

# TUAD

Trafik ve Ulaşım Araştırmaları Dergisi

Journal of Traffic and Transportation Research

ISSN: 2667-8071

Cilt/Volume: 6 | Sayı/Issue: 2  
Yıl/Year: Güz/Fall 2023



ODTÜ  
METU



Safety Research Unit

**TRAFİK VE ULAŞIM ARAŞTIRMALARI DERGİSİ**  
**JOURNAL OF TRAFFIC AND TRANSPORTATION RESEARCH**

ISSN: 2667-8071

Cilt/Volume: 6 | Sayı/Issue: 2 | Yıl/Year: Güz/Fall – 2023

Trafik ve Ulaşım Araştırmaları Dergisi kör hakemli elektronik bir dergidir. Dergi yılda iki kez (Nisan ve Ekim) yayımlanmaktadır.

The Journal of Traffic and Transportation Research is a blind-reviewed online journal. The journal is published semi-annually (April and October).

**Baş Editör | Editor-in-Chief**

Doç. Dr. Bahar Öz  
*Orta Doğu Teknik Üniversitesi*

**Editörler | Editors**

Öğr. Gör. Dr. Gizem Fındık	<i>Polis Akademisi</i>
Dr. İbrahim Öztürk	<i>University of Leeds</i>
Doç. Dr. Gaye Solmazer	<i>İzmir Bakırçay Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Yeşim Üzümcüoğlu Zihni	<i>TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi</i>

**Yayın Kurulu | Editorial Board**

Araş. Gör. Burcu Arslan	<i>Orta Doğu Teknik Üniversitesi</i>
Araş. Gör. Gözde Atalan	<i>Orta Doğu Teknik Üniversitesi</i>
Dr. Öğr. Üyesi Derya Azık	<i>Polis Akademisi</i>
Araş. Gör. Nesrin Budak	<i>Orta Doğu Teknik Üniversitesi</i>
Araş. Gör. Uluğhan Ergin	<i>Polis Akademisi</i>
Uzm. U. Uygur Erkuş	<i>MOBİX</i>
Dr. Öğr. Üyesi Özlem Ersan	<i>Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi</i>
Araş. Gör. Dr. Bilgesu Kaçan	<i>Necmettin Erbakan Üniversitesi</i>
Dr. Seda Özbozdağlı	<i>Orta Doğu Teknik Üniversitesi</i>
Dr. Özgün Özkan	<i>University of Greenwich</i>
Araş. Gör. Batıkan Özkan	<i>Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Burcu Tekeş	<i>Başkent Üniversitesi</i>
Araş. Gör. Dr. Şerife Yılmaz	<i>Bartın Üniversitesi</i>

## Danışma Kurulu | Advisory Board

Doç. Dr. Pınar Bıçaksız	<i>American University in Dubai</i>
Dr. Başar Demir	<i>University of Toronto</i>
Doç. Dr. Kürşad Demirutku	<i>TED Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Ömür Kaygısız	<i>Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi</i>
Dr. Öğr. Üyesi Nevin Kılıç	<i>Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi</i>
Prof. Dr. C. Müjde Koca Atabey	<i>Ankara Medipol Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Mehmet Koyuncu	<i>Ege Üniversitesi</i>
Prof. Dr. Timo J. Lajunen	<i>Norwegian University of Science and Technology</i>
Prof. Dr. Mine Mısırlısoy	<i>Orta Doğu Teknik Üniversitesi</i>
Prof. Dr. Türker Özkan	<i>Orta Doğu Teknik Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Hande Işık Öztürk	<i>Orta Doğu Teknik Üniversitesi</i>
Prof. Dr. Nebi Sümer	<i>Sabancı Üniversitesi</i>
Prof. Dr. Hediye Tüydeş Yaman	<i>Orta Doğu Teknik Üniversitesi</i>
Prof. Dr. Yeşim Yasak	<i>Çankırı Karatekin Üniversitesi</i>

## Dil Editörü | Language Editor

Dr. Mojtaba Moharrer	<i>Schepens Eye Research Institute</i>
----------------------	--

## Teknik Editör | Technical Editor

Uzm. U. Uygur Erkuş	<i>MOBIX</i>
Araş. Gör. Batıkan Özkan	<i>Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi</i>
Dr. İbrahim Öztürk	<i>University of Leeds</i>

## Kapak Tasarım | Cover Design

Gizem Güner  
Dr. İbrahim Öztürk

## Logo Tasarım | Logo Design

Samet Temiz

## İletişim | Contact

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Psikoloji Bölümü Güvenlik Araştırma Birimi, Sosyal Bilimler  
Binası, 06800, Çankaya, Ankara, Türkiye  
E-posta | E-mail: tuad@metu.edu.tr  
Ana Sayfa | Main Page: dergipark.org.tr/tuad



---

**Baş Editör'den** | Editor-in-Chief's Note

---

**I. Araştırma Makalesi** | Research Article

---

**Trafik Akışı İyileştirmesinin Trafik Sıkışıklığını Azaltmaya Etkisi: Simülasyonlu Alternatif Bakış** | Reducing Traffic Congestion by Improving Traffic Flow: An Alternative Approach by Simulation

*Utkan Uluçay, Mehmet Tanyaş* ..... **96-110**

---

**Trafikte Ergenlerin Cinsiyet Kalıp Yargıları: Cinsiyet ve Aile İlişkilerinin Rolü** | Sex Stereotypes of Adolescents in Traffic: The Role of Sex and Family Relationships

*İbrahim Öztürk, Nazlı Akay*..... **111-130**

---

**Ortalama Araç Hızları için Güven Aralıklarının Oluşturulması** | Establishment of Confidence Intervals for Average Vehicle Speeds

*Mirhamid Baghirov* ..... **131-142**

---

**Jandarma Bölgesinde Gerçekleşen Trafik Kazalarının Veri Madenciliği Yöntemiyle Analizi** | Analysis of Traffic Accidents in the Gendarmerie Area by Data Mining Method

*Murat Önder, Ahmet Eymen Öncü* ..... **143-158**

---



Trafik ve Ulaşım Araştırmaları Dergisi'nin Değerli Okurları,

Dergimizin 6. Cildinin 2. Sayısını sizlerle paylaşmanın heyecanını ve mutluluğunu yaşıyoruz. 2023 yılı Güz sayımız farklı uzmanlık alanlarından araştırmacıların trafik güvenliği ile ilgili araştırma makalelerinden oluşmaktadır.

Güz sayımız kapsamında dört araştırma makalesi yer almaktadır. Makalelerimizin ilki, Uluçay ve Tanyaş tarafından yürütülmüş, trafik akışının iyileştirilmesinin trafikte sıkışıklığı azaltmaya etkisini simülasyon temelinde incelemiş bir çalışmadır. Öztürk ve Akay tarafından yürütülmüş olan ikinci makalemiz, trafikte ergenlerin cinsiyet kalıp yargılarını cinsiyet ve aile ilişkilerinin rolü odağından ele alan bir çalışmadır. Üçüncü makalemiz, Baghirova tarafından hazırlanmış olan ve ortalama araç hızları için güven aralıklarının oluşturulması konulu bir çalışmadır. Güz sayımızın son makalesi olan, Önder ve Öncü tarafından hazırlanan araştırma makalemizde ise yazarlarımız, Jandarma trafik sorumluluk bölgesinde gerçekleşen trafik kazalarının veri madenciliği yöntemiyle analizini gerçekleştirmişlerdir.

Cumhuriyetimizin 100. yaşını büyük bir gururla ve coşkuyla kutladığımız Ekim ayında yayımlanan 2023 Güz sayımızın sorunsuz bir şekilde tamamlanabilmesi için sürecimize destek veren tüm makale yazarlarımıza, hakemlerimize, yayın kurulu üyelerimize ve editörlerimize sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Dördüncü cildinden itibaren TR Dizin kapsamında dizinlenmekte olan TUAD'ın yeni sayısının trafik ve ulaşım araştırmaları literatürüne ve yol güvenliği uygulamalarına anlamlı katkılarda bulunacağını umuyor; trafik ve ulaşım ortamları ile ilgili farklı disiplinlerden araştırmacıların katkılarıyla daha da zenginleşeceğini düşündüğümüz 2024 Bahar sayımızda buluşana dek sağlıklı günler ve çalışmalarınızda kolaylıklar diliyorum.

Saygılarımla.

Doç. Dr. Bahar Öz

Araştırma Makalesi

## Trafik Akışı İyileştirmesinin Trafik Sıkışıklığını Azaltmaya Etkisi: Simülasyonlu Alternatif Bakış

Utkan Uluçay<sup>1\*</sup> , Mehmet Tanyaş<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Lojistik ve TZY Doktora Programı, Maltepe Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup> Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, Maltepe Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

### Öz

Çalışmanın amacı büyük şehirler için çevre yolunda dinamik trafik akışına uygun düzenlemelerle akışı iyileştirerek emisyonu azaltmak, seyahat süresini uzatan beklemleri azaltarak yakıt tasarrufu sağlamaktır. Bir çevre yolundaki trafik akışı için farklı kuralları içeren senaryolar Goldratt Research Labs tarafından AnyLogic üzerinde hazırlanan Traffic Flow paket simülatörü kullanılarak operasyonel bazda kıyaslanmıştır. Yaygın kullanılan statik ve sensörlerle desteklenen hibrit uygulamalar yerine trafik yoğunluğuna dayalı katılım sınırı içeren dinamik sistem kullanıldığında yoldan geçen araç sayısı artmakta ve seyahat süresi kısalmaktadır. Büyüyen şehirler ve artan lojistik hacim çevre yol düzenlemesini gerektirmektedir. Özellikle transit geçişlerdeki yerleşim yerlerinde ve trafik yoğunluğu yaşanan büyük şehirlerde mevcut trafik sensörleriyle bağlantılı olarak kullanılabilir. Çevre yolu trafik düzenlemeleri arasında İstanbul’da uygulanmayan akıllı sinyalizasyon, yan yolun akıllı geçiş tercihine bağlanması, yola katılım sınırlaması, otoyolda trafik sinyalizasyonu gibi alternatifler simülasyon ortamında değerlendirilmiştir. Metot içindeki acil geçiş – araba – kamyon kurgusu, iş dünyasındaki acil işler – normal kapsamlı işler – geniş kapsamlı işler olarak yorumlandığında proje yönetimi için de geçerli görünmektedir.

*Anahtar Kelimeler:* çevre yolu, trafik akışı, akıllı sinyalizasyon, simülasyon

## Reducing Traffic Congestion by Improving Traffic Flow: An Alternative Approach by Simulation

### Abstract

This study aims to propose an alternative approach for traffic flow regulation in smart city ring roads by dynamic signalization to reduce emissions and traffic congestion. Benchmarking is based on a commercially available simulator (Traffic Flow) developed by Goldratt Research Labs and AnyLogic. Static, hybrid and dynamic rules were assessed under various scenarios and selected key performance indicators (KPIs). Dynamic signalization backed up with a load cap yielded better results compared to traditional static or sensor-assisted hybrid systems. Growing cities and increasing logistics volume require ring road regulation. It can be used in conjunction with existing traffic sensors, especially in residential areas in transit and in big cities with heavy traffic. Among the ring road traffic regulations, the alternatives that are not implemented in Istanbul such as smart signalization, load cap, smart fast lane pass, and signalization on highway were evaluated in the simulation environment. Considering emergency vehicles as urgent projects, cars and trucks as normal and large projects it seems to be valid for project management as well.

*Keywords:* ring road, traffic flow, smart traffic lights, simulation

\* İletişim / Contact: Utkan Uluçay, Lojistik ve TZY Doktora Programı, Maltepe Üniversitesi, İstanbul, Türkiye. E-Posta / E-mail: [utkan.ulucay@gmail.com](mailto:utkan.ulucay@gmail.com).

Gönderildiği tarihi / Date submitted: 31.03.2023, Kabul edildiği tarih / Date accepted: 08.08.2023

Alıntı / Citation: Uluçay, U. ve Tanyaş M. (2023). Trafik akışı iyileştirmesinin trafik sıkışıklığını azaltmaya etkisi: Simülasyonlu alternatif bakış. *Trafik ve Ulaşım Araştırmaları Dergisi*, 6(2), 96–110. doi: 10.38002/tuad.1274489



## Trafik Akışı İyileştirmesinin Trafik Sıkışıklığını Azaltmaya Etkisi: Simülasyonlu Alternatif Bakış

Birleşmiş Milletlerin öncülüğünde küresel çapta sürdürülebilirlik ana gündem haline gelmiştir. Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarıyla bütüncül bir yaklaşım sergilenmiştir. İklim krizi riski karbon emisyonu konusunun önemini artırmıştır. Trafik sıkışıklığı araçların trafikte beklenenden daha uzun süre kalmasına, daha çok fosil yakıt tüketmesine, daha çok emisyona yol açmakta ve sürücü ve yolcuların ruh halini olumsuz etkilemektedir. Trafik akışı iyileştirilerek yoldan geçen araç sayısını artırdığında ve yolda geçen süre azaltıldığında bu olumsuz etkiler hafifleyecektir.

Kırsaldan kente olan nüfus hareketi şehirlerin büyümesine ve trafik sıkışıklığının artmasına yol açmaktadır. Önümüzdeki on yıl içinde, büyüyen şehirlerin %95' i gelişmekte olan ülkelerde olacaktır (Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları, 2023). Dolayısıyla gelişmekte olan ülkelerde lojistik merkezlerin çevre yollarına uygun konumlandırılması ve çevre yollarında azami trafik akışının sağlanması emisyonu azaltacaktır. Trafik akışını iyileştirmek üzere yeni bir otoyol veya köprülü kavşak inşası pahalı ve zaman alıcı bir çabadır ve kimi zaman çevresel şartlar nedeniyle mümkün olamamaktadır. Bu nedenle mevcut altyapının iyi değerlendirilmesi önem kazanmaktadır (Ki, Na ve Kim, 2019).

Trafik akışını zorlaştıran bir diğer faktör trafikteki araç sayısıdır. Çevre yolu kullanımının şehrin günlük hayatıyla özdeşleştiği İstanbul'da paylaşımlı araç kullanımı, uygun ve yeterli toplu taşıma olanaklarının yetersizliği, farklı kurumlarda farklı mesai saati uygulamasının yapılmaması, uzaktan çalışmanın yeterince desteklenmemesi, şehrin genişlemesine rağmen iş merkezlerinin görece aynı yerde kalması, trafik kurallarına uyumun bireyler arasında farklılık göstermesi, yeterli park yerinin sağlanamaması ve gece lojistiğinin gelişmemesi gibi faktörler trafik akışını zorlaştırmaktadır.

Özetle göç olarak nüfusu artan ve artan nüfusla beraber trafiği yoğunlaşan büyük metropollerin çevre yollarındaki trafik akışının iyileştirilmesi kamu yararı sağlayabilecektir.

Makalenin ikinci bölümünde literatür araştırması, üçüncü bölümünde kullanılan simülatör, parametreleri, seçilen kriterler ve senaryolar, dördüncü bölümünde belirlenen kriterlerde senaryo karşılaştırmaları, seçilen yol kesiti için 2021 verisiyle fiili - öneri karşılaştırmaları, beşinci bölümünde bulguların tartışılması, altıncı bölümünde sonuç ve öneriler yer almaktadır.

### 2. Literatür Araştırması

Trafik akışını iyileştirmek üzere sinyalizasyon, kavşak yönetimi, şerit sayısını artırma, sürat limitleri, zaman veya araç tipi bazlı yol kullanım hakkı sınırlamaları, toplu taşıma, ücretli geçiş, alternatif güzergâh, kademeli mesai saatleri, merkezi kontrol, trafik yönlendirmede dijital uyarı tabelaları, trafik kural ihlal belirleme sistemleri, trafikle ilişkili ek vergilendirme gibi farklı seçenekler gündeme gelmiştir (Öztürk, 2006; Pulur, 2010).

Bu seçeneklerden şehir içi toplu taşıma sistemi (Köylü ve Önder, 2017), merkezden kontrollü akıllı sinyalizasyon (Öztürk, 2006), döner kavşakta sinyalizasyon (Uludamar ve Tüccar, 2018) konulu çalışmalarda simülasyon yöntemi kullanılmış ancak çevre yolu konusuna değinilmemiştir.

Çevre yolu içeren çalışmalarda gişesiz otoyol geçişi (Pulur, 2010), sensörle trafik yoğunluğu takibi (Sönmez, 2017), sürücü-yol-merkez etkileşimi (Kuklova ve Pribyl, 2019) ve araç tipi bazında sürat-rotası sınırlamaları ve paylaşımlı araç kullanımı (Kuklova, 2021) değerlendirilmiş ancak bu çalışmada söz edilen yan yol kullanımı ve akıllı sinyalizasyonla yola katılım sınırlaması alternatifleri yer almamıştır.

Akıllı yol ve akıllı araç gerektiren sistemlerin merkezi kontrol birimiyle ilişkilendirildiği çalışma (Ki, Na ve Kim, 2019), gelişmekte olan ülkelerde önemli bir altyapı yatırımı gerektirecektir.

Trafik akışının karmaşık doğası itibariyle en uygun analiz yöntemi simülasyondur (Köylü ve Önder, 2017). Simülasyon yazılımları arasında SUMO ver 0.10.3, Aimsun ver 6.0.4, Paramics ver 6.4.1, SimTraffic ver 6, CORSIM ver 6.1 ve PTV Vissim ver 9 yazılımları karşılaştırılmıştır (Akkaya ve Engin, 2022). Ancak bu karşılaştırmaya ayrık olay (Discrete Event), etmen tabanlı (Agent Based) ve sistem dinamikleri (System Dynamics) yöntemlerini aynı anda kullanabilen AnyLogic dahil edilmemiştir.

AnyLogic yazılımını tercih edenler arasında takiben optimizasyon yapılmasını önerenler (Merkuryeva ve Bolshakovs, 2010), etmen tabanlı yöntem sayesinde sürücü davranışını canlandırabilme avantajına dikkat çekenler (Kuklova ve Pribyl, 2019) ve gerçek hayat şartlarına uygun model kurma esnekliği üzerinde duranlar (Kuklova, 2021) olmuştur.

Trafik akışını düzenleme konulu çalışmalar arasında çevre yoluna odaklı, mevcut altyapıda önemli değişiklik gerektirmeyen, yan yol kullanımı ve akıllı sinyalizasyon ile yola katılım sınırlamasını inceleyen çalışma görülememiştir.

Araştırma sorusu “İstanbul’da denenmeyen trafik akışı düzenleme alternatiflerinin çevre yolunda trafik akışına etkisi nedir?” şeklinde seçilmiştir. Yol veya köprülü kavşak gibi önemli yatırımlar gerektirmeyen bu alternatifler yan yolun akıllı geçiş tercihinin bağlanması, akıllı sinyalizasyon ile yola katılım sınırlaması olacaktır.

Değerlendirilen çalışmalar Tablo 1’de derlenmiş ve çalışmalar modellenirken kullanılan trafik simülasyon yazılımı not edilmiştir.

**Tablo 1. Literatür değerlendirmesi**

Yazarlar	Yayın Tarihi	Sürdürülebilirlik	Trafik Kontrol	yayın	Uygulama
Öztürk	2006		x	Y.Lis.Tezi	Sinyalizasyon
Pulur	2010		x	Y.Lis.Tezi	Trafik kontrol merkezleri
Merkuryeva, Bolshakovs	2010		x	Konferans	Simülasyon: AnyLogic
Köylü, Önder	2017	x	x	Dergi	Simülasyon: AnyLogic
Sönmez	2017		x	Y.Lis.Tezi	Yapay sinir ağı
Uludamar, Tüccar	2018		x	Dergi	Simülasyon: Vissim
Ki, Na ve Kim	2019	x	x	Konferans	Simülasyon: AnyLogic
Kuklova, Prybil	2019	x	x	Konferans	Simülasyon: AnyLogic
Kuklova	2021	x	x	Konferans	Simülasyon: AnyLogic
Akkaya, Engin	2022			Dergi	Simülasyon yazılımları
	Total	4	9	10	6 Simülasyon

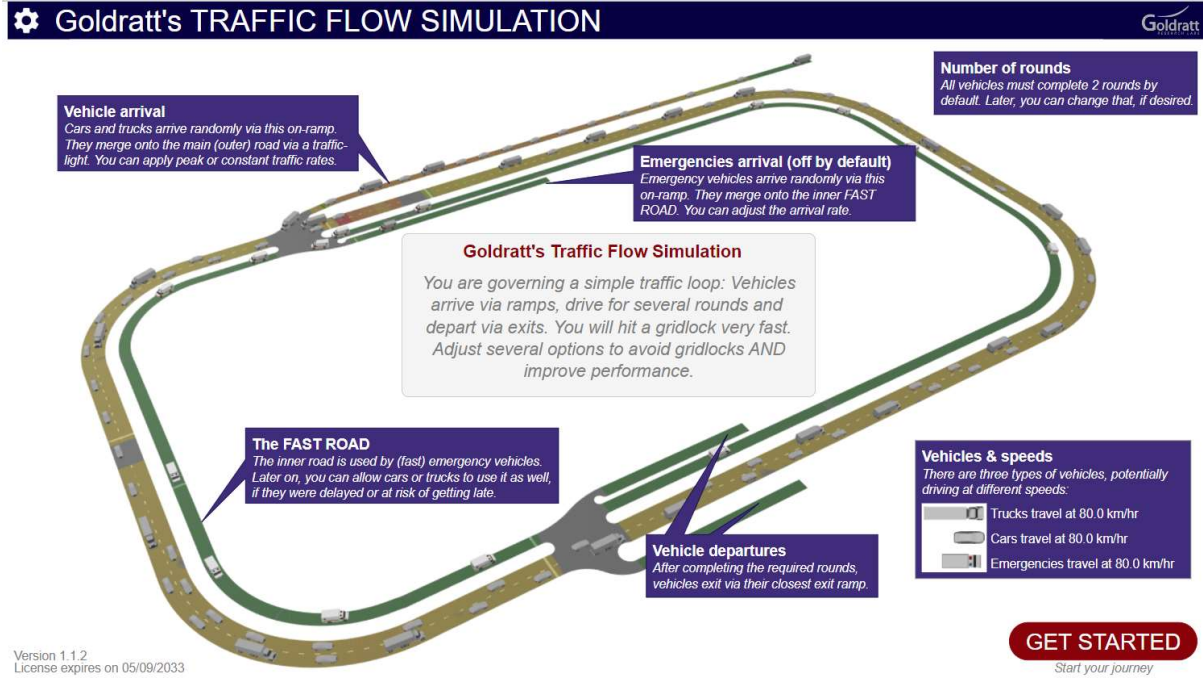
### 3. Yöntem

Bu çalışmada tekrar edilebilirlik niteliği olan, varsayımları belirli, parametrik yapılı ve AnyLogic ile hazırlanan orijinal İngilizce dilindeki Traffic Flow ver 1.1.2 kullanılmıştır (Goldratt-Research-Labs, 2023). Şekillerin altında temel noktalar için Türkçe notlar verilmiştir.

#### 3.1. Simülatörün Yapısı

Simülatörün açılış ekranı Şekil 1’de gösterilmiştir. Parkur iki şeritlidir ve opsiyonel yan yol vardır. Yan yollar ana yola tek bir noktada birleşir ve yine tek bir noktada ayrılır. Ambulans,

itfaiye, polis gibi geçiş üstünlüğü olan araçlar tanımlanabilir. Ayrıca kendine özgü parametreleriyle otomobil ve kamyon olarak iki araç tipi tanımlanmıştır. Simülatör 4 saatlik süreyi canlandırmaktadır. Her senaryoda belirlenen kurala göre planlanan varış süresi hesaplanmakta ve simülatör çalışırken hem araçlar hem yol bölümleri renk kodlu olarak gösterilmektedir. Gecikmelere siyah, gecikmek üzere olanlara kırmızı, normal olanlara sarı ve planın ilerisinde olanlara yeşil renk kodu verilmiştir.



Şekil 1. Trafik simülatörü açılış ekranı

*Not: Vehicle Arrival-Araç girişindeki kamyon payı, The FAST ROAD-yan yol kullanımı, Vehicle departures-yoldan çıkış noktası, Vehicles & speeds-araç tipine göre hız ataması, Emergencies arrival-geçiş üstünlüğü olan araç giriş temposu, Number of rounds-tur sayısı*

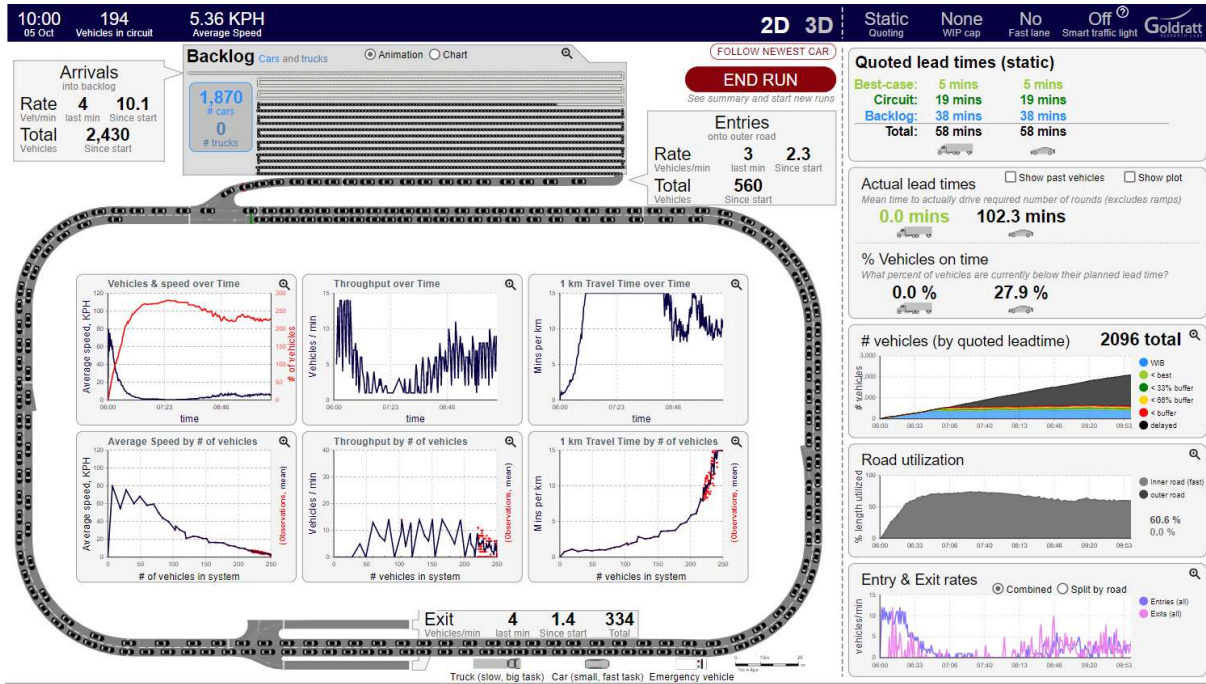
Karşılaştırma için kullanılacak temel senaryoda kamyon girişi yoktur, yan yol yoktur, geçiş üstünlüğü olan araçlar girmeyecektir, otomobillerin seyir hızı 80 km/saatir, otoyola katılım temposu dakikada 5 araçtır ve saatlik dalgalanma yoktur. Otoyola katılımda sabit süreli trafik lambası vardır, katılan araçlara %70 oranında yeşil ışık yanmaktadır ve araçlar parkurda 2 tur kalacaklardır. Planlanan seyir süresi statik kurala göre (1) eşitliğinde gösterilen şekilde hesaplanmıştır.

(1) Planlanan süre = boş parkur tamamlama süresi + 3 kat emniyet payı + 2 kat giriş kayıp payı

(2) Örnek: Planlanan süre = 5 dakika + 3 x 5 dakika + (5 dakika + 3 x 5 dakika) x 2 = 60 dakika

Bu simülasyonun sonuçları Şekil 2’de gösterilmiştir. Planlanan süre 58 dakika olmasına rağmen gerçekleşen süre 44 dakika gecikmeyle 102 dakikadır. Araçların sadece %27,9’ u planlanan sürede parkuru tamamlayabilmiştir. Araçların ortalama hızı 3 dakika boyunca 3km/saatin altında kaldığında simülatör trafiğin kilitlendiğini raporlamaktadır, bu senaryoda 45 dakika içinde trafik kilitlenmiştir. Yola katılmak isteyen 2430 araçtan ancak 560 tanesi yola girebilmiş ve yola giren araçlardan sadece 334 araç hedefe ulaşabilmiştir.





Şekil 2. Trafik simülatorü açılış ekranı

Not: **Arrivals**-giren araç sayıları, **Backlog**-yola katılmayan araçlar, **Entries**-yola katılan araç sayıları, **Quoted lead times**-hesaplanan tahmini varış süreleri, **Actual lead times**-gerçekleşen varış süreleri, **#vehicles**-hesaplanan süreye uyum performansı, **Road utilization**-yol kapasitesinin kullanım oranı, **Entry & Exit rates**-giriş ve çıkış tempoları

Başka bir ifadeyle yolun kapasitesi daha yoğun trafiği kaldırabilecek seviyede olduğu halde yola katılmayan araçlar şehir içinde sıkışıklığa sebep olurken, yola katılabilenler hedeflerine gecikmeli ulaşabilmiştir. Katılan araç sayısı artarken trafiğin akışı yavaşlamıştır.

### 3.2. Simülatorün Parametreleri

Simülatorde araçların içindeki kamyon payı, geçiş üstünlüğü olan araç giriş temposu, belirli dönemlerde artan trafik yoğunluğu, araç tipi bazında hız limiti, yan yol kullanımı, parkurda kalma süresi, seyahat süresi hesabı için parametre alternatifleri ayarlanabilmektedir.

Sisteme kamyon giriş oranı giren araçların yüzde cinsinden %0 ila %100 arasında belirlenebilmektedir, kamyonlar diğer araçlardan daha uzun oldukları için yolda daha çok yer kaplamakta ve daha yavaş oldukları için daha uzun süre yolda kalmaktadır.

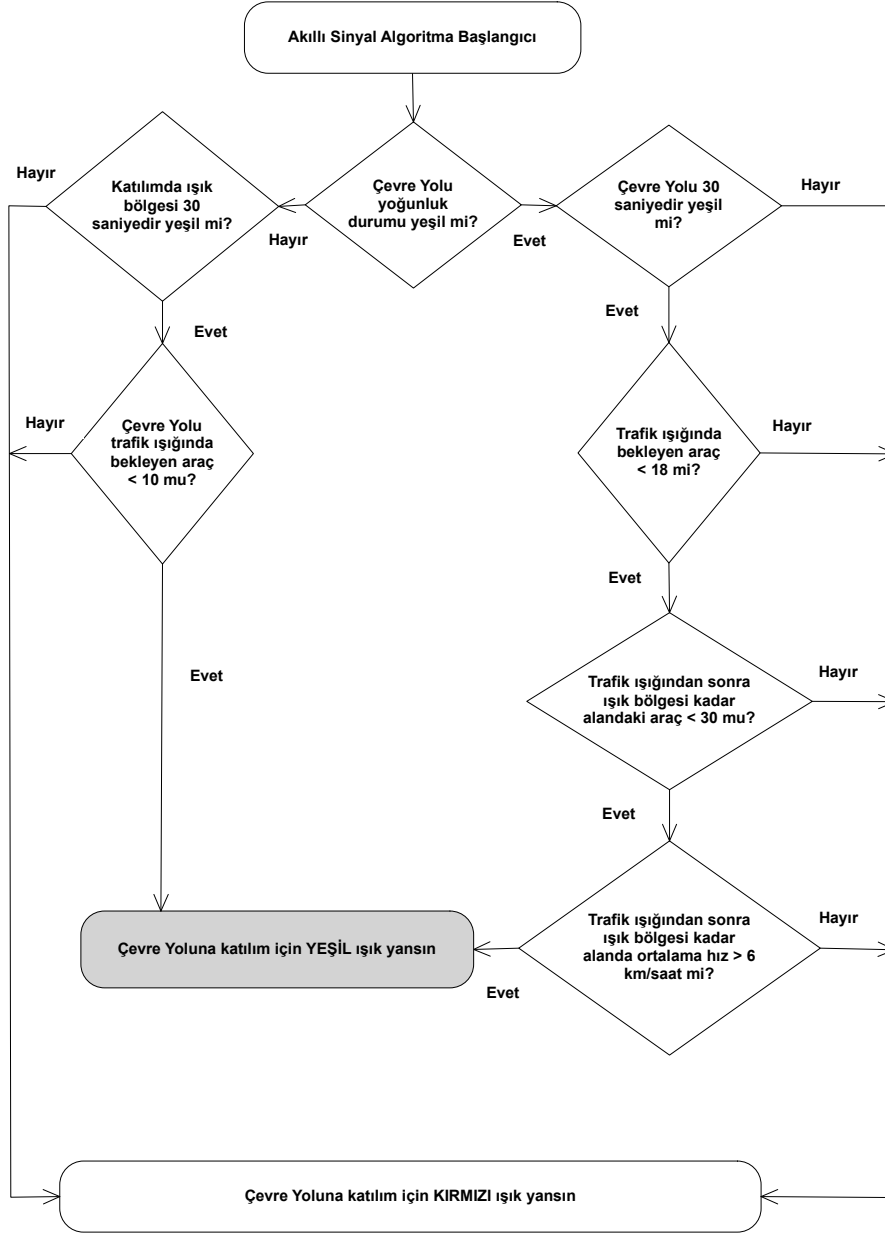
Acil durumları temsilen geçiş üstünlüğü olan araç girişi opsiyoneldir ve araç girişine izin verildiğinde yola giriş temposu 0 adet/dakika ila 5 adet/dakika aralığında belirlenebilmektedir.

Araç girişleri sabit seçildiğinde 0 adet/dakika ila 5 adet/dakika aralığında veya belli dönemlerdeki trafik yoğunluğunu temsilen zamana duyarlı seçilirse 06:00 – 10:30 çalışma dönemi içinde 15 dakikalık dönemlerde 0 adet/dakika ila 15 adet/dakika aralığında ayarlanabilmektedir.

Geçiş üstünlüğü olan araçlar, otomobiller ve kamyonlar için araç hızları bağımsız belirlenebilmektedir.

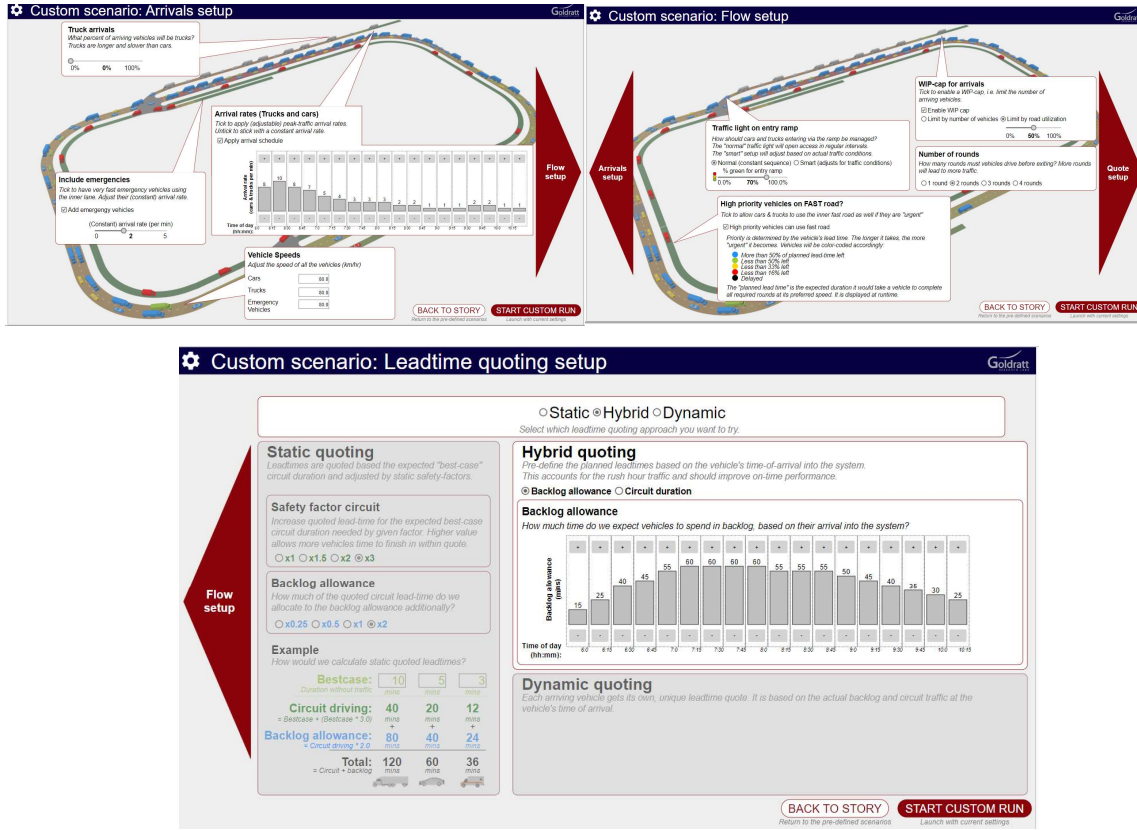
Otoyola katılımdaki trafik ışıkları normal seçildiğinde yeşil yanan zaman yüzdesi parametrikdir, akıllı seçildiğinde katılım noktasındaki trafik ışığı bölgesinde ve çevre yolunda trafik yoğunluğu %33'ten az iken yeşil, %33-67 aralığındayken sarı ve %67'den büyükse kırmızı olarak gösterilmektedir. Çalışma prensibi Şekil 3'te gösterilmiştir. Eşik değerler simülatorde gömülüdür ancak gelecekte çalışılan vakaya uygun eşik değerlerinin simülasyonla

modellenecek belirlenmesi uygun olacaktır. Bu çalışmada sadece alternatif bakış açısı gösterilmek istenmiştir.



Şekil 3. Akıllı trafik ışıkları algoritması

Statik kuralda planlanan seyahat süresi her araç için aynı şekilde ve (1) eşitliğinde gösterildiği gibi emniyet faktörlerine uygun olarak hesaplanır. Hibrit kuralda planlanan seyahat süresi hesaplanırken trafik yoğunluğuna göre on beşer dakikalık dilimler halinde girişte bekleme kayıp süresi ve parkurda kalma süresi ayarlanabilir. Dinamik kuralda planlanan seyahat süresi her araç için sisteme giriş anında yol ve trafik durumuna göre otomatik hesaplanır. Parametre ayar ekranları Şekil 4’te gösterilmiştir.



Şekil 4. Parametre ayarlama ekranları

Not: **Arrival setup**: araç girişlerindeki kamyon payı, geçiş üstünlüğü olan araç giriş temposu, araç hızları, 15 dakikalık dilimlerde trafik yoğunluğu tanımlaması. **Flow setup**: yola katılmada sinyalizasyon, yan yol kullanımı, tur sayısı, trafiğe göre yola katılım sınırlaması. **Leadtime quoting setup**: static, hibrit veya dinamik tahmini varış süresi hesaplaması

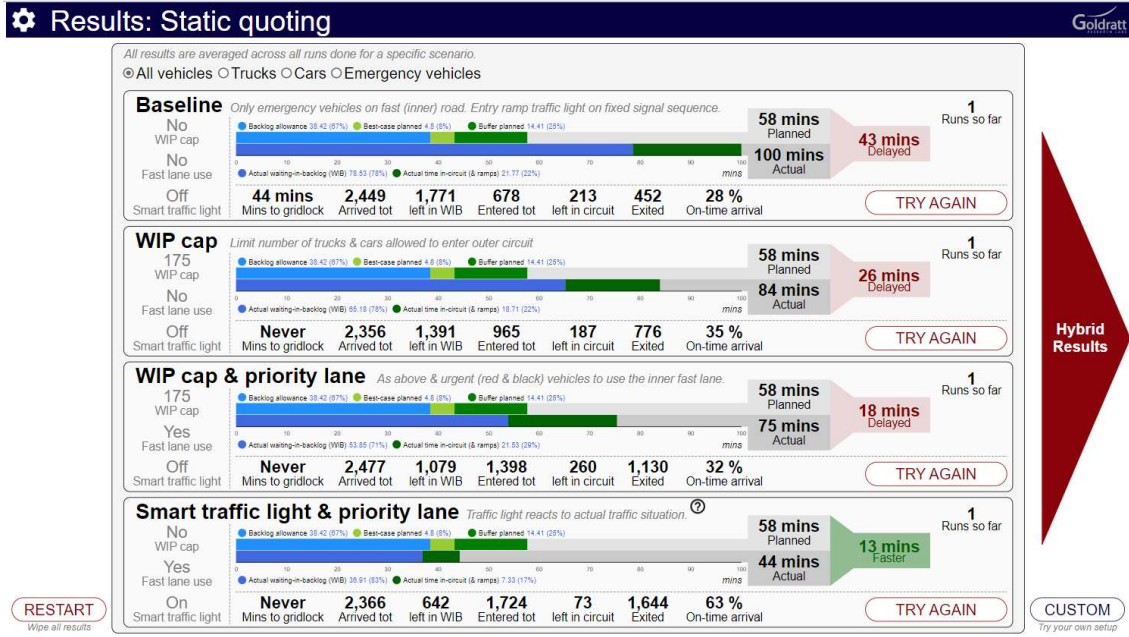
### 3.3. Simülâtördeki Kriterler

Taranan literatürde kullanılan değerlendirme kriterleri Tablo 2’de özetlenmiştir. Bu kriterlerden yol kapasitesi anlamında parkurda kalan ve çevre yoluna katılmayan araç sayıları ve ortalama hız anlamında trafik kilitlenene kadar geçen zaman kriterleri kullanılmıştır.

Tablo 2. Literatürde kullanılan kriterler

Yazarlar	Yayın Tarihi	Kullanılan Kriterler
Pulur	2010	Seyahat süresi, ortalama hız, ortalama gecikme süresi, taşıt sayısı
Merkuryeva, Bolshakovs	2010	Seyahat süresi
Sönmez	2017	Seyahat süresi, yol kapasitesi, ortalama hız
Uludamar, Tüccar	2018	Seyahat süresi, gecikme süresi
Ki, Na, Kim	2019	Seyahat süresi, taşıt sayısı

Ayrıca Şekil 5’te gösterildiği gibi senaryoların sıralı özet tablosunda trafik kilitlenene kadar geçen süre, katılmak isteyen araç sayısı, katılmayan araç sayısı, katılan araç sayısı, çıkan araç sayısı, plana uygun tamamlayan araç yüzdesi, planlanan ve gerçekleşen süre, ortalama gecikme süresi, bu sürelerin görsel dağılımı ve verilen parametre setiyle simülasyonun tekrar sayısı karşılaştırmalı olarak verilmektedir.



Şekil 5. Senaryo özet rapor ekranı

Not: **Baseline:** Kıyaslama senaryosu, **WIP cap:** yola katılım sınırlaması, **WIP cap & priority lane:** yola katılım sınırlaması ve yan yol kullanımı, **Smart traffic light & priority lane:** Akıllı sinyalizasyon ve yan yol kullanımı.

Dolayısıyla performans ölçütü olarak seçilen kriterlerin toplu listesi aşağıdaki gibidir:

- Katılamayan araç sayısı – çevre yoluna giremeyerek şehir içi trafiğine yığılanlar
- Parkurda kalan araç sayısı – çevre yolu için kullanım oranı ve kapasite indikatörü
- Çıkan araç sayısı – iş ortamında üretim indikatörü
- Plana uygun tamamlanma %- zamanında teslim performansı
- Ortalama seyahat süresi – iş ortamında akış süresi
- Ortalama gecikme süresi – çözüm alternatiflerinin optimizasyonu için kriter
- Kilitlenme süresi – kırmızı çizgi, trafiğin kilitlenmesi istenmemektedir

### 3.4. Senaryolar

Senaryolar altı adımda kıyaslanmıştır:

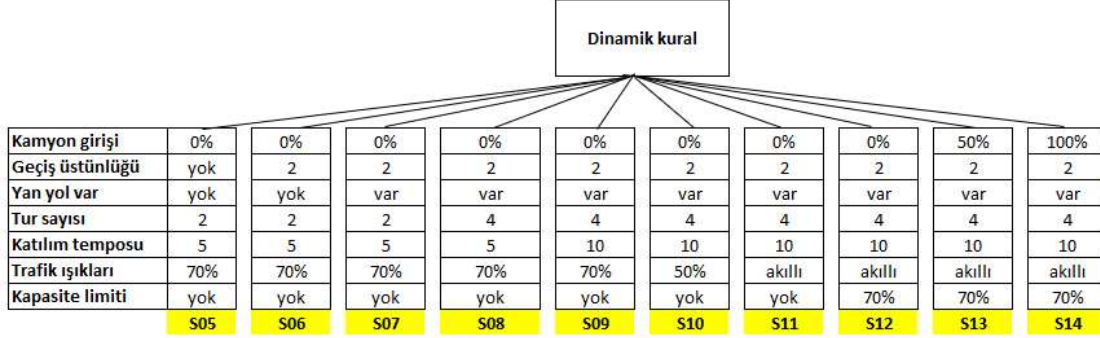
Birinci adımda, kıyaslanmanın bazını oluşturmak ve simülatörü tanımak üzere başlangıç ayarlarıyla çalıştırılmıştır ve senaryolara sıra numarası verilmiştir (S01-Birinci senaryo).

İkinci adımda, olası iyileştirme seçenekleri seyahat süresi hesaplama kurallarına göre karşılaştırılmıştır. Başlangıç ayarlarıyla sinyalizasyon (a varyantı), yola katılım sınırı (b varyantı), yan yol kullanımı (c varyantı) ve yan yola akıllı sinyalizasyonla katılım (d varyantı) değerlendirilecektir. Senaryolar statik kuralda (S02a, b, c, d), hibrit (S03a, b, c, d) ve dinamik (S04a, b, c, d) olarak numaralandırılmıştır.

Üçüncü adım, İstanbul'daki kamyon trafiğine kapalı herhangi bir çevre yolu canlandırmasıdır. Bu adımda parametreler sırayla değiştirilerek önce trafik yoğunluğu artırılacak, sonra iyileştirme önerileri denenecektir. S05 numaralı dinamik kurallı üçüncü adımın baz senaryosunda kamyon girişi, geçiş üstünlüğü olan araç girişi ve yan yol yoktur, parkurda iki tur atılır, katılım temposu dakikada 5 araçtır, trafik yoğunluğuna göre giriş kısıtlaması yoktur, katılım noktasındaki trafik ışığı katılıma %70 oranında yeşil ışık yakmaktadır. Bu senaryoya sırasıyla dakikada iki adet geçiş üstünlüğü olan araç girişi eklenerek (S06), yan yol eklenerek (S07), tur sayısı ikiden dörde yükseltilerek (S08), katılım temposu dakikada 10 araca yükseltilerek (S09), katılımda yeşil ışık yanma süresi %50'ye düşürülerek (S10), trafik ışıkları



akıllı sisteme çevrilerek (S11), trafik doluluğu %70 olduğunda yola giriş kısıtlaması uygulayarak (S12), giren araçların yarısını kamyon seçerek (S13) ve giren araçların tamamını kamyon seçerek (S14) farklı parametrelerin trafik akışına etkisi değerlendirilecektir. Üçüncü adımın senaryoları Şekil 6’da gösterilmiştir.



Şekil 6. Son adımın senaryo ağacı

Dördüncü adımda, sadece kamyonlara (ağır vasıtalar) açık bir çevre yolunda yola katılımın yavaşlatılması, hız limitleri, yola katılım sınırlaması ve geçiş üstünlüğü olan araç etkisi sorgulanarak gerçek hayat şartlarına benzer iki alternatif öneri senaryolaştırılmıştır.

Beşinci adımda, sadece kamyon girişli baz senaryo (S05a) ile yan yol kullanımı, yola katılımın yavaşlatılması, akıllı sinyalizasyon kullanımı, katılım sınırlaması, hız limiti sorgulanmıştır.

Altıncı adımda, Karayolları Genel Müdürlüğü’nün 2021 yılı fiili geçiş istatistikleri kullanılarak yol kesitinin mevcut trafik yönetimi kuralları ve bu çalışmada önerilen kurallar karşılaştırılmıştır.

## 4. Bulgular

### 4.1. Birinci ve İkinci Adım Senaryoları

Bu adımların baz senaryosu S01’dir. S01, S02a, S03a ve S04a senaryoları benzer karakterdedir. Gerçek hayattakinden farklı olarak, çevre yoluna katılım noktasında trafik ışığı (sinyalizasyon) düşünülmüştür. Statik Kuralda trafik yoğunluğu dikkate alınmamıştır, araçların emniyet paylı olarak hesaplanan varış süresi 58 dakikadır ve “yönetilmeyen” yolda bu süre 100 dakikayı bulmuştur.

Yola trafik yoğunluğunu temsilen rastgele 175 araçlık bir kapasite limiti koyulduğunda trafik akışı iyileşmiştir, farklı kapasite limitleri simülatörle denenebilmektedir (S02b).

Kapasite limitine ilave olarak yan yol, ücretli ve araç-yol-merkez uyumlu bir sistemle yetkilendirilmiş olarak kullanıma açıldığında akış iyileşmiştir (S02c). Ancak ortalama seyahat süresi hala planlanan süreden uzundur.

Çevre yolunu rahatlatırken şehir içinde yığılmalara sebep olabilecek giriş limiti (kapasite) uygulaması yerine tercihli yan yola ilave olarak çevre yolu katılımlarında akıllı trafik sinyalizasyonu denendiğinde en büyük gelişme sağlanmıştır, ortalama seyahat süresi planlanandan kısadır ve yoldan geçen araç sayısı yaklaşık dört katına ulaşmıştır (S02d).

Hibrit kuralda temel farklılık belirli saatlerde trafiğin daha yoğun olmasıdır, dolayısıyla planlanan süre 58 dakikadan 76 dakikaya yükselmiştir. Senaryolar aynı sırayla denendiğinde en iyi sonucun yine tercihli yan yol ve akıllı sinyalizasyonla elde edildiği görülmüştür (S03a, b, c, d).



Dinamik kuralda planlanan süre her araç için o andaki trafik yoğunluğuna göre ayrı ayrı hesaplanmaktadır, dolayısıyla hesaplanan ortalama plan süresi her senaryoda farklıdır ve her durumda statikteki 58 dakika ve hibritteki 76 dakikanın üzerindedir. Buna rağmen ortalama seyahat süresi önceki kurallara benzerlik gösterir. Bununla birlikte planlanan sürede varış oranı ve yolu kullanan araç sayısı yüksektir (S04a, b, c, d).

Toplam 13 senaryonun karşılaştırmalı görünümü Şekil 7’de verilmiştir. Her durumda yola katılımı sınırlamak yerine yan yol kullanımına izin vererek akıllı sinyalizasyon uygulamak daha iyi netice vermiştir.

Birinci ve İkinci Adımlar	Başlangıç	Statik Kural				Hibrit Kural				Dinamik Kural			
	S01 temel	S02a serbest	S02b giriş kısıtlı	S02c giriş kısıtlı + yan yol var	S02d yan yol var + akıllı sinyal	S03a serbest	S03b giriş kısıtlı	S03c giriş kısıtlı + yan yol var	S03d yan yol var + akıllı sinyal	S04a serbest	S04b giriş kısıtlı	S04c giriş kısıtlı + yan yol var	S04d yan yol var + akıllı sinyal
Katılmayan araç sayısı, adet	1.731	1.719	1.460	1.085	649	1.754	1.403	1.038	807	2.004	1.495	868	807
Parkurda kalan araç sayısı, adet	228	213	187	243	68	198	192	246	82	245	192	254	47
Çıkan araç sayısı, adet	461	474	769	1.150	1.643	400	778	1.090	1.518	118	765	1.331	1.551
Plana uygun varış%	28%	28%	33%	34%	64%	36%	37%	52%	94%	37%	60%	61%	81%
Planlanan seyahat süresi (dakika)	58	58	58	58	58	76	76	76	76	151	188	110	76
Ortalama seyahat süresi (dakika)	99	100	84	74	44	104	86	71	48	111	87	59	47
Ortalama gecikme süresi (dakika)	41	43	27	16	-14	29	11	-5	-27	-41	-101	-51	-28
Kilitlenme süresi (dakika)	44	44	yok	yok	yok	43	yok	yok	yok	44	yok	yok	yok

Şekil 7. Temel – Statik – Hibrit – Dinamik senaryo kıyaslamaları

#### 4.2. Üçüncü Adım Senaryoları

Üçüncü adımın baz senaryosu S05’tir. Gerçek hayattaki trafik yoğunluğunu göstermek amacıyla parametreleri Şekil 6’da gösterildiği gibi adım adım ağırlaştırılarak dinamik kural, tercihli yan yol, yol kapasite limiti ve akıllı sinyalizasyon opsiyonlarının etkinliği incelenmiştir. 10 senaryonun karşılaştırmalı görünümü Şekil 8’de verilmiştir.

S05 numaralı baz senaryoda kamyon, geçiş üstünlüğü olan araç, yan yol kullanımı ve yol kapasite limiti yoktur, 2 turdur, sinyalizasyon yola katılıma %70 izin vermektedir, dakikada 5 araç girişi vardır. Sırayla geçiş üstünlüğü olan araçların dakikada 2 araç temposuyla katılımı (S06), yan yolun kullanıma açılması (S07), tur sayısının daha uzun mesafeleri gözeterek 4 tura çıkarılması (S08) ve katılım temposunun dakikada 5 araçtan 10 araca çıkarılması (S09) sağlandığında ortalama seyahat süresi 100 dakika olmuştur ve 48 dakikada trafik kilitlenmiştir.

İyileştirmek amacıyla sırasıyla katılım noktasındaki sinyalizasyonun katılım izni (yeşil ışık süresi) %70’ten %50’ye düşürüldüğünde (S10), sinyalizasyon trafik yoğunluğuna uyumlu akıllı hale getirildiğinde (S11), trafik yoğunluğu %70’e ulaşıncaya katılımlar durdurulduğunda (S12) ortalama seyahat süresi 67 dakikaya düşmüş ve trafik kilitlenmemiştir.

Yola kamyon girişine %50 oranında izin verildiğinde (S13), tamamen kamyonlara açıldığında (S14) ortalama seyahat süresi 90 dakikaya kadar yükselmiş, trafik kilitlenmemiştir. Geçiş üstünlüğü olan veya olmayan tüm araçlar 80 km/s ve kamyonlar 60 km/s hız limitiyle tanımlanmıştır.

Çevre yolunda akışı iyileştirmeye gayret edilirken yola katılmayan araçlar nedeniyle trafik yoğunluğu şehir içine kaymıştır.

Üçüncü Adım	Senaryolar												
	S05 baz	S06 + geçiş üstünlüğü	S07 + yan yol var	S08 + 2 tur daha	S09 + hızlı katılım	S10 - azalan katılım yeşil ışık süresi	S11 + akıllı sinyalizasyon	S12 + %70 trafik yoğunluk limiti	S13 + girişin yarısı kamyon	S14d + girişin tamamı kamyon	S14s + girişin tamamı kamyon	S14h + girişin tamamı kamyon	S15s yoğunluk limiti yok
Katılmayan araç sayısı, adet	74	497	4	870	2.018	1.860	1.229	1.284	1.721	1.876	1.692	1.911	1.824
Parkurda kalan araç sayısı, adet	256	257	147	306	284	282	158	178	179	166	165	164	176
Çıkan araç sayısı, adet	783	909	1.510	503	546	627	1.352	1.345	968	719	792	737	825
Plana uygun varış%	45%	61%	52%	65%	71%	71%	71%	74%	68%	73%	79%	32%	78%
Planlanan seyahat süresi (dakika)	35	60	24	157	425	424	149	156	240	364	145	76	146
Ortalama seyahat süresi (dakika)	28	44	17	81	100	92	66	67	82	90	87	92	87
Ortalama gecikme süresi (dakika)	-7	-16	-7	-76	-325	-332	-83	-89	-158	-274	-59	16	-58
Kilitlenme süresi (dakika)	224	135	yok	92	48	72	yok	yok	yok	yok	yok	yok	yok

Şekil 8. Dinamik senaryo kıyaslamaları

### 4.3. Dördüncü Adım Senaryoları

Dördüncü adımın baz senaryosu S14d'dir. Bu adım kamyon trafiğine açık bir çevre yolunu canlandırmaktadır. Planlanan süredeki farklılıkları değerlendirmek üzere S14 senaryosu dinamik (S14d), statik (S14s) ve hibrit (S14h) kurallı olarak denenmiştir.

Pratik hayata uygunluk açısından dinamik yerine benzer performanstaki statik kural tercih edilerek şehir içi trafiği zorlamamak için yol kapasite limiti kaldırılmıştır (S15s).

Kamyonların hız limiti 60 km/s yerine 80 km/s çıkarıldığında belirgin bir fark görülmemiştir (S16s).

Kamyon hız limiti 60 km/s tanımlanarak yan yol kullanımından vazgeçildiğinde (S17s) hedefe ulaşan araç sayısı artarken ortalama seyahat süresinde sadece 3 dakika uzama olmuştur.

Geçiş üstünlüğü olan araçlar çevre yoluna alınmadığında (S18s) ortalama seyahat süresi uzamış görünmektedir. Şekil 9'da alternatif kurguların karşılaştırması gösterilmiştir.

Alternatif Kurgular	Senaryolar								
	S14d + girişin tamamı kamyon	S14s + girişin tamamı kamyon	S14h + girişin tamamı kamyon	S15s yoğunluk limiti yok	S16s kamyon hızı 80km/s	S17s yan yol yok	S18s geçiş üstünlüğü yok	S19s öneri akıllı sinyalizasyon	S20s öneri %70 katılım serbestisi
Katılmayan araç sayısı, adet	1.876	1.692	1.911	1.824	1.885	1.865	1.819	948	416
Parkurda kalan araç sayısı, adet	166	165	164	176	169	42	109	15	135
Çıkan araç sayısı, adet	719	792	737	825	791	925	406	930	376
Plana uygun varış%	73%	79%	32%	78%	60%	79%	77%	100%	24%
Planlanan seyahat süresi (dakika)	364	145	76	146	114	145	154	77	77
Ortalama seyahat süresi (dakika)	90	87	92	87	84	87	102	40	120
Ortalama gecikme süresi (dakika)	-274	-59	16	-58	-29	-59	-52	-37	43
Kilitlenme süresi (dakika)	yok	yok	yok	yok	yok	yok	yok	yok	43

Şekil 9. Alternatif kurgu kıyaslamaları

Dolayısıyla çevre yolu trafik akışını düzenlemek üzere denenen senaryolar arasından gerçek hayata temsil edebilecek aşağıdaki gibi bir öneri (S19s) hazırlanmıştır:

- Giren araçların tamamı kamyonudur, seyir hızı 60 km/s seçilmiştir,
- Hibrit (sabah saatlerinde yoğun ve sonrasında seyrelen trafik) akışlıdır,
- Geçiş üstünlüğü olan araçlara izin verilmemiştir (ortalama süre hesabını bozmamak içindir),
- Yan yol kullanımına izin verilmemiştir,
- Yola katılımda akıllı sinyalizasyon kullanılmıştır (TIR parklarında bekletilerek, partiler halinde trafiğe çıkışa izin verilen),
- Yola katılımda kapasite limiti yoktur (katılımlar sinyalizasyonla düzenlenir),
- 2 turlu (pilot uygulamayı temsilen) statik (x3 emniyet faktörü ve x2 bekleme payıyla) yapıdır.

Bu senaryo için kıyaslama senaryosunda yola katılımda %70 serbestlik (fiilen yola katılım tamamen serbesttir ancak yoldaki en yoğun trafik her zaman katılım ve çıkış noktalarında görülmektedir) kullanılacaktır (S20s).

S19s öneri senaryosu, kıyaslama için yapılan S20s senaryosundan daha başarılı görünmektedir.

### 4.4. Beşinci Adım Senaryoları

Beşinci adımın baz senaryosu S05 senaryosunun tamamı kamyon girişli versiyonu olan S05a'dır. Sıralı senaryolarda parametre değişiklikleri tamamı kamyon girişli, geçiş üstünlüğü olan araçlara izin verilmeyen baz senaryo (S05a), sadece yan yola izin verildiğinde (S05b), sadece katılım yavaşlatıldığında (S05c), sadece akıllı sinyalizasyon kullanıldığında (S05d),

sadece trafik yoğunluğu %70'e ulaştığında katılımlar engellendiğinde (S05e), sadece kamyonlara izin verilen hız limiti yükseltildiğinde (S05f) denenecek ve önerilen yöntemin karşılaştırılabilir olması açısından hibrit olmayan versiyonuyla (S19s-) karşılaştırılacaktır. Karşılaştırma sonucu Şekil 10'da verilmiştir. Önerilen S19s- senaryosu, baz senaryoya (S05a) göre daha başarılıdır.

Sadece Kamyonlu, geçiş üstünlüğü olmayan senaryolar	Senaryolar						
	S05a baz	S05b yan yol var	S05c azalan katılım yeşil ışık süresi	S05d akıllı sinyalizasyon	S05e %70 trafik yoğunluk limiti	S05f kamyon hızı 80km/s	S19s- hibrit olmayan
Katılmayan araç sayısı, adet	894	820	17	102	607	668	102
Parkurda kalan araç sayısı, adet	141	190	57	48	128	129	48
Çıkan araç sayısı, adet	194	623	1.087	994	502	440	994
Plana uygun varış%	38%	37%	100%	100%	50%	39%	100%
Planlanan seyahat süresi (dakika)	77	77	77	77	77	58	77
Ortalama seyahat süresi (dakika)	100	73	13	20	77	78	20
Ortalama gecikme süresi (dakika)	23	-4	-64	-57	0	20	-57
Kilitlenme süresi (dakika)	45	44	yok	yok	yok	yok	yok

Şekil 10. Alternatif kurgu kıyaslamaları

#### 4.5. Altıncı Adım Senaryosu

Altıncı adımın baz senaryosu 2021 yılı fiili geçiş kayıdır. Karayolları Genel Müdürlüğü'nün 2021 yılı kayıtlarına göre devlet yolları 1. bölgede yer alan İstanbul ili, 020-06 KKNO, 1 numaralı dilim ile tanımlanan 24 km uzunluktaki kesitte izlenen günlük ortalama geçişler 8.334 adet araba (100 km/s ortalama hız ve 5,8 adet/dakika yoğunluk) ve 2.771 adet kamyon/otobüs (80 km/s ortalama hız ve 1,9 adet/dakika yoğunluk) şeklindedir (KGM-YOGT, 2022).

Söz konusu kesitte yan yol yoktur, acil araç çıkışı ihmal edilecek seviyededir, iş trafiğinden etkilenen bir bölge değildir ve yola katılımlar sabit trafik ışıklı kavşaklardır. Bu şartlarda gerçek durum ve akıllı sinyalizasyon olmak üzere iki kurgu karşılaştırılmış, sonuçları Şekil 11'de verilmiştir.

Sadece akıllı sinyalizasyon uygulamasıyla kesitten 4 saat içinde geçen araç sayısının 459 dan %220 artarak 1469 araca yükseleceği, seyahat süresinin 62 dakika kısılacağı öngörülmüştür. Bağlantı yollarında biriken araç sayısının 1264 adetten %75 azalarak 324 adede düşeceği, dolayısıyla şehir içine yansıyan trafik sıkışıklığının azalacağı tahmin edilmiştir.

İstanbul 020-006 Dilim1 24km kesit (2021)	Kurgular		Gelişme	
	Fiili baz	Öneri akıllı sinyalizasyon		
Katılmayan araç sayısı, adet	1.264	324	74%	azalmıştır
Parkurda kalan araç sayısı, adet	165	50	70%	azalmıştır
Çıkan araç sayısı, adet	459	1.469	220%	artmıştır
Plana uygun varış%	26%	87%	235%	artmıştır
Planlanan seyahat süresi (dakika)	49	49	0%	aynıdır
Ortalama seyahat süresi (dakika)	92	30	67%	azalmıştır
Ortalama gecikme süresi (dakika)	43	-19	100%	azalmıştır
Kilitlenme süresi (dakika)	55	yok	100%	azalmıştır

Şekil 11. İstanbul 020-06 KKNO ve 1.dilim için kurgu kıyaslamaları

## 5. Tartışma

Gelişmekte olan ülkelerde finansal kaynaklar kıttır ve bütçenin topluma en yüksek faydayı sağlayacak şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu ülkelerde aynı zamanda önemli ölçüde kırsaldan kente nüfus hareketi vardır, eğitim – sağlık – trafik – asayiş gibi her konuda sorunlar çıkabilmektedir. Büyük ölçekli altyapı yatırımı gerektirmeden, mevcut altyapıyla trafik akışı iyileştirilebilir.

Pulur'un çalışmasında köprü gişelerindeki geçiş sisteminin kartlı yerine otomatik geçiş sistemi olacak şekilde düzenlenmesiyle seyahat süresinde %47 azalma ve yolu kullanan taşıt sayısında %10 artış öngörülmüştür (Pulur, 2010). Çalışmamızda, KGM verisiyle yapılan denemede seyahat süresinde %67, taşıt sayısında %220 artış tahmin edilmiştir.

Sönmez'in çalışmasında seyahat süresi ve ortalama hız tahmini yapılmıştır ancak herhangi bir karşılaştırma yoktur (Sönmez, 2017). Çalışmamızdaki karşılaştırma mevcut durum ve öneri için simülator sonuçlarının karşılaştırmasıdır, saha çalışması değildir.

Uludamar ve Tüccar'ın çalışmasında döner kavşakta iyileştirme yapılarak seyahat süresinde %14.7 azalma öngörülmüştür (Uludamar ve Tüccar, 2018). Çalışmamızda seyahat süresindeki azalma tahmini %67'dir.

Gelişmiş dünya metropollerinde sensörler ve komuta merkezi modeliyle trafik yoğunluğu izlenmektedir (Pulur, 2010). Bu durumda köprülü kavşak veya daha geniş yollar gibi yüksek yatırım gerektiren seçenekler yerine mevcut trafik izleme yapısına eklenen akıllı sinyalizasyon daha etkin olacaktır (Uludamar ve Tüccar, 2018). Bulgularımız bu çalışmalarla paraleldir ve akıllı sinyalizasyon için farklı bir algoritma önerisi sunulmuştur.

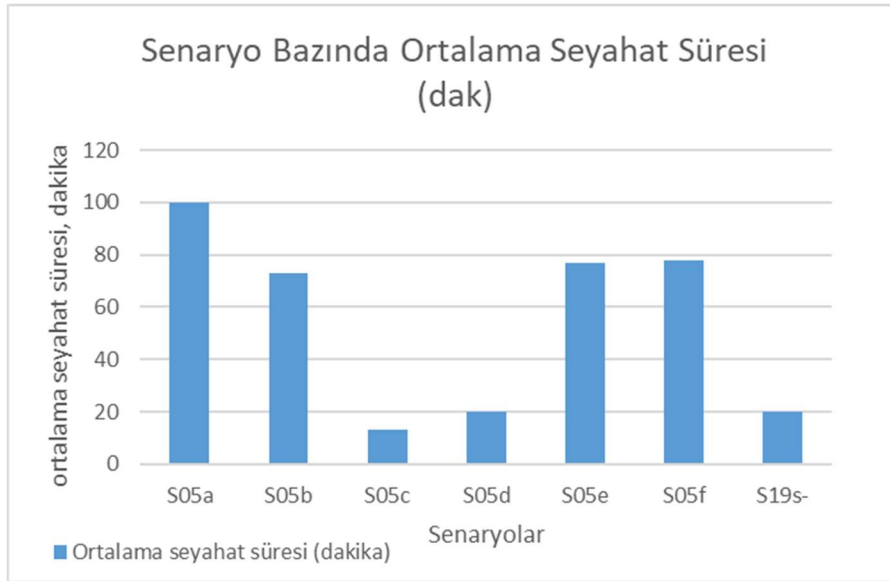
Ayrıca alışılmış uygulamalardan farklı olarak emniyet şeridini yasaklamak yerine ücretli-tercihli geçişe tahsis etmek, yan yol kullanımını akıllı sisteme dahil olan araçlar için ücrete tabi hale getirmek, otoyol üzerinde sıkışıklık yaratan katılım noktalarında sinyalizasyon uygulamak gibi pratikte denenmemiş ve literatürde karşılaşılmamış yöntemleri değerlendirmekte yarar vardır (Goldratt-Research-Labs, 2023).

Bu çalışmanın limitasyonu özgün bir model yerine simülasyon deneyimi olmayan araştırmacıların öğrenme sürecini hızlandırmak amacıyla hazır bir paket yazılım tercih edilmesidir. Böylece tekrar edilebilirlik ve kıyaslanabilirlik kolaylaştırılmıştır.

Uygulama trafik konulu olmakla birlikte üretim ortamına uyarlanabilir. Parkuru üretim ortamı; giriş yapan otomobilleri rutin siparişler, kamyonları geniş kapsamlı projeler, geçiş üstünlüğü olan araçları acil siparişler; araç giriş temposunu satış hızı; parkurdan geçiş süresini akış süresi, çıkan araç sayısını üretim adedi olarak düşünmek mümkündür. Bu durumda yan yol opsiyonu üretimde kapasite artışı sağlayan fazla mesai, taşeron, süreç iyileştirmesi gibi konulara; akıllı sinyalizasyon planlamadaki çizelgelemeye ve yola katılım sınırlaması işletme içindeki stokları sınırlandırmaya benzetilebilecektir. Dolayısıyla küçük ölçekli bir üretim kesiti için olası iyileştirmeler trafik simülatorüyle denenebilecektir.

## 6. Sonuç ve Öneriler

Gerçek hayata benzerliği nedeniyle S19s senaryosu baz alınmıştır. Bu senaryoda sadece yük-yolcu taşıyan büyük araçlar vardır, 60km/s hız limiti uygulanır, mesai başlama-bitiş saatlerinde artan trafik yoğunluğu görülür, geçiş üstünlüğü olan araçlara izin verilmez, yan yol kullanılmaz, yola katılımda akıllı sinyalizasyon uygulanır ve yola katılım sınırlaması yapılmaz. Bu senaryodan her defasında bir önlem değiştirilerek trafik akışına etkisi ortalama seyahat süresi üzerinden Şekil 12'de gösterilmiştir.



Şekil 12. Senaryo bazında ortalama seyahat süreleri

Dolayısıyla araştırma sorusu olan “İstanbul’da denenmeyen trafik akışı düzenleme alternatiflerinin çevre yolunda trafik akışına etkisi” olumlu değerlendirilmiştir. Bu bağlamda;

- Transit trafiği şehir dışında tutacak çevre yolu uygulamasının trafik yoğunluğuna duyarlı akıllı sinyalizasyonla desteklenmesi önerilmektedir. Bunu sağlamak üzere kent girişindeki lojistik merkezlerin konumu ve araçların bekleyebileceği park alanları oluşturulmalıdır.
- Yan yolları araç-yol-merkezi yönetim birimi entegrasyonu ile farklı yol kesitleri ve araç tipleri (HGS sınıfı gibi) için sisteme abone olma haline göre ücretlendirerek tercihlili yol haline getirme ve otoyol katılımlarında akıllı sinyalizasyon alternatifleri üzerinde düşünülmelidir.

Gelecek araştırmalarda araç-yol-merkez ve navigasyon-ödeme destekli Akıllı Sistem Entegrasyonu ile yönlendirme yerine ücretlendirme olanağı sağlayan sistemler özgün simülasyon modelleriyle değerlendirilebilir.

### Etik Kurul Onay Beyanı

İlgili çalışmada insan veya hayvan katılımcılardan veri toplanmadığı için etik kurul izni gerekmemektedir.



**Kaynakça**

- Akkaya, S. ve Engin, T. (2022). Trafik simülasyon yazılımlarına genel bakış. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 5(2), 157-168. doi:10.51513/jitsa.1090209
- Goldratt-Research-Labs. (2023). *Harmony Apps- Traffic Flow Simulator*. 15 Mart 2023 tarihinde Harmony-change-simulators: <https://harmonyapps.com/apps/harmony-change-simulators/> adresinden alındı
- Karayolları Genel Müdürlüğü - YOGT. (2022). *2021 Trafik ve Ulaşım Bilgileri*. Ankara: KGM.
- Ki, Y., Na, B. ve Kim, B.-I. (2019). Travel time prediction-based routing algorithms for automated highway systems. *IEEE Access*, 7, 121709-121718. doi:10.1109/ACCESS.2019.2937826
- Köylü, M. ve Önder, M. (2017). Karmaşıklık kuramı ve kamu yönetiminde uygulanması: Yalova kentiçi ulaşım hizmetlerinin dijital modelleme ve simülasyonu. *S. Demirel Üniversitesi İİB Fakültesi Dergisi*, 22 (Kayfor15 Özel Sayısı), 1707-1726.
- Kuklova, J. (2021). Highway modeling in AnyLogic for multi-agent approach to smart city management. *Smart Cities Symposium Prague 2021*. Prague: IEEE Computer Society. doi:10.1109/SCSP52043.2021.9447402
- Kuklova, J. ve Pribyl, O. (2019). Framework model in AnyLogic for smart city ring road management. *Smart Cities Symposium 2019*. Prague: IEEE Computer Society.
- Merkuryeva, G. ve Bolshakovs, V. (2010). Vehicle schedule simulation with AnyLogic. *12th International Conference on Computer Modelling and Simulation* (s. 169-174). Riga: IEEE Computer Society. doi:10.1109/UKSIM.2010.38
- Öztürk, N. B. (2006). *Akıllı Trafik Sistemleri* (yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- Pulur, B. (2010). *Trafik Kontrol Merkezinin Yapısı ve İşlevleri, Gelişmiş Dünya Metropollerindeki Ulaşım Yönetim Sistemi ile Trafik Kontrol Merkezleri* (yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul.
- Sönmez, N. (2017). *Trafik Sensör Verileri kullanılarak Trafik Akış Tahmini: İstanbul Şehri İçin Bir Uygulama* (yayımlanmamış yüksek lisans tezi). TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, İstanbul.
- Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları*. (2023). 15 Nisan 2023 tarihinde <https://www.kureselamaclar.org/amaclar/surdurulebilir-sehirler-ve-topluluklar/> adresinden alındı
- Uludamar, E. ve Tüccar, G. (2018). Comparison of traffic densities at different signalization timings in roundabouts. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(1), 217-223. doi:10.28948/ngumuh.386593

Araştırma Makalesi

## Sex Stereotypes of Adolescents in Traffic: The Role of Sex and Family Relationships

İbrahim Öztürk<sup>1\*</sup> , Nazlı Akay<sup>2,3</sup> 

<sup>1</sup> Institute for Transport Studies, University of Leeds, Leeds, United Kingdom.

<sup>2</sup> Department of Psychology, Middle East Technical University, Ankara, Türkiye.

<sup>3</sup> College of Psychology, Birmingham City University, Birmingham, United Kingdom.

### Abstract

Studies have shown a number of differences between male and female drivers, such as male drivers committing more offenses and female drivers making more errors. Related to this persistent sex difference, relatively little research has been conducted to examine the presence of gender stereotypes and determinants in the context of driving. This study examined the perceptions of female and male drivers among adolescents in Türkiye and how sex differences and relationships with parents contributed to the endorsement of sex stereotypes. The study was conducted with 128 high school adolescents aged 15-20 years ( $M = 16.25$ ,  $SD = 1.32$ ) who completed a questionnaire package consisting of the Sex Stereotypes Associated with Driving (SSAD) and a demographic information form. In terms of sex stereotype endorsement indices, female adolescents reported female drivers as more polite and risk-averse, whereas male adolescents reported male drivers as more skilled. While a positive relationship with fathers reduced the endorsement of courtesy and risk-avoidance stereotypes, a better relationship with mothers resulted in a lower endorsement of the driving skills stereotype. The results provide evidence for the existence of sex stereotypes among adolescents and for the importance of family relationships in relation to sex stereotype endorsement. The findings can be used to design training and education that focuses on stereotypes at an early age.

*Keywords:* sex stereotypes, driver stereotypes, adolescence, sex difference, parent-child relationship

## Trafikte Ergenlerin Cinsiyet Kalıp Yargıları: Cinsiyet ve Aile İlişkilerinin Rolü

### Özet

Araştırmalar, erkek ve kadın sürücüler arasında, erkek sürücülerin daha fazla trafik cezası alması ve kadın sürücülerin daha fazla hata yapması gibi bir dizi farklılık olduğunu göstermektedir. Gözlemlenen bu cinsiyet farklılığına bağlı olarak, sürüş bağlamında toplumsal cinsiyet kalıp yargılarının ve belirleyicilerinin varlığını inceleyen nispeten az sayıda araştırma yapılmıştır. Bu çalışma, Türkiye'deki ergenlerin kadın ve erkek sürücü algılarını ve cinsiyet farklılıklarının ve ebeveynlerle ilişkilerin cinsiyet kalıp yargılarının onaylanmasına nasıl katkıda bulunduğunu incelemiştir. Çalışma, Sürücülükle İlişkili Cinsiyet Kalıp Yargıları (SSAD) ve demografik bilgi formundan oluşan bir anket paketini dolduran 15-20 yaş arası 128 lise çağındaki ergen ( $M = 16.25$ ,  $SD = 1.32$ ) ile yürütülmüştür. Cinsiyet stereotipi onay endeksleri açısından, kız ergenler kadın sürücülerini daha kibar ve riskten kaçınan olarak bildirirken, erkek ergenler erkek sürücülerini daha becerikli olarak bildirmiştir. Babalarla olumlu bir ilişki nezaket ve riskten kaçınma kalıp yargılarının onaylanmasını azaltırken, annelerle daha iyi bir ilişki sürüş becerileri kalıp yargısının daha az onaylanmasıyla sonuçlanmıştır. Sonuçlar, ergenler arasında cinsiyet kalıp yargılarının varlığına ve aile ilişkilerinin cinsiyet kalıp yargılarının onaylanması açısından önemine dair kanıtlar sunmaktadır. Bulgular, erken yaşta kalıp yargılara odaklanan eğitim ve müdahale çalışmalarının tasarlanmasında kullanılabilir.

*Anahtar Kelimeler:* cinsiyet kalıp yargıları, sürücü kalıp yargıları, ergenlik, cinsiyet farklılığı, ebeveyn-çocuk ilişkisi

\* İletişim / Contact: İbrahim Öztürk, Institute for Transport Studies, University of Leeds, Leeds, United Kingdom. E-Posta / E-mail: [i.ozturk@leeds.ac.uk](mailto:i.ozturk@leeds.ac.uk).

Gönderildiği tarihi / Date submitted: 21.06.2023, Kabul edildiği tarih / Date accepted: 23.08.2023

Alıntı / Citation: Öztürk, İ. ve Akay, N. (2023). Sex stereotypes of adolescents in traffic: The role of sex and family relationships. *Trafik ve Ulaşım Araştırmaları Dergisi*, 6(2), 111–130. doi: 10.38002/tuad.1318312



## Sex Stereotypes of Adolescents in Traffic: The Role of Sex and Family Relationships

### 1.1. Sex Differences and Stereotypes in Road Safety Studies

Differences between male and female drivers have been studied in various aspects of driving. For example, in terms of crashes, national statistics in 2021 showed that 77.2% of those killed in road traffic crashes in Türkiye were males and 22.8% were females, while 70.5% of those injured were males and 29.5% were females (Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), 2022). Another study in Australia using 13-year cohort data found significant sex differences in injury and crash statistics: while females were more likely than males to be involved in crashes requiring hospital treatment, males were more likely than females to be involved in all other types of crashes (Cullen et al., 2021). Laapotti and Keskinen (2004) examined the characteristics of road crashes in Finland in 1984 and 2000 and found that the differences between the characteristics of female and male drivers remained similar over the years. Male drivers, especially young male drivers, had more traffic violations and were involved in more crashes due to speeding and alcohol consumption in comparison to female drivers.

Crash involvement has been linked to many direct and indirect factors (Lajunen & Özkan, 2021). A driver's ability to drive has been investigated under two distinct components (Elander, West, & French, 1993); driver behaviors (style) and driver skills (performance); which are directly related to crash involvement (Lajunen & Özkan, 2021). Similar to the sex differences in crash involvement, significant differences were also observed in these two aspects of driving. For example, studies have reported that male drivers, especially young male drivers, showed aggressive and ordinary violations more (e.g., de Winter & Dodou, 2010; Öztürk & Öz, 2021; Reason, Manstead, Stradling, Baxter, & Campbell, 1990; Rowe, Roman, McKenna, Barker, & Poulter, 2014) while female drivers showed errors more (de Winter & Dodou, 2010; Guého, Granié, & Abric 2014). González-Iglesias, Gómez-Fraguela, & Luengo-Martín (2012) found that male drivers experienced more anger in case of a police presence, while female drivers became angrier in the presence of traffic obstructions. In another study conducted in Türkiye, Öztürk and Özkan (2018) found that young male drivers showed more positive driver behaviors and drove faster in the driving simulator compared to young female drivers. In addition, while most studies show limited sex differences in driving anger (Aktaş & Akgür, 2023; González-Iglesias et al., 2012), male drivers become angry due to police presence (González-Iglesias et al., 2012), use more aggressive forms of anger expression (Öztürk, Özkan, & Öz, 2021), and are more likely to become perpetrators of road rage (Aktaş & Akgür, 2023) compared to female drivers.

In addition to driver behaviors, several studies have reported sex differences between two dimensions of driver skills, namely perceptual-motor skills and safety skills (Lajunen & Summala, 1995; Martinussen, Møller, & Prato, 2014; Özkan & Lajunen, 2006). For example, while male drivers reported more perceptual-motor skills, female drivers showed more safety skills (Martinussen et al., 2014; Özkan & Lajunen, 2006).

Overall, significant differences were observed between male and female drivers in different components of driving. In general, González-Iglesias et al. (2012) summarised the difference between the two sexes as male drivers experiencing more accidents, fines, and traffic violations than female drivers. Concerning this general interpretation, it is not well known whether road users also perceive male and female drivers in a similar way and have certain stereotypes about one group over the other. Therefore, in a recent attempt to further understand sex stereotypes associated with driving, Pravossoudovitch, Martha, Cury, and Granié (2015) developed Sex Stereotypes Associated with Driving (SSAD), which examined the relationships of these stereotypes with age and gender. The SSAD endorsement focuses on sex stereotypes in four

dimensions; driver skills, compliance with traffic rules, courtesy behind the wheel, and risk avoidance (Pravossoudovitch et al., 2015). As a result of this work, sex differences were found for some dimensions of the SSAD evaluation of female and male drivers. For example, Pravossoudovitch et al. (2015) found that their male respondents rated female drivers' driving skills lower than female respondents, whereas female respondents rated female drivers' risk avoidance higher than male respondents did.

This recent examination of the sex stereotypes in driving may warrant a follow-up question about how and when these patterns start or take their final shape. Adolescence, the developmental phase where most adulthood characteristics take shape (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2019), is possibly one of these time periods. With these questions and thoughts in mind, Granié and Papafava (2011) examined the SSAD for adolescent respondents and found that sex stereotypes for female and male drivers existed among adolescents between the ages of 10 and 16. For example, adolescents perceived female drivers to have relatively lower vehicle control abilities and higher accident rates, while they perceived male drivers as more skilled but also more careless and delinquent. The general understanding of these stereotypes can be summarized as female drivers being more compliant and males being more risk-taking.

In this context, the present study aimed to further investigate these sex stereotypes for female and male drivers with a sample of adolescents. Moreover, since family is the place where a child's growth and socialization begin (Acar, Pérez-González, Kutaka, & Yıldız., 2019), parents may be important agents in the development of sex stereotypes in adolescents. Therefore, this study has additionally considered parent-adolescent relationships with respect to sex stereotypes.

## 1.2. Adolescent Gender Perceptions and the Role of Parents

### 1.2.1. Adolescents and sex stereotypes.

Parents may influence a child's perceptions and actions in a few ways (Portengen, van Baar, & Endendijk, 2023): Firstly, directly by giving advice or setting limits to the child when the child engages in participatory learning (Odden & Rochat, 2004), and secondly, indirectly through the child's observation of the family members' perceptions and actions (referred to as *observational learning*; Bandura, 2008). These influences extend beyond childhood and continue, albeit to a lesser extent, into adolescence (Cakir & Aydın, 2005; Musaağaoğlu & Güre, 2005; Odden & Rochat, 2004).

One of these areas of influence is the adolescent's understanding of gender (Endendijk, Groeneveld, & Mesman, 2018). With the onset of adolescence, children begin to have more intensified gender roles (Işık-Baş, Şahin-Acar, & Özen-Çıplak, 2018). According to Berk (2010; as cited in Işık-Baş et al., 2018), this intensification, along with other factors, could be due to the physiological changes that the adolescent undergoes and the way the adolescent and the society respond to these changes by trying to fit the adolescent to their sex appearance, with this pressure being stronger in traditional families.

Similarly, parents' perceptions of adolescence and gender may shape their behaviors and reactions toward their adolescents, and in turn those adolescents' behaviors (Jacobs, Chhin, & Shaver, 2005; Sanson, Letcher, & Havighurst, 2018), but recent findings are mixed. For example, fathers are more likely to promote sadness and fear in girls and anger in boys (Sanson et al., 2018). Additionally, parents' conversations with their daughters are found to be more emotion-focused than conversations with their sons (Aznar & Tenenbaum, 2015), but a more recent meta-analysis has suggested that this differentiation is not strong for mother-child

interactions (Aznar & Tenenbaum, 2020). Similarly, in a meta-analysis, Endendijk, Groeneveld, Bakermans-Kranenburg, and Mesman (2016) found negligible differences regarding mothers' and fathers' differential treatment to their daughters and sons. Nevertheless, Endendijk and colleagues (2017) also found that fathers' (but not mothers') differential treatment and children's aggression levels were related when those fathers had strong stereotypical or egalitarian gender understanding.

One factor that may strengthen or weaken parental influence and the strength of socialization is the relationship between parents and adolescents. Parental influence on adolescents' thoughts and behavior may be relatively limited in comparison to peer influences (Agostinelli, Doepke, Sorrenti, & Zilibotti, 2020). However, there are studies that have demonstrated that parental influence on adolescents is still strong in factors such as achievement strategies, future beliefs, and even mental health (Aunola, Stattin, & Nurmi, 2000; Chen & Harris, 2019; Malmberg, Ehrman, & Lithén, 2005; Nurmi & Pulliainen, 1991).

### 1.2.2. Adolescents in traffic.

Transport is one of the areas in which parents can influence the socialization of children and young adults (Üzümcüoğlu, 2021; Öz, 2018). For example, studies (Bianchi & Summala, 2004; Taubman - Ben-Ari et al., 2005) found similarities between the driving styles of parents and their children. Here, adolescents' observation of their parents in traffic may also help to shape their understanding of the traffic rules and their place within them when they take on their parents' roles and become active participants in traffic in different roles. This possibility can be inferred from other studies which have demonstrated the influence of observing parents performing a task on the adolescents' performance on the same task. For example, Thomsen, Kappes, Schwerdt, Sander, and Poller (2017) had 7-12-year-old children observe their parents during a game and play the same game afterward. They found that parents' in-game decisions significantly impacted their children's in-game decisions. The same pattern is possible to be observed with in-traffic behaviors.

In this sense, it is possible to argue that the parent-adolescent relationship may also be an important factor in understanding adolescent perceptions, such as sex stereotypes they may have about driving. A strong parent-child relationship might set the ground for a better communication of parent perceptions to the child and strengthen the intergenerational transmission of sex stereotypes. On the other hand, a parent-child or parent-adolescent relationship that is perceived to have low quality may lead to a rejection of that parent's messages and a dismissal of their behaviors. Although children and young adults are involved in the traffic system at an early age (Öz, 2018; Üzümcüoğlu, 2021), and sex stereotypes in general have been found to be observed at early ages (Kågesten et al., 2016), there is limited research on sex stereotypes in the traffic environment with samples other than active drivers (e.g., Granié & Papafava, 2011). In particular, studies with children and young adults have focused on their driver behaviors (e.g., Elliott & Baughan, 2004; Taubman - Ben-Ari, Mikulincer, & Gillath, 2005; Scott-Parker, 2017) and travel modes and behaviors (e.g., Frater, Kuijer, & Kingham, 2017; Haustein, Klöckner, & Blöbaum, 2009; Mandic et al., 2016; Pojani, Van Acker, & Pojani, 2018). Consequently, knowledge on adolescents' traffic perceptions and how these perceptions might be shaped by their relationships is relatively limited. Therefore, another aim of the present study was to explore the role of the parent-child relationship in adolescents' perceptions of drivers.

### 1.3. The Aims of the Present Study

In light of the literature, this study was designed with two aims: to understand Turkish adolescents' perceptions of female and male drivers, and to explore whether sex differences



and adolescent-parent relationships were related to these perceptions. Additionally, it was thought that examining sex stereotypes associated with driving in Türkiye would provide a crucial contribution to the literature. Sex stereotypes in driving have been originally investigated in France. Türkiye and France are similar in terms of most cultural characteristics except for individualism and long-term orientation, with France being higher on both domains (Hofstede Insights, n.d.). Considering the Turkish literature that has demonstrated strong relationships between gender roles and different driving outcomes (Deniz, Lajunen, Özkan, & Gaygısız, 2021; Öztürk et al., 2021), presence of gender stereotypes in a number of contexts (e.g., Akdemir & Gölge, 2022; Basfirinci & Cilingir Uk, 2017; Sakallı Uğurlu, Türkoğlu, Kuzlak, & Gupta, 2021; Tarhan, 2022), and differences between male and female drivers in many driving outcomes (Aktaş & Akgür, 2023; Nordfjærn & Şimşekoğlu, 2014; Özkan & Lajunen, 2005; Öztürk & Öz, 2021), this study was thought to be relevant to the Turkish context.

To this end, the present study focuses on sex stereotypes among adolescents with the following research questions:

- 1) Do the perceptions of female and male drivers change as a function of adolescents' sex?
- 2) Is there a relationship between the quality of the relationship with parents and the perception of female and male drivers among adolescents?

## 2. Method

### 2.1. Participants

The study was conducted with a total of 128 high school students from a school in an urban neighborhood in Ankara, Türkiye. The students were aged between 15 and 20 years with a mean of 16.25 years ( $SD = 1.32$ ). Thirty-two of the participants were male and 96 were female. Fifty-five point five per cent of the participants reported a total family income of 1500-3000 TL, 21.1% 1500 TL and below, 17.2% between 3000 and 5000 TL and the rest (6.2%) 5000 TL and above (Approximate minimum wage was 2400 TL at the time of data collection). The socio-economic status of the families is considered to be low-middle income considering the socio-economic structure of the region and the use of transport modes to the school.

### 2.2. Measurements

#### 2.2.1. Sex stereotypes associated with driving (SSAD).

To measure the endorsement of sex stereotypes related to driving, Pravossoudovitch et al. (2015) developed a 27-item measure with four dimensions, namely compliance with traffic rules, driving skills, risk avoidance and courtesy. In the present study, a short version of the SSAD with 15 items was used (Pravossoudovitch, 2016). The short version consists of three items for compliance with traffic rules and four items for each of the other three factors. Responses are rated on a 7-point Likert scale ranging from 1 (not agree at all) to 7 (strongly agree). Participants were asked to evaluate female and male drivers for different components and to complete the survey for female and male drivers separately. The Turkish version was translated by Öztürk and Öz (under review). Each participants' ratings of male and female drivers were calculated separately for the four scores. Higher scores indicate a more positive evaluation of female/male drivers on that dimension. Then, stereotype endorsements for each dimension were calculated as an index (the index of compliance with traffic rules, driving skills, risk avoidance, and courtesy).

- *Female Drivers' Compliance with Traffic Rules Index* was calculated by subtracting the evaluation of female drivers' compliance score from male drivers' compliance score.
- *Male Drivers' Driving Skills Index* was calculated by subtracting participants' evaluation of male drivers' driving skills from female drivers' driving skills.
- *Female Drivers' Courtesy Index* was calculated by subtracting the evaluation of female drivers' courtesy score from male drivers' courtesy behind the wheel score.
- *Female Drivers' Risk Avoidance Index* was calculated by subtracting the evaluation of female drivers' risk avoidance score from male drivers' risk avoidance score.

Higher index scores indicated the participant's endorsement of sex stereotypes (i.e., males as more skillful and females as more courteous, compliant, and risk avoider), whereas negative scores meant the opposite relations (named as counter stereotypes – i.e., females as skillful, males as courteous, compliant, and risk avoider). The Cronbach's alpha reliabilities of female drivers were .85 for compliance with traffic rules, .91 for driving skills, .90 for courtesy and .92 for risk avoidance. The Cronbach's alpha reliabilities of male drivers were .69 for compliance with traffic rules, .85 for driving skills, .78 for courtesy, and .86 for risk avoidance, indicating that the measures had acceptable reliability values.

### 2.2.2. Adolescents' perception of the relationship quality with their parents.

We measured the relationship quality between the participants and their parents using a single-item self-report question (*How would you rate your relationship with your parents?*) for their mothers and fathers separately. Developed for this study, these two questions were rated on a scale of 0 to 10, with higher scores indicating better relationships. Single-item measures are often used in adolescence research with good correlations to longer self-report measures (e.g., Jovanović, 2016; Lukoševičiūtė et al., 2022) and in measuring parent-adolescent relationship quality (Hair et al., 2005). Given the exploratory nature of the study and the relatively low motivation of children and adolescents to participate in longer surveys, a single-item measure was thought to be a convenient method.

### 2.2.3. Demographic information form.

In the demographic information form, the participants were asked to indicate their sex and year of birth.

## 2.3. Procedure and Data Analysis

The present study was approved by the Human Subjects Ethics Committee of the Middle East Technical University with protocol number 050-ODTU-2020. Convenience and snowball sampling were used to reach the participants. To participate, students had to fill out an online survey prepared using Qualtrics. The survey link was distributed to the students via their teachers. Before starting the questionnaire, participants (and one of their parents if the participant was under 18) had to fill out one informed consent and one parental informed consent form (for those under 18). After giving consent, the participants completed the demographic information form. Following the demographic information form, participants filled out the SSAD for female drivers and the SSAD for male drivers in a counterbalanced order. After completing the questionnaire, participants were presented with a debriefing form.

Data were analyzed with SPSS v26 and JASP 0.14.1.0. After the tabulation of descriptive statistics and correlations, independent samples *t*-test analyses were conducted to examine sex differences in terms of eight scores and four indexes (four scores evaluating female drivers, four scores evaluating male drivers, and four indexes indicating stereotype endorsement). In

addition, following the suggestions of Field (2013), the skewness or kurtosis values for the variables were appropriate for the analysis. Since the number of female ( $N = 96$ ) and male ( $N = 32$ ) participants were disproportionately distributed in the sample, a subsample of the female participants was randomly selected to enable female-male comparison ( $N = 32$ ). In the last step, four hierarchical regression analyses were conducted to examine the role of relationship quality with parents in four indexes separately. Age and gender were entered as control variables in the first step. Adolescent-mother and adolescent-father relationships were entered in the second step.

### 3. Results

#### 3.1. Descriptives and Correlations

The means and standard deviations of the eight scores and four indexes (i.e., female compliance with speeding rules, female driving skills, female courtesy, female risk avoidance, male compliance with traffic rules, male driving skills, male courtesy, male risk avoidance, index of compliance with traffic rules, index of driving skills, index of courtesy, index of risk avoidance) and their bivariate correlation coefficients are presented in Table 1. According to the results, participant age was positively correlated with the index of driving skills and negatively correlated with female driving skills. The relation quality with fathers was positively correlated with male drivers' courtesy and risk avoidance, and with the index of compliance with traffic rules, and negatively correlated with the index of driving skills and the index of risk avoidance. While stereotype scores of female drivers and male drivers were positively correlated with the corresponding group, only the indexes that were related to female drivers (i.e., female compliance with traffic rules, driving skills, risk avoidance, and courtesy) were positively correlated with male driving skills.

#### 3.3. Sex Differences among SSAD

According to the independent samples *t*-test results (see Table 2), there were significant sex differences in female driving skills, male compliance with traffic rules, male driving skills, male courtesy, index of driving skills, index of courtesy and index of risk avoidance.

In detail, female adolescents had a more positive image of female drivers in driving skills than male drivers. In terms of the evaluation of male drivers, male adolescents had a more positive image of male drivers on compliance with traffic rules, driver skills, courtesy and risk avoidance. In comparing stereotype endorsement scores (indexes) between females and males, male adolescents had a higher tendency to see male drivers as skilled drivers, and female adolescents had a higher tendency to rate female drivers as courteous and risk-avoiders.

#### 3.4. The Association between Family Relationships and Sex Endorsement

In the final step, four hierarchical regression analyses were conducted to examine the role of relationship quality with parents in four indexes separately. In the first step, age and gender were entered as control variables. In the second step, relationships with fathers and mothers were entered (see Table 3).

The models were significant for the index of driver skills ( $F(4, 120) = 11.82, p < .001$ ), the index of courtesy ( $F(4, 120) = 4.63, p = .002$ ), and the index of risk avoidance ( $F(4, 120) = 4.97, p < .001$ ) and not significant for the index of compliance with traffic rules ( $F(4, 120) = 1.91, p = .113$ ). Relationship with mothers positively related to the index of driver skills (95% CI [-1.19, -.07]). Additionally, relationships with fathers were negatively related to the indexes of courtesy (95% CI [-1.16, -.07]) and risk avoidance (95% CI [-1.24, -.08]).

**Table 1.** Descriptive statistics and correlation coefficients

	Age	R_Mo	R_Fa	F_CTR	F_DS	F_Co	F_RA	M_CTR	M_DS	M_Co	M_RA	I_CTR	I_DS	I_Co	I_RA
Age	1														
R_Mo	-.18*	1													
R_Fa	-.09	.37**	1												
F_CTR	-.09	.03	-.08	1											
F_DS	-.20*	.14	-.06	.60**	1										
F_Co	-.09	.02	-.14	.79**	.68**	1									
F_RA	-.14	.02	-.13	.85**	.58**	.84**	1								
M_CTR	.04	.11	.12	-.03	.04	.05	-.00	1							
M_DS	.01	.06	.16	.48**	.24**	.40**	.38**	.12	1						
M_Co	-.08	.16	.21*	.05	.11	.05	.04	.70**	.21*	1					
M_RA	-.01	.10	.21*	.06	.07	.05	.04	.65**	.27**	.79**	1				
I_CTR	-.09	-.08	.17*	.77**	.43**	.56**	.63**	-.66**	.29**	-.41**	-.37**	1			
I_DS	.18*	-.08	-.25**	-.14	-.67**	-.27**	-.21*	.06	.56**	.07	.14	-.15	1		
I_Co	-.02	-.05	-.14	.60**	.48**	.78**	.65**	-.40**	.20*	-.59**	-.46**	.71**	-.26**	1	
I_RA	-.10	-.04	-.23**	.61**	.40**	.61**	.75**	-.43**	.11	-.49**	-.64**	.74**	-.25**	.80**	1
M	16.25	8.48	7.73	15.72	17.93	20.92	21.20	9.88	19.94	14.07	14.14	5.84	2.00	6.85	7.05
SD	1.32	2.20	2.62	4.29	6.40	6.28	6.44	3.69	5.71	4.90	5.56	5.74	7.50	7.78	8.35

Note. \*\*p < .01, \*p < .05. R\_Mo: Relationship with mothers, R\_Fa: Relationship with fathers, F\_CTR: Female compliance with speeding rules, F\_DS: Female driving skills, F\_RA: Female risk avoidance, F\_Co: Female courtesy, M\_CTR: Male compliance with traffic rules, M\_DS: Male driving skills, M\_RA: Male risk avoidance, M\_Co: Male courtesy, I\_CTR: Index of compliance with traffic rules, I\_DS: Index of driving skills, I\_Co: Index of courtesy, I\_RA: Index of risk avoidance.

**Table 2.** Sex differences in terms of the SSAD dimensions

	Female		Male		<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>			
F_CTR	15.59	4.88	15.30	4.28	62	-.26	.799
F_DS	18.37	6.46	13.87	6.40	62	-2.80	.007
F_Co	21.49	7.00	18.70	6.71	62	-1.63	.109
F_RA	21.56	6.88	19.61	7.13	62	-1.11	.271
M_CTR	9.39	3.49	11.72	4.08	62	2.46	.017
M_DS	18.27	6.09	22.20	5.13	62	2.79	.007
M_Co	13.47	4.42	15.94	5.26	62	2.03	.046
M_RA	13.22	4.60	17.07	5.51	62	3.04	.003
I_CTR	6.21	5.93	3.58	5.96	62	-1.77	.082
I_DS	-.10	7.01	8.34	8.05	62	4.47	.000
I_RA	8.34	8.05	2.54	9.56	62	-2.63	.011
I_Co	8.02	8.05	2.76	8.39	62	-2.56	.013

*Note.* F\_CTR: Female compliance with speeding rules, F\_DS: Female driving skills, F\_Co: Female courtesy, F\_RA: Female risk avoidance, M\_CTR: Male compliance with traffic rules, M\_DS: Male driving skills, M\_RA: Male risk avoidance, M\_Co: Male courtesy, I\_CSR: Index of compliance with traffic rules, I\_DS: Index of driving skills, I\_Co: Index of courtesy, I\_RA: Index of risk avoidance.

#### 4. Discussion

The present study, to best of our knowledge, was the first in the literature to examine the sex stereotypes associated with female and male drivers among Turkish adolescents. In addition to examining the presence of stereotypes among adolescents with SSAD, sex differences and relationships with mothers and fathers were also examined.

Concerning the first research question “Do the perceptions of female and male drivers change as a function of adolescents’ sex?”, similar to the sex differences in previous studies with other age groups (Pravossoudovitch et al., 2015), sex stereotypes with respect to male and female drivers were observed in both male and female adolescents. Male adolescents evaluated female drivers as less skillful and male drivers as more compliant with traffic rules, more skilled, risk-avoiding, and courteous than female adolescents. Looking at the indexes, male adolescents rated male drivers as more skilled, whereas female adolescents confirmed the stereotypes of female drivers as being more courteous and risk-avoiders.

The results showed that the largest differences in sex stereotypes were observed in driver skills and towards male drivers. It is particularly interesting to note that while female adolescents showed more neutral sex stereotypes in terms of driver skills (i.e., they rated the level of driver skills of female and male drivers at approximately the same level with an index value of -.10), male adolescents exhibited a strong sex endorsement on driver skills. The pairwise comparisons and the index of driver skills showed that male adolescents tended to see male drivers as more skillful and female drivers as less skilled. In other words, male adolescents seemed to show a strong in-group endorsement of driver skills, which may also be related to young male drivers’

**Table 3.** Relations between parent-child relationships and driving outcomes

	Index of Compliance					Index of Driver Skills						
	$R^2$	$R^2\Delta$	$df$	$F\Delta$	$\beta$	$p$	$R^2$	$R^2\Delta$	$df$	$F\Delta$	$\beta$	$p$
1 <sup>st</sup> Step: Demographics	.05	.05	2, 122	3.21		.044	.25	2, 122	19.94			<.001
Age					-.035	.699					.06	.463
Gender					.212	.022					-.478	<.001
(0: Male, 1: Female)												
2 <sup>nd</sup> Step: Relationship	.06	.01	2, 120	.63		.536	.28	2, 120	3.04			.052
with mother					.013	.896					-.187	.028
with father					-.105	.276					.146	.084
	Index of Courtesy					Index of Risk Avoidance						
	$R^2$	$R^2\Delta$	$df$	$F\Delta$	$\beta$	$p$	$R^2$	$R^2\Delta$	$df$	$F\Delta$	$\beta$	$p$
1 <sup>st</sup> Step: Demographics	.1	.1	2, 122	6.48		.002	0.11	2, 122	7.26			.001
Age					.063	.482					-.012	.893
Gender					.320	<.001					.323	<.001
(0: Male, 1: Female)												
2 <sup>nd</sup> Step: Relationship	.13	.04	2, 120	2.6		.078	0.14	2, 120	2.51			.086
with mother					.033	.720					.054	.557
with father					-.207	.027					-.205	.027



overestimation of driver skills when they are older. Likewise, different studies have provided evidence of the overestimation of driver skills of young drivers, especially young male drivers (i.e., de Craen, Twisk, Hagenzieker, Elffers, & Brookhuis, 2011; Martinussen, Møller, & Prato, 2017). Although de Craen et al. (2011) discussed that novice drivers were aware of their skill level compared to average drivers, male adolescents seemed to evaluate male drivers as more skilled compared to female drivers. Considering that these male adolescents may become novice drivers in a few months or years, the overestimation of driver skills of their own sex group may also be reflected in their estimation of their own driver skills in the future.

In line with the previous findings of Granié and Papafava (2011), female drivers were associated with more feminine characteristics and evaluated as less skilled and safe, but male drivers were evaluated as more skilled and more risk-taking, which could be linked to being more masculine in the driving context. It could be discussed that, in Türkiye, driving is a mostly male-dominant area, and different studies in the literature associated being a skilled and a good driver with having more technical driver skills (i.e., perceptual-motor skills) and a component of masculine features (i.e., Granié & Papafava, 2011; Özkan & Lajunen, 2006). Furthermore, risk avoidance, which was rated higher for female drivers, could also be interpreted as a characteristic of a safe driver, which is associated with safety skills and feminine characteristics (Özkan & Lajunen, 2006). In this respect, it could be argued that female and male adolescents reflected a masculine-feminine role differentiation in terms of indexes of the SSAD.

The results could be interpreted as the need for efforts to understand and intervene in driver behaviors to start as early as adolescence, and perhaps even earlier, since children are socialized about sex roles starting from an early age, especially in terms of what is considered masculine (Solbes-Canales, Valverde-Montesino, & Herranz-Hernández, 2020). There is a higher degree of stereotyping of masculine traits and professions than of feminine traits, and fathers and sons are more alike in gender role attitudes than any other dyads in nuclear families (Kulik, 2002), making boys prone to have stricter attitudes about masculine traits. Likewise, these results demonstrated stronger sex differences among adolescents regarding male drivers, with male adolescents showing higher levels of sex stereotyping.

In addition, according to the literature, girls are rewarded more for their prosocial behaviors by mothers compared to boys (Hastings, McShane, Parker, & Ladha, 2007), and boys are warned and tolerated more for their risky behaviors (Morrongiello & Hogg, 2004). In line with this differential rewarding, the adolescents in this study, especially females, attributed more courteous driving characteristics to female drivers and more risk-taking characteristics to male drivers. Hence, the present study's results might be related to early-start socialization practices, with the adolescents having applied what they learned about gender differences through various means of socialization like observation or lecturing from their parents. As a result, this may lead to an understanding of sex role that is generalized to drivers and driving in the following years of life. This pattern has been observed in several areas related to adolescent development, like the gendered division of housework, and career- and peer-choices of adolescents (Endendijk et al., 2018).

In addition to the presence of sex stereotypes and the sex differences in SSAD, we also examined another research question “*Is there a relationship between the quality of the relationship with parents and the perception of female and male drivers among adolescents?*”. The results provided two significant patterns highlighting the importance of parent-adolescent relationships on attitudes toward drivers: Adolescents who reported a more negative relationship with their mothers showed stronger sex stereotypes on the index of driver skills, and positive relationships with fathers were negatively associated with the indexes of courtesy and risk avoidance. As discussed earlier, driver skills are seemingly associated with masculine

characteristics, whereas courtesy and risk avoidance are perceived as a factor of feminine characteristics. According to the results, the adolescents' positive perceptions of the parent-adolescent relationship seemed to counteract these traditional sex stereotypes. Therefore, the relationship quality with the opposite-sex parent could play a protective role against developing strict sex stereotypes (i.e., mothers for driver skills and fathers for courtesy and risk avoidance). This protective role could be partly explained by the fact that increased familiarity with a group decreases stereotypes against them (Steiger et al., 2022), and counting someone as an "ingroup member" leads to the promotion of their skills and abilities (Hinde & Stevenson-Hinde, 1987). A better parent-adolescent relationship might lead to increased familiarity with and a higher chance to observe the parent in question, which would decrease the need to divert to automatic generalizations (i.e., stereotypes) in defining who they are. Similarly, parents may pose as a counterexample to sex stereotypes, which would then lead to an increased awareness of the driving behaviors and skills of others belonging to the same identity group as the parent in question. This, in return, would lead to a new schema being formed around those individuals. More studies are needed to further examine these associations.

Given the aforementioned similarities and differences of the findings with previous studies conducted in France (Granié & Papafava, 2011; Pravossoudovitch et al., 2015) and overlap with studies on gender stereotypes in Türkiye (e.g., Akdemir & Gölge, 2022; Basfirinci & Cilingir Uk, 2017; Sakallı Uğurlu et al., 2021; Tarhan, 2022), this study can be considered as a sign of the existence of sex stereotypes in other traffic systems outside of France, and could further suggest that the demonstrated patterns may be observed in other countries as well. We believe that the findings of the current study provide a number of research angles that could contribute to traffic safety research and practice. Further investigation of sex stereotypes in traffic contexts across different cultures may be warranted.

#### **4.1 Limitations, Future Suggestions, and Implications**

A number of critical points should be made about the design and results of the current study. Firstly, although the sample size was sufficient for sex comparisons and correlation tests, it was also relatively small for making conclusive interpretations for adolescents. The present study presents rather descriptive findings and should be considered as preliminary data regarding the development of sex stereotypes related to driving, especially among adolescents. We encourage further analysis with a larger sample to examine the interaction effects between child sex and parent sex when considering the impact of relationship quality with parents. Adolescents' perceived relationship quality was examined with a single-item question to increase convenience. Nevertheless, the single-item measure of relationship quality may have limited power to provide detailed information on different aspects of the adolescents' relationship with their parents. Future studies should take this into account when investigating the role of parent-child relationships. Future experimental studies might help further understand the components of adolescents' judgments when evaluating different drivers.

The fact that there are no age differences in the analyses, or that age does not show a significant effect in the regression analysis, may be because the sample by nature consists of a limited age range. For example, in the previous study conducted by Pravossoudovitch et al. (2015), some differences were found between three age groups (18-24, 25-44, 45-64). With this in mind, examining the results of the current study with different (earlier and later) age groups might provide more contextual information. This would allow the investigation of the potential effects of different factors, such as exposure to different driving conditions and individual experiences, which may later be examined in relation to these stereotypes. Similarly, socio-economic status (SES) may play a role in the context of the current study. SES is usually demonstrated to have a moderating role in the development of stereotypes in childhood (e.g., Coyne, Linder, Booth,

Keenan-Kroff, Shawcroft, & Yang, 2021), but may have a more complex presentation than imagined (e.g., boys and girls may be affected by SES differently, as in del Río, Strasser, Cvencek, Susperreguy, & Meltzoff, 2019), or may not be effective at all in some circumstances (e.g., del Río et al., 2021). Therefore, children from different socio-economic backgrounds may exhibit different characteristics in terms of driving stereotypes. We recommend further investigation of the interaction of sex and socio-economic status in the context of sex stereotypes associated with driving with a bigger sample.

Nevertheless, the findings of the present study suggest an area for future research and intervention with adolescents that focuses on sex stereotypes in relation to driving. For example, although the results indicated sex differences in adolescents' evaluations of female and male drivers using a self-report measure, it would be equally valuable to further investigate sex stereotypes using implicit measures (e.g., Guizzo, Moè, Cadinu, & Bertolli, 2019; Morrissey, Hallett, Bakhtiar, & Fitzpatrick, 2019). Moreover, Halpern and Perry-Jenkins (2016) found that parents' behaviors were more influential than their beliefs in shaping their children's attitudes towards sex roles. Therefore, it would be valuable to explore not only the adolescents', but also their parents' sex stereotypes and the mechanisms of their direct or indirect transmission, a need also addressed by Endendijk et al. (2018). Another potential area of focus for future researchers could be how adolescents with different gender identities would perceive sex stereotypes related to driving, and the ways their driver perceptions converge and diverge with adolescents whose genders align with the binary common sense.

In general, as a vulnerable road user group in the traffic system, children and adolescents are of great importance and have been the subject of extensive intervention studies in many places (see Öz, 2018 for more details). In this respect, they play an active role in the traffic system with many different roles (passengers, pedestrians, cyclists, etc.) which results in observations and many interactions with other road users. Bearing in mind that the development of stereotypes about female and male drivers may occur at a younger age before they become drivers, training and education programs that inform young road users about these stereotypes may prevent both the emergence of stereotypes and unsafe interactions with and expectations of male or female drivers in traffic. For example, Moè, Cadinu, and Maass (2015) found that female drivers performed worse when they knew their driving skills were being evaluated and compared to male drivers, and performed better when they were not reminded of stereotypes. Intervention programs aimed at reducing sex stereotypes about female and male drivers may contribute to overall road safety by supporting female drivers and reducing potential conflicts between female and male drivers.

## 5. Conclusion

In conclusion, the present study investigated the existence of sex stereotypes towards female and male drivers among Turkish adolescents and their relationships with mothers and fathers. The adolescents' perceptions were consistent with masculine and feminine role differentiations. Furthermore, the quality of the relationship with the parents also influenced the stereotype endorsement of the adolescents. Overall, the results of the present study indicated the existence of sex stereotype endorsement among adolescents, which changes as a function of sex and relationships with mothers and fathers. These findings also demonstrate the powerful influence of the parent-adolescent relationship on yet another aspect of adolescent development and socialization. The findings encourage further research into the developmental and family aspects and their dynamic relationships in the context of traffic and transport.

### **Acknowledgments**

The authors have no conflicts of interest to declare and have received no funding for this study. For the purpose of open access, the authors have applied a Creative Commons Attribution (CC BY) license to the author-accepted manuscript version of the manuscript arising from this submission. The preliminary findings of the current study were presented at the 17th European Congress of Psychology.

### **Data access statement**

The data supporting the results of this study are available on request from the corresponding author.

### **Ethics Committee Approval Statement**

Ethics committee approval of the study was obtained from METU Human Research Ethics Committee (050-ODTU-2020).

### References

- Acar, I. H., Pérez-González, S., Kutaka, T. S., & Yıldız, S. (2019). Difficult temperament and children's peer relations: the moderating role of quality of parent-child relationships. *Early Child Development and Care*, 189(13), 2141-2155. doi: 10.1080/03004430.2018.1439941
- Agostinelli, F., Doepke, M., Sorrenti, G., & Zilibotti, F. (2020). *It takes a village: the economics of parenting with neighborhood and peer effects* (No. w27050). National Bureau of Economic Research. <https://www.nber.org/papers/w27050>
- Akdemir, S., & Gölge, Z. B. (2022). The role of gender stereotypes, sexual myths, and professional experience on the attitudes toward female-perpetrated sexual abuse among Turkish professionals. *International Journal of Offender Therapy and Comparative Criminology*, 1-23. doi: 10.1177/0306624X221086571
- Aktaş, A., & Akgür, S. A. (2023). Road rage behaviours among road users in Turkey. *Traffic Safety Research*, 4, 000031. doi: 10.55329/guim6548
- Aunola, K., Stattin, H., & Nurmi, J. E. (2000). Parenting styles and adolescents' achievement strategies. *Journal of Adolescence*, 23(2), 205-222. doi: 10.1006/jado.2000.0308
- Aznar, A., & Tenenbaum, H. R. (2015). Gender and age differences in parent-child emotion talk. *British Journal of Developmental Psychology*, 33(1), 148-155. doi: 10.1111/bjdp.12069
- Aznar, A., & Tenenbaum, H. R. (2020). Gender comparisons in mother-child emotion talk: A meta-analysis. *Sex Roles*, 82, 155-162. doi: 10.1007/s11199-019-01042-y
- Bandura, A. (2008). Observational learning. In W. Donsbach (Ed.), *The International Encyclopedia of Communication* (pp 1-3). doi: 10.1002/9781405186407.wbieco004
- Basfirinci, C., & Cilingir Uk, Z. (2017). Gender-based food stereotypes among Turkish university students. *Young Consumers*, 18(3), 223-244. doi: 10.1108/YC-12-2016-00653
- Bianchi, A., & Summala, H. (2004). The "genetics" of driving behavior: parents' driving style predicts their children's driving style. *Accident Analysis & Prevention*, 36(4), 655-659. doi: 10.1016/S0001-4575(03)00087-3
- Cakir, S. G., & Aydin, G. (2005). Parental attitudes and ego identity status of Turkish adolescents. *Adolescence*, 40 (160), 847-859.
- Chen, P., & Harris, K. M. (2019). Association of positive family relationships with mental health trajectories from adolescence to midlife. *Jama Pediatrics*, 173(12), e193336-e193336.
- Coyne, S. M., Linder, J. R., Booth, M., Keenan-Kroff, S., Shawcroft, J. E., & Yang, C. (2021). Princess power: Longitudinal associations between engagement with princess culture in preschool and gender stereotypical behavior, body esteem, and hegemonic masculinity in early adolescence. *Child Development*, 92(6), 2413-2430. doi: 10.1111/cdev.13633
- Cullen, P., Möller, H., Woodward, M., Senserrick, T., Boufous, S., Rogers, K., Brown, J., & Ivers, R. (2021). Are there sex differences in crash and crash-related injury between men and women? A 13-year cohort study of young drivers in Australia. *SSM-Population Health*, 14, 100816. doi: 10.1016/j.ssmph.2021.100816



- de Craen, S., Twisk, D. A., Hagenzieker, M. P., Elffers, H., & Brookhuis, K. A. (2011). Do young novice drivers overestimate their driving skills more than experienced drivers? Different methods lead to different conclusions. *Accident Analysis & Prevention*, *43*(5), 1660-1665. doi: 10.1016/j.aap.2011.03.024
- de Winter, J. C., & Dodou, D. (2010). The Driver Behaviour Questionnaire as a predictor of accidents: A meta-analysis. *Journal of Safety Research*, *41*(6), 463-470. doi: 10.1016/j.jsr.2010.10.007
- del Río, M. F., Strasser, K., Cvencek, D., Susperreguy, M. I., & Meltzoff, A. N. (2019). Chilean kindergarten children's beliefs about mathematics: Family matters. *Developmental Psychology*, *55*(4), 687–702. doi: 10.1037/dev0000658
- del Río, M. F., Susperreguy, M. I., Strasser, K., Cvencek, D., Iturra, C., Gallardo, I., & Meltzoff, A. N. (2021). Early sources of children's math achievement in Chile: The role of parental beliefs and feelings about math. *Early Education and Development*, *32*(5), 637-652. doi: 10.1080/10409289.2020.1799617
- Deniz, P., Lajunen, T., Özkan, T., & Gaygısız, E. (2021). Masculinity, femininity, and angry drivers: Masculinity and femininity as moderators between driver anger and anger expression style among young drivers. *Accident Analysis & Prevention*, *161*, 106347. doi: 10.1016/j.aap.2021.106347
- Elander, J., West, R., & French, D. (1993). Behavioral correlates of individual differences in road-traffic crash risk: An examination of methods and findings. *Psychological Bulletin*, *113*(2), 279–294. doi: 10.1037/0033-2909.113.2.279
- Elliott, M. A., & Baughan, C. J. (2004). Developing a self-report method for investigating adolescent road user behaviour. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, *7*(6), 373-393. doi: 10.1016/j.trf.2004.10.002
- Endendijk, J. J., Groeneveld, M. G., & Mesman, J. (2018). The gendered family process model: An integrative framework of gender in the family. *Archives of Sexual Behavior*, *47*(4), 877-904. doi: 10.1007/s10508-018-1185-8
- Endendijk, J. J., Groeneveld, M. G., Bakermans-Kranenburg, M. J., & Mesman, J. (2016). Gender-differentiated parenting revisited: Meta-analysis reveals very few differences in parental control of boys and girls. *PloS One*, *11*(7), e0159193. doi: 10.1371/journal.pone.0159193
- Endendijk, J. J., Groeneveld, M. G., van der Pol, L. D., van Berkel, S. R., Hallers-Haalboom, E. T., Bakermans-Kranenburg, M. J., & Mesman, J. (2017). Gender differences in child aggression: Relations with gender-differentiated parenting and parents' gender-role stereotypes. *Child Development*, *88*(1), 299-316. doi: 10.1111/cdev.12589
- Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*. Sage.
- Frater, J., Kuijer, R., & Kingham, S. (2017). Why adolescents don't bicycle to school: Does the prototype/willingness model augment the theory of planned behaviour to explain intentions?. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, *46*, 250-259. doi: 10.1016/j.trf.2017.03.005
- González-Iglesias, B., Gómez-Fraguela, J. A., & Luengo-Martín, M. Á. (2012). Driving anger and traffic violations: Gender differences. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, *15*(4), 404-412. doi: 10.1016/j.trf.2012.03.002



- Granié, M. A., & Papafava, E. (2011). Gender stereotypes associated with vehicle driving among French preadolescents and adolescents. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 14*(5), 341-353. doi: 10.1016/j.trf.2011.04.002
- Guého, L., Granié, M. A., & Abric, J. C. (2014). French validation of a new version of the Driver Behavior Questionnaire (DBQ) for drivers of all ages and level of experiences. *Accident Analysis & Prevention, 63*, 41-48. doi: 10.1016/j.aap.2013.10.024
- Guizzo, F., Moè, A., Cadinu, M., & Bertolli, C. (2019). The role of implicit gender spatial stereotyping in mental rotation performance. *Acta Psychologica, 194*, 63-68. doi: 10.1016/j.actpsy.2019.01.013
- Hair, E. C., Moore, K. A., Garrett, S. B., Kinukawa, A., Lippman, L. H., & Michelson, E. (2005). The Parent-Adolescent Relationship Scale. In K. A. Moore & L. H. Lippman (Eds.), *What do children need to flourish: Conceptualizing and measuring indicators of positive development* (pp. 183–202). Springer Science + Business Media. doi: 10.1007/0-387-23823-9\_12
- Halpern, H. P., & Perry-Jenkins, M. (2016). Parents' gender ideology and gendered behavior as predictors of children's gender-role attitudes: A longitudinal exploration. *Sex Roles, 74*, 527-542. doi: 10.1007/s11199-015-0539-0
- Hastings, P. D., McShane, K. E., Parker, R., & Ladha, F. (2007). Ready to make nice: Parental socialization of young sons' and daughters' prosocial behaviors with peers. *Journal of Genetic Psychology, 168* (2), 177–200. <https://doi.org/10.3200/gntp.168.2.177-200>.
- Haustein, S., Klöckner, C. A., & Blöbaum, A. (2009). Car use of young adults: The role of travel socialization. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 12*(2), 168-178. doi: 10.1016/j.trf.2008.10.003
- Hinde, R. A., & Stevenson-Hinde, J. (1987). Implications of a relationships approach for the study of gender differences. *Infant Mental Health Journal, 8*(3), 221-236.
- Hofstede Insights (n.d.). Country comparison tool. <https://www.hofstede-insights.com/country-comparison-tool?countries=france%2Cturkey>
- Işık-Baş, H., Şahin-Acar, B., & Özen-Çıplak, A. (2018). Anne-ergen çiftlerinin toplumsal cinsiyet rolleriyle ilgili algısının içerik analizi. *Türk Psikoloji Yazıları, 21*(41), 41-56.
- Jacobs, J. E., Chhin, C. S., & Shaver, K. (2005). Longitudinal links between perceptions of adolescence and the social beliefs of adolescents: Are parents' stereotypes related to beliefs held about and by their children?. *Journal of Youth and Adolescence, 34*(2), 61-72. doi: 10.1007/s10964-005-3206-x
- Jovanović, V. (2016). The validity of the Satisfaction with Life Scale in adolescents and a comparison with single-item life satisfaction measures: A preliminary study. *Quality of life Research, 25*, 3173-3180. doi: 10.1007/s11136-016-1331-5
- Kågesten, A., Gibbs, S., Blum, R. W., Moreau, C., Chandra-Mouli, V., Herbert, A., & Amin, A. (2016). Understanding factors that shape gender attitudes in early adolescence globally: A mixed-methods systematic review. *PloS One, 11*(6), e0157805. doi: 10.1371/journal.pone.0157805

- Kulik, L. (2002). Like-sex versus opposite-sex effects in transmission of gender role ideology from parents to adolescents in Israel. *Journal of Youth and Adolescence*, 31(6), 451-457. doi: 10.1023/A:1020263120774
- Laapotti, S., & Keskinen, E. (2004). Has the difference in accident patterns between male and female drivers changed between 1984 and 2000?. *Accident Analysis & Prevention*, 36(4), 577-584. doi: 10.1016/S0001-4575(03)00064-2
- Lajunen, T., & Özkan, T. (2021). Driving behavior and skills. In: Vickerman, Roger (eds.) *International Encyclopedia of Transportation*. vol. 7 (pp. 59-64). UK: Elsevier Ltd. doi: 10.1016/B978-0-08-102671-7.10657-8
- Lajunen, T., & Summala, H. (1995). Driving experience, personality, and skill and safety-motive dimensions in drivers' self-assessments. *Personality and Individual Differences*, 19(3), 307-318. doi: 10.1016/0191-8869(95)00068-H
- Lukoševičiūtė, J., Gariėpy, G., Mabelis, J., Gaspar, T., Joffė-Luinienė, R., & Šmigelskas, K. (2022). Single-item happiness measure features adequate validity among adolescents. *Frontiers in Psychology*, 13, 884520. doi: 10.3389/fpsyg.2022.884520
- Malmberg, L. E., Ehrman, J., & Lithén, T. (2005). Adolescents' and parents' future beliefs. *Journal of Adolescence*, 28(6), 709-723. doi: 10.1016/j.adolescence.2004.12.007
- Mandic, S., Flaherty, C., Pocock, T., Mintoft-Jones, A., Frater, J., Chillón, P., & Bengoechea, E. G. (2016). Attitudes towards cycle skills training in New Zealand adolescents. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 42, 217-226. doi: 10.1016/j.trf.2016.08.002
- Martinussen, L. M., Møller, M., & Prato, C. G. (2014). Assessing the relationship between the Driver Behavior Questionnaire and the Driver Skill Inventory: Revealing sub-groups of drivers. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 26, 82-91. doi: 10.1016/j.trf.2014.06.008
- Martinussen, L. M., Møller, M., & Prato, C. G. (2017). Accuracy of young male drivers' self-assessments of driving skill. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 46, 228-235. doi: 10.1016/j.trf.2017.03.001
- Moè, A., Cadinu, M., & Maass, A. (2015). Women drive better if not stereotyped. *Accident Analysis & Prevention*, 85, 199-206. doi: 10.1016/j.aap.2015.09.021
- Morrissey, K., Hallett, D., Bakhtiar, A., & Fitzpatrick, C. (2019). Implicit math-gender stereotype present in adults but not in 8th grade. *Journal of Adolescence*, 74, 173-182. doi: 10.1016/j.adolescence.2019.06.003
- Morrongiello, B. A., & Hogg, K. (2004). Mothers' reactions to children misbehaving in ways that can lead to injury: Implications for gender differences in children's risk taking and injuries. *Sex Roles*, 50, 103–118. doi: 10.1023/b:sers.0000011076.43831.a6
- Musaağaoğlu, C., & Güre, A. (2005). Ergenlerde davranışsal özerklik ile algılanan ana-baba tutumları arasındaki ilişkiler. *Türk Psikoloji Dergisi*, 20(55), 95-98.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2019). *The promise of adolescence: realizing opportunity for all youth*. The National Academies Press. doi: 10.17226/25388.

- Nordfjærn, T., & Şimşekoğlu, Ö. (2014). Empathy, conformity, and cultural factors related to aberrant driving behaviour in a sample of Urban Turkish drivers. *Safety Science*, 68, 55-64. doi: 10.1016/j.ssci.2014.02.020
- Nurmi, J. E., & Pulliainen, H. (1991). The changing parent-child relationship, self-esteem, and intelligence as determinants of orientation to the future during early adolescence. *Journal of Adolescence*, 14(1), 35-51. doi: 10.1016/0140-1971(91)90044-r
- Odden, H., & Rochat, P. (2004). Observational learning and enculturation. *Educational and Child Psychology*, 21(2), 39-50.
- Öz, B., & Demirutku, K. (2018). *Trafikte çocuk güvenliği: Temel unsurlar, tespitler ve öneriler*. Nobel Akademik Yayıncılık.
- Özkan, T., & Lajunen, T. (2005). Why are there sex differences in risky driving? The relationship between sex and gender-role on aggressive driving, traffic offences, and accident involvement among young Turkish drivers. *Aggressive behavior*, 31(6), 547-558. doi: 10.1002/ab.20062
- Özkan, T., & Lajunen, T. (2006). What causes the differences in driving between young men and women? The effects of gender roles and sex on young drivers' driving behaviour and self-assessment of skills. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 9(4), 269-277. doi: 10.1016/j.trf.2006.01.005
- Öztürk, İ., & Öz, B. (2021). Investigating young male and female road users' pedestrian and driver behaviours. *Psikoloji Çalışmaları - Studies in Psychology*, 41(2), 581–614. doi: 10.26650/SP2020-0045
- Öztürk, İ., & Öz, B. (under review). Female and male drivers' stereotypes in relation to sex roles and driver skills.
- Öztürk, İ., & Özkan, T. (2018). The relationship between driving skills and driver behaviors among young drivers. *Trafik ve Ulaşım Araştırmaları Dergisi*, 1(2), 1–15. doi: 10.38002/tuad.418260
- Öztürk, İ., Özkan, Ö., & Öz, B. (2021). Investigating sex, masculinity and femininity in relation to impulsive driving and driving anger expression. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 81, 14-26. doi: 10.1016/j.trf.2021.05.009
- Pojani, E., Van Acker, V., & Pojani, D. (2018). Cars as a status symbol: Youth attitudes toward sustainable transport in a post-socialist city *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 58, 210-227. doi: 10.1016/j.trf.2018.06.003
- Portengen, C. M., van Baar, A. L., & Endendijk, J. J. (2023). A neurocognitive approach to studying processes underlying parents' gender socialization. *Frontiers in Psychology*, 13, 1054886. doi: 10.3389/fpsyg.2022.1054886
- Pravossoudovitch, K. (2016). *Hommes au volant, femmes au volant: l'influence des stéréotypes de sexe sur les comportements de conduite déclarés et effectifs* (Unpublished doctoral dissertation), Marseille: Aix-Marseille Université.
- Pravossoudovitch, K., Martha, C., Cury, F., & Granié, M. A. (2015). Sex and age differences in the endorsement of sex stereotypes associated with driving. *The Spanish Journal of Psychology*, 18. doi: 10.1017/sjp.2015.94

- 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. doi: 10.1080/00140139008925335
- Rowe, R., Roman, G. D., McKenna, F. P., Barker, E., & Poulter, D. (2015). Measuring errors and violations on the road: A bifactor modeling approach to the Driver Behavior Questionnaire. *Accident Analysis & Prevention*, 74, 118-125. doi: 10.1016/j.aap.2014.10.012
- Sakallı Uğurlu, N., Türkoğlu, B., Kuzlak, A., & Gupta, A. (2021). Stereotypes of single and married women and men in Turkish culture. *Current Psychology*, 40, 213-225. doi: 10.1007/s12144-018-9920-9
- Sanson, A. V., Letcher, P. L., & Havighurst, S. S. (2018). Child characteristics and their reciprocal effects on parenting. In M. R. Sanders & A. Morawska, *Handbook of parenting and child development across the lifespan* (pp. 337-370). Springer, Cham.
- Scott-Parker, B. (2017). Emotions, behaviour, and the adolescent driver: A literature review. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 50, 1-37. doi: 10.1016/j.trf.2017.06.019
- Solbes-Canales, I., Valverde-Montesino, S., & Herranz-Hernández, P. (2020). Socialization of gender stereotypes related to attributes and professions among young Spanish school-aged children. *Frontiers in Psychology*, 11, 609. doi: 10.3389/fpsyg.2020.00609
- Steiger, S., Sowislo, J. F., Moeller, J., Lieb, R., Lang, U. E., & Huber, C. G. (2022). Personality, self-esteem, familiarity, and mental health stigmatization: a cross-sectional vignette-based study. *Scientific Reports*, 12(1), 10347.
- Tarhan, Ö. (2022). Children's understanding of the concept of social stereotypes. *Child Indicators Research*, 1-35. doi: 10.1007/s12187-021-09897-y
- Taubman - Ben-Ari, O., Mikulincer, M., & Gillath, O. (2005). From parents to children—similarity in parents and offspring driving styles. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 8(1), 19-29. doi: 10.1016/j.trf.2004.11.001
- Thomsen, T., Kappes, C., Schwerdt, L., Sander, J., & Poller, C. (2017). Modelling goal adjustment in social relationships: Two experimental studies with children and adults. *British Journal of Developmental Psychology*, 35(2), 267-287. doi: 10.1111/bjdp.12162
- Türkiye İstatistik Kurumu (2022). Karayolu Trafik Kaza İstatistikleri, 2021. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Karayolu-Trafik-Kaza-Istatistikleri-2021-45658>
- Üzümcüoğlu, Y. (2021). Trafik ortamında çocuklar ve trafik güvenliği. In Işık, H., Gönül, B., Türe Şakar, D., *Gelişim psikolojisi bakış açısı ile toplum içinde çocuklar* (pp. 187-204). Nobel Yayıncılık, Ankara.

Araştırma Makalesi

## Establishment of Confidence Intervals for Average Vehicle Speeds

Mirhamid Baghirov<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup> Azerbaijan University of Architecture and Construction, Baku, Azerbaijan

### Abstract

Accurate forecasting of the average speed of vehicles is important for early detection of traffic congestion and density, as well as for the correct reporting of the green wave mode. For this purpose, to evaluate the forecasting of traffic indicators using the artificial intelligence method a confidence interval was established on the example of the city of Baku, the capital of the Republic of Azerbaijan. However, this confidence interval includes forecasts for the next few days based on observations of existing roads, not of planned and reconstructed roads. During the preparation of the report, the first 21 days of April 2019 were selected and based on the obtained data, the objective numerical assessment of the quantitative anticipation for the number of hours in a day, standardized deviation's objective statistical approximation, the quantile of the Student's distribution, the lower limit, the upper limit and the values of the difference between them were determined, as well as the degree of freedom and the computed confidence interval. As a result of the reports, one confidence interval is given for each hour of the day, in which the indicator falls into this interval with 95% of the following days. It is also possible to determine the recommended speed limit, which is the most important part of the green wave mode, with the help of the mentioned prediction.

*Keywords:* confidence interval, average speed of vehicles, traffic flow, green wave, recommended speed of movement, road traffic management

## Ortalama Araç Hızları İçin Güven Aralıklarının Oluşturulması

### Öz

Araçların ortalama hızlarının doğru tahmin edilmesi trafik sıkışıklığının ve yoğunluğunun erken tespiti ve aynı zamanda yeşil dalga modunun doğru raporlanması için önemlidir. Bu amaçla yapay zeka yöntemi kullanılarak trafik göstergelerinin tahminini değerlendirmek için Azerbaycan Cumhuriyeti'nin başkenti Bakü şehri örneğinde bir güven aralığı oluşturulmuştur. Ancak bu güven aralığı, planlanan ve yeniden yapılan yollara değil, mevcut yollara ilişkin gözlemlere dayalı olarak önümüzdeki birkaç gün için tahminleri içerir. Raporun hazırlanması sırasında 2019 Nisan ayının ilk 21 günü seçilmiş ve elde edilen verilere göre günün saatlerine ilişkin matematiksel beklenti için yansız istatistiksel tahmin, standart sapma için yansız istatistiksel tahmin, Student dağılımı, alt sınır, üst sınır ve aralarındaki farkın değerleri belirlenmiş, ayrıca serbestlik derecesi ve güven aralığı hesaplanmıştır. Raporlamalar sonucunda günün her saati için bu güven aralığı verilir ve gösterge takip eden günlerin %95'i ile bu aralığa düşer. Bahsi geçen tahmin yardımıyla yeşil dalga modunun en önemli parçası olan tavsiye edilen hız limitini belirlemek de mümkün olmaktadır.

*Anahtar Kelimeler:* güven aralığı, araçların ortalama hızı, trafik akışı, yeşil dalga, önerilen hareket hızı, karayolu trafik yönetimi

\* İletişim / Contact: Mirhamid Baghirov, Azerbaijan University of Architecture and Construction, Baku, Azerbaijan. E-Posta / E-mail: [mirhemid.bagirov@gmail.com](mailto:mirhemid.bagirov@gmail.com).

Gönderildiği tarihi / Date submitted: 10.02.2023, Kabul edildiği tarih / Date accepted: 03.06.2023

Alıntı / Citation: Baghirov, M. (2023). Establishment of confidence intervals for average vehicle speeds. *Trafik ve Ulaşım Araştırmaları Dergisi*, 6(2), 131–142. doi: 10.38002/tuad.1249767



### Establishment of Confidence Intervals for Average Vehicle Speeds

For pedestrians to make judgments that would assure their safety when trying to cross the road, it is crucial that they have the capability to properly assess and anticipate the average vehicle speed (Sun et al., 2015).

For various Intelligent Transport Systems (ITS) applications, determining the average speed of vehicles is important. However, it is very difficult to determine the specified forecast on highways since the individual speed of the vehicle is influenced in a deterministic or stochastic way by many factors related to the vehicle driving and traffic safety (e.g., the state of the road traffic, kinds of motor vehicles plus psychophysiological characteristics of each driver). Machine learning makes it more accessible to determine average vehicle velocity forecast by investigating probable connections among average traffic speeds and other key factors in a traffic flow based on archival information on automobile infrastructure. This paper presents a new method influenced by data proposed for the long-term prediction of individual average vehicle speed along planned streets or avenues based on long and short-term memory algorithms using error back-propagation. In some sources, the use of the Pearson's correlation coefficient increased the effectiveness of calculating and analyzing parameter correlation of the archived characteristics of the vehicle driving and traffic safety (vehicle, driver, road, traffic). Several accounts claim that the methodology for predicting the average speed of vehicles is further divided into parametric (constant) and non-parametric (multivariate) ways, as shown below (Lefèvre et al., 2014; Xiaolei et al., 2015; Yufang et al., 2019).

- Parametric approaches rely on models calculated using empirical data with predetermined parameters relying on a few theoretical premises;
- In non-parametric approaches, models are built based on historical data on traffic flow and vehicle management forecasting.

When it comes to large-scale transportation networks or long-term velocity forecasting of vehicles, parametric ways are typically useless. Recent vehicle velocity forecast studies are mostly focused on both short and long-term vehicle velocity forecast.

Long-term forecast of average vehicle speeds is of vital importance, which will lead to great achievements in improving traffic safety and management efficiency, as well as achieving optimal route programming. Thus, as can be seen from the above, Accurate long-term estimates of the average velocity of moving vehicles are particularly challenging in comparison with the short-term speed. However, the estimated velocity of vehicle is the outcome of a variety of aspects, namely psychophysiological state of the driver, the condition of the vehicle, road conditions, and other factors. Accurately obtaining these ratios will get more challenging the longer the predicting period. The creation and use of artificial sensory systems as well as other methods for machine learning to address the aforementioned issues has led to significant advancements in the fields of regression prediction (multivariate analysis), machine vision (computer interpretation of images), and human language technology (NLP) (Chen et al., 2018; Jiang & Learned-Miller, 2017; Kai et al., 2015; Moreno-Lopez & Kalita, 2017).

Given that forecasting vehicle's velocity is also a problem of regression prediction, an adequate machine learning technique could improve the low precision and constrained forecasting scope brought on by the conventional "decision tree" model, Markov model, as well as other velocity forecasting methods to a certain degree (Jing et al., 2017).

In order to develop a vehicle speed prediction model, a number of studies have been conducted and international experiences in this field have been studied. So, the following sequence should be expected when setting the model parameters:

- Configuration of parameters of the “planned path error backpropagation method” model;
- Configuration of "long short-term memory" settings;
- Setting up parameter arrangements for the “support-vector machine” model.

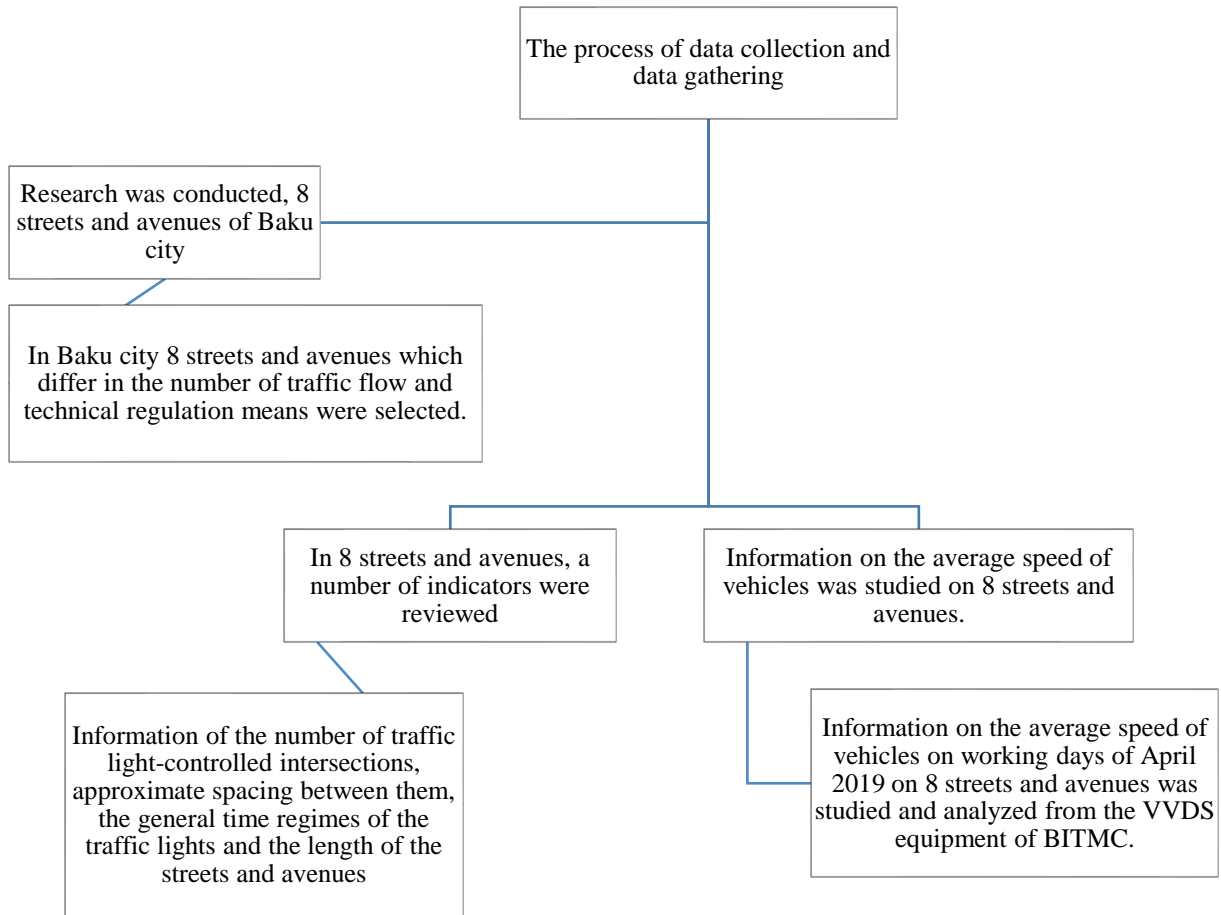
At the same time, in some sources, the method for predicting the average speed of a vehicle, which combines the algorithms of the “error backpropagation method” and “long short-term memory” on planned highways, the correspondence study involving the impact of vehicle on the "long-term velocity forecast" of the vehicle and the Pearson's correlation coefficient technique are used to emphasize the main determinant factors impacting the velocity of the vehicle, as a contribution to the long-term velocity forecasting of the vehicle model, where it offers higher forecasting precision and computational productivity. It has been discovered that the mathematical forecasting of each vehicle's speed in the long run has the ability to adapt to different roads and can choose a more suitable algorithm based on position and road information. Another thing to keep in mind is that the average forecasting of the vehicle's velocity in the long run differs from the short-run velocity estimation demonstrated in the error features of the vehicle's velocity for every point or time because unexpected and random elements that impair a vehicle's ability to corner are likely to have an impact on how foreseeable a vehicle's acceleration is over the long run. However, unlike the application of analyzing velocity in the short run, in optimized control at rapid or short-term power points, the energy spent on the intended route is much more indicative of the vehicle speed statistics, and it has been confirmed that the outcome of long-term forecasting of vehicle's velocity are of practical significance for estimation of arrival and forecasted possibilities for energy usage.

Taking into account what was mentioned above, a confidence interval was established for the evaluation of the forecast on the example of a number of streets or avenues in Baku, the capital of the Republic of Azerbaijan (Valiyev, 2013). However, this confidence interval includes predictions for the next few days based on observations on existing roads, not on roads being designed and reconstructed. For the purpose of this forecast, one confidence interval is given for each hour of the day, in which the indicator falls to 95% for the following days (Sandercock, 2015). As can be seen from the percentage indicator, the interval has a very important indicator in determining the average movement speed for the application of the "green wave" mode in very large and large cities (Ahmadov & Baghirov, 2019; Lu et al., 2022; Zhang et al., 2020).

## 2. Method

### 2.1. Data Collection

In order to establish a confidence interval, research was conducted on several streets and avenues in Baku. For this purpose, first of all, average traffic speed indicators were investigated in 8 streets and avenues in Baku city. The aforementioned research was carried out with the help of the equipment of the Intelligent Transport Management Center operating in Baku. Thus, the Video Vehicle Detection System, which is one of the ITMC's equipment, collects data on the intensity of vehicles on the roads at 1-minute intervals (Scheme 1).



Scheme 1. Flowchart for Comprehending the Data Collection and Gathering Methodology

The marked streets and avenues are shown in red in the following figure (Figure 1). The number of traffic light-controlled intersections, approximate spacing between them, the general time regimes of the traffic lights and the length of the streets and avenues are shown in Table 1 below.

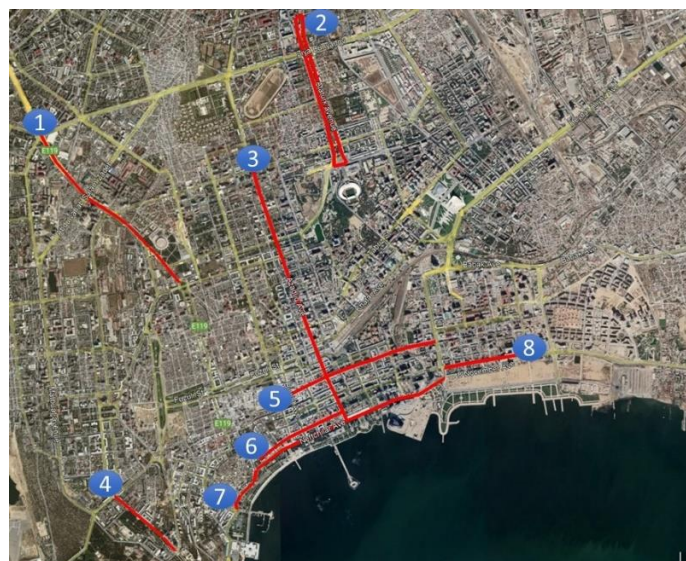


Figure 1. Research was conducted, 8 streets and avenues of Baku city

**Table 1.** The number of traffic light-controlled intersections, approximate spacing between them, the general time regimes of the traffic lights and the length of the streets and avenues

Street number	Number of traffic light-controlled intersections (number)	Approximate spacing of traffic light-controlled intersections (meters)	The length of the street (km)	Cycle in peak hours (second)	Cycle in non-peak hours (second)
1	6	400	2.51	90	70
2	4	410	2.06	90	70
3	16	100	3.30	90	70
4	1	490	0.98	90	70
5	6	230	1.90	90	70
6	3	290	1.18	90	70
7	2	1000	3.14	90	70
8	1	450	0.90	90	70

During the investigation of the first three weeks of April 2019, data were collected on the indicators of the average speed of motor vehicles from the first to the 21st of the month (including April 21) for all hours of the day (Table 2).

During the observations, taking into account that weekday drivers pay more attention to trips, for example, they often change the speed limit so as not to be late for work, and weekends are non-working days, the report was made only for working days. In the future, we consider it appropriate to conduct this type of report separately for non-working days.

### 2.2. Data Analysis

After appropriate analysis, a diagram of the dependence of the average speed of motor vehicles on the days of the month was constructed separately by hours of the day (Figure 2).

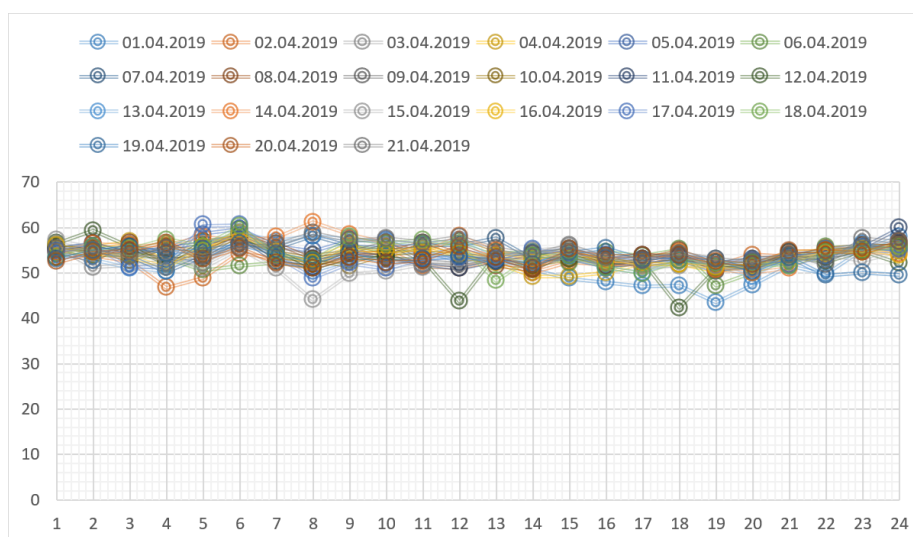


Figure 2. Comparison diagram of the average speed of vehicles by hours of the day for April 1-21,2019

**Table 2.** Average speed of motor vehicles for April 2019

Data		Average speed of motor vehicles																				
		For April 2019																				
hours per day	days of the week	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
		Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
1		53	56	56	56	56	56	55	55	56	55	57	54	54	57	56	55	55	53	53	52	55
2		54	54	51	56	57	54	55	53	56	55	59	53	57	56	54	56	56	55	55	54	55
3		56	53	52	57	54	54	54	57	55	53	56	51	56	54	54	51	55	56	56	55	54
4		54	47	53	53	55	53	50	52	53	56	55	50	56	53	51	51	57	54	57	57	55
5		52	49	52	55	59	51	54	55	53	55	57	57	58	51	56	60	56	55	55	53	54
6		57	54	57	60	60	52	57	59	58	58	58	59	57	55	59	61	60	56	56	55	56
7		54	53	54	55	56	52	55	56	55	54	52	57	58	51	54	54	54	54	54	52	56
8		50	52	52	53	55	51	58	53	54	53	51	58	61	44	52	49	53	53	53	51	59
9		53	53	55	56	57	56	56	54	55	52	54	57	59	50	55	52	58	54	54	53	57
10		54	55	53	53	57	55	55	54	57	54	53	57	57	50	55	51	56	52	52	52	58
11		55	51	51	56	54	55	56	57	53	55	52	53	54	52	55	53	57	53	53	53	57
12		53	51	51	53	55	57	56	54	52	54	51	44	57	52	54	53	56	54	54	56	58
13		53	53	53	52	53	54	58	52	53	53	54	53	55	53	54	53	48	53	53	53	55
14		51	50	54	49	53	54	53	51	51	52	54	54	52	55	53	55	54	52	52	51	54
15		49	52	55	49	54	52	53	55	54	53	55	54	55	56	55	54	54	54	54	55	56



Table 2. Continued

16	48	52	54	50	52	55	51	52	52	53	53	52	51	52	54	53	54	51	55	54	53
17	47	53	51	52	52	54	52	53	52	54	53	53	50	52	52	52	53	50	53	54	53
18	47	53	52	52	53	55	54	55	54	53	53	42	53	55	52	52	53	53	54	54	54
19	44	52	51	50	50	47	52	52	51	52	52	51	52	51	52	51	52	52	53	52	53
20	47	54	52	52	52	50	53	51	51	52	51	52	49	50	51	52	53	52	50	52	52
21	52	54	54	55	53	53	54	54	53	53	54	54	54	51	53	53	52	52	53	55	54
22	50	55	55	55	53	56	54	55	53	54	54	52	55	55	54	54	54	54	49	55	52
23	55	56	56	55	55	56	56	56	55	56	56	55	56	55	53	55	56	55	50	54	58
24	58	56	57	56	55	56	55	56	56	55	60	52	55	54	55	54	55	56	50	57	57

### 3. Results and Discussion

Based on the above-mentioned data, the unbiased statistical estimate of the mathematical expectation for the hours of the day, the unbiased statistical estimate of the standard deviation, the Student's distribution quantile, the lower and the upper limits criteria are obtained, and the values of the difference between them were determined and the df-degree of freedom and the confidence interval were calculated (Table 3) (Chen et al., 2020; Hurst, 2010; Shan et al., 2014; Thelwall & Fairclough, 2017; Zhang et al., 2021).

As of 01:00 every day of the first three weeks of April, the calculations were made in the following order:

- Unbiased statistical estimate for mathematical expectation (Poznyak, 2009):

$$v_{ME} = \frac{\sum_{i=1}^{15} v_{av,i}}{15} = 55.14 \text{ km/h}$$

here,

$v_{av,i}$  – respectively, the sum of the average speed indicators of vehicles on the i-th working day of April;

15– is the number of days the calculation is made.

- Unbiased statistical estimate for the standard deviation:

$$Y_{SD} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{15} (v_{av,i} - v_{ME})^2}{15 - 1}}$$

here,

$v_{av,i}$  – respectively, the sum of the average speed indicators of vehicles on the i-th working day of April;

$v_{ME}$  – unbiased statistical estimate for mathematical expectation

15 – is the number of days the calculation is made.

- Df-degree-of-freedom value:

$$df = 15 - 1 = 14$$

- Upper limit estimation:

$$v_{ul} = v_{ME} - \frac{2.14 \times Y_{SD}}{\sqrt{15}}$$

here,

2.14 – quantile of Student's distribution;

15 – is the number of days the calculation is made.

- Lower limit estimation:

$$v_{ll} = v_{ME} - \frac{2.14 \times Y_{SD}}{\sqrt{15}}$$

- Difference between upper and lower limit estimations:

$$v_{ul} - v_{ll}$$

Under the above-mentioned calculation rules, calculations were made for all hours of the day and these indicators are listed in table 3.

**Table 3.** Calculations for all hours of the day

Hour	An unbiased statistical estimate for the mathematical expectation	An unbiased statistical estimate for the standard deviation	DF-degree of freedom	The confidence interval	Quantile of Student's distribution	The lower limit	The upper limit	The difference
01:00	55.14	1.18			2.14	54.49	55.79	1.31
02:00	55.14	1.85			2.14	54.12	56.16	2.04
03:00	54.38	1.76			2.14	53.40	55.35	1.95
04:00	53.15	2.52			2.14	51.76	54.54	2.79
05:00	54.79	2.95			2.14	53.15	56.42	3.27
06:00	57.98	1.77			2.14	57.00	58.96	1.96
07:00	54.11	1.35			2.14	53.36	54.86	1.50
08:00	51.67	2.53			2.14	50.27	53.07	2.80
09:00	54.13	2.10			2.14	52.97	55.29	2.32
10:00	54.00	1.93			2.14	52.93	55.07	2.13
11:00	53.85	1.95			2.14	52.77	54.92	2.16
12:00	52.53	2.90			2.14	50.92	54.13	3.21
13:00	52.69	1.39	14	95.00%	2.14	51.92	53.47	1.54
14:00	52.44	1.85			2.14	51.42	53.47	2.05
15:00	53.59	2.05			2.14	52.45	54.73	2.27
16:00	52.33	1.80			2.14	51.33	53.33	2.00
17:00	51.80	1.66			2.14	50.88	52.72	1.84
18:00	51.81	3.16			2.14	50.06	53.56	3.50
19:00	50.97	2.17			2.14	49.77	52.17	2.41
20:00	51.45	1.44			2.14	50.66	52.24	1.59
21:00	53.19	0.97			2.14	52.66	53.73	1.07
22:00	53.59	1.80			2.14	52.60	54.59	1.99
23:00	54.79	1.54			2.14	53.94	55.65	1.71
24:00	55.39	2.38			2.14	54.07	56.70	2.63

As a result of the reports, we will get a comparative diagram of the average speed of vehicles in Baku, the capital of the Republic of Azerbaijan, during the first 21 days (15 working days) of April 2019, a result of the gap between the maximum and minimum hours of the day (Figure 3).

#### 4. Conclusion

Based on the obtained results, it will be more convenient to build a coordinated scheduling graph (“green wave” graph) on streets or avenues where it is not possible to determine the average speed of motor vehicles without detectors or video detection cameras. It will be possible to obtain the recommended speed indicators for all hours of the day on all streets or avenues where the “green wave” mode has been applied based on the confidence interval construction. Also, on streets or avenues that have implemented the “green wave” mode, the average speed of motor vehicles will be provided at the recommended speed according to the real mode for the hours of the day, which will not violate the coordinated scheduling graph,

reduce traffic congestions and, most importantly, the organization of traffic will lead to increased efficiency and safety.

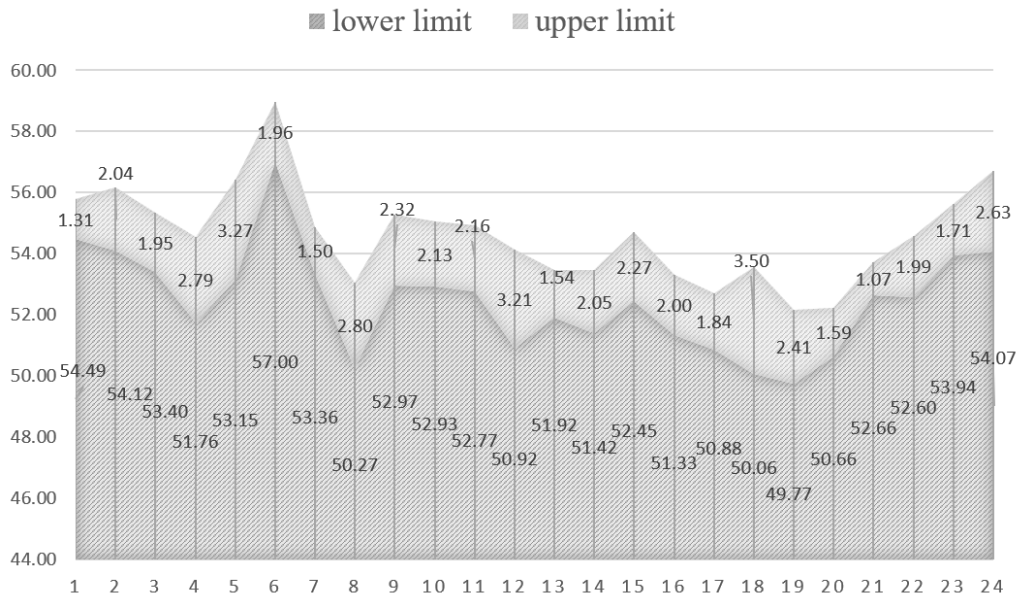


Figure 3. Comparative diagram of the average speed of motor vehicles during the first 21 days of April 2019, resulting from the gap between the maximum and minimum hours of the day

In the future, by increasing the number of investigated streets and avenues, as well as by more precisely studying other means of technical regulation of traffic on streets and avenues, it is possible to establish a more accurate confidence interval.

In addition, we inform you that according to the analyses, considering that weekday drivers pay more attention to trips, for instance, they often change the speed limit for not to be late for work, and weekends are non-working days, the report was made according to working days only.

**Ethics Committee Approval Statement**

Ethical committee approval is not required, as the study did not collect data from human or animal participants.

### References

- Ahmadov, G. M., & Baghirov, M. I. (2019). Application of Coordinated Regulatory System on Matbuat Avenue During Off-Peak Hours of the Day. *Scientific Works*, 4, 4.
- Chen, L., Xing, Y., Zhang, J., & Na, X. (2018). Levenberg–Marquardt backpropagation training of multilayer neural networks for state estimation of a safety-critical cyber-physical system. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 14(8), 3436–3446. doi: 10.1109/TII.2017.2777460
- Chen, Z., Wang, B., & Gorban A. N. (2020). Multivariate Gaussian and Student-*t* process regression for multi-output prediction. *Neural Computing and Applications*, 32(8), 3005–3028. doi: 10.1007/s00521-019-04687-8
- Hurst, S. (2010). *The Characteristic Function of the Student t-Distribution* (Financial Mathematics Research Report No. 95/6). Canberra: Centre for Mathematics and its Applications, School of Mathematical Sciences, ANU. <https://www.worldcat.org/title/characteristic-function-of-the-student-t-distribution/oclc/37065789>
- Jiang, H., & Learned-Miller, E. (2017). Face detection with the faster R-CNN *Proceedings of the 12th IEEE International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition*, 650–657. doi: 10.1109/FG.2017.82
- Jing, J., Filev, D., Kurt, A., Ozatay, E., Michelini, J., & Ozguner U. (2017). Vehicle speed prediction using a cooperative method of fuzzy Markov model and autoregressive model. *Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, 881–886.
- Kai, C., Yi, Z., & Fangyan D. (2015) A LSTM-based method for stock returns prediction: a case study of China stock market. *Proceedings of the IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, 2823–2824. doi: 10.1109/BigData.2015.7364089
- Lefèvre, S., Sun, Ch., Bajcsy, R., & Laugier, C. (2014). Comparison of parametric and non-parametric approaches for vehicle speed prediction. *Proceedings of the American Control Conference*, 3494-3499. doi: 10.1109/ACC.2014.6858871
- Lu, K., Xin, T., Shuyan, J., Jianmin, X., & Yinhai, W. (2022). Optimization model for regional green wave coordinated control based on ring-and-barrier structure. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 26(1), 68-80. doi:10.1080/15472450.2020.1795847
- Moreno-Lopez, M., & Kalita, J. (2017). Deep learning applied to NLP (arXiv:1703.03091v1). doi: 10.48550/arXiv.1703.03091
- Poznyak, A. S. (2009). 3-Mathematical Expectation, Advanced Mathematical Tools for Automatic Control Engineers: Stochastic Techniques. Elsevier.
- Sandercock, P.A. (2015). Short History of Confidence Intervals. *Stroke*, 46(8), 184-187. doi: 10.1161/STROKEAHA.115.007750
- Shah, A., Wilson, A. G., & Ghahramani Z. (2014). Student-*t* processes as alternatives to Gaussian processes. *Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Conference on Artificial Intelligence and Statistics (AISTATS)*, 877–885.



- Sun, R., Zhuang, X., Wu, Ch., Zhao, G., & Zhang K. (2015). The estimation of vehicle speed and stopping distance by pedestrians crossing streets in a naturalistic traffic environment. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 30, 97–106. doi: 10.1016/j.trf.2015.02.002
- Thelwall, M., & Fairclough, R. (2017). The accuracy of confidence intervals for field normalized indicators. *Journal of Informatics*, 11(2), 530-540. doi: 10.1016/j.joi.2017.03.004
- Valiyev, A. (2013). Baku. *Cities*, 31, 625-640. doi: 10.1016/j.cities.2012.11.004
- Xiaolei, M., Zhimin, T., Wang, Y., & Yunpeng, W. (2015). Long short-term memory neural network for traffic speed prediction using remote microwave sensor data. *Transportation Research Part C*, 54, 187–197. doi: 10.1016/j.trc.2015.03.014
- Yufang, L., Mingnuo, Ch., & Wanzhong, Zh. (2019). Investigating long-term vehicle speed prediction based on BP-LSTM algorithms. *IET Intelligent Transport Systems*, 13(8), 1281-1290. doi: 10.1049/iet-its.2018.5593
- Zhang, J., Shang, H., Li, X., & Yao, Y. (2020). An integrated arterial coordinated control model considering green wave on branch roads and pedestrian crossing time at intersections. *Journal of Management Science and Engineering*, 5(4), 303-317. doi:10.1016/j.jmse.2020.09.004
- Zhang, D., Min, L., Lan, Q., Zhang, Y., Jingcheng, L., & Jun, L. (2021). Analytical modeling of piezoelectric 6-degree-of-freedom accelerometer about cross-coupling degree. *Measurement*, 181. doi: 10.1016/j.measurement.2021.109630

Araştırma Makalesi

## Jandarma Bölgesinde Gerçekleşen Trafik Kazalarının Veri Madenciliği Yöntemiyle Analizi

Murat Önder<sup>1\*</sup> , Ahmet Eymen Öncü<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstriyel Tasarım A.B.D., Ankara, Türkiye

<sup>2</sup> Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Trafik Planlaması ve Uygulaması A.B.D., Ankara, Türkiye

### Öz

Dünyanın artan nüfusuna paralel olarak yolcu ve yük taşımacılığı ihtiyacı da artmaktadır. Ulaşım taleplerinin artması mevcut yol ağlarının genişlemesine ve ulaşım türlerinin artmasına neden olmuştur. Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre dünyada her yıl bir milyondan fazla kişi trafik kazası sonucu hayatını kaybetmektedir. Trafik güvenliği Jandarma ve Polis teşkilatlarının trafik birimleri ile sağlanmaktadır. Şehir içi trafik hizmetlerinden polis, şehir dışı trafik hizmetlerinden jandarma trafik ekipleri sorumludur. Jandarma teşkilatının taşrada görev yapması ve trafik akışının il merkezine göre değişiklik göstermesi nedeniyle kaza oluş nedenleri de farklılık gösterecektir. Jandarma trafik sorumluluk bölgesinde 2015-2019 yılları arasında meydana gelen ölümlü ve yaralanmalı trafik kazaları veri madenciliği yöntemlerinden olan birliktelik kuralları ile analiz edilmiştir. Birliktelik kuralları, kaza analizlerinde de hangi değişkenlerin bir araya geldiğinde kazanın oluştuğunu tespit etmekte kullanılmıştır. Birliktelik kuralları oluşturmak için literatürde kaza analizlerinde başarılı sonuçlar veren Apriori algoritması kullanılmıştır. Apriori algoritması kullanılarak hangi durumlarda kazaların daha sık olduğunu ortaya çıkarmak amacıyla kurallar oluşturulmuştur. Kazalara karışan sürücüler incelendiğinde 25-50 yaş aralığında erkek otomobil kullanıcısı olduğu tespit edilmiştir.

*Anahtar Kelimeler:* trafik kazaları, jandarma trafik, veri madenciliği

## Analysis of Traffic Accidents in the Gendarmerie Area by Data Mining Method

### Abstract

In parallel with the increasing population of the world, the need for passenger and freight transportation is also increasing. The increase in transportation demands has led to the expansion of existing road networks and an increase in transportation types. According to the World Health Organization data, more than one million people die every year in the world as a result of traffic accidents. Traffic safety is provided by the traffic units of the Gendarmerie and Police organizations. Police are responsible for urban traffic services and gendarmerie traffic teams are responsible for out-of-city traffic services. Since the gendarmerie organization works in the provinces and the traffic flow varies according to the city center, the reasons for the accident will also vary. Traffic accidents with fatalities/injuries that occurred in the Gendarmerie traffic responsibility area between 2015-2019 were analyzed with the association rules, which is one of the data mining methods. Association rules are also used in accident analysis to determine which variables come together and the accident occurs. In order to create association rules, the Apriori algorithm, which gives successful results in accident analysis in the literature, was used. Using the Apriori algorithm, rules were created in order to reveal in which situations the accidents were more frequent. When the drivers involved in the accidents were examined, it was determined that there were male car users between the ages of 25-50.

*Keywords:* traffic accidents, gendarmerie traffic, data mining

\* İletişim / Contact: Murat Önder, Endüstriyel Tasarım Ana Bilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara Türkiye. E-Posta / E-mail: [muratonder@gazi.edu.tr](mailto:muratonder@gazi.edu.tr)

Gönderildiği tarihi / Date submitted: 02.02.2023, Kabul edildiği tarih / Date accepted: 03.08.2023

Alıntı / Citation: Önder, M. ve Öncü A. E. (2023). Jandarma Bölgesinde Gerçekleşen Trafik Kazalarının Veri Madenciliği Yöntemiyle Analizi. *Trafik ve Ulaşım Araştırmaları Dergisi*, 6(2), 143–158. doi:10.38002/tuad.1246636



## Jandarma Bölgesinde Gerçekleşen Trafik Kazalarının Veri Madenciliği Yöntemiyle Analizi

Dünyanın artan nüfusuna paralel olarak yolcu ve yük taşımacılığı ihtiyacı da artmaktadır. Ulaşım taleplerinin artması mevcut yol ağlarının genişlemesine ve ulaşım türlerinin artmasına neden olmuştur. Ülkemizde yolcu taşımacılığının %95,2'si karayoluyla yapılmaktadır (Dışişleri Bakanlığı, 2022). Karayoluyla yapılan taşımacılıkta kullanılan araç sayısının kullanıma paralel artması trafik kaza sayılarının artmasına neden olmaktadır (Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK], 2020). Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre dünyada her yıl bir milyondan fazla insan trafik kazası sonucu hayatını kaybetmekte ve trafik kazası nedeniyle ölümler her yıl üst sıralara yükselmeye devam etmektedir.

Trafik kazalarının önlenmesine yönelik çalışan kurumların başında İçişleri Bakanlığı ve Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) gelmektedir. Karayolları Trafik Kanununa göre “Trafik kazalarının oluş nedenlerine göre verileri hazırlamak ve karayollarında, gerekli önleyici teknik tedbirleri almak veya aldırarak” görevi KGM’ye; “Trafik kazalarının oluş nedenleri ile ilgili tüm unsurları kapsayan istatistik verileri ve bilgilerini toplamak, değerlendirmek, sonuçlarına göre gereken önlemlerin alınmasını sağlamak ve ilgili kuruluşlara teklifte bulunmak” görevi ise İçişleri Bakanlığına verilmiştir (Karayolları Trafik Kanunu, 1983). 2020 yılı TÜİK verilerine göre toplam 150.275 ölümlü ve yaralanmalı trafik kazası meydana geldiği görülmekte, bu kazalarda toplam 4.866 kişinin hayatını kaybettiği, 226.266 kişinin de yaralandığı görülmektedir (TÜİK, 2020).

Trafik güvenliği Jandarma ve Polis teşkilatlarının trafik birimleriyle sağlanmaktadır. Şehir içi trafik hizmetlerinden polis, şehir dışı trafik hizmetlerinden jandarma trafik ekipleri sorumludur. Jandarma teşkilatının taşrada görev yapması ve trafik akışının il merkezine göre değişiklik göstermesi nedeniyle kaza oluş nedenleri de farklılık gösterecektir. Ülkemizde karayollarında meydana gelen trafik kazaları ölümlü ve yaralanmalı ile maddi hasarlı olarak sınıflandırılmaktadır. Gelişmiş ülkelerde ülkemizden farklı olarak yaralıları ağır yaralı ve hafif yaralı olarak iki farklı grupta ele alınmaktadır (Geçer, 2021)

Hazine Müsteşarlığı'nın 1 Nisan 2008 tarihli 2007/27 sayılı Genelgesi ile trafik kazalarında sadece maddi hasarla sonuçlanan kazalarda taraflar kendi aralarında tutanak düzenleyebilecektir (Maddi Hasarlı Trafik Kazaları, 2008). Genelgeye göre düzenlenecek tutanaklar trafik zabıtasınca düzenlenen tutanakla aynı hükümdedir fakat bazı istisna durumlarda taraflar kendi aralarında kaza tespit tutanağı düzenleyemez. Bu istisnalar en son Hazine Müsteşarlığı'nın 7 Kasım 2017 tarihli 2017/18 sayılı Genelgesi ile belirtilmiştir (Maddi Hasarlı Trafik Kazaları, 2017). Bu istisnalar;

- Kazaya bir aracın karışması
- Taraflardan birinin sürücü belgesi olmaması veya yetersiz olması
- Araçlardan birinin sigortası bulunmaması
- Sürücülerden birinde alkol veya uyuşturucu madde kullandığı şüphesi oluşması durumunda
- Kazaya karışan araçlardan birinin kamu malı olması
- Kazada kamu malına veya üçüncü kişilere zarar verilmesi
- Kazanın ölüm veya yaralanma ile sonuçlanması

Bu çalışmada hazine müsteşarlığı genelgesinin istisnai durumlarından olan ölüm veya yaralanmalı kaza durumunda olay yerine çağrılan polis/jandarma trafik ekipleri tarafından tutulan raporlardan oluşturulan TÜİK kaza istatistiklerinden faydalanılacaktır.

**Tablo 1.** Yıllara Göre Trafik Kaza İstatistikleri

YILLAR	TOPLAM KAZA SAYISI	ÖLÜMLÜ, YARALANMALI KAZA SAYISI	MADDİ HASARLI KAZA SAYISI	ÖLÜ SAYISI			YARALI SAYISI
				TOPLAM	KAZA YERİNDE	KAZA SONRASI	
2010	1.105.201	116.804	988.397	4.045	4.045	-	211.496
2011	1.228.928	131.845	1.097.083	3.835	3.835	-	238.074
2012	1.296.634	153.552	1.143.082	3.750	3.750	-	268.079
2013	1.207.354	161.306	1.046.048	3.685	3.685	-	274.829
2014	1.199.010	168.512	1.030.498	3.524	3.524	-	285.059
2015	1.313.359	183.011	1.130.348	7.530	3.831	3.699	304.421
2016	1.182.491	185.128	997.363	7.300	3.493	3.807	300.812
2017	1.202.716	182.669	1.020.047	7.427	3.534	3.893	300.383
2018	1.229.364	186.532	1.042.832	6.675	3.368	3.307	307.071
2019	1.168.144	174.896	993.248	5.473	2.524	2.949	283.234
2020	983.808	150.275	833.533	4.866	2.197	2.669	226.266

*Kaynak: KGM Trafik Kazaları Özeti 2020*

Karayolları Genel Müdürlüğünün 2021 yılı içerisinde çıkardığı rapordan alınan Tablo 1'e bakıldığı zaman toplam kaza sayısının yaklaşık 1,2 milyon olduğu görülmektedir. Toplam ölümlü yaralanmalı kaza sayısı ortalama 180 bin civarındadır. Maddi hasarlı kaza sayısına bakıldığında ise ortalama 1 milyon kaza meydana gelmektedir. Ölüm sayılarına bakıldığı zaman 2015 yılından itibaren kaza yerinde de kaza sonrası olarak 2 ayrı sayının olduğu görülmektedir bu nedenle 2015 yılı öncesi ölüm sayıları biraz daha az gözükmektedir. 2015 yılı sonrası verilere bakıldığı zaman ölüm sayılarının ortalama 6 bin civarında olduğu görülmektedir.

**Tablo 2.** Yıllar İtibarıyla Meydana Gelen Ölümlü ve Yaralanmalı Trafik Kazalarındaki Kusur Oranları

YILLAR	İNSAN FAKTÖRÜ				TAŞIT %	YOL %
	SÜRÜCÜ %	YAYA %	YOLCU %	TOPLAM %		
2010	89,72	8,97	0,36	99,05	0,33	0,63
2011	90,20	8,51	0,39	99,10	0,30	0,60
2012	88,86	9,75	0,44	99,05	0,33	0,62
2013	88,97	8,91	0,43	98,31	0,92	0,77
2014	89,12	9,21	0,48	98,81	0,62	0,58
2015	89,76	8,67	0,45	98,88	0,58	0,54
2016	90,02	8,60	0,41	99,03	0,50	0,46
2017	90,29	8,35	0,37	99,01	0,55	0,45
2018	89,64	8,28	1,09	99,01	0,64	0,35
2019	88,89	7,92	0,85	97,65	2,05	0,30
2020	88,65	6,93	1,46	97,04	2,69	0,27

*Kaynak: KGM Trafik Kazaları Özeti, 2020*

Yıllar itibarıyla meydana gelen ölümlü ve yaralanmalı trafik kazalarındaki kusur oranlarının yer aldığı Tablo 2 incelendiğinde kazaların büyük çoğunluğunun insan hatasından kaynaklandığı görülmektedir. Taşıt ve yol sorunları incelendiğinde ise son 3 yılda taşıt kusurlarının arttığı, yol sorunlarının ise %0,2 civarında kaldığı görülmektedir.

Literatür incelendiğinde yapılan çalışmaların daha çok kent merkezi içerisinde olan kazaların analizi şeklinde olduğu görülmüştür. Bu çalışma ise 2015-2019 yılları arasında kırsal bölgelerde meydana gelen kazaları kapsamaktadır. 2015 yılına kadar olan kaza verilerinde kaza sonrası ölümlerin yer almaması ve 2019 yılından sonra Covid-19 pandemisi nedeniyle trafik miktarındaki değişmeye paralel olarak kaza istatistiklerinin değişmesi nedeniyle karşılaştırılabilir kaza istatistik verilerinin mevcut olduğu 2015-2019 yılları arasında meydana gelen kazalar incelenmiştir.

Veri madenciliği anlamında literatür incelendiğinde trafik kazalarının incelediğini tez ve makale çalışmaları bulunmaktadır. Meydana gelen trafik kazalarını incelediği (Parıldar, 2014), aynı şekilde yapay sinir ağları ile analiz yapıldığı (Yıldırım, 2014; Bolakar, 2014), farklı olarak zaman serileri analizlerinin kullanıldığı (Bagherinabel, 2014) ve coğrafi bilgi sistemlerinin eklenerek incelendiği (Ertunç, 2013) makaleler yapılmıştır. Apriori algoritması ile yangın verileri kullanılarak yapılan çalışmada yangınların hangi mevsimlerde ne türler ile gerçekleşebileceği konusunda çalışmalar yapılmıştır (Yurtay, Yurtay, Çelebi, Bacınoğlu ve Ak, 2014).

Bu çalışma ile amaç ilgili yıllar içerisinde olan kazaların oluş nedenleri analiz edilerek ileriye dönük karar vericiler için yol güzergâh planlamasındaki parametreleri ortaya koymaktır. Bu çalışmanın temel motivasyonu birliktelik kuralları ile jandarma bölgesindeki kazaların analiz edilmesidir. Çalışmaya neden olan araştırma boşluğu ise genel anlamda bu tip çalışmaların kent merkezi özelinde yapılıyor olmasıdır. Çalışmanın temel araştırma sorusu ise hangi koşullar oluştuğunda kaza olmaktadır. Bu çalışma ile kazaların önlenmesi konusunda karar alıcılara yarar sağlamak adına katkı sunulmuştur. Çalışmanın bundan sonraki bölümlerinde veri setleri Apriori yöntemi kullanılarak Jandarma bölgesindeki kazalar analiz edilecektir. Veri seti olarak 2015-2019 yılları arasında kayıt altına alınan veriler kullanılacaktır. Analiz edilen veri setleri yorumlanarak sonuçlar yazılacaktır.

## 2. Yöntem

2015-2019 yılları arasında jandarma trafik sorumluluk bölgesinde meydana gelen ölümlü/yaralanmalı kazaları veri madenciliği yöntemlerinden apriori algoritması ile analiz edilmiştir. Apriori algoritması sık eleman kümesi madenciliği yani birliktelik kuralları olarak adlandırılan veri madenciliği grubuna aittir. Bu gruptaki diğer algoritmalar; AIS algoritması, Apriori TID algoritması, SETM algoritması ve FPGROWTH algoritması olarak sıralanabilir (Karamaşa ve Erdoğan, 2018).

Birliktelik analizi, veri kümelerindeki ilişkili öğeleri veya olayları keşfetmek için kullanılır. Apriori algoritması, birliktelik kurallarını keşfetmek için kullanılan en yaygın algoritmalarından biridir. Basit ve anlaşılması kolay, hızlı ve ölçeklenebilir ve kural güvenilirliği olması açısından avantajlıdır. Fakat veri seti büyüdükçe hafıza gereksinimi ve işlem maliyeti dezavantaj olmaktadır.

“Market Sepet Analizi” olarak da adlandırılan Birliktelik Kuralları tekniği ile daha çok müşterilerin tüketim alışkanlıklarının analizine yönelik değerlendirmeler yapılmaktadır ve satın alma işlemlerinde birlikte oluşma eğilimi olan ürünlerin veya ürün gruplarının tanımlanmasına olanak sağlar” (Alan ve Yeşilyurt, 2019).



Trafik kazalarına yönelik birliktelik kuralları ve Apriori algoritmasıyla birçok çalışma yapılmış ve kaza analizlerinde başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu alanda yapılan çalışmalara; Geurts ve diğerleri (2005), Solomon ve diğerleri (2006), Montella (2011), El Tayeb, Pareek ve Araar (2015), Söylemez ve diğerleri (2016) ile Karamaşa ve Erdoğan (2018) örnek gösterilebilir. Çalışmalarda elde edilen kurallara göre kazaların hangi değişkenler bir araya geldiğinde daha sık yaşandığının tespiti yapılmaya çalışılmıştır.

Apriori algoritmasında Destek (Support) ve Güven (Confidence) olmak üzere 2 parametre kullanılmaktadır. Destek ve Güven parametrelerinin sayısal olarak büyük olması birliktelik kurallarının daha geçerli olduğunu gösterir. Apriori algoritması varsayılan olarak Destek değerini %10, Güven değerini ise %80 olarak alır. Kullanıcı istediği gibi bu değerleri değiştirebilir (Alan ve Yeşilyurt, 2019). Kullanılan yazılıma göre destek, güven ve kaldırmaç değerleri elle girilebilir ve istenilen değere göre sıralama yapılabilir. Kuralın kaç tane olacağı da kullanıcı tarafından belirlenebilir. Analizde WEKA yazılımı kullanılmıştır. Yazılımın Türkçe karakter desteklememesinden dolayı eleman listesinde bulunan Türkçe karakterler çıkarılarak analiz yapılmıştır.

Destek seviyesi; ilgili kuralın tüm veri seti içinde gerçekleşme sıklığını gösterir.

$$\text{Des}(A \rightarrow B) = \frac{\text{Sayı}(A \cup B)}{n}$$

Güven değeri; A'yı içeren tüm verilerin B'yi de içermesi olasılığıdır.

$$\text{Güv}(A \rightarrow B) = \frac{\text{Sayı}(A \cup B)}{\text{Sayı}(A)}$$

Birliktelik kurallarının aşamaları aşağıda verilmiştir.

Aşama 1: Veri kümesinin taranması ve frekansın bulunması ile destek değerinin belirlenmesi,

Aşama 2: Aşama 1'de belirlenen kurala göre 2'li kural adaylarının oluşturulması,

Aşama 3: Aşama 2'de belirlenen kurala göre 3'lü kural adaylarının oluşturulması,

Bu şekilde aşamalar devam eder. Analizde kullanılan değişkenler ve eleman kümeleri Tablo 3'de gösterilmiştir.

### 3. Bulgular

2015-2019 yıllarında Jandarma trafik bölgesinde meydana gelen ölümlü-yaralanmalı trafik kazalarının verileri ile analiz gerçekleştirilmiştir. 17 değişkenin (Tablo 3) kullanıldığı analizde minimum destek değeri 0,3 olarak, minimum güven değeri ise 0,95 olarak belirlenmiştir.

#### 3.1. 2015 Yılı

Jandarma bölgesinde 2015 yılında gerçekleşen 27.810 ölümlü ve yaralanmalı kazaya karışan 37.122 sürücüye ait veriler analiz edilmiştir. Oluşturulan kurallara (Ek-1) göre kazaların %34,5'i hafif hasarlı şekilde ve bu kazaların %98'i yaralanmalı kaza olarak kayıtlara geçmiştir. Hafif hasarlı ve yaralanmalı kazaların tüm kazalara oranı %33,9 olarak gerçekleşmiştir. Kazaların %38'i yerleşim yeri içinde ve yerleşim yeri içinde olan kazaların %98'i yaralanmalı olarak, yerleşim yeri içinde ve yaralanmalı olan kazaların tüm kazalara oranı ise %37 olarak gerçekleşmiştir. Kazaların %40'ı gündüz ve eğimsiz yollarda meydana gelmiştir. Bu kazaların %97'si yaralanmalı olarak sonuçlanmıştır. Gündüz otomobillerin karıştığı kaza oranı %31,7 iken bu kazaların %97'si yaralanmalı olarak sonuçlanmıştır. Eğimsiz yollarda sürücünün 25-50 yaş aralığında olduğu durumda yaralanmalı kaza olma oranı %33,5 olarak gerçekleşmiştir.

Diğer kurallar incelendiğinde kazaların genellikle eğimsiz, viraj olmayan, B sürücü belgesine sahip, 25-50 yaş aralığında, otomobil kullanıcısı ve gündüz meydana geldiği görülmektedir.

**Tablo 3.** Veri Seti Değişkenleri ve İçerdikleri Elemanlar

DEĞİŞKEN ADI	ELEMAN LİSTESİ
<b>YOL SINIFI</b>	CADDE, KOY YOLU, IL YOLU, DEVLET YOLU, SOKAK, BAGLANTI YOLU, ORMAN YOLU, SERVİS YOLU, DİGER, PARK ALANI, TESİS (MULK) ONU VEYA İCI, OTOYOL
<b>YERLEŞİM YERİ</b>	YERLEŞİM YERİ İCI, YERLEŞİM YERİ DISI
<b>KAZA AY</b>	OCAK, SUBAT, MART, NISAN, MAYIS, HAZİRAN, TEMMUZ, AGUSTOS, EYLÜL, EKİM, KASIM, ARALIK
<b>HAFTANIN GÜNÜ</b>	PAZARTESİ, SALI, CARŞAMBA, PERŞEMBE, CUMA, CUMARTESİ, PAZAR
<b>KAZA SAATI</b>	00:00-00:59, 01:00-01:59, 02:00-02:59, 03:00-03:59, 04:00-04:59, 05:00-05:59, 06:00-06:59, 07:00-07:59, 08:00-08:59, 09:00-09:59, 10:00-10:59, 11:00-11:59, 12:00-12:59, 13:00-13:59, 14:00-14:59, 15:00-15:59, 16:00-16:59, 17:00-17:59, 18:00-18:59, 19:00-19:59, 20:00-20:59, 21:00-21:59, 22:00-22:59, 23:00-23:59
<b>AYDINLATMA</b>	1-VAR, 2-YOK, 3-BOZUK
<b>GÜN DURUMU</b>	1-GÜNÜZ, 2-GECE, 3-ALACAKARANLIK
<b>YATAY GEOMETRİ</b>	1-DUZ YOL, 2-VİRAJ, 3-TEHLİKELİ VİRAJ
<b>DÜŞEY GEOMETRİ</b>	1-EGİMSİZ, 2-EGİMLİ, 3-TEHLİKELİ EGİM, 4-TEPE USTU
<b>OLUŞ SEKİ 1</b>	0-BELİRTİLMEMİŞ, 1-KARŞILIKLI CARPİSMA, 2-ARKADAN CARPMA, 3-YANDAN CARPMA, 4-YAN YANA CARPİSMA, 5-DURAN ARACA CARPMA, 6-ZİNCİRLEME CARPİSMA, 7-COKLU CARPİSMA, 8-ENGEL/CİSİM İLE CARPİSMA, 9-YAYAYA CARPMA, 10-HAYVANA CARPMA, 11-DEVİRİLME/SAVRULMA/TAKLA, 12-YOLDAN ÇIKMA, 13-ARACTAN İNSAN DÜŞMESİ, 14-ARACTAN CİSİM DÜŞMESİ, 15-PARK ETMİŞ ARACA CARPMA
<b>OLUŞ SEKİ 2</b>	
<b>YAŞI</b>	25 YAŞINDAN KUCUK, 25-50, 51-75, 75 YAŞINDAN BÜYÜK
<b>CİNSİYET</b>	ERKEK, KADIN
<b>BELGE SINIFI</b>	A1-MOTORLU BİSİKLET, A2-MOTORSİKLET, B-OTOMOBİL, C-KAMYON, D-ÇEKİCİ, E-OTOBUS, F-LASTİK TEKERLEK TRAKTOR, G-İS MAKİNASI, H (OTOMOBİL), YB-YABANCI SÜRUCU BELGE, H-HASTA VEYA SAKAT ARACI, BİLİNİYOR,
<b>OGRENİM</b>	İLKOKUL, İLKOGRETİM, ORTAOKUL, LİSE VE DENGİ OKUL, 2 YIL SURELİ YÜKSEK OKUL, YUKSEK OKUL (LİSANS),
<b>İHLAL</b>	2918 SAYILI KARAYOLU TRAFİK KANUNUNDA YER ALAN TRAFİK KURALLARININ MADDELERİ YER ALMAKTADIR.
<b>ARACIN CİNSİ</b>	1-BİSİKLET, 2-AT ARABASI, 3-MOTORLU BİSİKLET, 4-MOTOSİKLET, 5-OTOMOBİL, 6-MİNİBUS 7-KAMYONET, 8-KAMYON, 9-ÇEKİCİ, 10-OTOBUS, 11-TRAKTOR, 12-ARAZI, 13-ÖZEL AMAÇLI, 14-İS MAKİNESİ, 15-AMBULANS, 16-TANKER, 17-TREN
<b>HASAR DERECEİ</b>	1-HASARSIZ, 2-HAFİF HASAR, 3-FONKSİYONEL HASAR, 4-HAREKET EDEMEZ, 5-AGIR HASAR, 6-TESPİT EDİLEMEDİ, 0-BELİRTİLMEMİŞ
<b>KAZA TİPİ</b>	YARALAMALI, OLUMLU

\*Analiz nedeniyle tabloda büyük karakter kullanılmış ve Türkçe karakter kullanılmamıştır.

### 3.2. 2016 Yılı

Jandarma bölgesinde 2016 yılında gerçekleşen 28.440 ölümlü ve yaralanmalı kazaya karışan 38.073 sürücüye ait veriler analiz edilmiştir. Oluşturulan kurallara (Ek-2) göre kazaların %33,5'i hafif hasarlı şekilde ve bu kazaların %98'i yaralanmalı kaza olarak kayıtlara geçmiştir. Hafif hasarlı ve yaralanmalı kazaların tüm kazalara oranı %32,8 olarak gerçekleşmiştir. Kazaların %38'i yerleşim yeri içinde ve yerleşim yeri içinde olan kazaların %98 yaralanmalı

olarak, yerleşim yeri içinde ve yaralanmalı olan kazaların tüm kazalara oranı ise %37 olarak gerçekleşmiştir. Kazaların %32'si gündüz ve otomobilde meydana gelmiştir. Bu kazaların %97'si yaralanmalı olarak sonuçlanmıştır. Gündüz B sınıfı sürücü belgesi sahiplerinin karıştığı kaza oranı %31,1 iken bu kazaların %97'si yaralanmalı olarak sonuçlanmış ve tüm kazalar içinde %30 kaza bu şekilde sonuçlanmıştır. Gündüz ve eğimsiz yollarda kazaların %41,9'u bu kazalarında %97'si yaralanmalı olarak meydana gelmiştir. Diğer kurallar incelendiğinde B sınıfı ehliyete sahip, otomobil kullanıcıları, 25-50 yaş aralığındaki sürücüler, düz ve virajsız yollar, köy yolunda meydana gelen kazalar, yoldan çıkma ve devrilme-savrulma-takla ile oluşan kazalar ve öğrenim durumu ilköğretim olan sürücülerin daha fazla kazaya karıştıkları görülmektedir.

### 3.3. 2017 Yılı

Jandarma bölgesinde 2017 yılında gerçekleşen 28.559 ölümlü ve yaralanmalı kazaya karışan 38.684 sürücüye ait veriler analiz edilmiştir. Oluşturulan kurallara (Ek-3) göre kazaların %33,4'ü hafif hasarlı şekilde ve bu kazaların %98'i yaralanmalı kaza olarak kayıtlara geçmiştir. Hafif hasarlı ve yaralanmalı kazaların tüm kazalara oranı %32,9 olarak gerçekleşmiştir. Kazaların %39,1'i yerleşim yeri içinde ve yerleşim yeri içinde olan kazaların %98'i yaralanmalı olarak, yerleşim yeri içinde ve yaralanmalı olan kazaların tüm kazalara oranı ise %38,2 olarak gerçekleşmiştir. Kazaların %42'si gündüz ve eğimsiz meydana gelmiştir. Bu kazaların %98'i yaralanmalı olarak sonuçlanmıştır. Gündüz, düz ve virajsız yollarda meydana gelen kazaların oranı %30,9 olurken bu kazaların %97'si yaralanmalı olarak sonuçlanmış ve tüm kazalar içinde %30,2 kaza bu şekilde sonuçlanmıştır. Gündüz ve B sınıfı sürücü belgesi sahiplerinin karıştığı kaza oranı %32,8 iken bu kazaların %97'si yaralanmalı olarak sonuçlanmış ve tüm kazalar içinde %32 kaza bu şekilde sonuçlanmıştır. Diğer kurallar incelendiğinde B sınıfı ehliyete sahip, otomobil kullanıcıları, 25-50 yaş aralığındaki sürücüler, düz ve virajsız yollar, köy yolunda meydana gelen kazalar, devrilme-savrulma-takla ile oluşan kazalar daha sık meydana geldiği görülmektedir.

### 3.4. 2018 Yılı

Jandarma bölgesinde 2018 yılında gerçekleşen 29.676 ölümlü ve yaralanmalı kazaya karışan 39.253 sürücüye ait veriler analiz edilmiştir. Oluşturulan kurallara (Ek-4) göre kazaların %32,4'ü hafif hasarlı şekilde ve bu kazaların %98'i yaralanmalı kaza olarak kayıtlara geçmiştir. Hafif hasarlı ve yaralanmalı kazaların tüm kazalara oranı %31,9 olarak gerçekleşmiştir. Kazaların %38,7'si yerleşim yeri içinde ve yerleşim yeri içinde olan kazaların %98'i yaralanmalı olarak, yerleşim yeri içinde ve yaralanmalı olan kazaların tüm kazalara oranı ise %37,9 olarak gerçekleşmiştir. Kazaların %32,6'sı gündüz ve otomobilde meydana gelmiştir. Bu kazaların %98'i yaralanmalı olarak sonuçlanmıştır. Gündüz ve 25-50 yaş arasındaki sürücülerin karıştığı kazaların oranı %40,5 olurken bu kazaların %97'si yaralanmalı olarak sonuçlanmış ve tüm kazalar içinde %39,4 kaza bu şekilde sonuçlanmıştır. Gündüz eğimsiz yollarda meydana gelen kaza oranı %42 iken bu kazaların %97'si yaralanmalı olarak sonuçlanmış ve tüm kazalar içinde %40,9 kaza bu şekilde sonuçlanmıştır. Diğer kurallar incelendiğinde B sınıfı ehliyete sahip, otomobil kullanıcıları, 25-50 yaş aralığındaki sürücüler, düz ve virajsız yollar, köy yolunda ve yerleşim yeri dışında meydana gelen kazalar, devrilme-savrulma-takla ile oluşan kazalar daha sık meydana geldiği görülmektedir.

### 3.5. 2019 Yılı

Jandarma bölgesinde 2019 yılında gerçekleşen 26.704 ölümlü ve yaralanmalı kazaya karışan 35.727 sürücüye ait veriler analiz edilmiştir. Oluşturulan kurallara (Ek-5) göre kazaların %31,9'u hafif hasarlı şekilde ve bu kazaların %99'u yaralanmalı kaza olarak kayıtlara geçmiştir. Hafif hasarlı ve yaralanmalı kazaların tüm kazalara oranı %31,5 olarak

gerçekleşmiştir. Kazaların %39,1'i yerleşim yeri içinde ve yerleşim yeri içinde olan kazaların %98'i yaralanmalı olarak, yerleşim yeri içinde ve yaralanmalı olan kazaların tüm kazalara oranı ise %38,5 olarak gerçekleşmiştir. Kazaların %33,8'i gündüz ve otomobilde meydana gelmiştir. Bu kazaların %98'i yaralanmalı olarak sonuçlanmıştır. Benzer şekilde kazaların %32,7'si gündüz ve B sınıfı ehliyete sahip sürücüler tarafından gerçekleştirilmiş, bu kazaların %98'i yaralanmalı olarak sonuçlanmıştır. Gündüz ve eğimsiz yollarda meydana gelen kazaların oranı %42,2 olurken bu kazaların %98'si yaralanmalı olarak sonuçlanmış ve tüm kazalar içinde %41,3 kaza bu şekilde sonuçlanmıştır. Gündüz ve 25-50 yaş arasındaki sürücülerin karıştığı kazaların oranı %39,9 olurken bu kazaların %98'si yaralanmalı olarak sonuçlanmış ve tüm kazalar içinde %39,1 kaza bu şekilde sonuçlanmıştır. Diğer kurallar incelendiğinde B sınıfı ehliyete sahip, otomobil kullanıcıları, 25-50 yaş aralığındaki sürücüler, gündüz, düz ve virajsız yollar, köy yolunda ve yerleşim yeri dışında meydana gelen kazalar, yoldan çıkma ve devrilme-savrulma-takla ile oluşan kazalar daha sık meydana geldiği görülmektedir.

#### 4. Tartışma

Yıllara göre kaza nedenleri incelendiğinde değişkenlerin oranlarında farklılıklar olmakla birlikte genellikle aynı sonuçlar alınmıştır. 2015-2019 yılları arasında kazaların yaklaşık %40'ı yerleşim yeri içinde ve bu kazaların tamamına yakını yaralanmalı olarak gerçekleşmiştir. Yıllara göre değişkenlik göstermekle birlikte genel olarak kazaların yaklaşık 3'te 1'i gündüz, 25-50 yaş aralığındaki sürücülerin kullandığı otomobillerde, eğimsiz ve virajsız yollarda meydana geldiği görülmektedir. Kazaların meydana geldiği durumlarda değişkenlerin genellikle aynı olduğu görülmekte, bu değişkenlerin bir araya geldiğinde kaza olma riski artacağından bu değişkenlerin bir araya gelmesini önleyecek tedbirler alınmalıdır. Örnek olarak eğimsiz ve virajsız yolların güvenliği artırıcı önlemlerle donatılması, sürücülerin dikkatini çekecek uyarı işaretlerinin konulması gibi adımlar alınabilir. Kazaların sık yaşandığı noktalara özel olarak çalışmaların yapılması sonuçların daha hızlı alınacağı öngörülmektedir.

Bu durum için alınabilecek önlemler; Yolun kullanım kapasitesine göre hız sınırı uygulaması yapılabilir, Eğimsiz ve virajsız yollar için özel altyapı geliştirebilir, İleriye dönük olarak kırsalda kullanılacak araçların günümüz yol güvenliği teknolojilerine sahip olması sağlanabilir ve en son olarak değişik zamanlarda değişik bölgelerde trafik denetmeleri yapılması olabilir.

#### 5. Sonuçlar

Sonuç olarak 2015-2019 yılları arasında meydana gelen 141.189 ölümlü ve yaralanmalı kazaya karışan 188.859 kişinin verileri analiz edilmiştir. Analiz sonucu bulunan birliktelik kurallarındaki değişkenlerin bir araya geldiği durumlarda karayolu denetimlerinin artırılması yaralanmalı ve ölümlü kazaların önüne geçilebilmesi açısından önemlidir. Kazalara karışan sürücüler incelendiğinde 25-50 yaş aralığında erkek (kazaya karışan sürücülerin %56'sı) otomobil kullanıcısı olduğu görülmektedir. Trafik denetimlerinde özellikle bu grubun üzerine yoğunlaşmak kazaya etken faktörlerin en başında gelen sürücü kaynaklı kazaların (kazaların yaklaşık %90'ı sürücü hatasından kaynaklanmaktadır) azaltılmasında etkili olacağı değerlendirilmektedir. Apriori algoritması veri seti boyutu ve kalitesi gibi sınırlılıkları olmakla beraber anlamlı sonuçlar çıkarması açısından kullanılmıştır. Araç teknolojisi ve yol güvenliği artmasına rağmen Jandarma bölgesinde kayıtlara geçen kazaların veri madenciliği ile analiz edilerek karar vericilerin kazaların oluş nedenleri hakkında bilgi sahibi olması ve ileriye dönük olarak gerekli önlemleri alması sağlanabilir. Bu tür analizler, kazaların hangi faktörlerden kaynaklandığını belirlemek, potansiyel riskleri ortaya çıkarmak ve güvenlik önlemlerini daha etkili bir şekilde yönlendirmek için önemli bir araçtır.

Sonuç olarak, veri analizine dayalı bilgi, kazaların önlenmesi ve trafik güvenliğinin artırılması konusunda karar vericilere rehberlik etmektedir. Karayolu denetimlerinin güçlendirilmesi,

sürücü hatalarının azaltılması, araç teknolojisinin ve yol güvenliğinin iyileştirilmesi gibi önlemlerle kazaların ve olası yaralanmaların sayısının azaltılması hedeflenmektedir.

### **Etik Kurul Onay Beyanı**

İlgili çalışmada insan veya hayvan katılımcılardan veri toplanmadığı için etik kurul izni gerekmemektedir.



### Kaynakça

- Alan, M. A., ve Yeşilyurt, C. (2019). Birliktelik kuralları madenciliği ile yatan hasta profilinin çıkarılması. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 23(4), 1917-1926.
- Bagherinabel, E. (2014). *Trafik kazalarının zaman serisi analizi ile değerlendirilmesi*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Bülent Ecevit Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Halk Sağlığı Anabilim Dalı, Zonguldak.
- Bolakar, H. (2014). *Yapay sinir ağları ile trafik kazalarının modellenmesi: Erzurum ili örneği*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Ulaştırma Mühendisliği Bilim Dalı, Erzurum.
- Dışişleri Bakanlığı (2022). *Türkiye’de Karayolu Taşımacılığı*. Erişim Adresi: [https://www.mfa.gov.tr/turkiye\\_de-karayolu-tasimaciligi-.tr.mfa](https://www.mfa.gov.tr/turkiye_de-karayolu-tasimaciligi-.tr.mfa). Son Erişim Tarihi: 17.11.2022.
- El Tayeb, A. A., Pareek, V., ve Araar, A. (2015). Applying association rules mining algorithms for traffic accidents in Dubai. *International Journal of Soft Computing and Engineering*, 5(4), 1-12.
- Ertunç, E. (2013). *Coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla trafik kazalarının analizi: Antalya örneği*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.
- Geçer, H. S. (2021). *Trafik kaza analizinde iş zekâsı tabanlı bir model önerisi*. (Yayımlanmamış doktora Tezi) Sakarya Üniversitesi İşletme Enstitüsü, Sakarya.
- Geurts, K., Thomas, I., ve Wets, G. (2005). Understanding spatial concentrations of road accidents using frequent item sets. *Accident Analysis & Prevention*, 37(4), 787-799.
- Karamaşa, Ç., ve Erdoğan, N. K. (2018). Bayramlarda gerçekleşen trafik kazalarının birliktelik kuralları ile analiz edilmesi. *Karadeniz Uluslararası Bilimsel Dergi*, (40), 386-411.
- Karayolları Trafik Kanunu (KTK), (1983, 13 Ekim). *Resmi Gazete (Sayı: 18195)*. Erişim Adresi: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.2918.pdf>. Son Erişim Tarihi: 17.11.2022.
- Maddi Hasarlı Trafik Kazaları (2008). Erişim Adresi: [https://www.tobb.org.tr/SigortacilikMudurlugu/SigortaEksperleri/Documents/mevzuat/genelgeler/Yaln%C4%B1z%20Maddi%20Hasarla%20Sonu%C3%A7lanan%20Trafik%20Kazalar%C4%B1nda%20Taraflarca%20Doldurulacak%20Kaza%20Tespit%20Tutanaklar%C4%B1na%20C4%B0li%C5%9Fkin%20Genelge%202007\\_27.doc](https://www.tobb.org.tr/SigortacilikMudurlugu/SigortaEksperleri/Documents/mevzuat/genelgeler/Yaln%C4%B1z%20Maddi%20Hasarla%20Sonu%C3%A7lanan%20Trafik%20Kazalar%C4%B1nda%20Taraflarca%20Doldurulacak%20Kaza%20Tespit%20Tutanaklar%C4%B1na%20C4%B0li%C5%9Fkin%20Genelge%202007_27.doc). Son Erişim Tarihi: 17.11.2022.
- Maddi Hasarlı Trafik Kazaları (2017). Erişim Adresi: <https://ms.hmb.gov.tr/uploads/2018/11/Yaln%C4%B1z-Maddi-Hasarla-Sonu%C3%A7lanan-Trafik-Kazalar%C4%B1nda-Taraflarca-Doldurulacak-Kaza-Tespit-Tutanaklar%C4%B1na-%C4%B0li%C5%9Fkin-Genelge-201718.pdf>. Son Erişim Tarihi: 17.11.2022.
- Montella, A. (2011). Identifying crash contributory factors at urban roundabouts and using association rules to explore their relationships to different crash types. *Accident Analysis & Prevention*, 43(4), 1451-1463.

- Parıldar, O. (2014). *Trafik kazalarının sınıflandırılmasında karar ağacı kullanımı: Bodrum ilçesi örneği*, (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Solomon, S., Nguyen, H., Liebowitz, J., ve Agresti, W. (2006). Using data mining to improve traffic safety programs. *Industrial Management & Data Systems*, 106(5), 621-643.
- Söylemez, İ., Doğan, A., ve Özcan, U. (2016). Association Rules on Traffic Accident: Case Of Ankara. *Ege Akademik Bakış*, 16, 11-20.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), (2020). *Karayolu Trafik Kaza İstatistikleri, 2019*. Ankara: Türkiye İstatistik Kurumu, 11-67.
- Türkiye Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM), (2021). *Trafik Kazaları Özeti 2020*. Türkiye.
- Yıldırım, U. (2014). *Ankara'da şehir içinde meydana gelen trafik kazalarının analizi, kritik noktaların belirlenmesi ve bir yapay sinir ağı ile modellenmesi*, (Yayımlanmış doktora tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kazaların Çevresel ve Teknik Araştırması Anabilim Dalı, Ankara.
- Yurtay, Y., Yurtay, N., Çelebi, N., Bacınoğlu, N. Z. ve Ak, G. (2014). *Sakarya İline Ait Yangın Verilerinin Veri Madenciliği Yöntemleriyle Değerlendirilmesi*. ISITES2014 Karabük. Türkiye.

## Ekler

## Ek 1. 2015 Yılına Ait Birliklik Kuralları

Kurallar	Öncül Kısım Destek Değeri	Güven Değeri	Kuralın Destek Değeri
1. HASAR DERECE=HAFIF HASAR ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,345	0,98	0,339
2. BOLGE=YERLESIM YERI ICI ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,381	0,98	0,373
3. GUN DURUMU=GUNDUZ DUSEY GEOMETRI=EGIMSIZ==>KAZA TIPI=YARALAMALI	0,408	0,97	0,397
4. GUN DURUMU=GUNDUZ ARAC CINSI=OTOMOBIL ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,317	0,97	0,308
5. DUSEY GEOMETRI=EGIMSIZ YAS=25-50 ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,345	0,97	0,335
6. BELGE SINIFI=B ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,431	0,97	0,418
7. DUSEY GEOMETRI=EGIMSIZ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,595	0,97	0,577
8. YATAY GEOMETRI=DUZ YOL DUSEY GEOMETRI=EGIMSIZ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,439	0,97	0,426
9. GUN DURUMU=GUNDUZ YAS=25-50 ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,406	0,97	0,393
10. ARAC CINSI=OTOMOBIL ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,466	0,97	0,452
11. GUN DURUMU=GUNDUZ YATAY GEOMETRI=DUZ YOL ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,391	0,97	0,379
12. YATAY GEOMETRI=DUZ YOL YAS=25-50 ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,327	0,97	0,317
13. YAS=25-50 ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,582	0,97	0,562
14. GUN DURUMU=GUNDUZ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,704	0,97	0,679
15. YATAY GEOMETRI=DUZ YOL ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,576	0,96	0,555
16. YOL SINIFI=KOY YOLU ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,405	0,96	0,391
17. BOLGE=YERLESIM YERI DISI DUSEY GEOMETRI=EGIMSIZ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,337	0,96	0,323
18. BOLGE=YERLESIM YERI DISI YAS=25-50 ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,377	0,96	0,361
19. OGRENIM DURUMU=ILK ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,336	0,96	0,322
20. BOLGE=YERLESIM YERI DISI GUN DURUMU=GUNDUZ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,431	0,96	0,412
21. OLUS SEKLI 2=DEVIRILME SAVRULMA TAKLA ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,369	0,96	0,353
22. DUSEY GEOMETRI=EGIMLI ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,359	0,96	0,343
23. BOLGE=YERLESIM YERI DISI ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,619	0,95	0,590

## Ek 2. 2016 Yılına Ait Birlikte Kuralları

Kurallar	Öncül Kısım Destek Değeri	Güven Değeri	Kuralın Destek Değeri
1. HASAR DERECESESİ=HAFIF HASAR ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,335	0,98	0,328
2. BOLGE=YERLESİM YERİ İÇİ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,383	0,98	0,374
3. GÜN DURUMU=GÜNÜZ ARAC CİNSİ=OTOMOBİL ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,320	0,97	0,311
4. GÜN DURUMU=GÜNÜZ BELGE SINIFI=B ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,311	0,97	0,303
5. GÜN DURUMU=GÜNÜZ DÜSEY GEOMETRİ=EGİMSİZ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,419	0,97	0,408
6. BELGE SINIFI=B ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,437	0,97	0,425
7. ARAC CİNSİ=OTOMOBİL ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,463	0,97	0,450
8. GÜN DURUMU=GÜNÜZ YAŞ=25-50 ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,400	0,97	0,388
9. DÜSEY GEOMETRİ=EGİMSİZ YAŞ=25-50 ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,333	0,97	0,323
10. DÜSEY GEOMETRİ=EGİMSİZ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,600	0,97	0,581
11. YATAY GEOMETRİ=DÜZ YOL DÜSEY GEOMETRİ=EGİMSİZ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,441	0,97	0,427
12. GÜN DURUMU=GÜNÜZ YATAY GEOMETRİ=DÜZ YOL ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,402	0,97	0,389
13. YAŞ=25-50 ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,561	0,97	0,542
14. GÜN DURUMU=GÜNÜZ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,716	0,97	0,692
15. YATAY GEOMETRİ=DÜZ YOL YAŞ=25-50 ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,317	0,97	0,306
16. YOL SINIFI=KOY YOLU ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,406	0,97	0,392
17. YATAY GEOMETRİ=DÜZ YOL ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,578	0,96	0,557
18. OLUŞ SEKİ 1=YOLDAN ÇIKMA ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,314	0,96	0,301
19. DÜSEY GEOMETRİ=EGİMLİ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,351	0,96	0,337
20. BOLGE=YERLESİM YERİ DİŞİ DÜSEY GEOMETRİ=EGİMSİZ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,339	0,96	0,325
21. BOLGE=YERLESİM YERİ DİŞİ YAŞ=25-50 ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,361	0,96	0,346
22. ÖĞRENİM DURUMU=İLK ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,325	0,96	0,312
23. BOLGE=YERLESİM YERİ DİŞİ GÜN DURUMU=GÜNÜZ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,441	0,96	0,422
24. OLUŞ SEKİ 2=DEVİRİLME SAVRULMA TAKLA ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,387	0,96	0,370
25. BOLGE=YERLESİM YERİ DİŞİ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,617	0,96	0,590

## Ek 3. 2017 Yılına Ait Birlikte Kuralları

Kurallar	Öncül Kısım Destek Değeri	Güven Değeri	Kuralın Destek Değeri
1. HASAR DERECESESİ=HAFIF HASAR ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,334	0,98	0,329
2. BOLGE=YERLESİM YERİ İÇİ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,391	0,98	0,382
3. GÜN DURUMU=GUNDUZ DÜŞEY GEOMETRİ=EGİMSİZ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,420	0,98	0,409
4. GÜN DURUMU=GUNDUZ ARAC CİNSİ=OTOMOBİL ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,324	0,98	0,316
5. GÜN DURUMU=GUNDUZ YATAY GEOMETRİ=DÜZ YOL DÜŞEY GEOMETRİ=EGİMSİZ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,309	0,97	0,302
6. GÜN DURUMU=GUNDUZ BELGE SINIFI=B ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,328	0,97	0,320
7. DÜŞEY GEOMETRİ=EGİMSİZ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,603	0,97	0,586
8. BELGE SINIFI=B ARAC CİNSİ=OTOMOBİL ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,310	0,97	0,302
9. YATAY GEOMETRİ=DÜZ YOL DÜŞEY GEOMETRİ=EGİMSİZ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,452	0,97	0,439
10. DÜŞEY GEOMETRİ=EGİMSİZ YAŞ=25-50 ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,333	0,97	0,324
11. GÜN DURUMU=GUNDUZ YAŞ=25-50 ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,401	0,97	0,389
12. GÜN DURUMU=GUNDUZ YATAY GEOMETRİ=DÜZ YOL ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,405	0,97	0,393
13. ARAC CİNSİ=OTOMOBİL ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,470	0,97	0,456
14. BELGE SINIFI=B ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,459	0,97	0,446
15. GÜN DURUMU=GUNDUZ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,714	0,97	0,693
16. YOL SINIFI=KOY YOLU ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,399	0,97	0,387
17. YATAY GEOMETRİ=DÜZ YOL ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,585	0,97	0,566
18. YAŞ=25-50 ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,563	0,97	0,545
19. YATAY GEOMETRİ=DÜZ YOL YAŞ=25-50 ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,321	0,97	0,311
20. BOLGE=YERLESİM YERİ DİŞİ DÜŞEY GEOMETRİ=EGİMSİZ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,337	0,97	0,325
21. BOLGE=YERLESİM YERİ DİŞİ GÜN DURUMU=GUNDUZ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,433	0,96	0,417
22. BOLGE=YERLESİM YERİ DİŞİ YAŞ=25-50 ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,359	0,96	0,345
23. OLUŞ ŞEKLİ 2=DEVİRİLME SAVRULMA TAKLA ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,381	0,96	0,366
24. BOLGE=YERLESİM YERİ DİŞİ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,609	0,96	0,585
25. DÜŞEY GEOMETRİ=EGİMLİ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,346	0,96	0,333



## Ek 4. 2018 Yılına Ait Birlikte Kuralları

Kurallar	Öncül Kısım Destek Değeri	Güven Değeri	Kuralın Destek Değeri
1. HASAR DERECESESİ=HAFIF HASAR ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,324	0,98	0,319
2. YERLESİM YERİ=YERLESİM YERİ İÇİ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,387	0,98	0,379
3. GÜN DURUMU=GUNDUZ ARACIN CİNSİ=OTOMOBİL ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,326	0,98	0,318
4. OLUS SEKİ = BELİRTİLMEMİŞ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,376	0,97	0,367
5. GÜN DURUMU=GUNDUZ YAŞI=25-50 ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,405	0,97	0,394
6. GÜN DURUMU=GUNDUZ DÜŞEY GEOMETRİ=EGİMSİZ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,420	0,97	0,409
7. DÜŞEY GEOMETRİ=EGİMSİZ YAŞI=25-50 ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,338	0,97	0,329
8. GÜN DURUMU=GUNDUZ BELGE SINIFI=B-OTOMOBİL ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,314	0,97	0,306
9. ARACIN CİNSİ=OTOMOBİL ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,471	0,97	0,458
10. BELGE SINIFI=B-OTOMOBİL ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,436	0,97	0,424
11. YAŞI=25-50 ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,569	0,97	0,552
12. DÜŞEY GEOMETRİ=EGİMSİZ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,597	0,97	0,579
13. GÜN DURUMU=GUNDUZ YATAY GEOMETRİ=DÜZ YOL ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,393	0,97	0,381
14. YATAY GEOMETRİ=DÜZ YOL YAŞI=25-50 ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,318	0,97	0,308
15. YATAY GEOMETRİ=DÜZ YOL DÜŞEY GEOMETRİ=EGİMSİZ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,435	0,97	0,421
16. GÜN DURUMU=GUNDUZ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,718	0,97	0,696
17. YATAY GEOMETRİ=DÜZ YOL ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,565	0,97	0,547
18. YOL SINIFI=KOY YOLU ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,412	0,97	0,398
19. YERLESİM YERİ=YERLESİM YERİ DİŞİ YAŞI=25-50 ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,360	0,96	0,347
20. DÜŞEY GEOMETRİ=EGİMLİ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,353	0,96	0,340
21. YERLESİM YERİ=YERLESİM YERİ DİŞİ GÜN DURUMU=GUNDUZ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,440	0,96	0,423
22. YERLESİM YERİ=YERLESİM YERİ DİŞİ DÜŞEY GZR=EGİMSİZ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,333	0,96	0,320
23. YERLESİM YERİ=YERLESİM YERİ DİŞİ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,613	0,96	0,588
24. OLUS SEKİ 2=DEVİRİLME/SAVRULMA/ TAKLA ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,343	0,96	0,328

## Ek 5. 2019 Yılına Ait Birliklik Kuralları

Kurallar	Öncül Kısım Destek Değeri	Güven Değeri	Kuralın Destek Değeri
1. HASAR DERECESE=HAFIF HASAR ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,319	0,99	0,315
2. YERLESİM YERİ=YERLESİM YERİ İÇİ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,391	0,98	0,385
3. GÜN DURUMU=GUNDUZ ARACIN CİNSİ=OTOMOBİL ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,338	0,98	0,331
4. GÜN DURUMU=GUNDUZ BELGE SINIFI=B-OTOMOBİL ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,327	0,98	0,320
5. OLUS SEKİLİ 2=BELİRTİLMEMİŞ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,391	0,98	0,383
6. GÜN DURUMU=GUNDUZ DÜŞEY GEOMETRİ=EGİMSİZ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,422	0,98	0,413
7. GÜN DURUMU=GUNDUZ YAŞI=25-50 ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,399	0,98	0,391
8. GÜN DURUMU=GUNDUZ YATAY GEOMETRİ =DÜZ YOL ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,394	0,98	0,386
9. DÜŞEY GEOMETRİ =EGİMSİZ YAŞI=25-50 ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,335	0,98	0,328
10. ARACIN CİNSİ=OTOMOBİL ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,483	0,98	0,472
11. YATAY GEOMETRİ =DÜZ YOL YAŞI=25-50 ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,315	0,98	0,308
12. BELGE SINIFI=B-OTOMOBİL ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,455	0,98	0,444
13. YATAY GEOMETRİ =DÜZ YOL DÜŞEY GEOMETRİ =EGİMSİZ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,442	0,98	0,432
14. DÜŞEY GEOMETRİ =EGİMSİZ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,599	0,98	0,584
15. GÜN DURUMU=GUNDUZ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,721	0,98	0,703
16. YAŞI=25-50 ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,561	0,98	0,547
17. YATAY GEOMETRİ =DÜZ YOL ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,570	0,98	0,556
18. YOL SINIFI=KOY YOLU ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,409	0,97	0,399
19. DÜŞEY GEOMETRİ =EGİMLİ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,355	0,97	0,345
20. YERLESİM YERİ=YERLESİM YERİ DİŞİ ARACIN CİNSİ=OTOMOBİL ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,315	0,97	0,306
21. YERLESİM YERİ=YERLESİM YERİ DİŞİ GÜN DURUMU=GUNDUZ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,434	0,97	0,421
22. YERLESİM YERİ=YERLESİM YERİ DİŞİ YAŞI=25-50 ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,353	0,97	0,343
23. YERLESİM YERİ=YERLESİM YERİ DİŞİ DÜŞEY GEOMETRİ =EGİMSİZ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,331	0,97	0,320
24. OLUS SEKİLİ 1=YOLDAN ÇIKMA ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,310	0,97	0,300
25. YERLESİM YERİ=YERLESİM YERİ DİŞİ ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,609	0,97	0,589
26. OLUS SEKİLİ 2=DEVİRİLME/SAVRULMA/TAKLA ==> KAZA TIPI=YARALAMALI	0,337	0,96	0,325

# TUAD

Trafik ve Ulaşım Araştırmaları Dergisi  
Journal of Traffic and Transportation Research

---



ODTÜ  
METU



Safety Research Unit