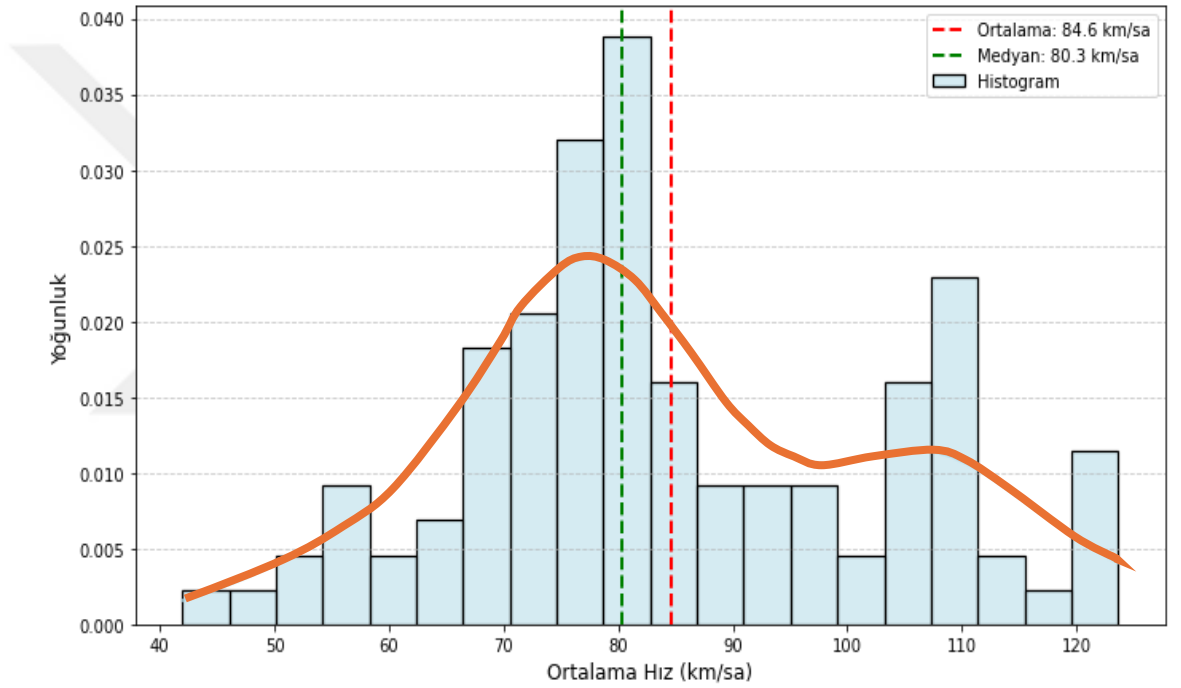
4.4.5. Senaryolar Arasında Ortalama Hız Değerlendirmeleri

Ortalama hız davranışlarının dağılım yapısını daha ayrıntılı inceleyebilmek amacıyla histogram ve yoğunluk (KDE) analizleri gerçekleştirilmiştir. Senaryo 1 kapsamında Şekil 108’de verilen verilerin sürücülerin hız davranışlarının dağılım özelliklerini daha ayrıntılı değerlendirmek amacıyla histogram ve yoğunluk (KDE) analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu analiz, yaya güvenliği odaklı senaryo koşullarında hız tercihlerinin genel yapısını ortaya koymak ve hız kontrol stratejilerinin etkinliğini görsel olarak değerlendirmek amacıyla yapılmıştır.



Şekil 108. Senaryo 1 için sürücülerin ortalama hız dağılımı

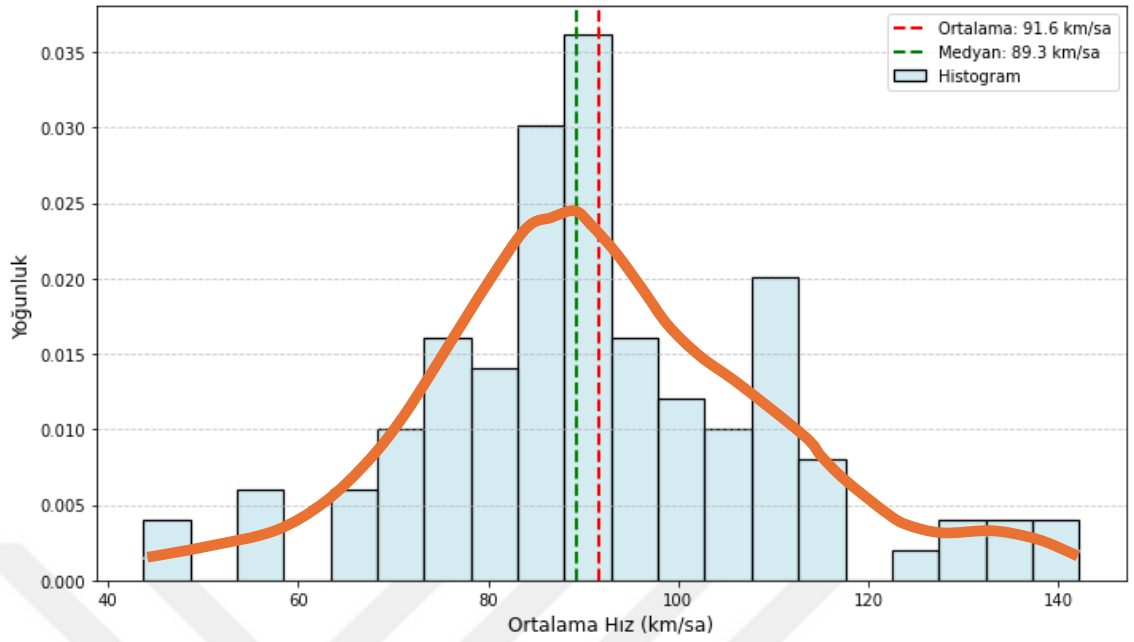
Şekil 108’de görüldüğü üzere, Senaryo 1 de sürücülerin ortalama hız değerleri 20 km/s ile 50 km/s arasında yoğunlaşmakta olup, dağılım genel olarak simetrik ve dar varyasyonlu bir yapı sergilemektedir. Ortalama hız 34.7 km/s, medyan hız ise 34.8 km/s olarak hesaplanmıştır. Bu bulgular, yaya güvenliği vurgusunun sürücülerin hız davranışını önemli ölçüde düşürdüğünü ve tüm katılımcı grubunda benzer hız profilleri oluştuğunu göstermektedir. Yüksek hız eğilimlerinin gözlenmemesi ve verilerin merkezde toplanması, sürücülerin bu senaryoda oldukça temkinli ve dikkatli sürüş sergilediğine işaret etmektedir. Ayrıca bu dağılım, hız yönetimi ve yaya odaklı düzenlemelerin hız kontrolündeki başarısını da ortaya koymaktadır. Senaryo 2’de ki sürücülerin ortalama hız dağılım grafiği Şekil 109’da verilmiştir.



Şekil 109. Senaryo 2 için ortalama hız dağılımının histogram ve yoğunluk grafiği

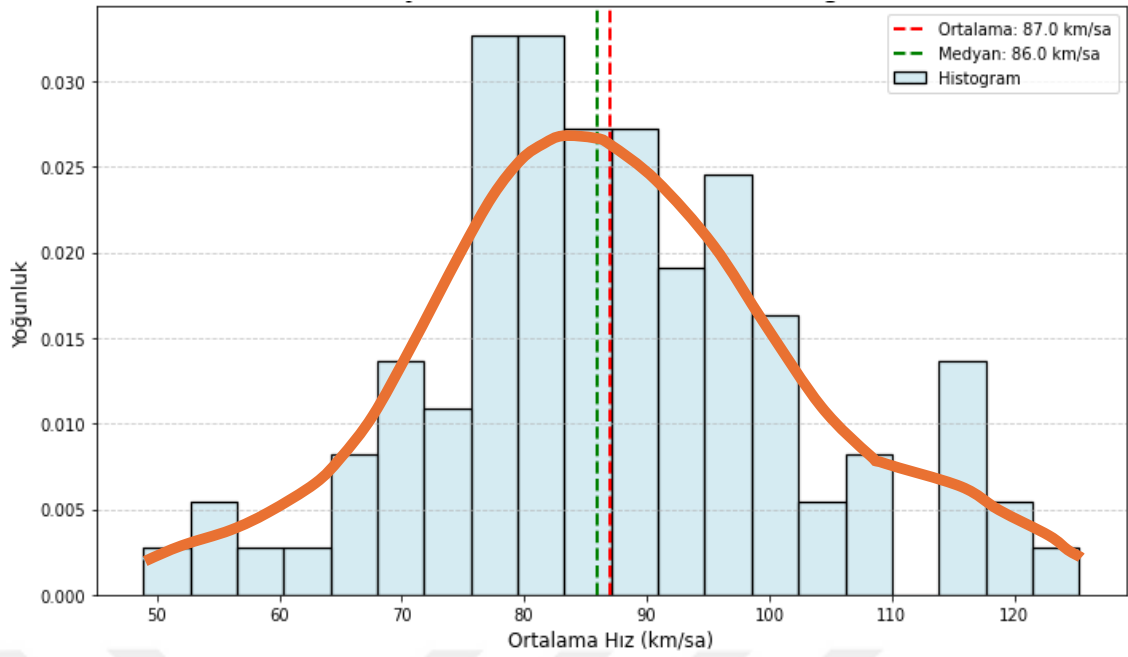
Şekil 109’da görüldüğü üzere, sürücülerin ortalama hız değerleri 60 km/s ile 120 km/s arasında geniş bir aralıkta dağılmakta olup, dağılımın sağa çarpık (pozitif çarpık) bir yapıya sahip olduğu gözlemlenmiştir. Ortalama hız değeri 84.6 km/s, medyan hız değeri ise 80.3 km/s olarak hesaplanmıştır. Bu durum, özellikle bazı sürücülerde yüksek hız tercihlerinin varlığını ve üst hız limitine yaklaşan sürüş davranışlarının etkisini göstermektedir. Buna karşın, dağılımın büyük kısmının 75–90 km/s bandında yoğunlaştığı ve hız yönetim stratejilerinin genel sürücü kitlesinde hız kontrolünü sağladığı anlaşılmaktadır. Uç değerlerin varlığı, bireysel hız tercihleri ve risk eğilimleri açısından dikkat çekici olup, hız kontrol sistemlerinin tüm katılımcılar üzerinde tam homojen bir etki yaratmadığını da ortaya koymaktadır.

Senaryo 3'te ki sürücülerin ortalama hız dağılım grafiği Şekil 110'da verilmiştir.



Şekil 110. Senaryo 3 için sürücülerin ortalama hız dağılımı

Şekil 110'da görüldüğü üzere, sürücülerin ortalama hız değerleri büyük oranda 80 km/s ile 100 km/s arasında yoğunlaşmakta olup, dağılım yapısı hafif sağa çarpık bir özellik göstermektedir. Ortalama hız 91.6 km/s, medyan hız ise 89.3 km/s olarak hesaplanmıştır. Hız koridoru uygulamasının etkisiyle büyük çoğunluk hız limitleri çevresinde kümelenmiş olmakla birlikte, sınırlı sayıda üst hız tercihleri ve uç değerler de gözlemlenmiştir. Bu bulgular, hız koridoru sisteminin genel anlamda hız kontrolünü sağladığını; ancak bazı bireysel sürücülerin halen yüksek hız eğilimi gösterebildiğini ortaya koymaktadır. Varyasyonun kontrollü ancak tam homojen olmaması, hız yönetim sistemlerinin belirli bir denge sağladığını fakat tam standartlaşmanın sağlanamadığını göstermektedir. Senaryo 4'te ki sürücülerin ortalama hız dağılım grafiği Şekil 111'de verilmiştir.



Şekil 111. Senaryo 4 için sürücülerin ortalama hız dağılımı

Şekil 111’de görüldüğü üzere, sürücülerin ortalama hız değerleri büyük ölçüde 80–95 km/s aralığında yoğunlaşmakta olup, dağılım yapısı sağa çarpık olmakla birlikte Senaryo 2 ve 3’e kıyasla daha dengeli ve dar varyasyonlu bir yapı sergilemektedir. Ortalama hız 87.0 km/s, medyan hız ise 86.0 km/s olarak hesaplanmıştır. Hız kontrol sistemlerinin etkisiyle, yüksek hız tercihleri büyük oranda baskılanmış ve sürücülerin önemli bir kısmı belirlenen hız sınırları etrafında kalmıştır. Üst hız uç değerleri daha sınırlı olup, sabit radar ve hız koridoru sistemlerinin birlikte uygulanmasının hız kontrolünü daha etkin şekilde sağladığı anlaşılmaktadır. Bu bulgu, birleşik hız denetim stratejilerinin bireysel hız sapmalarını azaltma potansiyelini desteklemektedir.

Farklı trafik yönetim senaryoları altında sürücülerin hız davranışlarının genel dağılım özelliklerini karşılaştırmalı olarak değerlendirmek amacıyla temel istatistiksel göstergeler Tablo 87’de özetlenmiştir. Bu karşılaştırma, uygulanan stratejilerin hız kontrolündeki etkinliğini bütüncül olarak ortaya koymaktadır.

Tablo 87. Sürücülerin hız davranışlarının genel dağılım özelliklerini karşılaştırma

Senaryo	Ortalama Hız (km/s)	Medyan Hız (km/s)	Dağılım Yapısı	Gözlenen Özellikler
Senaryo 1 (Yaya Güvenliği)	34.7	34.8	Simetrik	Düşük hız, dar varyasyon, temkinli sürüş
Senaryo 2 (Yeşil Dalga)	84.6	80.3	Sağa çarpık	Hız aralığı geniş, üst hızlarda artış gözleniyor
Senaryo 3 (Hız Koridoru)	91.6	89.3	Sağa çarpık	Yüksek hız tercihi artıyor, uç değerler mevcut
Senaryo 4 (Hız Koridoru + Sabit Radar)	87.0	86.0	Daha dengeli, hafif sağa çarpık	Üst hız uçları baskılanmış, kontrollü hız profili

Tablo 88 incelendiğinde Senaryo 1 dışındaki tüm senaryolarda hız değerleri 80–100 km/s bandında yoğunlaşmakta olup, en kontrollü ve dengeli dağılım Senaryo 4’te elde edilmiştir. En düşük hız ve varyasyon Senaryo 1’de gözlenmiş; yaya güvenliği vurgusu nedeniyle sürücüler minimum hız seviyelerinde seyretmiştir. En yüksek ortalama hız ise Senaryo 3’te ortaya çıkmış ve hız koridoru uygulaması, sürücülerin üst hız sınırına yaklaşan değerleri tercih etmesine katkı sağlamıştır. Sabit radar entegrasyonunun uygulandığı Senaryo 4’te ise uç hız tercihleri baskılanmış ve hız sapmaları önemli ölçüde azaltılmıştır.

Sürücü davranışlarındaki değişimlerin istatistiksel açıdan anlamlılığını değerlendirmek amacıyla, deney kapsamında her bir sürücünün farklı deneysel koşullar (senaryolar) altında göstermiş olduğu ortalama hız değerleri analiz edilmiştir. Bu kapsamda analizler, aynı sürücülerden farklı senaryolarda elde edilen tekrarlı ölçümler dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle analiz yöntemi olarak öncelikli olarak tekrarlı ölçümler varyans analizi (Repeated Measures ANOVA) düşünülmüş; ancak normallik varsayımının sağlanıp sağlanmadığını belirlemek amacıyla Tablo 88’de verilen her bir senaryo için Shapiro-Wilk normallik testi uygulanmıştır.

Tablo 88. Senaryolar arasında ortalama hız dağılımlarının normallik testi sonuçları

Senaryo	P değeri
Senaryo1– Ortalama Hız (km/h)	0.7811
Senaryo2 – ortalama hız (km/h)	0.0096
Senaryo3 – ortalama hız (km/h)	-
Senaryo4 – ortalama hız (km/h)	-

Senaryo1 için normal dağılım varsayımı sağlanmıştır ($p > 0.05$). Senaryo 2 için normal dağılım varsayımı sağlanamamıştır ($p < 0.05$). Senaryo3 ve Senaryo 4 için veri eksikliğinden dolayı test yapılamamıştır. Dolayısıyla analiz sürecinde parametrik olmayan test yöntemlerine geçilmesi uygun görülmüştür.

Parametrik olmayan alternatif olarak Friedman testi uygulanmıştır. Bu test, aynı sürücülerin farklı senaryolardaki hız davranışlarının farklılaşıp farklılaşmadığını test etmektedir. Sonuçlara göre senaryolar arasında anlamlı düzeyde farklılıklar bulunmaktadır ($p < 0.001$). Bu durum, farklı kontrol stratejilerinin (yeşil dalga, hız koridoru, sabit radar) sürücülerin hız davranışı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Friedman testi sonucu: $\chi^2 = 200,9103$, $p < 0,001$

Anlamlılık tespit edildikten sonra farklı senaryolar arasındaki çiftli farkları incelemek için Dunn-Bonferroni post-hoc testi uygulanmıştır. Senaryo 1 diğer tüm

senaryolarla karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı şekilde farklı ortalama hızlara sahiptir. Öte yandan, Senaryo 2, Senaryo 3 ve Senaryo 4 senaryoları arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. Bu sonuç, yeşil dalga, hız koridoru ve sabit radar uygulamalarının sürücülerin hız davranışını benzer seviyelerde etkileyerek hızların kontrol altına alınmasını sağladığını göstermektedir. Dunn Post-hoc Testi (Çiftli Karşılaştırmalar) Tablo 89’da verilmiştir.

Tablo 89. Ortalama hız değerleri arasındaki çiftli karşılaştırmalara ilişkin Dunn-Bonferroni Post-Hoc test sonuçları

Karşılaştırma	p-değeri	Anlamlı
Senaryo1 ile Senaryo2	< 0.0001	Anlamlı farklılık
Senaryo1 ile Senaryo4	< 0.0001	Anlamlı farklılık
Senaryo1 ile Senaryo5	< 0.0001	Anlamlı farklılık
Senaryo2 ile Senaryo4	0.1419	Anlamlı fark yok
Senaryo2 ile Senaryo5	1.0000	Anlamlı fark yok
Senaryo4 ile Senaryo5	1.0000	Anlamlı fark yok

Sonuç olarak, Dunn-Bonferroni post-hoc testi bulguları, Senaryo 1’in diğer senaryolara kıyasla sürücülerin ortalama hız davranışlarında anlamlı düzeyde farklılık yarattığını ortaya koymuştur. Bu durum, Senaryo 1’e özgü yol, trafik veya çevresel faktörlerin sürüş dinamiklerini belirgin şekilde etkilediğini göstermektedir. Öte yandan, Senaryo 2, 4 ve 5 arasında anlamlı bir farkın bulunmaması, bu senaryoların sürücülerin hız davranışı üzerindeki etkilerinin benzer düzeyde olduğunu düşündürmektedir. Bu sonuçlar, senaryo tasarımında hız yönetimi ve sürüş kontrolüne yönelik farklılaştırıcı unsurların belirlenmesi açısından önemli bir veri sağlamaktadır.

4.4.6. Senaryolar Arasında Sürücülerin Şerit Değişim Davranışlarının Karşılaştırmalı Analizi

Farklı trafik yönetim senaryolarının sürücülerin şerit değişim davranışları üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla senaryo bazlı analizler gerçekleştirilmiştir. Şerit değişim sayıları üzerinden yürütülen bu değerlendirmede, her bir senaryo koşulunda sürücülerin sergilediği davranışsal farklılıklar istatistiksel olarak karşılaştırılmış ve anlamlı farklılıkların varlığı parametrik olmayan testlerle incelenmiştir.

İlk aşamada, verilerin normalliğini değerlendirmek için Shapiro-Wilk testi uygulanmıştır. Test sonuçlarına göre, Senaryo 1 ve Senaryo 2’deki şerit değişim sayıları normal dağılım varsayımını karşılamamış ($p < 0,001$), Senaryo 3 ve Senaryo 4’te ise veri eksikliği nedeniyle test yapılamamıştır. Bu nedenle, parametrik olmayan Friedman

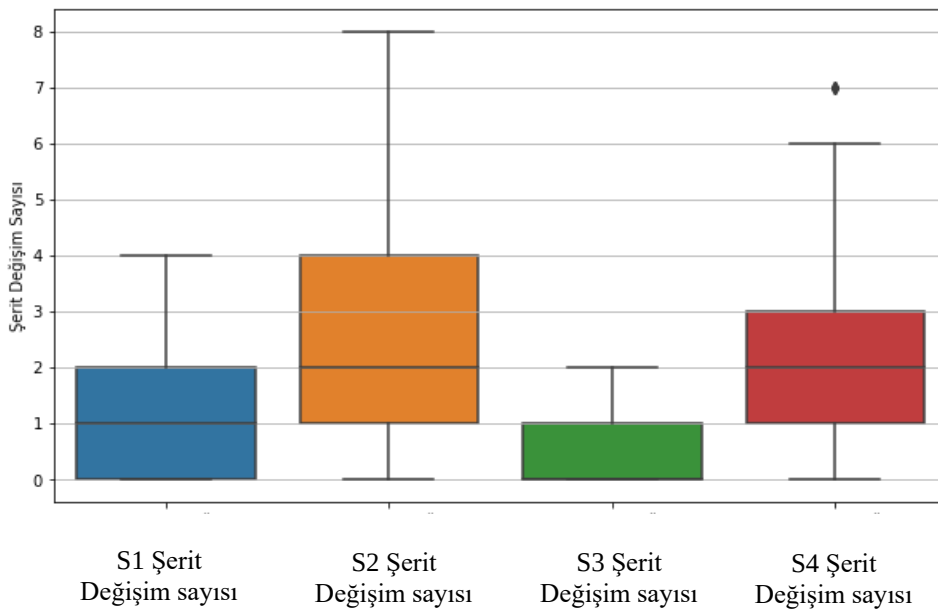
testi kullanılmıştır. Friedman testi sonucunda, senaryolar arasında şerit değişim sayıları açısından anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir ($\chi^2(3) = 105,0133$, $p < 0,001$).

Anlamlı farklılıkların hangi senaryo çiftleri arasında oluştuğunu belirlemek amacıyla Dunn-Bonferroni Post-Hoc testi uygulanmıştır. Tablo 90'da Test sonuçlarına göre, Senaryo 1 ile diğer tüm senaryolar (Senaryo 2, Senaryo 3, Senaryo 4) arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar saptanmıştır ($p < 0,001$). Buna karşılık, hız yönetimi uygulanan Senaryo 2, Senaryo 3 ve Senaryo 4 arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p > 0,05$). Elde edilen bu bulgular, yayalara yönelik dikkat gerektiren Senaryo 1 koşulunda sürücülerin daha az şerit değişimi yaptığını; hız yönetimi stratejilerinin uygulandığı diğer senaryolarda ise şerit değişim davranışlarının birbirine benzer düzeylerde gerçekleştiğini göstermektedir.

Tablo 90. Senaryolar arasında şerit değişim sayısına ilişkin Dunn-Bonferroni Post-Hoc Test Sonuçları

Karşılaştırma	p-değeri	Anlamlılık
Senaryo 1 – Senaryo 2	0.000061	Anlamlı
Senaryo 1 – Senaryo 3	0.000804	Anlamlı
Senaryo 1 – Senaryo 4	0.000272	Anlamlı
Senaryo 2 – Senaryo 3	1.306698×10^{-5}	Anlamlı
Senaryo 2 – Senaryo 4	1.000000	Anlamlı değil
Senaryo 3 – Senaryo 4	4.182237×10^{-4}	Anlamlı

Şekil 112'de verilen boxplot grafiği üzerinden senaryo bazlı şerit değişim sayılarının merkezi eğilimleri ve varyasyonları karşılaştırmalı olarak sunulmuş ve elde edilen eğilimler yorumlanmıştır.



Şekil 112 Farklı senaryolarında şerit değişim sayılarının dağılımsal karşılaştırması

Şekil 112’de görüldüğü üzere Senaryo 1 senaryosunda şerit değişim sayısı değerleri daha düşük ve daha dar bir dağılım göstermekte olup, bu durum yayalara yönelik dikkat gerektiren senaryolarda sürücülerin daha temkinli ve daha az şerit değişimi yaptığına işaret etmektedir. Buna karşılık Senaryo 2 senaryosunda şerit değişim davranışının daha geniş bir dağılım sergilediği ve medyan değerinde de daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir; bu durum, yeşil dalga sistemine uyum sağlamak amacıyla sürücülerin daha sık şerit değiştirme eğiliminde olduğunu düşündürmektedir. Senaryo 3 ve Senaryo 4 senaryolarında ise şerit değişim davranışları görece daha düşük düzeyde ve Senaryo 2’ye kıyasla daha dar bir dağılımla gerçekleşmiştir.

Bu sonuçlar, farklı trafik yönetim stratejilerinin yalnızca hız davranışı üzerinde değil, aynı zamanda sürücülerin şerit değişim davranışları üzerinde de farklı etkiler yarattığını ve bu etkilerin senaryo koşullarına göre anlamlı biçimde değişebildiğini göstermektedir.

4.4.7. Senaryolar Arasında Ani Hızlanma Davranışlarının Karşılaştırmalı Analizi

Farklı trafik yönetim stratejilerinin sürücülerde ani hızlanma davranışı üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla, senaryo temelli istatistiksel analizler uygulanmıştır. Ani hızlanma olaylarının dağılımı ve senaryolar arası farklılıklar, parametrik olmayan analiz yöntemleriyle incelenmiş ve bu farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı değerlendirilmiştir. İlk olarak, verilerin normallik varsayımını test etmek amacıyla Shapiro-Wilk testi uygulanmıştır. Test sonuçlarına göre tüm senaryolarda ani hızlanma verileri normal dağılıma uymamaktadır ($p < 0.001$). Bu nedenle parametrik olmayan Friedman testi tercih edilmiştir. Friedman testi sonucunda senaryolar arasında ani hızlanma sayıları açısından anlamlı düzeyde farklılıklar olduğu belirlenmiştir ($\chi^2(3)=13.1812$, $p=0.0043$). Anlamlı farklılıkların hangi senaryo çiftleri arasında oluştuğunu belirlemek amacıyla Dunn-Bonferroni post-hoc testi uygulanmıştır. Tablo 91’de verilen test sonuçlarına göre yalnızca Senaryo 2 ve Senaryo 3 arasında anlamlı farklılık tespit edilmiştir ($p=0.0071$); diğer tüm senaryo çiftleri arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Tablo 91. Senaryolar arasında ani hızlanma sayısına ilişkin Dunn-Bonferroni Post-Hoc test sonuçları

Karşılaştırma	p-değeri	Anlamlılık
Senaryo 2 – Senaryo 3	0.0071	Anlamlı
Diğer tüm karşılaştırmalar	> 0.05	Anlamlı değil

Genel bulgulara göre, tüm senaryolarda ani hızlanma davranışları oldukça sınırlı gerçekleşmiş ve büyük oranda sıfır değerinde yoğunlaşmıştır. Bununla birlikte, bazı senaryolarda (özellikle Senaryo 4'te) yüksek ani hızlanma değerlerine sahip birkaç uç değer gözlemlenmiştir. Bu durum, hız kontrolü ve yeşil dalga gibi uygulamaların ani hızlanma davranışını genel olarak baskıladığını; ancak bireysel sürücülerde zaman zaman bu tür davranışların gözlenebildiğini göstermektedir. Özellikle Senaryo 2 ve Senaryo 3 arasında ortaya çıkan anlamlı farklılık ise, uygulanan trafik yönetim stratejilerinin ani hızlanma davranışları üzerinde senaryoya özgü farklı etkiler yaratabileceğini ortaya koymaktadır.

4.4.8. Senaryolar Arasında Ani Yavaşlama Davranışlarının Karşılaştırmalı Analizi

Farklı trafik yönetim stratejilerinin sürücülerin ani yavaşlama davranışları üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla senaryo bazlı analizler gerçekleştirilmiştir. Ani yavaşlama olaylarının dağılımı ve senaryolar arasındaki farklılıklar parametrik olmayan analiz yöntemleriyle karşılaştırmalı olarak analiz edilmiş ve anlamlı farkların varlığı araştırılmıştır.

İlk olarak, normallik varsayımını test etmek amacıyla Shapiro-Wilk testi uygulanmıştır. Test yalnızca Senaryo 1 için gerçekleştirilebilmiş olup, elde edilen sonuç normal dağılım varsayımının sağlanmadığını göstermiştir ($p=0.000027$). Diğer senaryolar için veri eksikliği nedeniyle normallik testi uygulanamamıştır. Bu nedenle analizlerde parametrik olmayan Friedman testi tercih edilmiştir. Friedman testi sonucunda senaryolar arasında ani yavaşlama sayıları açısından anlamlı düzeyde farklılık bulunduğu belirlenmiştir ($\chi^2(3)=8.2032$, $p=0.0420$).

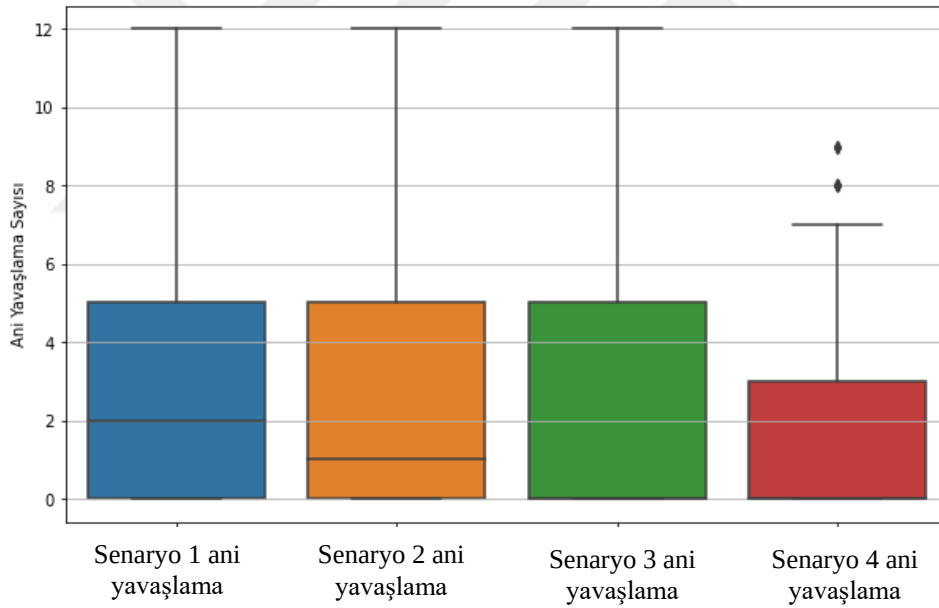
Farklılıkların hangi senaryo çiftleri arasında oluştuğunu belirlemek amacıyla Tablo 92'de sonuçları verilen Dunn-Bonferroni post-hoc testi uygulanmıştır. Test sonuçlarına göre yalnızca Senaryo 1 ile Senaryo 4 arasında anlamlı farklılık tespit edilmiştir ($p=0.0071$); diğer tüm senaryo çiftleri arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0.05$).

Tablo 92. Senaryolar arasında ani yavaşlama sayısına ilişkin Dunn-Bonferroni Post-Hoc Test Sonuçları

Karşılaştırma	p-değeri	Anlamlılık
Senaryo 1 – Senaryo 4	0.0071	Anlamlı
Diğer tüm karşılaştırmalar	> 0.05	Anlamlı değil

Elde edilen bulgulara göre, ani yavaşlama davranışları tüm senaryolarda genel olarak düşük düzeyde gerçekleşmiş ve veriler geniş bir dağılım göstermiştir. Ancak Senaryo 4'te (hız koridoru + sabit radar) ani yavaşlama sayısının medyan değeri belirgin şekilde daha düşük bulunmuş ve uç değer sayısı da diğer senaryolara göre daha sınırlı gözlemlenmiştir. Bu bulgular, hız yönetimi uygulamalarının (hız koridoru ve sabit radar) ani yavaşlama davranışını daha dengeli ve kontrollü bir seviyede tutabildiğini göstermektedir. Buna karşılık, Senaryo 1'de (yaya geçidi ve yaya güvenliği odaklı senaryo) sürücüler daha fazla ani yavaşlama davranışı sergilemiş; bu durum yayaların varlığına yönelik sürücü dikkatinin artmasıyla ilişkili olarak değerlendirilebilir.

Ani yavaşlama davranışlarının senaryolar arasındaki dağılım yapısını daha ayrıntılı inceleyebilmek amacıyla görsel analiz gerçekleştirilmiştir. Şekil 113'te verilen boxplot grafiği yardımıyla senaryo bazlı ani yavaşlama sayılarının merkezi eğilimleri ve varyasyonları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 113. Farklı trafik senaryolarında ani yavaşlama sayılarının dağılımsal karşılaştırması (Boxplot)

Ani yavaşlama davranışları değerlendirilmiş ve yapılan Shapiro-Wilk normallik testi sonuçlarına göre Senaryo 1 senaryosunda verilerin normal dağılıma uymadığı ($p < 0.001$), diğer senaryolarda ise veri eksikliği nedeniyle testin gerçekleştirilemediği görülmüştür. Bu nedenle, parametrik olmayan Friedman testi uygulanmış ve senaryolar arasında ani yavaşlama sayısı açısından anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiştir ($\chi^2(3)=8.20$, $p=0.0420$). Yapılan Dunn-Bonferroni post-hoc analizine göre yalnızca

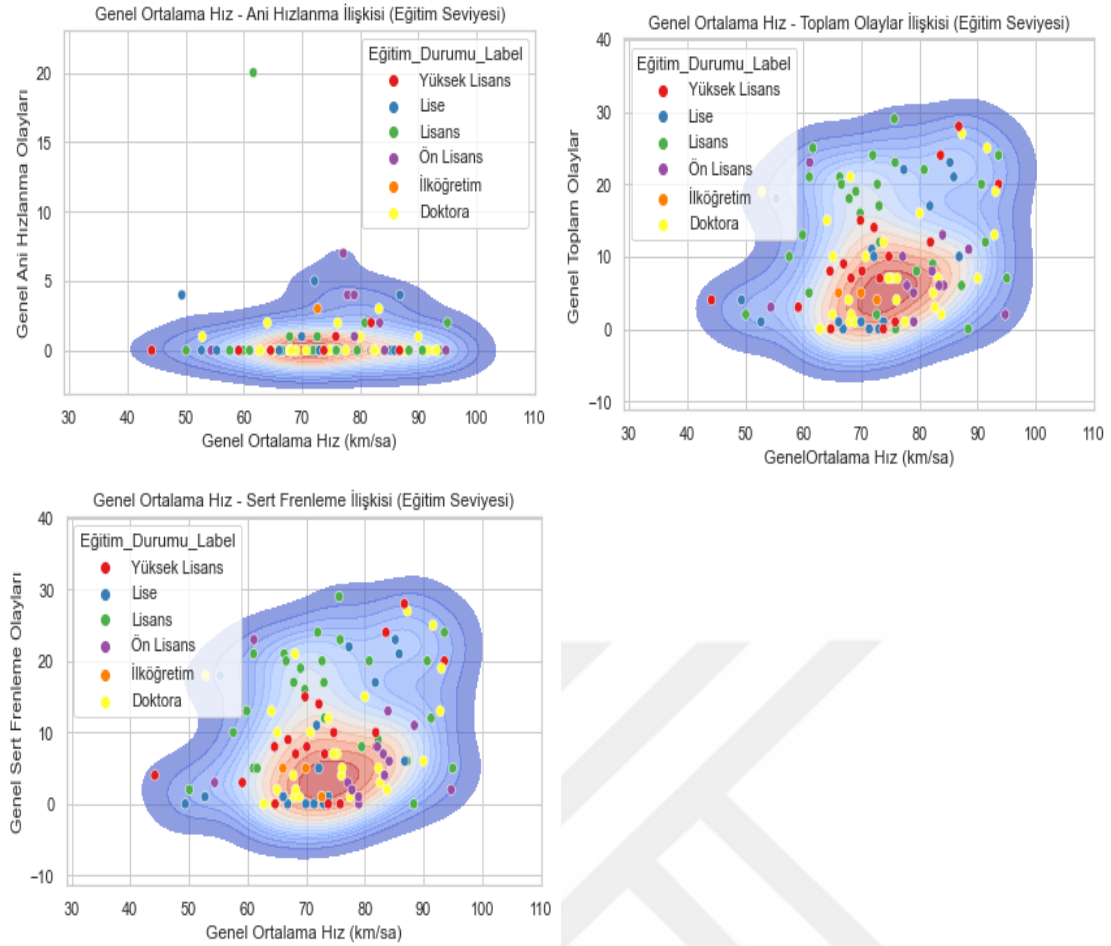
Senaryo 1 ile Senaryo 4 senaryoları arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p=0.0071$); diğer senaryo çiftleri arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0.05$).

Şekil 113'te görüldüğü üzere, tüm senaryolarda ani yavaşlama davranışları genel olarak düşük düzeyde gerçekleşmiş ve veriler geniş bir dağılım göstermiştir. Bununla birlikte, Senaryo 4 senaryosunda ani yavaşlama sayısının medyan değeri belirgin şekilde daha düşük düzeyde bulunmuş ve uç değer sayısı diğer senaryolara göre daha az olarak gözlemlenmiştir.

Bu bulgu, hız koridoru ve sabit radar uygulamalarının sürücülerin ani yavaşlama davranışını azaltıcı yönde etkili olabileceğini göstermektedir. Diğer taraftan, Senaryo 1 senaryosunda yayalara yönelik dikkat gerektiren bir trafik ortamı söz konusu olduğundan, sürücüler daha fazla ani yavaşlama davranışı sergilemiş ve bu da Senaryo 4 ile anlamlı fark oluşmasına katkıda bulunmuştur. Genel olarak, hız yönetimi uygulamaları (Senaryo 2, Senaryo 3, Senaryo 4) ani yavaşlama davranışı üzerinde daha dengeleyici bir etki göstermiştir.

4.4.9. Eğitim Düzeyine Göre Davranışsal Performans Farklılıklarının İncelenmesi

Sürücü davranışlarının eğitim düzeyine göre farklılaşma eğilimlerini detaylı olarak inceleyebilmek amacıyla genel ortalama hız, ani hızlanma, ani yavaşlama (sert frenleme) ve toplam olay sayısı değişkenleri hem özet istatistikler hem de KDE yoğunluk ve dağılım grafikleri üzerinden değerlendirilmiştir. Şekil 114'te verilen analiz, eğitim düzeyine bağlı davranışsal varyasyonları görsel ve istatistiksel bütünlük içinde ortaya koymaktadır.



Şekil 114. Eğitim düzeyine göre ortalama hız, ani hızlanma, ani yavaşlama ve toplam olay sayısına ilişkin davranışsal performans dağılımları

Şekil 114'te görüldüğü üzere, eğitim düzeyine göre sürücü davranışları arasında belirgin farklılıklar oluşmuştur. Elde edilen bulgular, sürücülerin eğitim düzeylerinin, sürüş performansları ve riskli sürüş davranışları üzerinde anlamlı etkilere sahip olduğunu göstermektedir. Genel ortalama hız açısından değerlendirildiğinde, ön lisans ve lisans mezunu sürücülerin daha yüksek hızlara eğilim gösterdikleri; buna karşılık ilköğretim ve lise mezunlarının ise daha düşük hız seviyelerinde yoğunlaştıkları gözlemlenmiştir. Örneğin, ön lisans grubunda ortalama hız 78.8 km/sa olarak ölçülürken, ilköğretim grubunda bu değer 69.5 km/sa seviyesindedir. Bu sonuçlar, eğitim düzeyinin hız kontrolü üzerinde belirleyici bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır.

Ani hızlanma davranışları genel olarak düşük seviyelerde gözlemlenmekle birlikte, ilköğretim, lise ve ön lisans gruplarında bu tür riskli davranışlara daha sık rastlanmıştır. Yüksek lisans ve doktora düzeyindeki sürücülerde ise ani hızlanma davranışları hem daha düşük sıklıkta hem de daha sınırlı dağılım göstermektedir. Sert frenleme (ani yavaşlama) davranışları açısından da benzer bir eğilim belirlenmiş; lisans

altı eğitim seviyelerinde daha yüksek sert frenleme olayları kaydedilmiş, buna karşılık lisans ve üzeri eğitim düzeylerinde bu davranışların daha dengeli ve düşük seviyelerde gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Toplam olay sayısı bakımından değerlendirildiğinde, en yüksek olay ortalaması lisans düzeyinde eğitim almış sürücülerde kaydedilmiş; yüksek lisans ve doktora seviyelerinde ise toplam olay sayısının düşük ve homojen bir dağılım sergilediği belirlenmiştir. KDE yoğunluk ve dağılım grafikleri de bu farklılıkları görsel olarak desteklemektedir.

Genel olarak, eğitim düzeyi yükseldikçe sürüş güvenliği ve davranışsal kontrolün arttığı; hız yönetimi, ani hızlanma ve sert frenleme gibi riskli sürüş davranışlarının ise daha kontrollü ve dengeli hale geldiği söylenebilir. Sürücülerin davranışsal performansları Tablo 93'te verilmiştir.

Tablo 93. Eğitim düzeyine göre davranışsal performans farklılıkları

Eğitim D.	Genel Ortalama Hız	Ani Hızlanma	Sert Frenleme (Ani Yavaşlama)
İlköğretim	En düşük hız (≈ 69 km/sa)	Yüksek sıklıkta gözlemleniyor	Sert frenlemeye daha yatkın
Lise	Düşük hız	Yüksek sıklıkta	Sert frenleme davranışı yüksek
Ön Lisans	En yüksek hız (≈ 79 km/sa)	Ani hızlanma davranışı yaygın	Sert frenleme davranışı daha belirgin
Lisans	Yüksek hız eğilimi	Dengeli	Sert frenleme eğilimi orta düzeyde
Yük. Lisans	Orta hız düzeyi	Nadir	Dengeli ve kontrollü
Doktora	Orta-düşük hız eğilimi	En az gözlemlenen grup	En az sert frenleme yapan grup

4.5. Simülör Tabanlı Mekânsal Konumsal Performans ve Sapma Analizleri

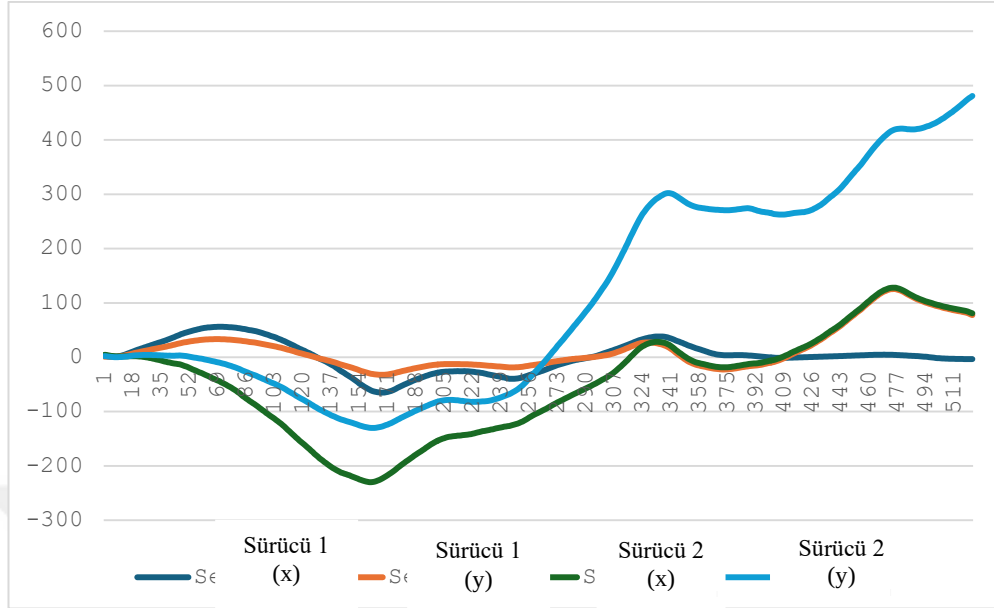
4.5.1. Sürücülerin Eksen Sapmalarına Dayalı Konumsal Performans Analizi

Bu bölümde, simülör ortamında gerçekleştirilen deneysel çalışmaya katılan 107 sürücünün araçlarının yatay (X) ve dikey (Y) eksenlerdeki konumsal sapmaları analiz edilmiştir. Analiz yöntemi hem görsel hem de istatistiksel açıdan değerlendirilmiş olup, Şekil 115'te bu yöntemin temsili bir örneği sunulmuştur. Çalışmada, sürücülerin kendi araçlarını şerit merkezine ne ölçüde hizalayabildikleri, simülör yolunun ideal orta eksenini referans alınarak incelenmiştir. Şekilde, iki farklı sürücünün simülasyon süresince X eksenini boyunca şerit merkezlerini nasıl konumlandığı ve bu konumların yolun ideal orta çizgisiyle olan uyumu karşılaştırmalı olarak gösterilmektedir.

Temsili olarak rastgele seçilen iki sürücünün verileri değerlendirilmiş ve sürücülerin, simülör yolunun orijinal referans eksenine olan uyumu zamana bağlı olarak görselleştirilmiştir.

Bu yaklaşım, çalışmada kullanılan veri yapısının doğasını açıklamak ve ileri düzey analizlere geçmeden önce yöntemsel şeffaflık sunmak amacıyla örnekleyici bir

şekilde kullanılmıştır. Analizler, özellikle şerit disiplini, yön kontrolü ve araç hâkimiyeti gibi temel sürücü davranışlarını değerlendirmeye yöneliktir.



Şekil 115. Yol orta eksenine göre simülasyon sonucunda x-y sapmaları

Şekil 115 sürücülerin simülasyon ortamında X ve Y eksenlerindeki konumsal sapma profilleri incelendiğinde iki farklı denek sürücünün sürüş simülasyonu sırasında araçlarının X (yatay) ve Y (dikey) eksenlerinde simülasyon orijinal referans eksenine göre konumsal sapmaları ortaya koymaktadır. Dört ayrı renkteki değerler, her bir sürücünün iki boyutlu pozisyonel kararlılığını zamana bağlı olarak inceleme imkânı sunmaktadır.

1. Sürücü: Birinci sürücüye ait X eksenindeki sapmalar, sürüşün genelinde düşük genlikli ve sınırlı dalgalanmalar göstermektedir. Bu durum, yatay eksenindeki şerit takibinin ve yön kontrolünün büyük ölçüde dengeli olduğunu göstermektedir. Y eksen sapmaları ise çok daha dar bir bantta, neredeyse simetrik ve yatay seyretmektedir. Dikey eksenindeki bu varyasyon, sürücünün ileri-geri konumlamada dengeli ve kontrollü bir sürüş performansı sergilediğine işaret etmektedir. Hem yatay hem dikey eksen sapmalarının düşük düzeyde ve uyumlu olması, bu sürücünün simülasyon ortamına uyum sağlamış, dikkat ve kontrol düzeyi yüksek bir sürücü olduğunu göstermektedir.

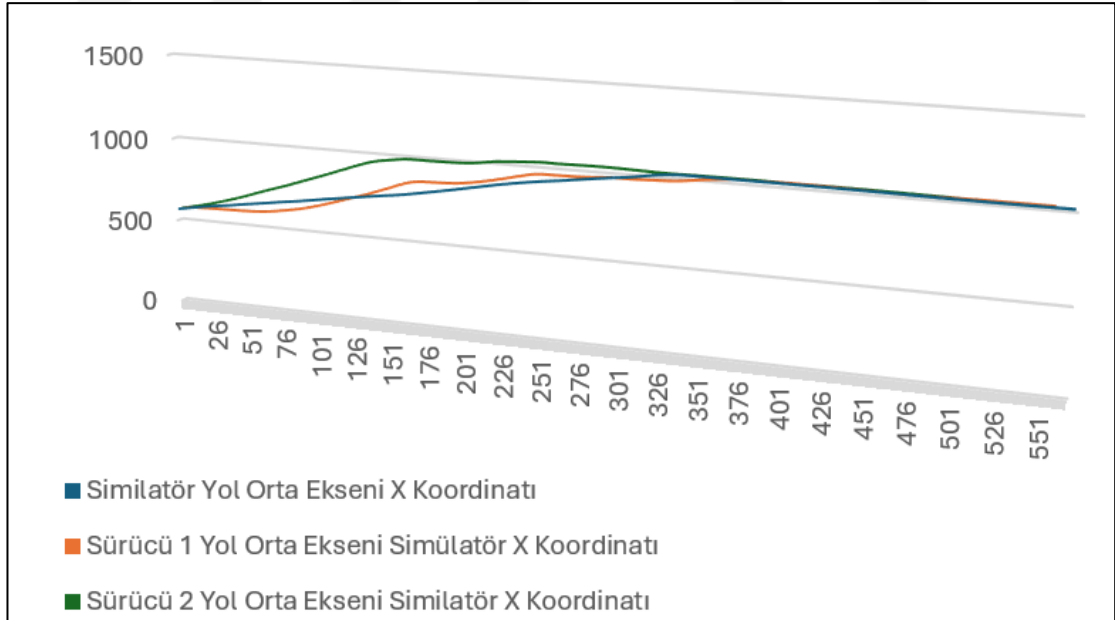
2. Sürücü: İkinci sürücüye ait x eksen sapmaları daha geniş genlikli ve negatif yönlü baskın bir dağılım sergilemektedir, sürücünün şerit içinde yönelimi sürekli olarak merkezin soluna doğru kaydırıldığını ve sürekli bir yanal sapma eğilimi gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu, yönsel kontrol eksikliği veya dikkat dağınıklığı ile ilişkilendirilebilir. Y eksen sapmaları ise dikkat çekici şekilde pozitif yöne doğru sürekli artış eğilimi göstermektedir. Bu, sürücünün simülasyon süresi ilerledikçe aracını

giderek daha fazla ileri doğru sapma ile kullandığını göstermektedir. Bu düzlemsel kayma, hız kontrolündeki istikrarsızlık, reflekslerde gecikme ya da senaryo içinde karşılaşılan karmaşaya yetersiz tepki verilmesiyle açıklanabilir.

Genel Değerlendirme: Birinci sürücü hem yatay hem de dikey ekseninde simülatör eksenine oldukça yakın, dengeli bir sürüş profili sunarken; ikinci sürücü, her iki ekseninde de belirgin ve yönlü sapmalar göstermektedir. Bu fark, bireyler arasındaki dikkat düzeyi, bilişsel yük toleransı, sürüş alışkanlığı veya simülasyon ortamına adaptasyon kapasitesiyle ilişkilendirilmektedir.

4.5.2. Sürücülerin Şerit Merkezi Takip Performansının X Ekseninde Karşılaştırmalı Analizi

Bu bölümde, iki farklı sürücünün simülatör ortamındaki şerit takip performansları, yolun ideal orta eksenine olan yatay konumları (X eksen) üzerinden karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Şekil 116’da mavi çizgi simülatör yolunun ideal orta eksenini; turuncu çizgi birinci sürücünün, yeşil çizgi ise ikinci sürücünün şerit merkezini temsil etmektedir. Zamana bağlı ölçülen bu değerler, sürücülerin pozisyonel kararlılıklarını ve şerit takibi davranışlarını ortaya koymak üzere değerlendirilmiştir.



Şekil 116. Sürücü 1 ve 2 ye ait simülatör sürüş verilerinin x eksenindeki yatay sapmaları

Sürücü 1 (Turuncu Çizgi): Birinci sürücünün yol orta eksenine olan konumsal yakınlığı yüksek düzeyde tutarlılık göstermektedir. Özellikle 55. ve 300. metreler arasında, simülatör eksenine neredeyse üst üste gelen bir seyir izlemiştir. Bu, sürücünün hem şerit ortalamasında kararlılık gösterdiğini hem de araç pozisyonunu

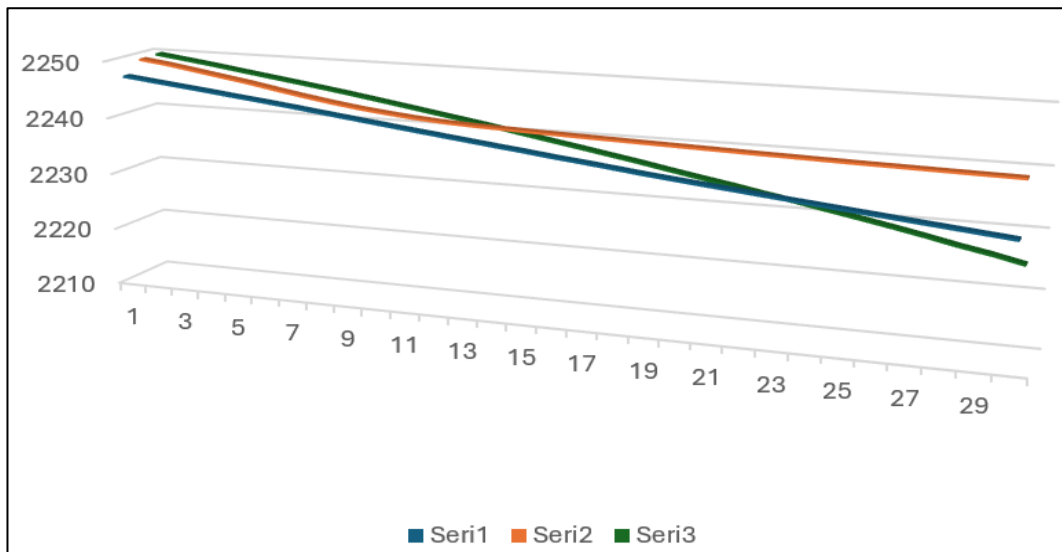
kontrol altında tuttuğunu göstermektedir. Sadece başlangıçta kısa süreli bir sapma gözlemlenmiş olup, bu sapmanın kısa sürede telafi edildiği anlaşılmaktadır.

Sürücü 2 (Yeşil Çizgi): İkinci sürücü, özellikle 55. ile 163. metreler arasında simülör orta ekseninin üstünde, belirgin bir pozitif sapma göstermiştir. Bu durum, aracın belirgin şekilde yol merkezinden uzaklaştığını; yani sürüş boyunca sürekli olarak şerit dışına taşma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Bu eğilim daha sonra azalmakta ve 300. metreden itibaren yol orta eksenine daha uyumlu bir düzeye ulaşmaktadır. Bu sapma başlangıçta dikkat dağınıklığı veya senaryoya alışma süreciyle açıklanabilir.

Genel Değerlendirme: Her iki sürücünün zamanla şerit merkezine yakınsama eğilimi göstermesi, simülör ortamına adaptasyonun geliştiğini göstermektedir. Bununla birlikte, ikinci sürücünün erken evredeki aşırı sapmaları, kontrol düzeyindeki değişkenliği ve potansiyel davranışsal riskleri yansıtmaktadır. Bu bağlamda yol eksen takibi, sürücülerin görsel-motor koordinasyonlarını ve araç konumlandırma becerilerini nesnel şekilde ölçen önemli bir göstergesidir.

4.5.3. Sürücülerin Y Eksenindeki Konumsal Sapmalarının Karşılaştırmalı Analizi

Bu bölümde, simülör ortamında gerçekleştirilen deneysel sürüşler sırasında iki denek sürücünün araçlarının yolun Y eksenine boyunca gösterdiği yatay sapmalar karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Şekil 117, sürücülerin zaman içerisinde izlediği Y eksen koordinatlarını, simülör yolunun referans çizgisiyle birlikte sunmakta; böylece yönelme kararlılıkları nesnel biçimde değerlendirilebilmektedir.



Şekil 117. Sürücü 1 ve sürücü 2 için simülörün Y eksenindeki yatay sapmaları

Grafikte yer alan Seri1, simülatör yolunun ideal Y eksenı değerlerini; Seri2(S, Sürücü 1'in Y eksenı boyunca izlediği şerit merkezini; Seri3 ise Sürücü 2'nin aynı ekseninde izlediği konumu göstermektedir. Değerler 30 ardışık ölçüm noktasında kaydedilmiştir.

Şekil 117 her iki sürücünün dikey doğrultudaki şerit içi pozisyonlarını zamana bağlı olarak simülatör yolu ile karşılaştırmalı biçimde sunmaktadır.

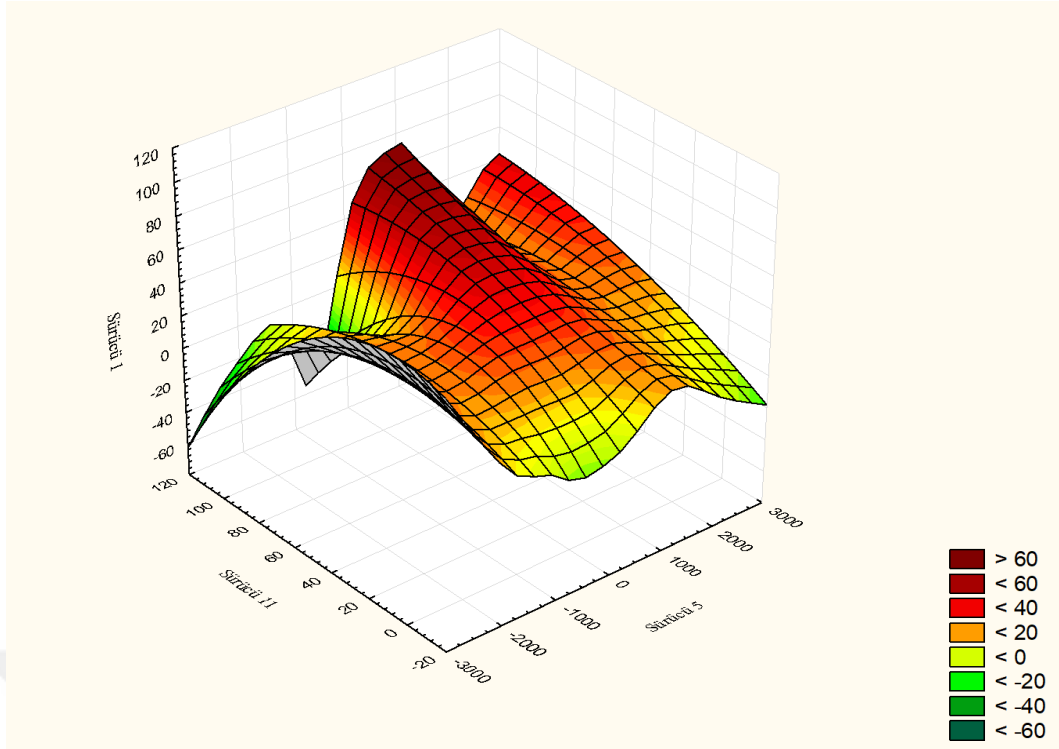
Sürücü 1 (Seri2): Simülatör Y eksenıyla yüksek ölçüde paralel bir seyir göstermiştir. Başlangıçta hafif bir fark olsa da zaman ilerledikçe sapmanın sabit kaldığı ve özellikle 10. metreden itibaren referans çizgiden (Seri1) belirgin biçimde ayrışmadığı gözlemlenmektedir. Bu durum, sürücünün ileri-geri hareket hattında istikrarlı, kontrollü ve merkez odaklı bir sürüş gerçekleştirdiğini göstermektedir.

Sürücü 2 (Seri3): Başlangıç değerleri itibarıyla referans çizgiyle örtüşse de zaman ilerledikçe aşağı yönlü bir sapma eğilimi göstermiştir. Özellikle 20. veri noktasından sonra simülatör yol ekseninin altına düşen değerler, sürücünün dikey yönelmede kontrol kaybı yaşadığını veya araç hız ve yön kontrolünde tutarlılığı kaybettiğini göstermektedir. Bu durum, görsel-uzamsal farkındalık, yön koruma refleksi veya sürüş yorgunluğu gibi değişkenlerle ilişkilendirilmiştir.

Genel Değerlendirme: Her iki sürücü, simülatör ortamında belirli düzeyde yatay sapma göstermektedir. Ancak Sürücü 1, yol eksenine daha stabil ve yakın bir seyir izlerken, Sürücü 2 zamanla giderek artan bir sapma eğilimi sergilemiştir. Bu farklılık, sürücülerin görsel odaklanma, hız sabitleme ve araç yön kontrolü gibi temel sürüş becerilerinde bireysel farklılıkların nesnel bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir.

4.5.4. Sürücülerin Ortalama Hız Dağılımına Dayalı Mekânsal Performans Analizi

Bu bölümde, simülatör temelli deneysel yöntemin veri yapısını ve yorumlanabilirliğini örneklemek amacıyla Şekil 118'de üç sürücüye ait ortalama hız dağılımları mekânsal düzlemde sunulmuştur. Grafik, zaman serisine değil; sanal yol kesitlerinde X ve Y koordinatları üzerinden alınan hız değerlerine dayalı olarak rastgele seçilen 1,5 ve 11. sürücülerin ortalama hızları ile hazırlanmış bir yüzey analizidir. Böylece sürücülerin belirli alanlardaki hız kalıpları üç boyutlu bir görünümle değerlendirilmiştir.



Şekil 118. Sürücü 1, sürücü 5 ve sürücü 11 in ortalama hız dağılım grafiği

Grafikte X ve Y eksenleri, simülatörde oluşturulan sanal yol geometrisini temsil ederken; Z eksen, sürücülerin bu geometrik alan içindeki ortalama hız değerlerini yansıtmaktadır. Renk skalası, hız değişimini -60 km/s ile +60 km/s arasında yedi ayrı kategoride sınıflandırmakta ve sıcaklık (heatmap) formunda sunmaktadır.

Sürücü 1: Yüzey eğrisi, alanın merkezine yakın bölgelerde belirgin bir hız artışı göstermektedir. Özellikle 0 ile +1000 metrelik X koordinatları arasında yüksek hız (>60 km/s) değerlerine ulaşılmış; bu da söz konusu sürücünün düz kesitlerde hız limitini aşma eğiliminde olduğunu göstermektedir.

Sürücü 2: İkinci sürücünün yüzey profili daha istikrarlıdır. Geniş alanda hız değerleri +20 ile +40 km/s arasında yoğunlaşmıştır. Renk dağılımı sarıdan açık kırmızıya geçmekte; bu da orta hız seviyelerinde kontrollü bir sürüş tercih edildiğini göstermektedir.

Sürücü 3: Üçüncü yüzey daha karmaşık bir hız dağılımına sahiptir. Özellikle -1000 ile +1000 metreler arasındaki geçişlerde ani hız düşüşleri (-20 ila -40 km/s) gözlenmekte, bazı alanlarda ise hızlı artışlar ile (>40 km/s) pik noktalar oluşmaktadır. Bu dalgalı hız profili, sürücünün hem gaz-fren kontrolünde hem de çevresel uyarılara karşı reflekslerinde dengesiz bir yapı sergilediğine işaret etmektedir.

Yüzeyin eğimi, yönü ve renkleri incelendiğinde, her sürücünün farklı hız alışkanlıkları sergilediği ve bunun sürüş performansını değerlendirmede önemli bir gösterge olduğu anlaşılmaktadır.

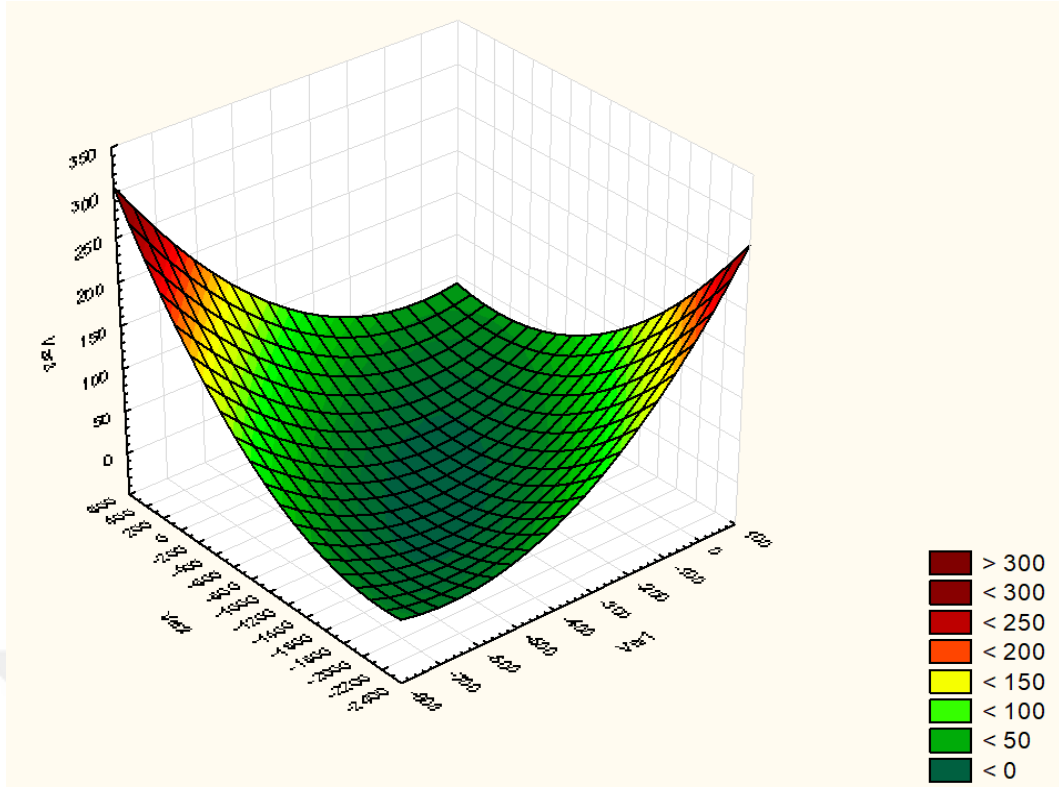
Yüzey grafiği aracılığıyla elde edilen bulgular, sürücülerin hız davranışlarının sadece zamana değil, aynı zamanda yolun mekânsal konumuna göre de önemli farklılıklar gösterdiğini ortaya koymuştur. Sürücü 1'in agresif, Sürücü 2'nin dengeli ve Sürücü 3'ün ise düzensiz bir hız profiline sahip olduğu gözlenmiştir.

Bu analiz, simülasyon verisinin yalnızca ortalama hızla değil; yön, pozisyon ve mesafe gibi değişkenlerle birlikte değerlendirilmesinin önemini göstermektedir. Bu yöntem, sonraki bölümlerde sunulacak makine öğrenmesi temelli sürücü sınıflandırma modellerinin temel veri yapısını oluşturan davranış kalıplarının anlaşılmasına da zemin hazırlamaktadır.

4.5.5. Senaryo Temelli Yüzey Modelleme ile Eksen Sapmalarının Analizi: Sürücü Yönelimlerinin Mekânsal Görselleştirilmesi

Bu bölümde, sürüş simülasyonunda uygulanan üç farklı trafik senaryosu kapsamında katılımcıların x-y eksenlerindeki konumsal sapmaları analiz edilmiştir. Amaç, sürücülerin sanal yol geometrisine olan uyum düzeylerini ve şerit disiplini ile yön kontrolüne dair davranışsal istikrarlarını belirlemektir. Şekil 119'da Senaryo 1, Senaryo 2 ve Senaryo 3 için elde edilen ortalama eksen sapması değerleri üç boyutlu yüzey grafiği ile görselleştirilmiştir.

Bu grafik, sürücülerin pozisyonlarını mekânsal düzlemde zamandan bağımsız olarak değerlendirmeye imkân tanır. Modelin oluşturduğu matematiksel denklem, sürüş hattındaki yönelme eğilimlerini hem doğrusal hem de doğrusal olmayan bileşenlerle ifade ederek, her bir senaryodaki konumsal tutarlılık düzeyine ilişkin sayısal bir değerlendirme sunmaktadır.



Şekil 119. Üç farklı trafik senaryosuna göre sürücülerin konumsal performanslarının x-y ekseninde yüzeysel görselleştirilmesi

Şekil 119’da sunulan 3D yüzey grafiği, yatay konum (x eksen) ve boylamasına konum (y eksen) değişkenleri boyunca hesaplanan, eksenden sapma değeri (z) değerlerinin senaryolar bazında dağılımını göstermektedir.

Model denklemi:

$Z = 18.2057 - 0.1172x - 0.0074y + 0.0004x^2 + 0.0002xy + 3.8012E-5 y^2$ şeklinde elde edilmiştir.

Denklem, katılımcıların ideal sürüş hattına olan uzaklıklarını açıklayan çok değişkenli bir regresyon modeli olarak yapılandırılmıştır. Görsel veriye göre:

Senaryo1: Düşük yoğunluklu ve basit manevralar içeren bu senaryoda eksen sapmaları minimum düzeydedir. Merkezde yer alan koyu yeşil tonlar, sürücülerin şerit merkezinde tutarlı bir seyir izlediğini göstermektedir.

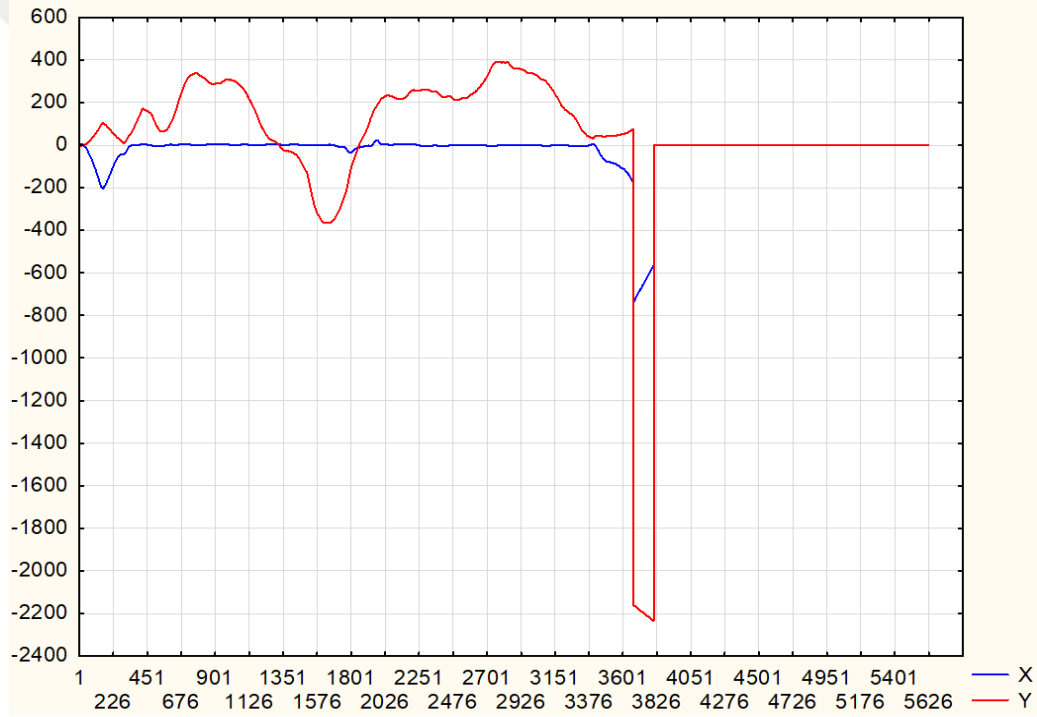
Senaryo2: Orta düzey karmaşıklıkta bu senaryoda sapmaların arttığı görülmektedir. Özellikle eğimli ve yön değişimi gerektiren bölgelerde sarı ve açık yeşil renklerin baskınlaşması, konumsal kontrolün zorlaştığını ortaya koymaktadır.

Senaryo3: Karmaşık trafik girdileri ve dinamik şerit daralmaları içeren bu senaryoda sapmalar maksimum seviyeye ulaşmıştır. Grafikte üst kısımlarda görülen kırmızı ve koyu turuncu tonlar, sürücülerin hem yatay hem dikey eksen de kontrol kayıpları yaşadığını işaret etmektedir.

Genel olarak, senaryoların karmaşıklık düzeyi arttıkça sürücülerin eksen sapması değerlerinin de arttığı gözlemlenmiştir. Bu bulgu, sürüş görevlerinin bilişsel yükünü artıran faktörlerin, yön kontrolü üzerinde doğrudan etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

4.5.6. Simülatör Verilerinde X ve Y Koordinatları Üzerinden Yönelme ve Sapma Analizi

Bu bölümde, bir sürücünün simülasyon süresince aracının X (mavi çizgi) ve Y (kırmızı çizgi) koordinatlarında gösterdiği pozisyonel değişimler değerlendirilmiştir. Şekil 120, sürüş boyunca aracın iki boyutlu düzlemde izlediği yolu ve bu sürece bağlı olarak oluşan yönelme sapmalarını göstermektedir. Özellikle y ekseninde ani sapmalar ve belirgin veri kayıpları dikkat çekicidir.



Şekil 120. Simülatör ortamında sürücünün X ve Y koordinatlarına göre pozisyonel değişim grafiği.

Grafikte yatay ekseninde ölçüm zaman aralıkları, dikey ekseninde ise araç pozisyonlarının x ve y yönündeki değerleri gösterilmektedir.

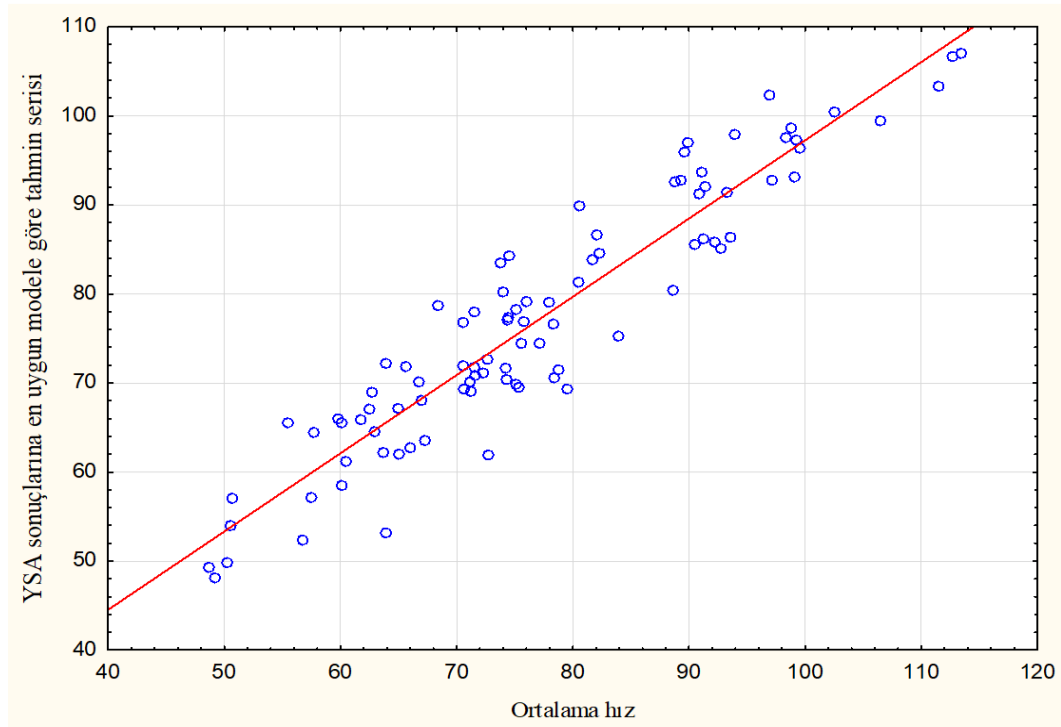
X koordinatındaki değişim (mavi çizgi): Sürücü, simülasyonun büyük bölümünde yatay pozisyonunda istikrarlı bir seyir izlemiştir. X ekseninde sapma genliği sınırlı olup, -200 ile +100 arasında kalmıştır. Bu durum, şerit içi pozisyonlamada belirli bir denge sağlandığını göstermektedir.

Y koordinatındaki değişim (kırmızı çizgi): Y ekseninde ise ciddi düzensizlikler mevcuttur. 3600'üncü metreden itibaren pozisyon değerlerinde ani ve keskin bir düşüş gözlenmekte; değerler -2200 metreye kadar inmektedir. Bu ani kopma, sistemsal bir hata (simülatör algı hatası veya sürüş senaryosunun dışına çıkma), yazılım gecikmesi ya da sürücünün kontrol kaybıyla ilişkilendirilebilir. Aynı zamanda 4000'üncü metreden sonra verinin sabitlenmesi (düz çizgi halinde devam etmesi), sistemin hareketi takip edemez hâle geldiğini veya sürüş verisinin işlenemediğini göstermektedir.

Grafik, sürücünün Y eksenı boyunca pozisyonel kararlılık sağlayamadığını, özellikle simülasyonun son bölümünde yön kontrolünün ciddi şekilde bozulduğunu göstermektedir. Yön kayması ve ani veri sapmaları, sürüş davranışlarında istikrarsızlık ve olasılıkla sistematik arıza göstergesi olarak değerlendirilmelidir.

4.6. Yapay Sinir Ağı (YSA) ile Ortalama Hız Tahmin Modeli

Bu bölümde, simülatör ortamında sürücülerden elde edilen ortalama hız verileri yapay sinir ağı (YSA) yöntemiyle modellenmiş ve modelin tahmin doğruluğu analiz edilmiştir. Bu amaçla geliştirilen tahmin modeli, gözlenen (gerçek) ortalama hız değerleri ile model tarafından tahmin edilen değerler arasındaki ilişkiye dayanarak değerlendirilmiştir. Şekil 121'de her bir denek sürücünün gerçek ortalama hız değeri ile YSA modeli tarafından tahmin edilen karşılıklarını görselleştirmektedir.



Şekil 121. Yapay sinir ağı modeli ile elde edilen tahmin serisinin, gerçek ortalama hız değerleriyle karşılaştırılması.

Analiz sonuçlarına göre, YSA modelinden elde edilen tahmin serisi ile gözlenen ortalama hız verileri arasındaki ilişki determinasyon katsayısı (R^2) kullanılarak ölçülmüştür. Hesaplanan $R^2 = 0.8829$ değeri, modelin yüksek düzeyde açıklayıcılığa sahip olduğunu ve tahmin serisinin gerçek değerlerle büyük oranda uyumlu olduğunu göstermektedir.

Bu değer, modelin ortalama hız değişkeni üzerindeki öğrenme kapasitesinin oldukça başarılı olduğunu ve doğrusal benzerliği güçlü şekilde yakaladığını ortaya koymaktadır.

Grafikteki eksenler ve görsel bileşenler şu şekilde tanımlanmıştır:

- **X eksen:** Denek sürücülere ait gözlenen (gerçek) ortalama hız değerlerini göstermektedir.
- **Y eksen:** YSA modeli tarafından tahmin edilen ortalama hız değerlerini temsil etmektedir.
- **Kırmızı referans çizgisi:** Tahmin = Gerçek doğrusal ilişkisini ifade eden ideal uyum çizgisidir.
- **Mavi daireler:** Her biri, bir katılımcının ortalama hızına karşılık gelen tahmin değerini göstermektedir.

Grafik incelendiğinde, YSA modelinin oluşturduğu tahmin değerlerinin çoğunlukla kırmızı referans çizgisine yakın konumlandığı görülmektedir. Bu durum, modelin tahmin performansının yüksek olduğunu ve gözlenen veriler üzerinde güçlü bir genelleme yapabildiğini göstermektedir.

Tahmin doğruluğu özellikle 50–100 km/s aralığındaki örneklem değerlerinde dikkat çekici düzeydedir. Bu hız aralığında yer alan veriler, YSA modeli tarafından yüksek isabet oranıyla öngörülmüştür. Bununla birlikte:

- Tahmin sapmalarının büyük çoğunluğu ± 10 km/s sınırı içinde kalmakta,
- Bu da modelin hata düzeyinin sınırlı ve kontrol edilebilir olduğunu göstermektedir.
- Ancak, 50–60 km/s aralığında bazı örneklerde tahmin hatalarında artış gözlemlenmiştir. Bu durum, modelin düşük hız desenlerinde genelleme yeteneğinin sınırlı olabileceğini işaret etmektedir.

Sonuç olarak, yapılan analizler YSA modelinin ortalama hız tahmini konusunda güçlü bir doğruluk düzeyine ulaştığını göstermektedir. Görsel doğrulama ve R^2 değeri, modelin yüksek uyum kapasitesini desteklemektedir. Bu bulgular, geliştirilen modelin yalnızca tahmin doğruluğunu değil, aynı zamanda sürücü davranışlarını sınıflandırmak, hız-aşımı riskini önceden öngörmek ve davranış temelli trafik güvenliği uygulamaları

geliştirmek gibi ileri düzey uygulamalarda da etkili bir araç olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

4.7. Sürücü Risk Profillerinin Oluşturulması ve Sınıflandırma Model Performansları

Sürücülerin genel risk eğilimlerini belirlemek amacıyla, yalnızca ani hızlanma ve ani yavaşlama gibi düşük frekanslı olaylara dayalı sınıflandırmalar yerine, daha kararlı ve bireysel özellikleri yansıtan göstergeler dikkate alınmıştır.

Bu bağlamda, sürüş öncesi anket verileri ile tüm senaryolardaki genel ortalama hız değerleri birlikte değerlendirilmiş ve katılımcıların risk profilleri kapsamlı bir analiz süreciyle oluşturulmuştur. Sürücü risk eğilim skoru hesaplamasında kullanılan değişkenler ve anket soruları Tablo 94’te verilmiştir.

- Sadece ani hızlanma ve ani yavaşlama gibi olayları kullanarak sürücü risk gruplarının oluşturulması senaryoya bağlı, az frekanslı ve her sürücüye eşit fırsatla oluşmayan olaylar ve yanlış sınıflamaya neden olacaktır.
- Bu nedenle daha kararlı göstergelerden yani kişinin kendisinin risk eğilimini yansıtan Tablo 94’te verilen sürüş öncesi anket soruları ile tüm senaryolardaki genel ortalama hızları kullanılarak risk profilleri oluşturulmuştur.
- Farklı ölçeklerdeki bu değişkenlerin karşılaştırılabilirliğini sağlamak amacıyla, tüm değişkenler MinMaxScaler yöntemi kullanılarak [0,1] aralığında normalize edilmiştir.
- Daha sonra, her sürücü için satır bazında bu normalize edilmiş değerlerin toplamı alınarak birleşik bir risk eğilim skoru hesaplanmıştır.
- Son aşamada, elde edilen sürekli skor, çeyrek temelli kesme (qcut) yöntemiyle üç eşit büyüklükte kategoriye dönüştürülerek risksiz, orta riskli ve riskli olmak üzere üç kategorik risk seviyesi oluşturulmuştur. Oluşturulan risk grupları ve puanları Tablo 95’te verilmiştir.

Tablo 94. Sürücü risk eğilim skoru hesaplamasında kullanılan değişkenler ve anket soruları.

Anket Sorusu	Açıklama
Ehliyetiniz var mı?	Temel uygunluk ve uyum göstergesi (Ehliyetsiz olan → riskli eğilim)
Araç kullanma becerinizi nasıl tanımlarsınız?	Kendine güven - beceri seviyesi (Yüksek risk alım eğilimiyle ilişkili)
Kendinizi nasıl bir sürücü olarak tanımlarsınız?	Doğrudan risk algısı göstergesi (Agresif / sakin farkı çok belirleyici)
Daha önce trafik kazası yaptınız mı?	Geçmiş riskli deneyim → risk göstergesi
Karayolundaki ağır araç yoğunluğu hızınızı etkiler mi?	Dış faktörlere duyarlılık (Düşük duyarlılık = daha riskli eğilim)

Tablo 94 (Devamı)

Anket Sorusu	Açıklama
Yaya geçidine yaklaşırken hızınızı azaltır mısınız?	Trafikte güvenlik duyarlılığı (azaltmayan → riskli)
Yayalara yol veren araçları görünce dikkat artar mı?	Yine güvenlik duyarlılığı (çok dikkat etmeyen risklidir)
Hız koridoru sürüşünü azaltmada etkili oldu mu?	Hız farkındalığı göstergesi
Hız koridoru sürüşünü sıkıcı bulmak	Hız ihlali eğilimi göstergesi
Dönel kavşakta şerit çizgileri şerit disiplinini etkiler mi?	Şerit disiplini duyarlılığı (önemsemeyenler riskli)
EDS'yi etkili buluyor musunuz?	Yasal otoriteye uyum (etkisiz bulan riskli)
Katılma şeridine yaklaşırken hızınızı azaltır mısınız?	Trafik uyum davranışı göstergesi
Katılma şeridinden hızla çıkan araçlar disiplininizi etkiler mi?	Dış stres / kontrol kaybı göstergesi
Katılma şeridinden gelen araçlar sizi tedirgin eder mi?	Tedirginlik düzeyi → aşırı rahat olan sürücüler de riskli davranış eğilimi

Tablo 95. Risk grubu puan dağılım tablosu

Risk Grubu	Risk Puanı	Risk Grup Dağılımı
Risksiz	2.22 – 8.32	30 sürücü
Orta Riskli	8.32 – 9.54	30 sürücü
Riskli	9.54 – 12.36	30 sürücü

Risk skoru sürekli bir değişken olduğu için, bu skoru sabit eşiklerle sınıflandırmak gruplar arasında ciddi dengesizliklere yol açabilmektedir. Bu durum, özellikle sınıflandırma temelli modelleme süreçlerinde öğrenme başarımını olumsuz etkileyebileceği gibi, dengesiz veri setlerinin doğası gereği sentetik örnekleme (örneğin SMOTE) gibi veri dengeleme yöntemlerinin kullanımını zorunlu kılacaktır. Bu çalışmada bu türden sorunların önüne geçmek amacıyla, risk skoru dağılımı eşit gözlem sayısına sahip üç sınıfa bölünerek “Risksiz”, “Orta Riskli” ve “Riskli” olmak üzere üç kategoride gruplandırılmıştır. Bu işlem için istatistiksel olarak yaygın ve güvenilir bir yöntem olan pd.qcut fonksiyonu kullanılmıştır. Böylece her bir risk grubunda benzer sayıda birey yer alması sağlanmış, hem modelleme süreci için dengeli bir sınıf yapısı elde edilmiş hem de sentetik veri üretimine ihtiyaç duyulmadan doğal dağılım korunmuştur.

Makine öğrenmesi teknikleriyle risk grubunu belirlemek amacıyla bu çalışmada çeşitli sınıflandırma algoritmaları uygulanmıştır.

Veri seti %80 eğitim ve %20 test olacak şekilde stratified sampling yöntemiyle bölünmüştür. Modelleme süreci öncesinde, veri setindeki aykırı değerler (outlier) tespit edilerek analiz dışı bırakılmıştır.

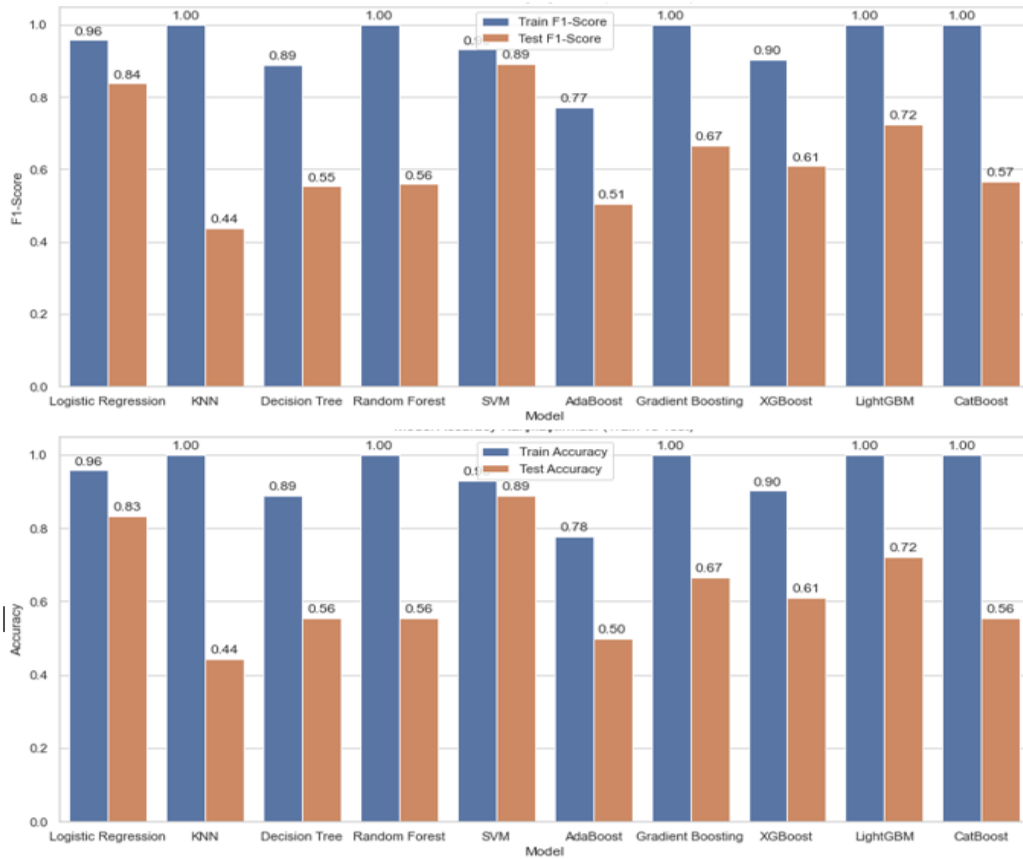
Makine öğrenmesi teknikleriyle risk grubunu belirlemek amacıyla bu çalışmada çeşitli sınıflandırma algoritmaları uygulanmıştır.

Bu kapsamda uygulanan 10 farklı algoritma şu şekildedir: Lojistik Regresyon, K-En Yakın Komşu (KNN), Karar Ağacı, Rastgele Orman (Random Forest), Destek

Vektör Makineleri (SVM), AdaBoost, Gradient Boosting, XGBoost, LightGBM, CatBoost.

Modellerin performansını artırmak ve öğrenme sürecini optimize etmek amacıyla, hiperparametre optimizasyonu gerçekleştirilmiş ve bu süreçte RandomizedSearchCV yöntemi kullanılarak en uygun parametre kombinasyonları belirlenmiştir.

Her modelin performansı, doğruluk (Accuracy) ve F1-Skoru (F1-Score) metrikleri kullanılarak hem eğitim (train) hem de test veri setleri üzerinde ayrı ayrı değerlendirilmiş ve karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçların daha açık yorumlanabilmesi amacıyla, ayrıca çubuk grafikler ile Şekil 122’de eğitim ve test performansları görselleştirilmiştir.



Şekil 122. Makine öğrenmesi ile elde edilen sürücü risk sınıflandırma modellerinin Accuracy ve F1-Score performans karşılaştırmaları (eğitim ve test verisi üzerinden).

Bir modelin aşırı öğrenme (overfitting) veya yetersiz öğrenme (underfitting) eğilimini değerlendirmek için, modelin eğitim ve test veri setleri üzerindeki performans farkını incelemek büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultuda, her bir model için F1-Score ve Accuracy metrikleri hem eğitim hem de test veri setleri üzerinde hesaplanmış ve karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Eğitim ve test skorlarının birbirine yakın olması, modelin veri setindeki genel yapıyı başarılı bir şekilde öğrendiğini ve yüksek genelleme yeteneğine sahip olduğunu gösterirken; eğitim skorunun çok yüksek (örneğin ≈ 1) ancak test skorunun belirgin şekilde düşük olması ise modelin eğitim verisine aşırı uyum sağladığını ve yeni veriler üzerinde düşük performans sergileme riski taşıdığını, yani overfitting durumunu işaret etmektedir.

Diğer yandan hem eğitim hem de test skorlarının düşük olması, modelin temel veri yapısını yeterince öğrenemediğini ve underfitting eğiliminde olduğunu göstermektedir.

Elde edilen bulgulara göre, test verisi üzerinde en yüksek başarıyı gösteren modeller sırasıyla SVM (F1-score: 0.89, Accuracy: 0.89), Logistic Regression (F1-score: 0.84, Accuracy: 0.83) ve LightGBM (F1-score: 0.72, Accuracy: 0.72) olmuştur. Diğer karmaşık modeller (özellikle KNN, Random Forest ve CatBoost) eğitim verisinde yüksek doğruluk gösterse de test verisinde belirgin bir performans düşüşü sergileyerek aşırı öğrenme (overfitting) eğiliminde olduklarını ortaya koymuştur. Öte yandan, AdaBoost modelinde ise hem eğitim hem de test skorlarının düşük olması nedeniyle daha çok yetersiz öğrenme (underfitting) eğilimi gözlemlenmiştir. Sınıflandırma modellerinin öğrenme eğilimleri tablo 96’da özetlenmiştir.

Model karşılaştırma grafiklerinde de açıkça görüldüğü üzere, daha basit algoritmalar, küçük veri setlerinde daha istikrarlı sonuçlar üretmiş, özellikle SVM modeli tüm performans kriterlerinde öne çıkmıştır. Bu doğrultuda, çok sınıflı risk tahmininde SVM tabanlı modellerin küçük ve dengeli veri setleri için güçlü bir alternatif sunduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 96. Sınıflandırma modellerinin öğrenme eğilimleri

Model	Öğrenme Eğilimi
SVM	Yüksek genelleme kapasitesi
Lojistik Regresyon	Yüksek genelleme kapasitesi
Karar Ağacı	Aşırı öğrenme (Overfitting)
Rastgele Orman (Random Forest)	Aşırı öğrenme (Overfitting)
KNN	Aşırı öğrenme (Overfitting)
AdaBoost	Yetersiz öğrenme (Underfitting)

Genel değerlendirmede, anket temelli davranışsal göstergelerin ve hız parametrelerinin bütünleştirilerek sınıflandırma modellerinde kullanılması, sürücü risk gruplarının daha yüksek doğrulukla tahmin edilebileceğini ortaya koymuştur. Özellikle yüksek risk gruplarının belirlenmesinde bu bütünleşik yaklaşım, sadece sürüş esnası

verilerine dayalı modellerin ötesine geçerek daha istikrarlı ve güvenilir sonuçlar sağlamıştır.



5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, sürüş simülatörü ortamında gerçekleştirilen deneyler neticesinde elde edilen bulgular, sürücü davranışlarının farklı yol ve trafik koşullarında nasıl değiştiğine dair kapsamlı içgörüler sunmaktadır. Dört temel senaryo özelinde elde edilen sonuçlar, insan faktörünün trafik güvenliğine etkisini çok boyutlu olarak ortaya koymuştur.

Yaya geçidi senaryosunda, sürücülerin yayaya ayrılmış geçitlere yaklaşırken genellikle yeterince erken yavaşlamadıkları ve “geç frenleme” eğilimi sergiledikleri gözlemlenmiştir. Bu durum, duruş mesafesinin kritik düzeyde kısalmasına ve olası yaya çarpışma riskinin artmasına yol açabilecek ciddi bir davranış örüntüsüne işaret etmektedir.

Yeşil dalga senaryosunda, sürücülerin sinyal koordinasyonunun gerektirdiği sabit seyir hızına tam uyum sağlayamadıkları, özellikle sinyalizasyonun ikilem bölgesi olarak adlandırılan son anlarında kırmızı ışıktaki beklememek için hızlarını ani biçimde artırma eğilimi gösterdikleri belirlenmiştir. Bu hız uyumsuzluğu ve kararsız hız değişimleri, kural ihlali potansiyelini yükseltmekte ve kavşaklardaki kazaya riskini artırmaktadır.

Karayolu katılım (birleşme) senaryosunda, kısa tasarlanmış katılma şeritleri ve yoğun trafik varlığında bazı sürücülerin riskli şerit değiştirme manevraları gerçekleştirdiği, sollama ve birleşme esnasında ani hız değişimleri ile şerit disiplininin bozulduğu tespit edilmiştir. Bu bulgu, özellikle ağır taşıtların da bulunduğu katılma bölgelerinin trafik güvenliği açısından kritik risk noktaları olduğunu doğrulamaktadır.

EDS (Elektronik Denetleme Sistemi) senaryosunda ise sürücülerin, ortalama hız koridoru ile denetlenen yolda hız sınırına uyum konusunda daha temkinli ve dikkatli davrandıkları görülmekle birlikte, uzun süre sabit hızda seyretmenin getirdiği monotonluk nedeniyle sürüş konforunda azalma bildirdikleri saptanmıştır. Bu durum, elektronik denetleme altında araç kullanan sürücülerde dikkat düzeyinin artmasına rağmen, sürekli hız kontrolüne maruz kalmanın bilişsel yükü artırarak olumsuz bir deneyime yol açabileceğini göstermektedir.

Tüm senaryolar bir arada değerlendirildiğinde, simülatör deneyleri gerçek dünyadaki kritik trafik durumlarını başarıyla yansıtmış ve sürücülerin bu durumlara verdikleri tepki kalıplarını nicel olarak ortaya koymuştur. Bu sayede, yaya geçidinde geç frenleme, yeşil dalgada hız düzensizliği, katılma bölgelerinde agresif manevralar ve

monoton seyir koşullarında dikkat dağınıklığı gibi trafik güvenliğini tehlikeye atan riskli davranışlar somut verilerle belirlenmiştir.

Demografik Faktörlerin Sürüş Davranışları Üzerindeki Etkileri: Sürüş davranışlarından elde edilen veriler, özellikle sürücü yaşı, eğitim düzeyi ve sürüş deneyimi gibi demografik değişkenlerin trafik güvenliği üzerinde belirleyici etkilere sahip olduğunu ortaya koymuştur. Bu doğrultuda, farklı yaş gruplarına ait sürücü profilleri aşağıda detaylı biçimde ele alınmaktadır.

Sürücü yaşının sürüş davranışları üzerindeki etkileri

Genç sürücüler (18–24 yaş grubu): Genç sürücüler, çalışmanın en yüksek risk profiline sahip demografik grubu olarak öne çıkmıştır. Simülatör verileri, bu yaş grubundaki katılımcıların ortalama hızlarının genel ortalamanın üzerinde seyrettiğini ve ani hızlanma ile sert frenleme davranışlarını daha sık gerçekleştirdiklerini göstermiştir. Özellikle, yaya geçidi, katılım şeridi ve yeşil dalga senaryolarında riskli karar alma eğilimleri belirgin şekilde gözlemlenmiştir. Bu durumun temelinde genç sürücülerde sık rastlanan aşırı özgüven, risk algısındaki düşüklük ve henüz tam gelişmemiş tecrübe temelli öngörü becerileri yer almaktadır. Anket sonuçları da bu bulguları destekler nitelikte olup, genç sürücülerin kural ihlallerini görece daha tolere edilebilir gördüklerini ve özellikle hız ihlali konusundaki tutumlarının daha esnek olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, genç sürücüler arasında elektronik denetleme sistemlerinin etkisine ilişkin algı farklılıkları da dikkat çekmektedir; EDS ve radar uygulamalarının kendilerini tam anlamıyla disipline etmediğini düşünen genç katılımcılar, sistemlerin aşılabilir veya tolere edilebilir olduğunu ifade etmişlerdir. Tüm bu sonuçlar, genç sürücülerin yüksek hız ve agresif manevralara yatkın davranış örüntüsüne sahip olduklarını ve bu nedenle hedefe yönelik eğitim ve denetim stratejilerine özel ihtiyaç duyduklarını ortaya koymaktadır.

Orta yaşlı sürücüler (25–64 yaş grubu): Orta yaş grubundaki sürücüler, çalışma genelinde en dengeli ve güvenli sürüş profiline sahip grup olarak değerlendirilmiştir. Simülatör senaryolarında bu grubun hız kontrolü, takip mesafesi, şerit disiplini ve ani manevralara verdiği tepkiler büyük ölçüde istikrarlı bulunmuştur. Özellikle yaya geçidine yaklaşım ve yeşil dalga sistemine uyum senaryolarında orta yaşlı sürücülerin uygun hız ayarlamaları, zamanında frenleme kararları ve proaktif risk yönetimi davranışları sergiledikleri saptanmıştır. Anket sonuçları da bu davranışsal bulguları desteklemiş; orta yaş grubundaki sürücüler trafik kurallarını içselleştirmiş, denetim sistemlerine daha yüksek uyum göstermiş ve genel trafik güvenliği algısını daha yüksek seviyede ifade etmiştir. Ayrıca, bu grup elektronik denetleme sistemlerini olumlu

değerlendirmiş ve sistemlerin güvenliği artırıcı etkisine yüksek oranda katılım sağlamıştır. Orta yaş grubunun iş hayatında aktif olması, daha sık araç kullanmaları ve geçmiş sürüş deneyimlerinin çeşitliliği, sürüş stratejilerini olgunlaştırmış ve risk yönetiminde başarılı refleksler geliştirmelerini sağlamıştır. Dolayısıyla, orta yaş sürücüler hem trafik akışının sürekliliğini hem de güvenliği koruyan optimal bir denge noktası oluşturmuşlardır.

Yaşlı sürücüler (65 yaş ve üzeri): Yaşlı grubundaki sürücüler genellikle daha temkinli, düşük hız tercih eden ve risk almaktan kaçınan bir sürüş profili sergilemişlerdir. Simülatör verileri bu grubun ortalama hızlarının diğer yaş gruplarına göre belirgin biçimde daha düşük olduğunu ve ani hızlanma, sert fren gibi ani tepkilerin çok sınırlı düzeyde gerçekleştiğini göstermiştir. Bununla birlikte, ileri yaşla birlikte bilişsel işlem hızında yavaşlama, reaksiyon süresinde uzama ve karar verme süreçlerinde ihtiyatlılık öne çıkmaktadır. Özellikle katılım şeridi ve kısa karar süresi gerektiren manevralarda karar gecikmeleri ve kararsız manevralar gözlemlenmiştir. Anket bulgularında ise yaşlı sürücülerin trafik kurallarına ve denetim sistemlerine yüksek uyum gösterdiği; ancak yeni nesil teknolojik denetim ve bilgilendirme sistemlerine ilişkin bilgi ve adaptasyon düzeylerinin sınırlı olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca yaşlı sürücüler, özellikle yoğun trafik ve karmaşık kavşak tasarımlarında stres düzeyinin arttığını ifade etmişlerdir. Bu durum, ileri yaş sürücüler için hem bilişsel hem de fiziksel kapasiteye uygun ergonomik altyapı düzenlemeleri ve destekleyici eğitim programlarının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Eğitim Düzeyinin Sürüş Davranışları Üzerindeki Etkileri

Araştırma kapsamında eğitim düzeyinin sürüş davranışları üzerindeki etkisi istatistiksel analizlerle değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, eğitim seviyesinin yalnızca trafik kurallarına uyum değil; aynı zamanda risk algısı, öngörü becerisi ve kontrol davranışları üzerinde de belirleyici bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır. Eğitim düzeyleri temelinde sürücüler arasında anlamlı davranışsal farklılaşmalar gözlemlenmiş; her eğitim grubunun karakteristik sürüş profilleri aşağıda detaylandırılmıştır.

İlköğretim ve Lise Mezunu Sürücüler: Bu gruptaki sürücüler, çalışmada riskli sürüş davranışlarının en sık gözlemlendiği eğitim grubunu oluşturmuştur. Simülatör verileri incelendiğinde, düşük eğitim seviyesine sahip katılımcıların ortalama hızlarının hem daha yüksek dalgalanma gösterdiği hem de hız limitlerine uyum düzeylerinin düzensiz seyrettiği belirlenmiştir. Ani hızlanma, sert frenleme ve ani şerit değiştirme davranışları bu grupta daha yoğun görülmüş; özellikle karmaşık senaryolarda (örneğin yeşil dalga ve

karayolu katılımı) kontrolsüz manevralara daha sık başvurdıkları gözlemlenmiştir. Anket verileri de bu sonuçları desteklemekte; ilköğretim ve lise mezunlarının trafik kurallarına ilişkin bilgi seviyelerinin sınırlı olduğu ve kurallara uyma motivasyonlarının görece düşük olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca, elektronik denetleme sistemlerine yönelik güven algısında da bu grubun daha kararsız ve eleştirel bir tutum sergilediği gözlemlenmiştir. Bu durum, düşük eğitim seviyesinin sürüş davranışları üzerinde bilişsel farkındalık ve davranış regülasyonu açısından zayıf bir altyapı oluşturduğunu ve yüksek risk barındıran hatalı davranışların daha sık tekrarlandığını göstermektedir.

Önlisans ve Lisans Mezunu Sürücüler: Araştırma bulguları, önlisans ve lisans mezunu sürücülerin genel olarak daha dengeli ve kontrollü bir sürüş profiline sahip olduklarını ortaya koymuştur. Simülatör senaryolarında bu gruptaki sürücüler hız limitlerine daha yüksek uyum göstermiş; yaya geçitlerinde yavaşlama, yeşil dalgada sabit hız koruma ve otoyol katılımında uygun hız ayarlama davranışlarını daha istikrarlı biçimde sergilemişlerdir. Ani hızlanma ve sert frenleme gibi tepkisel manevralar bu grupta sınırlı düzeyde gerçekleşmiş; şerit değiştirme ve takip mesafesi ayarlarında da kontrollü bir sürüş pratiği gözlemlenmiştir. Anket sonuçlarında ise bu sürücülerin trafik kurallarına ilişkin bilgi ve bilinç seviyelerinin yüksek olduğu, denetim sistemlerini olumlu değerlendirdikleri ve trafik güvenliği algılarının yüksek olduğu görülmüştür. Eğitimle birlikte gelişen problem çözme ve öngörü kapasitesi, bu grubun özellikle karmaşık trafik senaryolarında daha proaktif ve planlı sürüş kararları almasını sağlamıştır. Dolayısıyla, önlisans ve lisans eğitimi, sürüş güvenliği açısından koruyucu ve dengeleyici bir faktör olarak öne çıkmaktadır.

Yüksek Lisans ve Doktora Mezunu Sürücüler: En yüksek eğitim düzeyini temsil eden bu grup, çalışmada en düşük risk profiline sahip sürücü grubu olarak değerlendirilmiştir. Simülatör verileri, yüksek lisans ve doktora mezunu sürücülerin hız kontrollerinin oldukça dengeli ve istikrarlı olduğunu; ani hız değişimlerinin ve sert frenleme davranışlarının çok düşük oranda gerçekleştiğini ortaya koymuştur. Bu sürücüler, karmaşık karar anlarında dahi öngörülü ve sakin manevralar gerçekleştirmiş; risk algısı ve durum farkındalığı açısından yüksek performans sergilemiştir. Anket verileri de bu sonuçları desteklemekte; yüksek eğitim seviyesine sahip katılımcılar, trafik kurallarını içselleştirme düzeyleri, elektronik denetleme sistemlerine güvenleri ve genel trafik güvenliği bilincinde en yüksek skorlara ulaşmıştır. Ayrıca, bu grubun sürüş esnasındaki öz-farkındalık düzeylerinin daha yüksek olduğu, sürüş hatalarını minimize etme konusunda bilinçli çaba sarf ettikleri görülmüştür. Gelişmiş bilişsel kapasite,

analitik düşünme becerisi ve kurallara uyum motivasyonunun güçlü oluşu, yüksek lisans ve doktora mezunu sürücülerin en güvenli sürüş örüntüsünü sergilemelerini sağlamıştır.

Cinsiyet Faktörünün Sürüş Davranışları Üzerindeki Etkileri

Araştırma kapsamında cinsiyet değişkeninin sürüş davranışları üzerindeki etkileri hem objektif performans verileri hem de öznel anket yanıtları temelinde çok yönlü biçimde değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, cinsiyetin sürüş davranışlarını belirlemede tek başına baskın bir faktör olmadığını, ancak belirli sürüş koşullarında davranışsal eğilimlerin farklılaştığını ortaya koymaktadır.

Erkek Sürücüler: Çalışmada genel olarak daha yüksek özgüven beyanları ile öne çıkmış ve bu özgüven zaman zaman daha yüksek hız tercihinin ve dinamik manevra eğilimlerine yansımıştır. Simülasyon verileri incelendiğinde, erkek sürücülerin ortalama hızlarının kadın sürücülere kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu; ani hızlanma ve ani frenleme davranışlarının ise daha sık gerçekleştiği belirlenmiştir. Özellikle katılım şeritleri ve yeşil dalga senaryolarında, erkek sürücülerin karar alma sürecinde daha hızlı ve cesur manevralar gerçekleştirme eğiliminde oldukları gözlemlenmiştir. Anket sonuçları da bu davranışsal bulguları desteklemiş; erkek sürücüler, sürüş becerilerine ilişkin öz-yeterlilik algılarını yüksek düzeyde ifade etmiş ve risk algılarının daha tolere edilebilir seviyelerde olduğunu beyan etmişlerdir. Bununla birlikte, elektronik denetleme sistemlerine ilişkin güven ve kabul düzeyleri genel anlamda pozitif olmakla birlikte, genç erkek sürücülerde sistemlerin esnetilebilirliğine dair yanlış algılamalar dikkat çekmiştir. Dolayısıyla erkek sürücüler genel olarak hız ve karar alma hızı açısından daha agresif bir profil sergilemekte; bu durum özellikle genç yaş grubu erkek sürücülerde kaza riski açısından daha dikkat çekici hale gelmektedir.

Kadın Sürücüler: Kadın sürücüler çalışmada daha temkinli, kurallara daha yüksek uyum gösteren ve planlı sürüş stratejileri sergileyen bir profil ortaya koymuştur. Simülasyon verileri, kadın sürücülerin hız limitlerine uyumlarının daha yüksek olduğunu, ani hız değişimleri ve agresif manevraların ise oldukça sınırlı düzeyde gerçekleştiğini göstermiştir. Özellikle katılım şeridi ve yüksek yoğunluklu trafik senaryolarında kadın sürücüler, mesafe ayarlama ve şerit değiştirme kararlarında daha dikkatli ve planlı davranışlar sergilemiştir. Anket bulgularında da kadın sürücülerin trafik kurallarına uyma motivasyonlarının yüksek olduğu, trafik güvenliğine ilişkin risk algılarının daha gelişkin olduğu ve özellikle yaya güvenliği konusunda daha duyarlı tutumlar sergiledikleri ortaya çıkmıştır. Kadın sürücüler, elektronik denetim sistemlerine yönelik

kabul ve destek düzeyinde de pozitif ve sistemden caydırıcılık bekleyen bir eğilim göstermiştir. Ayrıca kadın sürücüler, trafik ortamındaki belirsiz durumlarda riskten kaçınma reflekslerini daha sık aktive etmektedirler; bu durum trafik güvenliği açısından koruyucu bir davranış örüntüsü oluşturmaktadır.

Ortak gözlemler ve genel değerlendirme: Her iki cinsiyet grubu, özellikle kritik trafik durumlarında (örneğin yaya geçitlerinde görüş kısıtlılığı, katılım şeridinde aniden çıkan araçlar gibi) benzer risk algı seviyelerine ulaşmıştır. Katılım şeritlerindeki ani çıkışların “düzensiz ve tehlikeli” olduğu yönündeki yüksek ortak görüş oranı, trafik güvenliğine ilişkin temel risklerin cinsiyetten bağımsız ortak algılandığını göstermektedir. Genel değerlendirmede ise, cinsiyetin sürüş davranışları üzerinde anlamlı etkiler yarattığı ancak bu etkinin yaş, eğitim ve deneyim gibi değişkenlere kıyasla daha sınırlı ve bağlamsal olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Cinsiyet farklılıkları daha çok hız tercihleri, manevra cesareti ve riskten kaçınma düzeylerinde kendini göstermekte; ancak genel trafik güvenliği kültürünün gelişimi açısından her iki cinsiyet grubunda da benzer bilinç düzeyleri oluşabilmektedir.

Çalışmada uygulanan öncesi/sonrası anketler ile sürüş performans ölçümleri arasındaki korelasyon analizleri, sürücülerin öznel algı ve tutumlarıyla nesnel davranışları arasında önemli ilişkiler bulunduğunu ortaya koymuştur. Sürüş öncesinde katılımcıların risk algısını, kendilerine güven düzeylerini ve trafik kurallarına yönelik tutumlarını ölçen anket maddeleri ile simülatör ortamında kaydedilen performans göstergeleri eşleştirilerek incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, belirli konulardaki öznel beyanların gerçek sürüş davranışlarına yansıdığını göstermektedir. Örneğin, “diğer sürücülerin yaya geçitlerinde yeterince yavaşladığı” ifadesine katılmayan ve yaya geçitlerinin tehlikeli olduğunu düşünen sürücülerin, simülasyondaki yaya geçidi senaryosunda hızlarını daha erken düşürdükleri görülmüştür.

Benzer şekilde, yeşil dalga sistemine güvenerek hız ayarlama davranışını anketlerde olumlu değerlendiren sürücüler, ilgili senaryoda önerilen seyir hızını korumaya daha yatkın bulunmuştur. Ağır taşıt trafiğinin hız üzerindeki etkisi konusunda bilinçli olduğunu belirten katılımcılar, simülatörde ağır taşıt trafiğiyle karşılaştıklarında hızlarını diğer gruplara kıyasla daha fazla azaltmışlardır.

Bu tip korelasyonlar, sürücülerin algıladıkları risk ile sergiledikleri davranış arasında anlamlı bir bağ olabileceğini göstermektedir. Dolayısıyla öznel anket verilerinin, sürücülerin risk profillerine dair erken sinyaller verebileceği söylenebilir. Bu bulgu, psikoteknik değerlendirmelerin ve tutum ölçeklerinin, gerçek sürüş performansını iyileştirmeye yönelik programlara entegre edilebileceğine işaret

etmektedir. Diğer bir ifade ile bireylerin trafik algısı ve güvenlik konusundaki farkındalık düzeylerini yükseltmek, bu çalışmada ortaya konduğu üzere, fiili sürüş davranışlarını da daha güvenli hale getirebilecek bir etki yaratmaktadır.

Çalışmanın deneysel analiz boyutunda uygulanan makine öğrenmesi ve yapay sinir ağı (YSA) temelli analizler, sürücü davranışlarının çok değişkenli ve karmaşık örüntülerini çözümlemede yüksek ayırt edici performans sergilemiştir. Geliştirilen sınıflandırma ve regresyon modelleri; ani hızlanma, ani frenleme, hız aşımı, şerit değişim sıklığı ve hız varyansı gibi davranışsal parametreler üzerinden sürücülerin risk profillerini belirleme konusunda önemli bir başarı sağlamıştır. Özellikle, yapay sinir ağı ile inşa edilen ortalama hız tahmin modeli, sürücünün anlık hız kontrol girdilerini çok katmanlı öğrenme yapısıyla işleyerek genel seyir davranışını yüksek doğrulukla tahmin edebilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre, YSA modelinin tahmin performansı determinasyon katsayısı (R^2) ≈ 0.88 seviyesine ulaşarak sürücünün hız yönetimi davranışını güçlü biçimde açıklamıştır. Bu yüksek uyum düzeyi, hem simülatör ortamında elde edilen verilerin güvenilirliğini hem de sürüş davranışlarının yapay zeka modelleriyle öngörülebilirliğini ortaya koymaktadır. Model yalnızca ortalama hız tahminiyle sınırlı kalmayıp, sürücünün hız kontrolündeki stabilite, ani karar verme davranışları ve hız varyasyonu örüntülerini de başarılı biçimde öğrenmiş ve genelleştirilebilir parametrik yapılar üretmiştir. Elde edilen bu yüksek modelleme başarımı, yapay sinir ağı tabanlı tahminleme yaklaşımlarının yalnızca deneysel ortamlarda değil; aynı zamanda gerçek trafik ortamlarında da sürücü davranışlarını izleme, erken risk tespiti yapma ve kişiselleştirilmiş sürücü destek sistemleri geliştirme açısından uygulanabilirliğini desteklemektedir.

Makine Öğrenmesi Tabanlı Modellerle Sürücü Risk Profiline Belirlenmesi

Çalışmada uygulanan makine öğrenmesi tabanlı sınıflandırma ve analiz yaklaşımları, sürücü davranışlarının çok boyutlu örüntülerini çözümlemede yüksek ayırt edicilik gücüne sahip metodolojiler olarak önemli sonuçlar üretmiştir. Özellikle sürüş sırasında kaydedilen ani hızlanma, ani frenleme, şerit değişim sıklığı ve hız limitini aşma davranışları gibi parametrik göstergeler üzerinden geliştirilen modeller, sürücülerin risk eğilimlerini nesnel biçimde gruplandırma potansiyelini ortaya koymuştur.

Bu kapsamda Karar Ağaçları (Decision Trees), Random Forest, Gradient Boosting ve XGBoost algoritmaları kullanılarak gerçekleştirilen sınıflandırma analizlerinde sürücüler belirli davranış kümelerine göre ayrıştırılabilmektedir. Modeller,

yalnızca toplam hız ortalamalarıyla değil, hız değişim frekansları ve hız varyansları gibi dinamik değişkenleri dikkate alarak daha hassas risk profilleri tanımlayabilmiştir.

Örneğin, ani hızlanma ve ani frenleme davranışlarının birlikte gözlemlendiği sürücüler daha çok “agresif sürüş profili” sınıfına, düşük hız varyansları ve stabil hız kontrolü gösteren sürücüler ise “dengeli sürüş profili” sınıfına atanmıştır. Bunun yanı sıra, hız örüntülerinde yüksek dalgalanma ve tutarsız manevra karakteristikleri gösteren bazı sürücüler ise “düzensiz ve öngörülemez sürüş profili” olarak kategorize edilmiştir.

Üç boyutlu hız dağılım analizlerinde de benzer davranış kümeleri somut olarak görselleştirilmiştir. Örneğin, “Sürücü 1” örneğinde ani hız artışları ve düşüşleriyle karakterize edilen keskin hız dalgalanmaları, riskli manevra potansiyelinin yüksekliğine işaret ederken; “Sürücü 2” örneğinde sabit hız bantları içerisinde seyreden daha kararlı ve öngörülebilir hız yönetimi davranışı gözlenmiştir. “Sürücü 3” ise yüksek frekansta hız değişimlerini düzensiz şerit değişimleriyle birleştirerek kontrolsüz ve reaksiyoner bir sürüş örüntüsü sergilemiştir. Bu davranış örüntülerinin makine öğrenmesi modelleriyle başarıyla ayrıştırılabilmesi, insan faktörünün istatistiksel ve algoritmik sınıflandırmaya uygun dinamik yapısını ortaya koymaktadır.

Elde edilen bulgular, sürücülerin yalnızca anlık hataları üzerinden değil, genel sürüş kalıpları ve davranış kalıpları temelinde de sistematik biçimde risk değerlendirmesi yapılabileceğini göstermektedir. Makine öğrenmesi tabanlı bu tür sınıflandırma yaklaşımları, geleneksel kaza geçmişi ve trafik cezası kayıtlarının ötesine geçerek; proaktif risk tespiti, kişiselleştirilmiş sürücü eğitim programları ve filo yönetimi stratejileri gibi çeşitli uygulamalara bilimsel dayanak sağlamaktadır.

Uygulanan sınıflandırma modelleri, genç ve deneyimsiz sürücülerin daha yüksek kaza riski taşıdığını, orta yaş grubunun görece daha dengeli sürüş alışkanlıkları sergilediğini ve ileri yaş grubundaki sürücülerin ise bazı fiziksel sınırlılıkların etkisiyle belirli riskler barındırabileceğini ortaya koymuştur. Bu çerçevede, makine öğrenmesi destekli analizler hem bireysel farklılıkları dikkate alan bir risk sınıflandırması sunmakta hem de önleyici güvenlik politikalarının geliştirilmesine katkı sağlayacak güçlü bir analitik altyapı oluşturmaktadır.

Genel bir değerlendirme yapıldığında, bu çalışma sonucunda trafik güvenliği açısından kritik öneme sahip birçok riskli davranış somut olarak tanımlanmıştır. Sürücülerin yaya geçitlerinde durmaktan imtina etmesi, sinyal sürelerine uyum sağlamak yerine kırmızıya yakalanmamak için hızlanması, karayolu birleşmelerinde uygunsuz şerit değişimleri yapması ve uzun süreli monoton sürüş koşullarında dikkat kaybına uğraması, elde edilen veriler ışığında sayısal olarak ortaya konan temel riskli

davranışlardır. Bu davranışların her biri, trafik güvenliği üzerinde olumsuz etkilere sahip olup kazaların oluş mekanizmalarında önemli yer tutmaktadır.

Bu çalışma, simülatör destekli deneysel yaklaşımı ve gelişmiş veri analitiğini birleştirerek insan faktörünün trafik güvenliğindeki çok boyutlu etkilerini sistematik biçimde ortaya koymuştur. Bulgular, farklı sürücü gruplarının risk eğilimlerini detaylandırarak, gelişmekte olan ülkelerde yol güvenliği politikaları ve saha uygulamaları için bilimsel ve uygulanabilir çözümler sunmaktadır. Çalışma, trafik mühendisliği, davranış bilimleri ve yapay zekâ disiplinlerini bütüncül bir çerçevede bir araya getirerek literatüre özgün katkılar sağlamıştır.



6. ÖNERİLER

Bu bölümde, araştırmadan elde edilen bulgular doğrultusunda trafik güvenliğini artırmaya yönelik stratejik, teknik ve eğitsel öneriler sunulmaktadır. Öneriler geliştirilirken, hem politika yapıcı kurumların karar süreçlerine ışık tutacak makro ve de altyapı tasarımı, sürücü eğitimi ve yeni teknolojilerin kullanımına yönelik uygulanabilir çözümlere yer verilmiştir. Özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde hayata geçirilebilecek pratik ve sürdürülebilir adımlar vurgulanmış; veri temelli yaklaşımların ve yapay zekâ destekli sistemlerin gelecekteki rolüne ilişkin öngörüler de paylaşılmıştır.

Trafik Güvenliği Politikalarına Yönelik Stratejik Öneriler

Yaya önceliği ve denetimin güçlendirilmesi: Çalışma kapsamında elde edilen bulgular doğrultusunda, yaya geçitlerinde sürücülerin geç fren yapma ve yol vermeme eğilimlerini azaltmak amacıyla yenilikçi bir öneri olarak akıllı yaya geçidi algılayıcı sistemi geliştirilmesi önerilebilir. Bu sistem, yaya geçitlerine entegre edilecek LiDAR ve radar sensörleri aracılığıyla, sürücülerin yaya varlığına karşı gösterdiği davranışları (hız, frenleme tepkisi, duruş mesafesi vb.) analiz ederek, araç plakalarıyla eşleştirilmiş davranış puanları oluşturabilir. Sistem, yayaya öncelik tanıyan sürücülere çeşitli teşvikler (örneğin sigorta indirimi, vergi avantajı, akaryakıt desteği) sunarken, olumsuz davranış örüntüleri sergileyen sürücüler için davranışsal eğitim programları veya simülasyon tabanlı yeniden değerlendirme süreçlerini devreye sokabilir.

Genç sürücüler ve yüksek risk grubundakilere özel programlar: Çalışma kapsamında elde edilen bulgular, özellikle 18–24 yaş aralığındaki genç ve deneyimsiz sürücülerin daha yüksek hızla seyrettiklerini, ani manevralara daha yatkın olduklarını ve kural ihlallerine karşı daha toleranslı tutumlar sergilediklerini ortaya koymuştur. Bu doğrultuda, genç sürücülere yönelik kademeli ehliyet sistemi uygulamaya koyulabilir; sürüş davranışlarını izleyen dijital sürücü günlüğü gibi teknolojik çözümlerle izleme ve geribildirim mekanizmaları oluşturulabilir. Ayrıca, sanal gerçeklik (VR) destekli simülasyonlarla riskli senaryolara karşı farkındalık artırılabilir, gamification temelli ödül (bireylerin davranışlarını motive edici unsurlar aracılığıyla yönlendirmek için kullanılan, oyunlaştırma stratejilerine dayalı ödüllendirme yöntemi) ile sistemi ile pozitif sürüş davranışları teşvik edilebilir.

Elektronik denetim sistemlerinin yaygınlaştırılması ve entegrasyonu: Elde edilen bulgular, EDS gibi teknolojik uygulamaların sürücülerini hız kontrolü konusunda disipline ettiğini ve genel olarak yüksek kabul gördüğünü ortaya koymaktadır. Bu

doğrultuda, mevcut EDS altyapısının ülke genelindeki kaza potansiyeli yüksek yol kesimlerinde yaygınlaştırılması stratejik bir hedef olmalıdır. Benzer şekilde, kırmızı ışık ihlal tespit kameraları, emniyet şeridi ihlal sensörleri, trafik izleme merkezleri gibi teknolojilerin hukuki ve teknik altyapısı güçlendirilerek, trafik kuralı ihlallerinin sürekli ve otomatik denetimi sağlanmalıdır. Ancak bu süreçte, sürücülerin yeni sistemlere bilgi ve güven düzeyinin artırılması önemli bir husustur. Önerilen politika, teknolojik denetim ile kamu ile bütünleşmiş şekilde yürütülmesi; örneğin EDS veya benzeri bir sistem devreye alınmadan önce bölge sürücülerine bilgilendirme yapılması, sistem devreye girdikten sonra da şeffaf geri bildirimlerle sürücü güveninin korunması şeklinde olmalıdır. Bu şekilde hem teknolojinin etkinliği hem de sürücülerin gönüllü uyumu en üst seviyeye çıkarılabilecektir.

Yol ve Kavşak Tasarımlarına İlişkin Mühendislik İyileştirmeleri

Yeşil dalga sistemlerinin optimizasyonu ve ikilem bölgesi sorununa çözüm:

Çalışmada gözlemlenen hız uyumu problemleri, yeşil dalga koridorlarının tasarım ve işletmesinde bazı iyileştirmelere ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Sürücülerin yeşil dalga sistemine güvenerek önerilen hızda gitmelerini sağlamak için, koridor girişlerinde dinamik hız tavsiye sistemleri kullanılabilir. İçinde bu sistemler sayesinde sürücünün uzun yeşil dalga koridorlarında uyması gerektiği hızın altında veya üstünde kaldığında sürücüyü teşvik eden ve güncel olması gerektiği hızı ayarlayan dinamik tavsiye tabelalarıyla yeşil dalga kullanımı daha etken bir hale getirilebilir. (ör. değişken mesajlı tabelalarda “Yeşil dalga hızı: 70 km/sa” gibi uyarılar). Bu sayede, sürücüler bir sonraki sinyale hangi hızla ulaşmaları gerektiğini bilecek ve gereksiz hız dalgalanmaları azalacaktır. İkinci olarak, kavşaklardaki ikilem bölgesi (dilemma zone) sorununun üstesinden gelmek amacıyla trafik ışıklarında geri sayım sayaçları kullanılabilir. Bu tür uygulamalar, sürücülere sinyal değişimi hakkında öngörü kazandırarak son anda hızlanma ya da sert fren yapma kararlarını minimize edecektir. Nitekim literatürde de yanıp sönen yeşil uygulamasının sürücüler üzerinde daha olumlu davranışlar ve sürücülerini ani kararlardan uzaklaştırdığı rapor edilmiştir Dolayısıyla, yeşil dalga sistemleri hem mühendislik hem de sürücü bilgilendirmesi yönünden sinyal sürelerinin birbirine uyumu kadar sürücülerin bu sisteme uyumunu kolaylaştıracak teknolojilere de önem verilmelidir.

Karayolu katılım şeritleri ve birleşme alanlarının iyileştirilmesi: Simülasyon verileri ve sürücü davranış analizleri, otoyol katılım şeritlerinde özellikle yüksek trafik yoğunluğu ve kısa hızlanma şeridi koşullarında şerit disiplininin bozulduğunu, ani hız

değişimlerinin ve agresif manevraların sıklaştığını ortaya koymuştur. Bu tür senaryolarda sürücülerin karar verme süreleri kısaltmakta, hız uyumu ve güvenli takip mesafesi ihlalleri artmaktadır. Dolayısıyla, karayolu katılım noktalarında trafik akışını düzenleyici ve güvenliği artırıcı müdahalelere ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu bağlamda, özellikle gelişmiş ülkelerde başarıyla uygulanan Ramp Metreleme (Ramp Metering) sistemleri, Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde de pilot uygulamalarla test edilmeye uygun bir çözüm olarak öne çıkabilir. Ramp metreleme, karayolu katılım rampalarının başına yerleştirilen sinyal kontrollü trafik ışıkları vasıtasıyla, katılım yapan araçların karayolu girişini belirli aralıklarla düzenleyen bir trafik yönetim sistemidir (Papageorgiou vd., 2003). Sistem, özellikle yüksek yoğunluklu saatlerde otoyoldaki akışa ani giriş yığılmalarını engelleyerek akıcı ve emniyetli bir trafik akışı sağlamayı hedefler (Gomes ve Horowitz, 2006).

Çalışma da saptanan agresif şerit değiştirme ve ani hızlanma-frenleme problemleri göz önünde bulundurulduğunda, Türkiye’de özellikle büyük şehir çevre yolları, otoyol bağlantıları ve yoğun birleşme bölgelerinde (örneğin TEM, E-5, Kuzey Marmara Otoyolu gibi) Ramp Metreleme Pilot Projeleri hayata geçirilebilir.

Bu projeler kapsamında:

- Katılım rampalarına adaptif sinyal sistemleri kurularak trafik yoğunluğuna duyarlı giriş aralıkları belirlenebilir,
- Sistem başlangıçta sadece sabah ve akşam zirve saatlerinde devreye sokulabilir.
- Sürücülere sistemin çalışma mantığına ilişkin eğitim ve bilgilendirme kampanyaları düzenlenebilir,
- Pilot uygulamanın ilk aşamalarında sistem kontrol merkezinden izleme ve anlık optimizasyon sağlanabilir.

Böylece, hem sistemin Türkiye koşullarına uyum kapasitesi test edilecek hem de sürücü davranışlarındaki uyum ve güvenlik kazanımları istatistiksel olarak ölçülebilir. Tüm bu mühendislik önlemleri, birleşme alanlarında yaşanan ani frenleme, hız dalgalanması ve beklenmedik şerit değişikliği sorunlarını azaltarak hem bireysel sürüş güvenliğini hem de genel trafik akışının sürekliliğini olumlu yönde etkileyebilir.

Hız yönetimi için akıllı uyarı sistemleri: Sürücü davranışlarını yalnızca hız temelinde değil, çok boyutlu parametrelerle analiz eden “dinamik davranış geri bildirim sistemleri” geliştirilmeli ve bu sistemlere ödül temelli teşvik mekanizmaları entegre edilebilir. Radar tabanlı ölçüm cihazları ve sensör destekli sistemlerle donatılan bu teknoloji, sürücünün hız uyumu, frenleme biçimi, şerit tutarlılığı, takip mesafesi ve

genel sürüş stabilitesi gibi unsurları gerçek zamanlı olarak analiz edebilir. Analiz edilen bu veriler, sürüş boyunca sürekli güncellenen bir “davranış puanı” oluşturabilir.

Sistemin en önemli yeniliği, bu davranış puanlarının yalnızca uyarı amacıyla değil, aynı zamanda ekonomik teşviklerle ilişkilendirilmesi olabilir. Örneğin, belirli otoyol kesimleri, köprü geçişleri veya ücretli tünellerde bu sistem aktif hale gelerek, güvenli sürüş sergileyen sürücülere belirli oranlarda geçiş ücreti indirimi sağlayabilir. Bu yaklaşım, cezalandırma yerine ödüllendirme temelli bir motivasyon modeli sunduğu için, sürücülerin hız ve davranış yönetimine yönelik gönüllü uyumlarını artırma potansiyeline sahip olabilir.

Ayrıca bu sistem, dijital trafik panoları üzerinden kişiselleştirilmiş görsel ve metinsel geri bildirimler sunarak sürücünün yalnızca mevcut hızını değil, aynı zamanda “ideal sürüş davranışına” ne kadar yakın olduğunu da şeffaf biçimde gösterir. Böylece sürücüler, güvenli sürüş davranışlarını hem anlık olarak takip edebilir hem de uzun vadede ödül bazlı trafik teşviklerinden faydalanabilirler.

Simülatör Tabanlı Sürücü Eğitimi ve Farkındalık Programları

Ehliyet eğitiminde simülatör kullanımının artırılması: Ehliyet eğitiminde yalnızca temel sürüş becerilerinin kazandırılması değil, adayların bireysel risk eğilimlerinin belirlenerek hedef odaklı eğitilmesi de kritik önemdedir. Bu doğrultuda geliştirilebilecek akıllı bir simülatör tabanlı sistem ile her sürücü adayının “davranışsal sürüş profili” oluşturulabilir. Simülasyon sırasında toplanan detaylı veriler (ani frenleme, yetersiz takip mesafesi, hız limitine uyum, gecikmiş tepki süresi, dikkatsizlik göstergeleri vb.) üzerinden, her aday için bir sürüş güvenliği puanı hesaplanabilir. Bu puanlar yalnızca eğitim sürecini değil, adayın ehliyet almaya hak kazanma düzeyini de belirleyici hale getirebilir.

Ayrıca bu sistem; yalnızca değerlendirme değil, eğitimin kişiselleştirilmesini de sağlayabilir. Örneğin, düşük takip mesafesi alışkanlığı gözlemlenen bir aday, tekrar eden özel senaryolarla bu davranışı düzeltmeye yönlendirilebilir. Bu bireyselleştirilmiş geri bildirimler görsel-işitsel olarak “Davranış düzeltici modül” ile sunulabilir.

Bu sistem ayrıca sürüş puanı yüksek olan adaylara, kasko indirimi, otoyol geçiş ücretlerinde indirim, akıllı mobil uygulamalarda sadakat ödülleri gibi avantajlar sunularak ödül bazlı öğrenmeyi teşvik edebilir. Böylece simülatör eğitimi, sadece sınavı geçmek için değil, gerçek hayatta da güvenli sürüşü kalıcı hâle getiren bir bilinçlendirme ve motivasyon aracı olarak işlev görebilir.

Ticari sürücüler için periyodik simülasyon eğitimleri: Ticari sürücüler için geliştirilecek simülatör tabanlı eğitim programlarında özellikle “gerçek vaka

entegrasyonlu refleks yenileme modülü” ile “sürüş alışkanlığı dönüştürme laboratuvarı” gibi ileri düzey çözümler, hem akademik hem uygulamalı bağlamda öne çıkan en etkili yaklaşımlar olarak değerlendirilebilir. Gerçek vakaların simülasyon ortamına uyarlanarak sürücülere empati temelli, durumsal farkındalık kazandırması; kazaya neden olan davranışların birebir deneyimlenmesini sağlanarak ve geleneksel teorik eğitimin ötesinde derinlemesine öğrenme fırsatı sunabilir. Diğer yandan, “Sürüş Alışkanlığı Dönüştürme Laboratuvarı” modülü sayesinde, sürücülere ait detaylı davranış verileri (örneğin şerit ihlali, takip mesafesi, hız dalgalanması gibi) sistematik biçimde analiz edilerek, zaman içinde yerleşmiş hatalı alışkanlıklar bilimsel temelde tespit edilmekte ve bu alışkanlıkların kişiye özel eğitim senaryolarıyla değiştirilebilir.

Uygulanabilir ve Sürdürülebilir Çözümler

Gelişmekte olan ülkelerde trafik güvenliğini artırmaya yönelik yenilikçi mühendislik çözümleri kapsamında, LED şerit sistemlerinin arter yollar üzerinde dinamik trafik yönetimi aracı olarak kullanılmasının teşvik edilmesi önerilmektedir. Özellikle çift yönlü trafiğin asimetrik yoğunluk gösterdiği güzergâhlarda, LED ışıklı yol şeritlerinin trafik hacmine göre yön değiştirebilir biçimde programlanması hem kapasite kullanımını optimize edecek hem de olası çarpışma risklerini azaltabilir. Buna ek olarak, kritik trafik noktalarına (örneğin okul geçitleri, keskin kurplar) entegre edilecek pnömatik vb. basınca duyarlı akıllı yüzey sistemlerinin pilot uygulamalarla test edilmesi ve yaygınlaştırılması önerilmektedir. Bu sistemlerin, hız limiti ihlali gerçekleştiğinde LED ekran veya sesli uyarı sistemleri aracılığıyla sürücüye anlık geri bildirim sunması sayesinde, enerji verimliliği sağlanmakta ve yalnızca riskli davranışlara seçici tepki verilerek sürücü dikkatinin daha etkili biçimde yönlendirilmesi mümkün olabilir.

Trafik güvenliği yönetiminde kurumsal kapasitenin güçlendirilmesi: Birinci olarak, Karayolları, Emniyet Genel Müdürlüğü, Sağlık Bakanlığı, Belediyeler gibi farklı kurumların görev alanlarında oluşan veri tabanları, “Yol Güvenliği Ajansı” veya “Ulusal Yol Güvenliği Kurulu” gibi merkezi bir yapı altında entegre edilebilir. Bu yapı; kaza, yol envanteri, trafik hacmi ve yaralanma bilgilerini ortak bir sistemde buluşturarak analiz ederek, ülkedeki yüksek riskli yolları ve savunmasız demografik grupları belirlemekte kullanılabilir. İkinci olarak, bu kurumsal platformun sadece veri toplamakla kalmayıp, sürekli iş birliği, eylem planı oluşturma ve değerlendirme süreçlerinde aktif rol oynaması sağlanmalıdır. Örneğin, Emniyet’in kaza analiziyle Karayolları’nın altyapı verisi arasında bağlantı kurmak, belediyelerin hız yönetimi uygulamalarıyla sağlık otoritelerinin müdahale etkinliğini karşılaştırarak, tehlike

haritaları “dinamik riskli bölge haritaları” oluşturulabilir. Bu iki strateji; veri paylaşımı, kurumsal koordinasyon ve analiz temelli karar alma mekanizmalarını tamamlayıcı bir şekilde birleştirilerek, trafik güvenliği konusunda hem stratejik hem operasyonel kapasitenin artırılmasına katkıda bulunacaktır.

Veri tabanlı risk sınıflandırma ve yapay zekâ destekli sürücü izleme sistemleri

Filo araçlarında yapay zekâ destekli sürücü performans takibi: Şehirlerarası otobüs, kamyon, taksi ve sürücülü hizmet araçları gibi ticari taşımacılıkta faaliyet gösteren büyük filoların, araç içi cihazları ve yapay zekâ yazılımlarıyla donatılabilir. GPS, hız, ani fren ve hız limit aşımı gibi verilerin merkezi sisteme aktarılması üzerine geliştirilecek makine öğrenmesi modelleri, sürücülerin performansını puanlayan dinamik bir sistemin temelini oluşturulabilir. Bu puanlama sistemi, sigorta sektöründe kullanılan örneklere paralel olarak, düşük riskli sürücülere prim indirimi, yüksek riskli sürücülere ise zorunlu eğitim, performansa dayalı teşvik veya sözleşme bazlı yaptırımların uygulanabileceği bir güvenlik-ekonomik çerçeveye dönüştürülebilir. Ayrıca her yıl sürücülerden toplanan bu puanlar birleştirilerek yıllık bir “Dijital Sürüş Başarı Puanı” oluşturulmalı ve bu puan devlet destekli güvenilir bir sistem aracılığıyla sürücülerin kariyer profiline entegre edilmelidir. Bu sistem, özellikle ticari sürücüler için iş başvurularında işverenlerin dikkate aldığı nitelikli bir değerlendirme aracı haline gelebilir. Böylece firma itibarını ve operasyonel maliyetleri iyileştirirken, aynı zamanda trafikte genel güvenlik seviyesi anlamlı biçimde yükseltilecek; bireysel sürücü sorumluluğu ve mesleki motivasyon kalıcı olarak teşvik edilmiş olabilir.

Sürücülerin kendi verilerine dayalı geri bildirim alması ve farkındalık kazanması: Sürücü davranışlarını daha güvenli hale getirmeye yönelik mobil uygulamalar ve araç içi bilgi sistemleri aracılığıyla kişiselleştirilmiş sürüş raporlarının sunulması önerilebilir. Bu sistemler; sert frenleme, hız ihlali, ani şerit değişimi gibi riskli davranışları analiz ederek sürücüye günlük veya haftalık performans skorları sağlayabilir. Bu skorların zaman içerisindeki değişimi, bireysel gelişimin takip edilmesini mümkün kılacak ve güvenli sürüş alışkanlıklarının teşvik edilmesine katkı sağlayabilir. Ayrıca, oyunlaştırma teknikleri aracılığıyla yüksek puanlı sürücülere yönelik ödül mekanizmaları (örneğin: akaryakıt puanı, indirim kuponu) devreye alınabilir.

Ayrıca e-Devlet platformu üzerinden aktif hale getirilebilecek “Güvenli Sürücü Modülü”nün geliştirilmesi önerilmektedir. Bu modül, mobil cihaz sensörleri ile bütünleşmiş çalışarak sürücü verilerini analiz edecek ve devlet destekli bir dijital sürüş

başarı puanı üretecektir. Toplanan bu puanlar, sürücülerin araç ve akaryakıt alımlarında Özel Tüketim Vergisi (ÖTV) indirimi gibi ekonomik teşviklerden faydalanmalarına olanak sağlayacak biçimde yapılandırılmalıdır. Böylece, güvenli sürüş yalnızca bireysel bir sorumluluk değil, aynı zamanda ödüllendirilen bir davranış biçimi hâline gelecektir.



KAYNAKÇA

- Abdel-Aty, M., Yan, X., Radwan, E., & Wang, X. (2009). Using Drivers' Stop/Go Decisions in Driving Simulator to Assess Rear-End Crash Risk at Signalized Intersections. *Journal of Transportation Safety & Security*, 1(2), 85–100. <https://doi.org/10.1080/19439960902735097>
- Abdelouahed, S. M., Abla, R., Asmae, E., & Abdellah, A. (2024). Harnessing feature engineering to improve machine learning: A review of different data processing techniques. *2024 International Conference on Intelligent Systems and Computer Vision, ISCV 2024*. <https://doi.org/10.1109/ISCV60512.2024.10620105>
- Acar, F., Ateş, İ., Erol, Y., Küçükibrahimoğlu, E. E., Aşırdizer, M., & Gülhan, R. (2011). Trafik kazası geçirmiş sürücülerde kan alkol ve psikoaktif madde analizlerinin değerlendirilmesi. *21. Ulusal Farmakoloji Kongresi*, Eskişehir, Türkiye, 19–22 Ekim 2011, s. 417.
- Achtemeier, J. D., Craig, C. M., Morris, N. L. ve Davis, B. (2020). Superior side sound localisation performance in a full-chassis driving simulator. *Ergonomics*, 63(5), 538-547. doi:10.1080/00140139.2020.1740334
- Acito, F. (2023). Classification and regression trees. In *Predictive analytics with KNIME: Analytics for citizen data scientists* (pp. 169–191). Springer.
- Ahmed, S., Hossain, M. A., Ray, S. K., Bhuiyan, M. M. I. ve Sabuj, S. R. (2023). A study on road accident prediction and contributing factors using explainable machine learning models: Analysis and performance. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 19, 100814. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100814>
- Alonso, F., Faus, M., Riera, J. V., Fernandez-Marin, M., & Useche, S. A. (2023). Effectiveness of Driving Simulators for Drivers' Training: A Systematic Review. *Applied Sciences*, 13(9), 5266. <https://doi.org/10.3390/app13095266>
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179–211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- Arap, İ. (2020). *Türkiye'nin karayolu politikasının örgütsel boyutu: Karayolları Genel Müdürlüğü'nün kurumsal kapasitesi üzerine bir çözümleme*. Bingöl Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 4(2), 237–264. <https://doi.org/10.33399/biibfad.782181>

- Aschepkov, V. (2024). METHODS FOR OUTLIER DETECTION IN METROLOGICAL STUDIES. *Measuring Equipment and Metrology*, 85(3), 25-29. <https://doi.org/10.23939/istcmtm2024.03.025>
- Atasoy, N. A., & Çakmak, F., vd. (2021). Web tabanlı sürücü davranışları analiz uygulaması. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(3), 264–276. <https://doi.org/10.30855/gmbd.2021.03.09>
- Aydın, M. M. (2020). A new evaluation method to quantify drivers' lane keeping behaviors on urban roads. *Transportation Letters*, 12(10), 738–749. <https://doi.org/10.1080/19427867.2020.1821325>
- Aydın, M. M. (2021). Bölünmüş çok şeritli şehir içi yollarda sürücülerin şerit tabanlı sürüş disiplini modelleme yöntemi. *Ulaştırma Mühendisliği Dergisi, Bölüm A: Sistemler*, 147 (4), 04021011. <https://doi.org/10.1061/JTEPBS.0000509>
- Aydın, M. M., Akgöl, K., & Günay, B. (2019). Trafik sakinleştirme çalışmalarında farklı kıvrımlama uygulamalarının sürüş simülâtörü ortamında incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 34(4), 1793–1805. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.571558>
- Aydın, F., ve Oral, M. (2019). Türkiye’de karayolu taşımacılığının tarihsel gelişimi. *Farkındalık Dergisi*, 3(5), 257–266. <https://doi.org/10.26809/joa.2018548635>
- Aydın, M. M., Topal, A., ve Tanyel, S. (2013). Çok şeritli yollarda yol yüzey bozukluklarının sürücü çatlağı üzerindeki etkisinin incelenmesi. 2. *Karayolu Trafik Güvenliği Sempozyumu Bildirileri*, 1–10.
- Aydın, M. M., & Topal, A. (2016). *Effect of road surface deformations on lateral lane utilization and longitudinal driving behaviours*. *Transport*, 31(2), 192–201. <https://doi.org/10.3846/16484142.2016.1193049>
- Ayhan, F. (2024). Kalkınma planları ekseninde Türkiye’de karayolu ulaşımında görülen gelişmeler (1963–2023). *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 34(1), 17–34. <https://doi.org/10.18069/firatsbed.1300395>
- Ayvaz, E. (2025, Ocak 4). Sakarya’da bir kadına 5 dakika arayla iki otomobilin çarpması güvenlik kamerasında. *Anadolu Ajansı*. <https://www.aa.com.tr/tr/gundem/sakaryada-bir-kadina-5-dakika-arayla-iki-otomobilin-carpmasi-guvenlik-kamerasinda/3441673>
- Babu Nuthalapati, S., & Nuthalapati, A. (2024). Accurate weather forecasting with dominant gradient boosting using machine learning. *International Journal of Scientific Research Archive*, 12(2), 408–422.

- Baş, F. İ., & Gökdağ, M. (2019). The effect of fatigue and sleepiness upon driver behaviors. *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 12(2), 850–862. <https://doi.org/10.18185/erzifbed.493110>
- Baş, F. İ. (2025). Prediction of pedestrian traffic accident severity and evaluation of driver and pedestrian faults. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 15(2), 581-592. <https://doi.org/10.21597/jist.1594983>
- Bayata, H. F., Hattatoğlu, F. ve Karşı, N. (2011). Modeling of monthly traffic accidents with the artificial neural network method. *International Journal of the Physical Sciences*, 6(2), 188–200. https://www.researchgate.net/publication/268188289_Modeling_of_monthly_traffic_accidents_with_the_artificial_neural_network_method
- Bayata, H. F., Bayrak, O. Ü. ve Pehlivan, H. (2018). Characteristics and estimation of traffic accident counts using artificial neural network and multivariate analysis: A case study in Turkey North Transit Interurban. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(4), 2543–2552. https://www.researchgate.net/publication/323689690_characteristics_and_estimation_of_traffic_accident_counts_using_artificial_neural_network_and_multivariate_analysis_a_case_study_in_turkey_north_transit_interurban
- Banerjee, S., Jeihani, M., Khadem, N. K., & Kabir, M. M. (2020). Influence of red-light violation warning systems on driver behavior: A driving simulator study. *Traffic Injury Prevention*, 21(4), 265–271. <https://doi.org/10.1080/15389588.2020.1744135>
- Bella, F., Calvi, A., & D’Amico, F. (2014). Analysis of driver speeds under night driving conditions using a driving simulator. *Journal of Safety Research*, 49, 45–52. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2014.02.007>
- Bella, F., & Silvestri, M. (2015). Effects of safety measures on driver’s speed behavior at pedestrian crossings. *Accident Analysis & Prevention*, 83, 111–124. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.07.016>
- Bala, B., & Behal, S. (2024). A Brief Survey of Data Preprocessing in Machine Learning and Deep Learning Techniques. *8th International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud), I-SMAC 2024 - Proceedings*, 1755-1762. <https://doi.org/10.1109/I-SMAC61858.2024.10714767>
- Ben Brahim, S., Ghazzai, H., Besbes, H., & Massoud, Y. (2022). A machine learning smartphone-based sensing for driver behavior classification. In *2022 IEEE*

- International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)* (pp. 610–614). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/ISCAS48785.2022.9937801>
- Bhattarai, N., Lin, C., Liu, H., & Zhang, Y. (2024). In-depth investigation of contributing factors of fatal/severe-injury crashes at highway merging areas using machine learning classification methods. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*. <https://jtte.chd.edu.cn/en/article/id/5474ed61-22fc-48ff-bd86-d0ca2c63c767>
- Bıçaksız, P. (2021). Kişilik özellikleri ve riskli sürücülük: Bir derleme çalışması. *Güvenlik Bilimleri Dergisi*, 10(1), 259–284. <https://doi.org/10.28956/gbd.845119>
- Ben Brahim, S., Ghazzai, H., Besbes, H. ve Massoud, Y. (2022). A machine learning smartphone-based sensing for driver behavior classification. *Proceedings of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)*, 2022, 610–614. <https://doi.org/10.1109/ISCAS48785.2022.9937801>
- Calvi, A., Benedetto, A., & De Blasiis, M. R. (2012). A driving simulator study of driver performance on deceleration lanes. *Accident Analysis & Prevention*, 45, 195–203. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.06.010>
- Campisi, T., Kuşkan, E., Çodur, M. Y., & Dissanayake, D. (2024). Exploring the influence of socio-economic aspects on the use of electric scooters using machine learning applications: A case study in the city of Palermo. *Research in Transportation Business & Management*, 56, 101172.
- Can, C., ve Durmaz, Ş. (2021). Türkiye'nin Avrupa Birliği çevre politikalarına uyum süreci. *Politik Ekonomik Kuram*, 5(2), 301–319. <https://doi.org/10.30586/pek.1021669>
- Chada, S. K., Görges, D., Ebert, A., Teutsch, R., & Min, C. G. (2022). Learning-based driver behavior modeling and delay compensation to improve the efficiency of an eco-driving assistance system. In *Proceedings of the 2022 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)* (pp. 415–422). <https://doi.org/10.1109/SMC53654.2022.9945577>
- Chrysler, S. T., Ahmad, O., & Schwarz, C. W. (2015). Creating pedestrian crash scenarios in a driving simulator environment. *Traffic Injury Prevention*, 16(sup1), S12–S17. <https://doi.org/10.1080/15389588.2015.1015001>
- Chicco, D., Oneto, L., & Tavazzi, E. (2022). Eleven quick tips for data cleaning and feature engineering. *PLoS Computational Biology*, 18(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1010718>

- Coşkun, S., Kartal, M., Coşkun, A., & Bircan, H. (2004). Lojistik regresyon analizinin incelenmesi ve dış hekimliğinde bir uygulaması. *Cumhuriyet Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 7(1), 42–50.
- Costa, V. G., & Pedreira, C. E. (2023). Recent advances in decision trees: An updated survey. *Artificial Intelligence Review*, 56(5), 4765–4800.
- Çetin, B., Barı, S., ve Sarıoğlu, S. (2011). Türkiye’de karayollarının gelişimine tarihsel bir bakış. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1(1), 123–150.
- Çubuk, M. K., Arıkan Öztürk, E., Hatipoğlu, S., ve Sinoplu, M. Z. (2008). Türkiye’deki karayolu tünellerinde trafik güvenliği. *İMO Teknik Dergi*, (295), 4471–4486.
- De Blasiis, M. R., Diana, S., & Veraldi, V. (2018). Safety audit for weaving maneuver: A driver simulation safety analysis. *Journal of Transportation Safety & Security*, 10(1–2), 159–175. <https://doi.org/10.1080/19439962.2017.1323060>
- Daily Telegraph. (2025, April 30). *Huge speed camera change coming for cars in NSW*. Daily Telegraph. <https://www.dailytelegraph.com.au/news/nsw/minns-to-switch-on-average-speed-cameras-for-cars/news-story/16d9c41d03a890cda5ff63fe84750fee>
- Davagdorj, K., Pham, V. H., Theera-Umpon, N., & Ryu, K. H. (2020). XGBoost-based framework for smoking-induced noncommunicable disease prediction. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(18), 6513.
- Demirören Haber Ajansı. (2025, Ocak 26). Gaziosmanpaşa’da İETT otobüsünün çarptığı kadının öldüğü kaza kamerada. *Anadolu Ajansı*. <https://www.aa.com.tr/tr/gundem/gaziosmanpasada-iett-otobusunun-carptigi-kadinin-oldugu-kaza-kamerada/3462949>
- Deniz, T. (2016). Türkiye’de ulaşım sektöründe yaşanan değişimler ve mevcut durum. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 36, 135–152.
- Domenichini, L., La Torre, F., Vangi, D., Virga, A., & Branzi, V. (2017). Influence of the lighting system on the driver’s behavior in road tunnels: A driving simulator study. *Journal of Transportation Safety & Security*, 9(2), 216–238. <https://doi.org/10.1080/19439962.2016.1173155>
- Dingus, T. A., Klauer, S. G., Neale, V. L., Petersen, A., Lee, S. E., Sudweeks, J., & Knipling, R. R. (2006). *Analysis of lane-change crashes and near-crashes*. National Highway Traffic Safety Administration. <https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.gov/files/811147.pdf>

- Elmitiny, N., Yan, X., Radwan, E., Russo, C., & Nashar, D. (2010). Classification analysis of driver's stop/go decision and red-light running violation. *Accident Analysis & Prevention*, 42(1), 101–111. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.07.007>
- Emniyet Genel Müdürlüğü. (2024a). Güvenli sürüş teknikleri. Erişim tarihi: 6 Temmuz 2024, <https://www.egm.gov.tr/guvenli-surus-teknikleri>
- Elvik, R. (2008). Comparative analysis of techniques for identifying locations of hazardous roads. *Transportation Research Record*, 2083(1), 72–75. <https://doi.org/10.3141/2083-08>
- Ersan, Ö., ve Özkan, T. (2021). Genç sürücülerin trafikte risk alma davranışına bir bakış: Yol güvenliğinde aile iklimi. *Trafik ve Ulaşım Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 96–119. <https://doi.org/10.38002/tuad.1002879>
- Esmaeili-Falak, M., & Benemaran, R. S. (2024). Ensemble extreme gradient boosting based models to predict the bearing capacity of micropile group. *Applied Ocean Research*, 151, 104149.
- Farooq, D., Moslem, S., Faisal Tufail, R., Ghorbanzadeh, O., Duleba, S., Maqsoom, A., & Blaschke, T. (2020). Analyzing the Importance of Driver Behavior Criteria Related to Road Safety for Different Driving Cultures. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(6), 1893. <https://doi.org/10.3390/ijerph17061893>
- FOX 9. (2025, April 29). 'Merging conflict' blamed for fatal 7-vehicle crash on I-35W in Mounds View. FOX 9. <https://www.fox9.com/news/i-35w-southbound-shut-down-mounds-view-after-serious-wreck>
- Figliozi, M. A., & Tipagornwong, C. (2016). Pedestrian crosswalk law: A study of traffic and trajectory factors that affect non-compliance and stopping distance. *Accident Analysis & Prevention*, 96, 169–179. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.08.011>
- Gamil, S., Zeng, F., Alrifaey, M., Asim, M., & Ahmad, N. (2024). An efficient AdaBoost algorithm for enhancing skin cancer detection and classification. *Algorithms*, 17(8), 353.
- Gemonet, E., Bougard, C., Masfrand, S., Honnet, V., & Mestre, D. R. (2021). Car drivers coping with hazardous events in real versus simulated situations: Declarative, behavioral and physiological data used to assess drivers' feeling of presence. *PLOS ONE*, 16(2), e0247373. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247373>

- Gomes, G., & Horowitz, R. (2006). *Optimal freeway ramp metering using the asymmetric cell transmission model*. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 14(4), 244–262. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2006.08.001>
- Guo, F., Li, J., Li, W., Tian, B., Chen, Z., & Qu, S. (2023). *Analysis of driving behavior characteristics of elderly drivers based on driver behavior graphs*. *Heliyon*, 9(8), e18756. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18756>
- Güler, H. (2017). Karayolu trafik kazalarına yeni bir yaklaşım: Kaza analiz kesimleri modeli. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(6), 707–717. <https://doi.org/10.5505/pajes.2016.81542>
- Gümüş, G., Öztürk, İ., ve Tekeş, B. (2020). Psikolojik semptomların trafikte heyecan arama ile ilişkisinin incelenmesi. *Trafik ve Ulaşım Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 109–120. <https://doi.org/10.38002/tuad.773877>
- Hallvig, D., Anund, A., Fors, C., Kecklund, G., Karlsson, J. G., & Wahde, M. (2013). Sleepy driving on the real road and in the simulator—A comparison. *Accident Analysis & Prevention*, 50, 44–50. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.09.033>
- Hancock, J. T., & Khoshgoftaar, T. M. (2020). CatBoost for big data: An interdisciplinary review. *Journal of Big Data*, 7(1), 1–45. <https://doi.org/10.1186/s40537-020-00369-8>
- Hardesh, K. N., Krishnan, A., Kamal, P. R., Gokul, R. ve Shanmughasundaram, R. (2023). *Development of deep learning-based dynamic road traffic control system*. *2023 14th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/icccnt56998.2023.10307221>
- Haque, M. M., & Washington, S. (2015). The impact of mobile phone distraction on the braking behaviour of young drivers: A hazard-based duration model. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 50, 13–27. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2014.07.011>
- Hayır, M. (2020, Ocak 1). Şehir coğrafyacısı olarak Prof. Dr. Erol Tümertekin. *Academia.edu*. https://www.academia.edu/91429983/%C5%9Eehir_Co%C4%9Frafyac%C4%B1s%C4%B1_olarak_Prof_Dr_Erol_T%C3%BCmertekin
- Hou, C. D., & Su, R. H. (2024). An Outlier Detection Approach to Recognize the Sources of a Process Failure within a Multivariate Poisson Process. *Mathematics*, 12(18). <https://doi.org/10.3390/math12182813>

- Hoy, M., Tu, Z., Dang, K. ve Dauwels, J. (2018). *Learning to predict pedestrian intention via variational tracking networks. Proceedings of the 2018 IEEE 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 3132–3137. <https://doi.org/10.1109/itsc.2018.8569641>
- Hsu, C.-M., Lian, F.-L., Hsieh, Y.-C., & Tseng, S. P. (2016). Multi-sensor selection optimization and driver warning decision for dynamical virtual driving simulator. *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 39(3), 303–314. <https://doi.org/10.1080/03088839.2015.1112470>
- Itzkin, M., Palmsten, M. L., Buckley, M. L., Birchler, J. J., & Torres-Garcia, L. M. (2025). Developing a decision tree model to forecast runup and assess uncertainty in empirical formulations. *Coastal Engineering*, 195, 104641.
- Insurance Institute for Highway Safety. (2008). *Evaluation of automated speed enforcement on Loop 101 freeway in Scottsdale, Arizona*. <https://www.iihs.org/topics/bibliography/ref/1812>
- Iranitalab, A., & Khattak, A. (2017). Comparison of four statistical and machine learning methods for crash severity prediction. *Accident Analysis & Prevention*, 108, 27–36. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.08.005>
- Izonin, I., Tkachenko, R., Shakhovska, N., & Lotoshynska, N. (2021). The additive input-doubling method based on the SVR with nonlinear kernels: Small data approach. *Symmetry*, 13(4), 612.
- James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2013). *An introduction to statistical learning: With applications in R*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7138-7>
- Jomnonkwao, S., Uttra, S., & Ratanavaraha, V. (2021). Analysis of a driving behavior measurement model using a modified driver behavior questionnaire encompassing texting, social media use, and drug and alcohol consumption. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 9, 100302. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2021.100302>
- Kaduk, S. I., Roberts, A. P. J., & Stanton, N. A. (2021). Driving performance, sleepiness, fatigue, and mental workload throughout the time course of semi-automated driving: Experimental data from the driving simulator. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 31(1), 143–154. <https://doi.org/10.1002/hfm.20875>

- Karayolları Genel Müdürlüğü. (2008). *Karayollarında ağır taşıt trafiğinin ve yük taşımacılığının özellikleri ve eğilimleri (2007–2009)*. Ankara: Karayolları Genel Müdürlüğü Araştırma Dairesi Başkanlığı.
- Karayolları Genel Müdürlüğü. (2024). *2024–2028 stratejik planı*. Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı.
[https://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/MerkezBirimler/Kurumsal/StratejikPlan/strateji\(2024-2028\).pdf](https://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/MerkezBirimler/Kurumsal/StratejikPlan/strateji(2024-2028).pdf)
- Karayolu trafiği ve trafik psikolojisi. (2020). *SRC Belgeleri*.
<http://src.segmenler.com.tr/makaleler/karayolu-trafigi-ve-trafik-psikolojisi>
- Karimi, A., Bassani, M., Boroujerdian, A. M., & Catani, L. (2020). Investigation into passing behavior at passing zones to validate and extend the use of driving simulators in two-lane roads safety analysis. *Accident Analysis and Prevention*, 139, 105487. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105487>
- Kaya, F. (2021). Coğrafi potansiyelleri temelinde Türkiye jeopolitiği ve dünya siyasetindeki yeri. *Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (31), 1–14.
- Ke, G., Meng, Q., Finley, T., Wang, T., Chen, W., Ma, W., Ye, Q., & Liu, T. Y. (2017). LightGBM: A highly efficient gradient boosting decision tree. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 30, 3146–3154.
- Keser, H., Ay, S., ve Çetin, I. (2018). Ulaştırma karayolları: Türkiye’deki gelecek beklentileri. *TESAM Akademi Dergisi*, 5(2), 63–93.
<http://dx.doi.org/10.30626/tesamakademi.455999>
- Kharrazi, S., Augusto, B., & Fröjd, N. (2020). Vehicle dynamics testing in motion based driving simulators. *Vehicle System Dynamics*, 58(1), 92–107.
<https://doi.org/10.1080/00423114.2019.1566555>
- Khanfar, N. O., Elhenawy, M., Ashqar, H. I., Hussain, Q., & Alhajyaseen, W. K. M. (2023). Driving behavior classification at signalized intersections using vehicle kinematics: Application of unsupervised machine learning. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 30(1), 34–44.
<https://doi.org/10.1080/17457300.2022.2103573>
- Kuhn, M., & Johnson, K. (2013). *Applied predictive modeling*. Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6849-3>
- Kocaoğlu, Y. (2022). Hareket hastalığı ve sanal ortam. *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 16(1), 22–39. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2225495>

- Koç, E., Karşlı, T., ve Yılmaz, B. (2014). Sürücülerin kişilik özellikleri ile trafik kazalarına yatkınlıkları arasındaki ilişki. *Trafik ve Yol Güvenliği Dergisi*, 1(2), 15–24.
- Koç, M., Aktaş, M., Ayancı, M., Çolak, T. S., ve Düşünceli, B. (2014). Şehir içi ulaşımında görev yapan sürücülerin psikolojik belirti profilleri. *Uluslararası Trafik ve Ulaşım Güvenliği Dergisi*, 1(2), 1–10. <https://www.ajindex.com/dosyalar/makale/acarindex-1423936964.pdf>
- Krajewski, J., Sommer, D., Trutschel, U., Edwards, D., & Golz, M. (2009). Steering wheel behavior based estimation of fatigue. In *Proceedings of the Fifth International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training, and Vehicle Design* (pp. 118–124). <https://doi.org/10.17077/drivingassessment.1311>
- Kuhn, M., & Johnson, K. (2013). Applied predictive modeling. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6849-3>
- Kummetha, V. C., Kondyli, A., & Schrock, S. D. (2020). Analysis of the effects of adaptive cruise control on driver behavior and awareness using a driving simulator. *Journal of Transportation Safety & Security*, 12(5), 587–610. <https://doi.org/10.1080/19439962.2018.1518359>
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436–444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- Li, J., Guo, F., Li, W., Tian, B., Chen, Z., & Qu, S. (2023). Research on driving behavior characteristics of older drivers based on drivers' behavior graphs analysis. *Heliyon*, 9(8), e18756. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18756>
- Li, S., Xiang, Q., Ma, Y., Gu, X., & Li, H. (2016). Crash risk prediction modeling based on the traffic conflict technique and a microscopic simulation for freeway interchange merging areas. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(11), 1157. <https://doi.org/10.3390/ijerph13111157>
- Li W, Tan L, Lin C (2021) Modeling driver behavior in the dilemma zone based on stochastic model predictive control. *PLOS ONE* 16(2): e0247453. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247453>
- Liao, Y., & Vemuri, V. R. (2002). Using text categorization techniques for intrusion detection. In *Proceedings of the 11th USENIX Security Symposium (USENIX Security 02)*.
- Linehan, C., Murphy, G., Hicks, K., Gerling, K., & Morrissey, K. (2019). Handing over the keys: A qualitative study of the experience of automation in driving.

- International Journal of Human–Computer Interaction*, 35(18), 1681–1692.
<https://doi.org/10.1080/10447318.2019.1565482>
- Losada Arias, Á., Páez, F. J., Luque, F. ve Piovano, L. (2022). *Application of machine learning techniques for predicting potential vehicle-to-pedestrian collisions in virtual reality scenarios*. *SSRN Electronic Journal*.
<https://doi.org/10.2139/ssrn.4239362>
- Ma, Y., Lu, L., & Lu, J. J. (2016). Safety evaluation model of urban cross-river tunnel based on driving simulation. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 24(3), 293–302. <https://doi.org/10.1080/17457300.2016.1170044>
- Ma, Z., Mei, G., & Cuomo, S. (2021). An analytic framework using deep learning for prediction of traffic accident injury severity based on contributing factors. *Accident Analysis & Prevention*, 160, 106322.
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106322>
- Malta, L., Miyajima, C., Kitaoka, N., & Takeda, K. (2011). Analysis of real-world driver's frustration. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 12(1), 109–118. <https://doi.org/10.1109/TITS.2010.2070839>
- Melman, T., Abbink, D. A., van Paassen, M. M., Boer, E. R., & de Winter, J. C. F. (2018). What determines drivers' speed? A replication of three behavioural adaptation experiments in a single driving simulator study. *Ergonomics*, 61(7), 966–987. <https://doi.org/10.1080/00140139.2018.1426790>
- Mélo, J., Naftel, A., Bernardino, A. ve Santos-Victor, J. (2006). *Detection and classification of highway lanes using vehicle motion trajectories*. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 7(2), 188–200.
<https://doi.org/10.1109/TITS.2006.874706>
- Meyerson, A., Eklind, J., Fischer, F., Aramrattana, M., & Ahlström, C. (2024). Effects of daylight and darkness at daytime versus nighttime on driver sleepiness: A driving simulator study. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 24, 101087. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2024.101087>
- Montgomery, R. M. (2024). *Techniques for Outlier Detection: A Comprehensive View*.
<https://doi.org/10.20944/preprints202410.1603.v1>
- Michalik, D., Mihalik, O., Jirgl, M., & Fiedler, P. (2019). Driver behaviour modeling with vehicle driving simulator. *IFAC-PapersOnLine*, 52(27), 180–185.
<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.12.753>

- Nassereddine, H. (2025). Modeling vehicle-pedestrian interactions at unsignalized intersections. *Journal of Transportation Safety & Security*, 17(6), 664–682. <https://doi.org/10.1080/19439962.2024.2447989>
- National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA). (2008). *National motor vehicle crash causation survey: Report to Congress (DOT HS 811 059)*. U.S. Department of Transportation.
- New York Post. (2025, May 2). *Reckless Ohio driver causes multi-vehicle crash by coming to full stop on busy interstate after missing exit – then flees*. New York Post. <https://nypost.com/2025/05/02/us-news/reckless-ohio-driver-causes-multi-vehicle-crash-by-coming-to-full-stop-on-busy-interstate-after-missing-exit-then-flees/>
- New York Post. (2025, April 2). *NYC traffic deaths plummet in first quarter of 2025, officials report*. New York Post. <https://nypost.com/2025/04/02/us-news/nyc-traffic-deaths-plummet-in-first-quarter-of-2025-officials-report/>
- Obeid, H., Abkarian, H., Abou-Zeid, M., & Kaysi, I., vd. (2017). Analyzing driver-pedestrian interaction in a mixed-street environment using a driving simulator. *Accident Analysis & Prevention*, 108, 56–65. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.08.005>
- Otchere, D. A., Ganat, T. O. A., Ojero, J. O., Tackie-Otoo, B. N., & Taki, M. Y. (2022). Application of gradient boosting regression model for the evaluation of feature selection techniques in improving reservoir characterisation predictions. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 208, 109244.
- Orsini, F., Gecchele, G., Gastaldi, M., & Rossi, R., vd. (2019). Collision prediction in roundabouts: A comparative study of extreme value theory approaches. *Transportmetrica A: Transport Science*, 15(2), 556–572. <https://doi.org/10.1080/23249935.2018.1515271>
- Osafune, T., Takahashi, T., Kiyama, N., Sobue, T., Yamaguchi, H., & Higashino, T., vd. (2016). Analysis of accident risks from driving behaviors. *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*. <https://doi.org/10.1007/s13177-016-0132-0>
- Özoğlu, B., & Demirci, S. B. (2021). Türkiye’de karayolu taşımacılığının değerlendirilmesi: Bir literatür taraması. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(2), 670–687. <https://doi.org/10.25287/ohuiibf.863230>

- Özkan, Ö., Öztürk, İ., & Öz, B. (2018). Trafik güvenliği bağlamında dürtüsel sürücülüğün sürücü öfke ifadesi ile ilişkisi. *Güvenlik Bilimleri Dergisi*, 7(2), 329–354. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/572798>
- Özkaragöz, H., & Üzümcüoğlu, Y. (2021). Trafikte bir profesyonel sürücü grubu: Erkek otobüs sürücülerinin trafik kazalarına yönelik tutumları. *Nesne*, 9(21), 604–618. <https://doi.org/10.7816/nesne-09-21-08>
- Öztürk, İ., Üzümcüoğlu, Y. ve Tekeş, B. (2022). Stres ve sürüş öfkesi ilişkilerinde hareket davranışlarının rolünün incelenmesi. *Klinik Psikoloji Araştırmaları Dergisi*, 6(2), 171-181. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/klinikpsikoloji/issue/72273/1170043>
- Pachouly, J., Ahirrao, S., Kotecha, K., Selvachandran, G., & Abraham, A. (2022). A systematic literature review on software defect prediction using artificial intelligence: Datasets, data validation methods, approaches, and tools. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 111, 104773.
- Papageorgiou, M., Diakaki, C., Dinopoulou, V., Kotsialos, A., & Wang, Y. (2003). *Review of road traffic control strategies*. *Proceedings of the IEEE*, 91(12), 2043–2067. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2003.819610>
- Paternoster, R. (1987). The deterrent effect of the perceived certainty and severity of punishment: A review of the evidence and issues. *Justice Quarterly*, 4(2), 173–217. <https://doi.org/10.1080/07418828700089271>
- Polis Akademisi. (2023). *Trafik güvenliğinde insan faktörü* (Rapor No: 2023/5). Emniyet Genel Müdürlüğü Yayınları. <https://cdn2.pa.edu.tr/Upload/Rapor/Dosya/trafik-guvenliginde-insan-faktoru.pdf>
- Pop, D. O., Rogozan, A., Nashashibi, F. ve Bensrhair, A. (2017). *Pedestrian recognition through different cross-modality deep learning methods*. *Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety (ICVES)*, 133–138. <https://doi.org/10.1109/icves.2017.7991914>
- Prokhorenkova, L., Gusev, G., Vorobev, A., Dorogush, A. V., & Gulin, A. (2018). CatBoost: Unbiased boosting with categorical features. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 31, 6638–6648.
- Qi, G., Guan, W., Li, X., Hounsell, N., & Stanton, N. A. (2019). Vehicle sensor data-based analysis on the driving style differences between operating indoor simulator and on-road instrumented vehicle. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 23(2), 144–160. <https://doi.org/10.1080/15472450.2018.1525534>

- Qu, F., Dang, N., Furht, B., & et al. (2024). Comprehensive study of driver behavior monitoring systems using computer vision and machine learning techniques. *Journal of Big Data*, 11, 32. <https://doi.org/10.1186/s40537-024-00890-0>
- Reason, J., Manstead, A., Stradling, S., Baxter, J., & Campbell, K. (1990). Errors and violations on the roads: A real distinction? *Ergonomics*, 33(10–11), 1315–1332. <https://doi.org/10.1080/00140139008925335>
- Rahman, H., Ahmed, M. U., Barua, S., Funk, P. ve Begum, S. (2021). *Vision-based driver's cognitive load classification considering eye movement using machine learning and deep learning*. *Sensors*, 21(23), 8019. <https://doi.org/10.3390/s21238019>
- Retting, R. A., Ferguson, S. A., & McCartt, A. T. (2003). A review of evidence-based traffic engineering measures designed to reduce pedestrian–motor vehicle crashes. *American Journal of Public Health*, 93(9), 1456–1463. <https://doi.org/10.2105/AJPH.93.9.1456>
- Saffarian, M., Happee, R., & de Winter, J. C. F. (2012). Why do drivers maintain short headways in fog? A driving-simulator study evaluating feeling of risk and lateral control during automated and manual car following. *Ergonomics*, 55(9), 971–985. <https://doi.org/10.1080/00140139.2012.691993>
- Salmon, P. M., Regan, M. A., & Johnston, I. R. (2005). *Human error and road transport: Phase one – Literature review* (Report No. 256). Monash University.
- San Francisco Chronicle. (2025, June 3). *Peninsula crash snarls traffic on connector between Highways 92 and 101*. San Francisco Chronicle. <https://www.sfchronicle.com/bayarea/article/highway-92-connector-us-101-crash-traffic-20357149.php>
- Sekulić, A., Kilibarda, M., Heuvelink, G. B., Nikolić, M., & Bajat, B. (2020). Random forest spatial interpolation. *Remote Sensing*, 12(10), 1687.
- Semiz, S. (1996). *Sürücülerin kişilik özellikleri ve trafikteki tutumları: İstanbul'da hatlı minibüs ve özel otomobil kullanan sürücülerin kişilik özellikleri ve trafikteki tutumlarına ilişkin bir araştırma* (Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi). İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Seya, Y., Nakayasu, H., & Patterson, P. (2008). Visual search of trained and untrained drivers in a driving simulator. *Japanese Psychological Research*, 50(4), 242–252. <https://doi.org/10.1111/j.1468-5884.2008.00380.x>
- Shahverdy, M., Fathy, M., Berangi, R. ve Sabokrou, M. (2020). *Driver behavior detection and classification using deep convolutional neural networks*. *Expert*

- Strayer, D. L., Drews, F. A., & Crouch, D. J. (2006). A comparison of the cell phone driver and the drunk driver. *Human Factors*, 48(2), 381–391.
<https://doi.org/10.1518/001872006777724471>
- Şendağ, V. (2015). *Ulaştırma harcamaları - ekonomik büyüme ilişkisi: Türkiye ekonomisi üzerine bir uygulama* (Yüksek lisans tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü). Afyon Kocatepe Üniversitesi Açık Erişim Sistemi.
<https://acikerisim.aku.edu.tr/xmlui/handle/11630/3091>
- Sümer, N. (2002). Trafik kazalarında sosyal psikolojik etmenler: Sürücü davranışları, becerileri ve sosyal politik çevre. *Türk Psikoloji Dergisi*, 17(49), 1–26.
<https://www.tpd.com.tr/tr/yayinlar/dergiler/1031828/tpy1301996120020000m000210.pdf>
- T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı. (2000). *Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (2001–2005)*. Ankara: DPT Yayınları.
- T.C. İçişleri Bakanlığı. (2021). *2021–2023 Karayolu trafik güvenliği strateji belgesi ve 2021–2023 karayolu trafik güvenliği eylem planı*. <https://www.trafik.gov.tr/2021-2023-karayolu-trafik-guvenligi-strateji-belgesi-ve-2021-2023-karayolu-trafik-guvenligi-eylem-planı>
- T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü. (2022a). *Karayolu ağı bilgileri*. <https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Kurumsal/YolAgi.aspx>
- T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü. (2022b). *Otoyol projeleri*. <https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Projeler/OtoyolProjeleri.aspx>
- T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü. (2022c). *Bölünmüş yol projeleri*. <https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Projeler/BolunmusYolProjeleri.aspx>
- T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü. (2022d). *Köprü projeleri*. <https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Projeler/KopruProjeleri.aspx>
- T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü. (2022e). *Tünel projeleri*. <https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Projeler/TunelProjeleri.aspx>
- T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü. (2024). *Karayolu ulaşım istatistikleri 2023*. <https://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Yayinlar/YayinPdf/KarayoluUlasimIstatistikleri2023.pdf>

- T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü. (2021). *Dünden bugüne karayolları: Tarihçe*.
<https://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionImages/KGMimages/Gorseller/DundenBuguneKarayollari/tarihce.pdf>
- T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2021). *Ulaştırma ana planı stratejisi: Sonuç raporu*.
https://www.bebka.org.tr/admin/datas/sayfas/files/Ulasrma_Ana_Plani_Stratejisi.pdf
- T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2023). *2022 yılı Karayolları Genel Müdürlüğü sorumluluğundaki yol ağında meydana gelen trafik kazalarına ait özet bilgiler*. Karayolları Genel Müdürlüğü Yayınları.
- Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı Üstyapı Şubesi Müdürlüğü. (2008). *Üstyapı projelendirme rehberi*. T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü Yayınları.
https://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Baskanliklar/BaskanliklarTeknikArastirma/Yeni%20Klas%C3%B6r/Yay%C4%B1mlar/USTYAPI_PROJELENDIRME_REHBERI_2008-600.pdf
- Tey, L.-S., Ferreira, L., & Wallace, A. (2011). Measuring driver responses at railway level crossings. *Accident Analysis & Prevention*, 43(6), 2134–2141.
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.06.003>
- Tey, L.-S., Wallis, G., Cloete, S., Ferreira, L., & Zhu, S. (2013). Evaluating driver behavior toward innovative warning devices at railway level crossings using a driving simulator. *Journal of Transportation Safety & Security*, 5(2), 118–130.
<https://doi.org/10.1080/19439962.2012.731028>
- Thiffault, P., & Bergeron, J. (2003). Monotony of road environment and driver fatigue: A simulator study. *Accident Analysis & Prevention*, 35(3), 381–391.
[https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(02\)00014-3](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(02)00014-3)
- Ticari Hayat. (2025, Şubat 6). Mersin’de korkunç kaza: Küçük kız öldü, fren yapılmadı. *Ticari Hayat*. <https://www.ticarihayat.com/mersinde-korkunc-kaza-kucuk-kiz-oldu-fren-yapilmedi>
- The Sun. (2025, April 29). *Alert for road users as static safety camera goes live on fatal crash blackspot in Kilkenny*. The Sun.
<https://www.thesun.ie/news/15290348/alert-road-users-static-safety-camera-gardai-kilkenny/>
- The Middletown Press. (2025, April 28). *Middletown launches Connecticut’s first school zone speed enforcement camera program*. The Middletown Press.

- <https://www.middletownpress.com/news/article/middletown-police-ct-traffic-camera-speed-tickets-20347382.php>
- Topçu, R., & Çoruh, E. (2022). 2008–2018 yılları arasında Türkiye’de trafik kazaları. *International Conference on Design, Research and Development (RDCONF 2021)*, 15–18 Aralık 2021, Ankara, Türkiye. <https://www.researchgate.net/publication/358404493>
- Tram, T., Jansson, A., Grönberg, R., Ali, M. ve Sjöberg, J. (2018). *Learning negotiating behavior between cars in intersections using deep Q-learning. Proceedings of the 2018 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 3169–3174. <https://doi.org/10.1109/itsc.2018.8569316>
- TRT Haber. (2017, June 13). *Hız koridoru uygulaması sonuç verdi*. TRT Haber. <https://www.trthaber.com/haber/turkiye/hiz-koridoru-uygulamasi-sonuc-verdi-328616.html>
- TÜBİTAK. (2022). *Trafik ve ulaşım psikolojisi*. TÜBİTAK Ansiklopedisi. https://ansiklopedi.tubitak.gov.tr/ansiklopedi/trafik_ve_ulasim_psikolojisi
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2022). *Trafiğe kayıtlı motorlu kara taşıtları, Aralık 2022*. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara-Tasitlari-Aralik-2022-49436>
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2022). *Karayolu trafik kaza istatistikleri, 2022*. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Karayolu-Trafik-Kaza-Istatistikleri-2022-49513>
- Underwood, G., Crundall, D., & Chapman, P. (2011). Driving simulator validation with hazard perception. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 14(6), 435–446. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2011.04.008>
- Ünye Net Haber. (2025, Mart 25). Fatsa’da yaya geçidinde trafik kazası, 84 yaşındaki Süleyman Genç hayatını kaybetti. *Ünye Net Haber*. <https://www.unyenethaber.com/haber/fatsada-yaya-gecidinde-trafik-kazasi-84-yasindaki-suleyman-genc-hayatini-kaybetti-319493>
- Üzümcüoğlu, Y., Özkan, T., Wu, C., & Zhang, H. (2020). Traffic climate and driver behaviors: The moderating role of driving skills in Turkey and China. *Journal of Safety Research*, 75, 87–98. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2020.08.004>
- Valero-Mora, P., Pareja, I., Montes, S. A., & Ledesma, R. D. (2015). Mindfulness, inattention and performance in a driving simulator. *IET Intelligent Transport Systems*, 9(4), 388–395. <https://doi.org/10.1049/iet-its.2014.0172>
- Vollrath, M., Schleicher, A., & Gelau, C. (2011). The influence of cruise control and adaptive cruise control on driving behaviour – A driving simulator study. *Accident*

- Analysis & Prevention*, 43(3), 1134–1139.
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2010.12.023>
- Wang, Y., & Ni, X. S. (2019). A XGBoost risk model via feature selection and Bayesian hyper-parameter optimization. *arXiv*.
<https://arxiv.org/abs/1901.08433>
- Wang, Y., Sarkar, E., Li, W., Maniatakos, M., & Jabari, S. E. (2024). Stop-and-go: Exploring backdoor attacks on deep reinforcement learning-based traffic congestion control systems. *arXiv*.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2003.07859>
- Wang, L., Abdel-Aty, M., Shi, Q., & Park, J. (2015). Real-time crash prediction for expressway weaving segments. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 61, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2015.10.008>
- World Health Organization. (2018). *Global status report on road safety 2018*. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565684>
- World Health Organization. (2023). *Global status report on road safety 2023*. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240086517>
- Xiao, L., Dong, Y., & Dong, Y. (2018). An improved combination approach based on Adaboost algorithm for wind speed time series forecasting. *Energy Conversion and Management*, 160, 273–288.
- Xu, X., Zhao, T., Zhou, P., Wu, J., Xu, Y., & Yan, F. (2024). Driver behavior analysis in merging area based on driving simulation. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Smart City Engineering and Public Transportation (SCEPT 2024)* (Paper No. 131600S). SPIE.
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2024SPIE13160E..0SX/abstract>
- Yang, J., Yan, X., Xue, Q., & Li, X. (2020). How do signs and warning influence driving behaviors at flashing light grade crossings? *Journal of Transportation Safety & Security*, 14(5), 843–872.
<https://doi.org/10.1080/19439962.2020.1834479>
- Yang, Q., Overton, R., Han, L. D., Yan, X., & Richards, S. H. (2013). Driver behaviours on rural highways with and without curbs – a driving simulator based study. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 21(2), 115–126. <https://doi.org/10.1080/17457300.2013.792279>
- Yoon, J. (2021). Forecasting of real GDP growth using machine learning models: Gradient boosting and random forest approach. *Computational Economics*, 57(1), 247–265.

- Yıldırım, M. S., & Aydın, M. M. (2020, July). Transport capacity assessment for trains using simulation technique. In *Proceedings of the International Symposium for Environmental Science and Engineering Research (ISESER 2020)* (pp. 31–34). Manisa, Turkey. <https://www.researchgate.net/publication/343547492>
- Yıldırım, M. S., Aydın, M. M., & Gökkuş, Ü. (2022). Multimethod simulation approach for capacity design of a truck parking area in city ports. *Acta Scientiarum. Technology*, 44, e58110. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v44i1.58110>
- Yuan, R., Abdel-Aty, M., & Xiang, Q. (2024). Studying merge behavior in weaving segments: Insights from traffic conflict prediction and causal mechanism analysis. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4826417>
- Zegeer, C. V., Stewart, J. R., Huang, H. H., & Lagerwey, P. A. (2005). Safety effects of marked versus unmarked crosswalks at uncontrolled locations: Final report and recommended guidelines (FHWA-HRT-04-100). U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. <https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/04100/>
- Zheng, Y. ve Hansen, J. H. L. (2017). Lane-change detection from steering signal using spectral segmentation and learning-based classification. *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*, 2(1), 14–24. <https://doi.org/10.1109/tiv.2017.2708600>
- Zhou, Y., Zhang, L., Liu, Y., & Chen, C. (2020). Comparative analysis of machine learning models for highway crash severity prediction: A case study of Beijing. *Journal of Advanced Transportation*, 2020, Article ID 8851706.
- Zhao, M., Kathner, D., Jipp, M., Soffker, D., & Lemmer, K. (2017). Modeling driver behavior at roundabouts: Results from a field study. In *2017 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)* (pp. 908–913). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IVS.2017.7995831>
- Zhao, Y., Miyahara, T., Mizuno, K., Ito, D., & Han, Y. (2021). Analysis of car driver responses to avoid car-to-cyclist perpendicular collisions based on drive recorder data and driving simulator experiments. *Accident Analysis & Prevention*, 150, 105862. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105862>
- Zhang, H. (2004). The optimality of naive Bayes. In *Proceedings of the Seventeenth International Florida Artificial Intelligence Research Society Conference (FLAIRS 2004)* (Vol. 1, pp. 562–567).
- Zhang, L., Chen, C., Zhang, J., Fang, S., You, J., & Guo, J. (2018). Modeling lane-changing behavior in freeway off-ramp areas from the Shanghai Naturalistic

Driving Study. *Journal of Advanced Transportation*, 2018, Article ID 8645709.
<https://doi.org/10.1155/2018/8645709>

Zhang, Y., Li, X., & Wang, J. (2024). Study on driver behavior pattern in merging area under naturalistic driving conditions. *Journal of Advanced Transportation*, 2024, 7766164. <https://doi.org/10.1155/2024/7766164>

Zhu, B., Yan, S., Zhao, J. ve Deng, W. (2018). *Personalized lane-change assistance system with driver behavior identification*. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 67(11), 10293–10306. <https://doi.org/10.1109/tvt.2018.2867541>

Zobar, G. (2025, Mart 25). Edirne’de otomobilin yaya geçidinde yayalara çarptığı kaza güvenlik kamerasında. Anadolu Ajansı.
<https://www.aa.com.tr/tr/gundem/edirnede-otomobilin-yaya-gecidinde-yayalara-carptigi-kaza-guvenlik-kamerasinda/3519133>

EKLER

Ek 1. Sürüş öncesi anket formu

Bu anket Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde kurulan *Sürüş Teknikleri ve Sürücü Davranışları Tespit Laboratuvarında* yapılacak olan ‘*Gelişmekte Olan Ülkelerde Sürücülerin Farklı Yol ve Trafik Özellikleri Karşısındaki Davranışlarının Simülator Ortamında İncelenmesi*’ isimli çalışmaya veri sağlamak amacıyla hazırlanmıştır.

1. Yaşınız: (.....)
2. Cinsiyetiniz? (a) Erkek (b) Kadın
3. Eğitim durumunuz nedir? (a) İlköğretim (b) Lise (c) Ön Lisans (d) Lisans (e) Yüksek Lisans (f) Doktora
4. Çalışıyor musunuz? (a) Evet (Mesleğiniz.....) (b) Hayır
5. Ehliyetiniz var mı? Cevabınız evet ise süresi nedir? (a) Evet (..... Yıdır var) (b) Hayır
6. Araç kullanma becerinizi nasıl tanımlarsınız? (a) Kullanamıyorum (b) Başlangıç seviyesinde (c) Orta seviyede (d) Profesyonel seviyede
7. Kendinizi nasıl bir sürücü olarak tanımlarsınız? (a) Agresif (b) Orta (c) Sakin
8. Ne tip araç kullanıyorsunuz? (a) Ticari ağır (kamyon, otobüs vb.) (b) Ticari hafif (kamyonet, otomobil vb.) (c) Şahsi Ağır (d) Şahsi Hafif (kamyonet, otomobil vb.) (e) Kullanmıyorum
9. Daha önce trafik kazası yaptınız mı? (a) Hayır (b) Evet aşırı hız (c) Evet takip mesafesini ayarlayamama sonucu arkadan çarpma (d) Evet bir engel sonucu ani fren yapma (e) Evet diğer
10. Daha önce hiç araç simülatorü kullandınız mı? (a) Evet sürekli (b) Evet birçok kez (c) Evet birkaç kez (d) Hayır hiç kullanmadım
11. Araç simülatorü hakkında önceden herhangi bir bilginiz var mıydı? (a) Evet (b) Hayır
12. Daha önce bu laboratuvardaki simülator ile sürüş gerçekleştireceğiniz güzergâhta hiç araç kullandınız mı? (a) Evet (ortalama hızım.....km/sa) (b) Hayır
13. Sürücülerin karayolunda olması gerekenden daha hızlı gittiğini düşünüyor musunuz? (a) Evet (yaklaşık hızları.....km/sa) (b) Hayır
14. Karayolundaki ağır araç yoğunluğu araç kullanım hızınızı etkiler mi? (a) Hiç etkilemez (b) Biraz etkiler (c) Orta derecede etkiler (d) Etkiler (e) Çok etkiler
15. Karayolunda/karayollarında bulunan yaya geçidi uyarı levhaları yeterli midir? (a) Hiç yeterli değil (b) Biraz (c) Orta derecede (d) Yeterli (e) Çok yeterli
16. Yaya geçidine yaklaştığınızda hızınızı azaltır mısınız? (a) Hiç azaltmam (b) Biraz (c) Orta derecede (d) Azaltırım (e) Çok azaltırım

17. Yayaalara yol vermek için duran araçları gördüğünüzde yaya geçidine çok dikkatli yaklaşır mısınız? (a) Hiç dikkatli yaklaşmam (b) Biraz dikkatli yaklaşırım (c) Orta derecede dikkatli yaklaşırım (d) Dikkatli yaklaşırım (e) Çok dikkat yaklaşırım
18. Yeşil dalga sistemi hızınızı ayarlamanız için yeterli midir? (a) Hiç yeterli değil (b) Biraz (c) Orta derecede (d) Yeterli (e) Çok yeterli
19. Yeşil dalga sistemlerinin sürücülerin hız ihlali yapmasını engellediğini düşünüyor musunuz? (a) Hiç düşünmüyorum (b) Biraz (c) Orta derecede (d) Düşünüyorum (e) Çok düşünüyorum
20. Ülkemizdeki karayollarında uygulanan yeşil dalga sitemini faydalı buluyor musunuz? (a) Hiç faydalı bulmuyorum (b) Biraz faydalı buluyorum (c) Orta derecede faydalı buluyorum (d) Faydalı (e) Çok faydalı buluyorum
21. Hız koridoru içerisinde sürüş yapmak hızınızı azaltmada etkili oldu mu? (a) Hiç etkili olmadı (b) Biraz (c) Orta derecede (d) Etkili oldu (e) Çok etkili oldu
22. Hız koridorunun olduğu karayolunda sürüş yapmak sıkıcı mıdır? (a) Hiç sıkıcı değil (b) Biraz (c) Orta derecede (d) Sıkıcı (e) Çok sıkıcı
23. Dönel kavşaklarda şerit çizgilerinin belirgin olması şerit disiplininizi etkiler mi? (a) Hiç etkilemez (b) Biraz (c) Orta derecede (d) Etkiler (e) Çok etkiler
24. Ülkemizdeki kavşak içi şerit çizgi işaretlemeleri yeterli midir? (a) Hiç yeterli değil (b) Biraz (c) Orta derecede (d) Yeterli (e) Çok yeterli
25. Mevcut kontrolsüz (trafik ışığı olmayan) dönel kavşaklar trafik güvenliği açısından yeterli midir? (a) Hiç yeterli değil (b) Biraz (c) Orta derecede (d) Yeterli (e) Çok yeterli
26. Elektronik Denetleme Sistemi (EDS) hızınızı azaltmak için etkili bir sistem midir? (a) Hiç değil (b) Biraz (c) Orta derecede (d) Etkili (e) Çok etkili
27. Katılma şeridine yaklaşırken hızınızı trafik akımına göre azaltır mısınız? (a) Hiç azaltmam (b) Biraz (c) Orta derecede (d) Azaltırım (e) Çok azaltırım

28. Katılma şeridinden hızla çıkan araçlar sizin sürüş disiplininizi etkiler ve kaza yapma olasılığınızı artırır mı? (a) Hiç artırmaz (b) Biraz (c) Orta derecede (d) Artırır (e) Çok artırır
29. Katılma şeridinden yaklaşan araçlar sizi tedirgin eder mi? (a) Hiç etmez (b) Biraz (c) Orta derecede (d) Tedirgin eder (e) Çok tedirgin eder
30. Ülkemizde katılma şeritleri trafik güvenliği açısından yeterli uzunluğa sahip midir? (a) Hiç yeterli değildir (b) Biraz (c) Orta derecede (d) Yeterlidir (e) Çok yeterlidir

Ek 2. Sürüş sonrası anket formu

	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz Katılmıyorum	Kararsızım	Biraz Katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
1. Sorunsuz bir sürüş testi gerçekleştirdim (Kullanırken herhangi bir sıkıntı yaşamadım).	1	2	3	4	5	6	7
2. Sürüş öncesi ya da sonrasında herhangi bir fiziksel rahatsızlık hissetmedim.	1	2	3	4	5	6	7
3. Araç simülatöründe kendimi gerçek bir araç kullanıyormuş gibi hissettim.	1	2	3	4	5	6	7
4. Test için hazırlanan 3D modeller oldukça gerçekçidir.	1	2	3	4	5	6	7
5. Hazırlanan sürüş senaryoları ile kendimi senaryonun içerisinde hissettim ve gerçek bir sürüşteki gibi davranmaya çalıştım.	1	2	3	4	5	6	7
6. Senaryo içerisindeki trafik akımı oldukça gerçekçidir.	1	2	3	4	5	6	7

7-9. sorular için bu
görseli dikkate alınız



	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz Katılmıyorum	Kararsızım	Biraz Katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
7. Yaya­lara yol vermek için duran araçlar yaya­ları görmemi engelledi.	1	2	3	4	5	6	7
8. Yaya geçidi tabelalarını fark edebildim.	1	2	3	4	5	6	7
9. Sol şeritteki araçların yaya­lara yol vermesi tehlikeli bir durumdur.	1	2	3	4	5	6	7

10-12. sorular için bu
görseli dikkate alınız



	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz Katılmıyorum	Kararsızım	Biraz Katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
10. Yeşil dalga sistemi sürüş hızımı azalttı	1	2	3	4	5	6	7
11. Yeşil dalga sisteminde kırmızı ışıkta beklememek için hızımı artırdım.	1	2	3	4	5	6	7
12. Yeşil dalganın doğru çalıştığını düşünerek hızımı ayarlamaya çalıştım.	1	2	3	4	5	6	7

13-15. sorular için bu
görseli dikkate alınız



	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz Katılmıyorum	Kararsızım	Biraz Katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
13. Dönel kavşak içerisinde şerit çizgilerinin belirgin olmaması beni tedirgin etti.	1	2	3	4	5	6	7
14. Dönel kavşaklarda şerit çizgilerine her zaman uymaya çalışırım.	1	2	3	4	5	6	7
15. Dönel kavşakta öncelikli geçişleri bilir ve uygularım.	1	2	3	4	5	6	7

16-19. sorular için bu
görseli dikkate alınız



	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz Katılmıyorum	Kararsızım	Biraz Katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
16. Ortalama hız koridoru içerisinde bulunan radar aracı beklemediğim bir durumdu.	1	2	3	4	5	6	7
17. Ortalama hız koridoru içerisinde anlık hız ölçen radar araçlarının olması doğru bir uygulamadır.	1	2	3	4	5	6	7
18. Ortalama hız koridoru içerisinde çeşitli kesimlerde hızımı artırıp azaltmaya çalıştım	1	2	3	4	5	6	7
19. Karayollarında yapılan uygulamalardan dolayı Ortalama Hız Koridoru hakkında yeteli bilgiye sahibim.	1	2	3	4	5	6	7

20-23. sorular için bu
görseli dikkate alınız



	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Biraz Katılmıyorum	Kararsızım	Biraz Katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
20. Katılma şeridinden yaklaşan araçlar beni oldukça tedirgin etti.	1	2	3	4	5	6	7
21. Katılma şeridi öncesindeki uyarı levhaları yeterliydi.	1	2	3	4	5	6	7
22. Katılma şeridinden yaklaşan araçlar şerit disiplinimi etkiledi.	1	2	3	4	5	6	7
23. Ülkemizde, senaryodakine benzer şekilde katılma bölgelerinde çok sayıda araç çıktığını ve bunların bu bölgelerde sürüş davranışımı ve şerit disiplinimi olumsuz etkilediğini düşünüyorum.	1	2	3	4	5	6	7

ETİK KURUL KARARI



T.C
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
İNSAN ARAŞTIRMALARI EĞİTİM BİLİMLERİ
ETİK KURULU KARARI

Etik Kurul Toplantı Tarihi	28/02/2022
Protokol No	02/09
Araştırma Başlığı	Sürücülerin Farklı Yol ve Trafik Özellikleri Karşısındaki Davranışlarının Simülasyon Ortamında İncelenmesi
Araştırma Türü	Nicel- İlişki Arayıcı Araştırma
Araştırmacılar	Doç. Dr. Halim Ferit BAYATA (Sorumlu Araştırmacı) Doç. Dr. Metin Mutlu AYDIN (Araştırmacı) Dr. Öğr. Üyesi Emine ÇORUH (Araştırmacı) Öğr. Gör. Ömer Faruk ÖZTÜRK (Araştırmacı) Öğr. Gör. Yusuf MAZLUM (Araştırmacı)
Karar	Başvuru dosyanıza ait araştırmanız etik açıdan uygun bulunmuştur.
Açıklama:	1. Etik Kurul Onayı, uygulama ve/veya veri toplama için araştırmacının ilgili kurum veya kuruluşlardan izin alma sorumluluğunu ortadan kaldırmaz. 2. Kurul üyelerine ait araştırma önerileri görüşülürken, ilgili yönerge gereğince, öneri sahibi üye görüşmelere katılmamış ve oy kullanmamıştır.

e-imzalıdır

Prof. Dr. Hüseyin Hüsnü BAHAR
İnsan Araştırmaları Eğitim Bilimleri
Etik Kurul Başkanı

ÖZGEÇMİŞ

Yusuf MAZLUM, Lisans eğitimini 2002 yılında Atatürk Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde tamamladı.

Mezuniyet sonrası hidroelektrik santrali inşaatında 4 yıl kurucu ortak ve mühendis olarak görev yaptı, 15 yıl çeşitli branşlarda ticaret ve yöneticilik görevlerinde bulundu. Yüksek lisans eğitimini 2017 yılında Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda tamamladı. 2020 yılında Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi İliç Dursun Yıldırım MYO da öğretim görevlisi olarak göreve başladı.

Yüksek lisans eğitimini 2018 yılında Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda tamamladı. İyi derecede İngilizce bilen MAZLUM, evli ve bir çocuk babasıdır.

Yayınlar:

- Ö. F. Öztürk Et Al. , "Improving Tunnel Safety through LED Lighting for Long Tunnels: A Driving Simulator Study," 2nd International Symposium on Innovations in Civil Engineering and Technologies , vol.1, Isparta, Turkey, pp.82-92, 2024
- Y. Mazlum Et Al. , "Investigation of the Regional Traffic Impact of Erzurum City Hospital," 2nd International Eurasian Conference on Science, Engineering and Technology (EurasianSciEnTech 2020) , Gaziantep, Turkey, pp.72, 2020
- F. İ. Baş Et Al. , "Modeling urban intersections with micro-simulation method: Erzurum province sample," International Conference On Access To Recent Advances In Engineering And Digitalization , Kayseri, Turkey, pp.152-153, 2020
- F. İ. Baş Et Al. , "Evaluation of Erzurum Gürcükapı Junction with Microsimulation," International Conference On Access To Recent Advances In Engineering And Digitalization , Kayseri, Turkey, pp.154-155, 2020
- Y. Mazlum Et Al. , "Otopark Problemlerinin Kent Merkezi Bazında Etüdü ve Çözümsel Yaklaşımı (Erzincan İli Örneği)," Uluslararası Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi Kongresi , Mardin, Turkey, pp.115-126, 2019
- O. Ü. Bayrak Et Al. , "Erzincan İli DSİ Kavşağının Bölge Trafikine Etkisinin Araştırılması Mikrosimülasyon Modelleme ile Değerlendirilmesi," IV.INSAC Doğa ve Mühendislik Bilimleri Kongresi , Konya, Turkey, pp.110-115, 2019

- Y. Mazlum And H. F. Bayata, ", " 4. ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK MİMARLIK VE TASARIM KONGRESİ , İstanbul, Turkey, pp.80-92, 2019
- Y. Mazlum And H. F. Bayata, "ANALYSIS OF CARPARK ETUDES WITH DIFFERENT STATISTICAL METHODS AND MODELING WITH GIS (ERZINCAN PROVINCE SAMPLE)," Uluslararası Türk Dünyası Araştırmaları Sempozyumu , Afyon, Turkey, pp.149-159, 2018
- O. F. Ozturk Et Al. , "Performance Comparison of Various Tunnel Lighting Scenarios on Driver Lane-Changing Behaviours in a Driving Simulator," Applied Sciences (Switzerland) , vol.14, no.23, 2024
- Y. Mazlum Et Al. , "Analysis of car park etudes with different statistical methods and modeling with GIS: Erzincan province case," Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi , vol.11, no.2, pp.497-509, 2021
- F. İ. Baş Et Al. , "Kentiçi Kavşakların Mikrosimülasyon Yöntemiyle Modellenmesi: Erzurum İli Örneği," Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi , vol.1, pp.444-451, 2020