



TÜRKİYE'DE OTONOM ARAÇ TEKNOLOJİLERİNİN GELİŞİMİ VE GELECEK PROJeksiYONU RAPORU



OTONOM ARAÇLAR İÇİN SÜRÜŞ MİMARİSİ VE BAĞLANTILI ARAÇ TRAFİK TEST SENARYOLARININ BELİRLENMESİ PROJESİ

Türkiye’de Otonom Araç Teknolojilerinin Gelişimi ve Gelecek Projeksiyonu Raporu

T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Haberleşme Genel Müdürlüğü

Aysel KANDEMİR	Genel Müdür
Esmâ DİLEK	Genel Müdür Yardımcısı
Murat Mustafa HARMAN	Akıllı Ulaşım Sistemleri Daire Başkanı
Özgür TALİH	Şube Müdürü
Tuğçe KAYAKÖK	Mühendis
Ertuğrul HASGÜL	Mühendis
Mehmet KIVILCIM	Mühendis

Boğaziçi Üniversitesi AUS Laboratuvarı

İlgin YAŞAR	Proje Yöneticisi-Prof. Dr.
Sarp Semih ÖZKAN	Yüksek Mühendis
Alperen TİMURÖĞULLARI	Yüksek Mühendis
Volkan YILDIZ	Mühendis

TÜM HAKLARI SAKLIDIR.

T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı’nın
izni olmadan bu yayının hiçbir kısmı elektronik ya da mekanik yollarla
(fotokopi, kayıtların ya da bilgilerin arşivlenmesi vb.) çoğaltılamaz.

Ankara, Aralık 2024

İÇİNDEKİLER

Şekiller Listesi	v
Tablolar Listesi.....	vi
Türkçe Kısaltmalar Listesi	vii
İngilizce Kısaltmalar Listesi	viii
Tanımlar	x
BÖLÜM I.....	1
1. GİRİŞ.....	1
BÖLÜM II.....	3
2. METODOLOJİ.....	3
BÖLÜM III.....	5
3. TÜRKİYE’NİN OTONOM ARAÇ TEKNOLOJİLERİ GELECEK PROJEKSİYONU.....	5
3.1. Otonom Araçların Yaygınlaşmasında Öne Çıkan Adımlar	7
3.1.1. Otonom Araç Test Yönetimi	7
3.1.2. Altyapı Kurulumu ve Bakımı	10
3.1.3. Kaza Analizleri ve Çözümler.....	11
3.1.4. Siber Güvenlik.....	12
3.1.5. Otonom Araçlara Yönelik Standartların Geliştirilmesi	13
3.2. Gelecek Çalışma Alanları	13
3.2.1. Otonom Araçların Sektörel Uygulamaları	13
3.2.2. Çevresel Faydalar ve Enerji Verimliliği	14
3.3. Eğitim ve İş Gücü Gelişimi	14
3.3.1. Eğitim Programlarının ve Mesleki Gelişim Fırsatlarının Genişletilmesi	14
3.3.2. Araştırma Becerileri Geliştirme ve Uluslararası İş Birlikleri	15
3.4. Uzun Vadeli Hedefler ve Stratejiler.....	15
3.4.1. Ar-Ge ve İnovasyon Teşvikleri.....	15
3.4.2. Gelecek Stratejilerinin Belirlenmesi.....	16
3.5. Türkiye’nin Otonom Araç Teknolojileri Gelecek Projeksiyonu.....	16
3.5.1. 2025: Temel Hazırlık ve Hukuki Düzenleme Süreci	16
3.5.2. 2030: İleri Seviyede Hukuki ve Teknolojik Uyum.....	18
3.5.3. 2040: Altyapının Büyük Ölçüde Tamamlanması ve Teknoloji İhracatı.....	21
3.5.4. 2050: Altyapının Çok Büyük Oranda Tamamlanması ve Dünya ile Rekabet	23

BÖLÜM IV	27
4. TÜRKİYE’DE OTONOM ARAÇ TEKNOLOJİLERİNİN GELİŞİMİ İÇİN GZFT ANALİZİ.....	27
BÖLÜM V.....	30
5. TÜRKİYE’DE MEVZUAT ÇALIŞMALARI İÇİN ÖNERİLER.....	30
5.1. Mevzuat Çalışmalarında Dikkat Edilecek Hususlar	30
5.1.1. Geliştirme ve Test Süreçlerinde İzin ve Uyum.....	30
5.1.2. Ehliyet Düzenlemeleri	31
5.1.3. Veri Toplama, İşleme ve Siber Güvenlik.....	32
5.1.4. Sigorta Düzenlemeleri	32
5.1.5. Sorumluluk Belirleme Süreci	33
5.2. Yönetmelik Çalışmalarında Ele Alınması Önerilen Hususlar	35
5.2.1. Geliştirme ve Test Süreçlerinde İzin ve Uyum.....	35
5.2.2. Ehliyet Düzenlemeleri	39
5.2.3. Veri Toplama, İşleme ve Siber Güvenlik.....	44
5.2.4. Sigorta Düzenlemeleri	47
5.2.5. Sorumluluk Belirleme Süreci	50
5.3. Karayolları Trafik Kanunu’nda Önerilen Değişiklikler.....	53
5.3.1. Tanımlar.....	53
5.3.2. Trafik Güvenliği ve İşaretleri ile İlgili Düzenlemeler	54
5.3.3. Denetim ve Sorumluluk Maddelerinde Düzenlemeler	54
5.3.4. Tescil ve Araç Muayenesi ile İlgili Düzenlemeler.....	54
5.3.5. Sürücü Belgesi Gerekliliği	55
5.3.6. Veri ve Siber Güvenlik Düzenlemeleri	55
5.3.7. Kaza ve Sigorta Düzenlemeleri	55
5.3.8. Pilot Bölgeler ve Geçici Düzenlemeler	56
5.3.9. Altyapının Uyumlaştırılması	56
BÖLÜM VI.....	57
6. SONUÇLAR.....	57
KAYNAKÇA	60

Şekiller Listesi

Şekil 1. SUMO Örnek Simülasyon Görüntüsü.....	7
Şekil 2. AstaZero Kapalı Test Alanı.....	8
Şekil 3. ABD’de Otonom Araçların Kullanıldığı Yerler (Government Technology, 2023).....	9
Şekil 4. goMARTI Projesi Otonom Aracı.....	10
Şekil 5. Kaliforniya Otonom Araç Kaza Grafiği	12

Tablolar Listesi

Tablo 1. Anket Çalışması Kapsamında Görüşülen Paydaşlar.....	4
Tablo 2. GZFT Analizi	28

Türkçe Kısaltmalar Listesi

Kısaltma	İngilizce	Türkçe
AB	European Union	Avrupa Birliği
ABD	United States of America	Amerika Birleşik Devletleri
Ar-Ge	Research and Development (R&D)	Araştırma Geliştirme
AUS	Intelligent Transportation Systems (ITS)	Akıllı Ulaşım Sistemleri
GZFT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats (SWOT)	Güçlü Yönler, Zayıf Yönler, Fırsatlar, Tehditler
KVKK	Personal Data Protection Law	Kişisel Verilerin Korunması Kanunu

İngilizce Kısaltmalar Listesi

Kısaltma	İngilizce	Türkçe
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials	Amerikan Devlet Karayolu ve Ulaştırma Yetkilileri Birliği
ADAS	Advanced Driver Assistance Systems	Gelişmiş Sürücü Destek Sistemleri
AI	Artificial Intelligence	Yapay Zekâ
CAV	Connected and Autonomous Vehicle	Bağlantılı ve Otonom Araç
CRCS	Connected Road Classification System	Bağlantılı Otoyol Sınıflandırma Sistemi
CToC	Cooperative Transition of Control	Kooperatif Kontrol Geçişi
C-V2X	Cellular Vehicle-to-Everything	Hücresel Ağ Üzerinden Araçtan Her Şeye
DSRC	Dedicated Short Range Communication	Tahsis Edilmiş Kısa Mesafeli Haberleşme
GPS	Global Positioning System	Küresel Konumlandırma Sistemi
LIDAR	Light Detection and Ranging	Işık Algılama ve Mesafe Ölçümü
NCHRP	National Cooperative Highway Research Program	Ulusal Kooperatif Karayolu Araştırma Programı
OBU	On-Board Unit	Araç İçi Birim
ODD	Operational Design Domain	Operasyonel Tasarım Alanı
RADAR	Radio Detection and Ranging	Radyo Dalgası Algılama ve Mesafe Ölçümü
RSU	Roadside Unit	Yol Kenarı Birimi
SAE	Society of Automotive Engineers	Otomotiv Mühendisleri Topluluğu
SUMO	Simulation of Urban Mobility	Kentsel Hareketlilik Simülasyonu
UNECE	United Nations Economics Commission for Europe	Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu
V2I	Vehicle-to-Infrastructure	Araçtan Altyapıya
V2N	Vehicle-to-Network	Araçtan Ağa
V2P	Vehicle-to-Pedestrian	Araçtan Yayaya

V2V	Vehicle-to-Vehicle	Araçtan Araca
V2X	Vehicle-to-Everything	Araçtan Her Şeye

Tanımlar

- Akıllı Ulaşım*** : Mevcut ve yenilikçi teknolojiler ile iyi tasarlanmış stratejilerin ulaşımın tüm alanlarına entegre edilmesiyle iyi yönetilen, verimli, emniyetli, konforlu, ekonomik, adil ve güvenli hareketliliğin tesis edilmesidir.
- Açık Test Alanı*** : Araç, haberleşme, güvenlik vb. alanlarda geliştirilen teknolojilerin test edildiği trafiğe açık test sahasıdır.
- Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS)*** : Trafiği yönetmek, ulaşım ağlarını optimize etmek ve ulaşım sistemlerinin verimliliğini, güvenliğini, sürdürülebilirliğini, erişilebilirliğini ve entegrasyonunu artırmak için kullanılan bilgi ve iletişim teknolojisi tabanlı sistemlerdir.
- Araç İçi Birim (OBU)*** : Araçta yer alan GPS ve diğer sensörler aracılığıyla aracın konumunu ve durumunu belirleyen, kablosuz iletişim teknolojileri aracılığıyla diğer cihazlarla iletişim kurabilen; araca sabitlenmiş ya da araçla birlikte verilen birim/donanımdır.
- Araçtan Altyapıya (V2I)*** : Motorlu araç kazalarını önlemek veya azaltmak ve aynı zamanda emniyet, güvenlik, hareketlilik ve çevresel faydalar sağlamak amacıyla araçlar ve karayolu altyapısı arasında kritik güvenlik ve operasyonel verilerin kablosuz alışverişidir.
- Araçtan Araca (V2V)*** : Aracın yakındaki araçlarla gerçek zamanlı veri alışverişidir. V2V, araçların çok yönlü mesajlar yayınlamasına ve almasına olanak tanıyarak yakındaki diğer araçlar hakkında 360 derecelik bir “farkındalık” oluşturmaktadır.
- Araçtan Her Şeye (V2X)*** : Bir aracın çevresindeki olası herhangi bir iletişim ortağıyla kablosuz, gerçek zamanlı veri iletişimidir. Modern kablosuz haberleşme teknolojileri, araçların; herhangi bir zamanda, herhangi bir yerden, herhangi bir ağ altyapısına bilgi iletmesine ve bilgi almasına olanak sağlamaktadır. V2V, V2I, araçtan yayaya (V2P), araçtan ağa (V2N); V2X’in türleri arasındadır.

- Bağlantılı araç** : Birbirleriyle yol kenarı altyapısıyla ve diğer sistem ve hizmetlerle iletişim kurabilmek adına bir dizi farklı iletişim teknolojisini kullanan araçtır.
- Bağlantılı ve Otonom Araç (CAV)** : Sürüşün bir kısmını veya tamamını devralmak için gelişmiş sensör teknolojilerine sahip, bağlanabilirlik ve otonom sürüş teknolojilerini birleştiren, GPS ve haberleşme sistemlerine sahip araçtır.
- Gelişmiş Sürücü Destek Sistemi (ADAS)** : Araç sürücülerine izleme, uyarı ve frenleme gibi birçok alanda bilgi ve sürüş desteği sağlayarak araç ile yol emniyet ve güvenliğini artırmayı amaçlayan sistemlerdir.
- Hücreyel Ağ Üzerinden Araçtan Her Şeye (C-V2X)** : Araçlara, hücreyel sistemler üzerinden düşük gecikmeli olarak V2V, V2I, V2P, kısaca V2X iletişim sunmak için tasarlanmış birleşik bir bağlantı platformudur.
- Kapalı Test Alanı** : Araç, haberleşme, güvenlik vb. alanlarda geliştirilen teknolojilerin test edildiği trafiğe kapalı test sahasıdır.
- Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS)** : Dünya'daki ve Dünya yakınındaki GPS alıcılarına, en az dört GPS uydusunu görebilmeleri şartıyla coğrafi konum ve saat bilgisi sağlayan küresel uydu navigasyon sistemlerinden biridir.
- Işık Algılama ve Mesafe Ölçümü (LIDAR)** : Lazer darbeleri kullanılarak bir nesne veya bir yüzeyin uzaklığını anlamaya yarayan algılama teknolojisidir.
- Otonom Araç** : Sürücü müdahalesine ihtiyaç duymadan radar, LIDAR, GPS, odometre, yapay zekâ, sensörler, kameralar vb. teknolojileri kullanarak çevresindeki nesnelere algılayan, gerçek zamanlı verileri kullanarak hareket edebilen, sürücü desteğinden tam otomasyona kadar belirli otomasyon seviyelerinde otonom olarak hareket edebilen araçtır.
- Otonom Sürüş** : Bir aracın sürücü müdahalesi olmadan çevresel verileri algılayarak ve analiz ederek araçtaki donanımlar ve teknolojiler yardımıyla kendi kendine hareket edebilme yeteneğidir. Bu teknoloji; sensörler, kameralar,

radarlar ve yapay zekâ algoritmaları kullanarak aracın güvenli bir şekilde seyretmesini sağlamaktadır. Otonom sürüş, Seviye 0'dan Seviye 5'e kadar değişen otonom sürüş seviyelerine sahiptir. Seviye 0 tamamen manuel kontrolü ifade ederken, Seviye 5 tam otonom sürüşü, yani insan müdahalesine gerek duymayan sürüşü temsil etmektedir.

- Radyo Dalgası Algılama ve Mesafe Ölçümü (RADAR)*** : Bir hedefe göre göreceli mesafeyi ve göreceli hızı ölçen elektromanyetik sensördür.
- Tahsis Edilmiş Kısa Mesafeli Haberleşme (DSRC)*** : Karayolundaki araçlar için tasarlanmış, araçların birbiriyle, diğer yol kullanıcılarıyla ve yol kenarındaki donanımlarla çift yönlü haberleşmesini sağlayan kısa veya orta menzilli kablosuz haberleşme teknolojisidir.
- Yapay Zekâ (AI)*** : Bir bilgisayarın veya başka bir makinenin, öğrenme, mantıksal çıkarım, muhakeme etme, geçmiş deneyime dayanarak kararlar alma, yetersiz ya da çelişkili bilgilere dayanarak konuşulan dili anlama yeteneği gibi insan zekâsı ile ilgili eylemleri gerçekleştirmeye yönelik bilgisayar bilim dalıdır.
- Yol Kenarı Birimi (RSU)*** : Yol boyunca yerleştirilmiş araçlarla merkezlerle ve birbiriyle haberleşebilen donanımdır.

BÖLÜM I

1. GİRİŞ

Otonom araç; çeşitli sensörler aracılığıyla çevresini algılayan ve insan müdahalesine gerek kalmadan sürüş görevini otomatikleştirmek için donanım ve yazılımlardan oluşan kontrol sistemine sahip araçlardır. Otonom araçlar; sürüş ortamını gerçek zamanlı olarak incelemek ve herhangi bir acil durumu veya tehlikeyi yolcuya bildirmek için radar, LIDAR ve kameralar gibi çeşitli sensörlerden toplanan verilere güvenmekte ve geliştirilen yazılımlarla topladığı verileri işleyerek sürüşe ilişkin kararlar almaktadır.

Otomobil üreticileri, yazılımlar, AI sistemleri, bilgi ve haberleşme teknolojileri, sensörler, çip/yarı iletkenler, araç içi ağ sistemleri, ulaşım ağı alanında çalışmalar yürüten şirketler dahil olmak üzere birçok alanı kapsayan otonom araçlar, ulaşım sistemlerinin geleceğini şekillendirmek için önemli bir potansiyele sahiptir. Otonom araç teknolojisi; yol ve sürüş güvenliği, emniyetli ve kolay park etme, trafik akışının yönlendirilmesi, trafik sıkışıklığının ve kazaların azaltılması, çevresel etkilerin azaltılması, hareketliliğin artırılması, ulaşım altyapısının iyileştirilmesi, enerji tasarrufu gibi birçok avantaj sunarak ulaşım alanında önemli iyileştirmeler sağlama potansiyeline sahiptir. Ancak bu teknolojinin başarıyla uygulanabilmesi için teknolojik altyapı, yasal düzenlemeler, veri güvenliği ve kamusal kabul gibi bazı gereksinimlerin de karşılanması gerekmektedir. Otonom sürüş teknolojisinin yaygın olarak benimsenmesinde; güvenlik, sorumluluk ve mahremiyet gibi hususların netlik kazanması kritik öneme sahiptir. Kapsamlı bir yasal çerçevenin oluşturulması, kullanıcıların otonom araçlara güveninin sağlanmasında ve bu teknolojinin potansiyel faydalarından tam olarak yararlanılmasında önemli bir rol oynamaktadır.

Ülkelerdeki otonom araç uygulamaları incelendiğinde, otonom araçlarda özel araç sahipliği seçeneklerinin sınırlandırılmadığı ancak bu araçların daha çok bir hizmet aracı ön plana çıktığı; teslimat hizmetleri, toplu taşıma araçları, taksiler, özel kiralık araç hizmetleri ve araç paylaşım programlarına dahil edildiği görülmektedir. Ülkemizde de otonom araç teknolojilerinin sunacağı olumlu etkileri artırabilmek ve tüm yol kullanıcılarına optimum hareketlilik sağlamak için yenilikçi teknolojiler altyapıya entegre edilerek paylaşımlı otonom araç modelleri ile otonom toplu taşıma araçları geliştirilebilir. Böylece sürdürülebilir bir ulaşım kültürünün benimsenmesine ve özel araç sahipliğine olan bağımlılığın azaltılmasına katkı sunulabilir.

Otonom araç kullanımı; hareket etme, yaşama ve deneyimleme biçimimizde köklü değişiklikler sunmayı vaat eden ve otomotiv sektörünü dönüştüren bir değişimdir. Trafik akışını optimize etme ve verimli yol kullanımını teşvik etme gibi faydalar sunan otonom araçların, Türkiye'nin ulaşım sistemlerine entegrasyonu, kentsel hareketliliğin de iyileşmesini sağlayacaktır. Birçoğu insan hatasından kaynaklanan trafik kazaları, Türkiye karayollarında da ağır kayıplar yaşanmasına neden olmaktadır. 2022 yılı içinde gerçekleşen ölümlü veya yaralanmalı 235.176 trafik kazasında, sürücü kaynaklı hata oranı %86,8 olarak ölçülmüştür (TÜİK Kurumsal, 2023). Gelişmiş sensör sistemleri ve yapay zekâ (AI) teknolojileri ile donatılmış otonom araçlar, dikkatli ve hassas bir navigasyon yaklaşımı sağlayarak trafik kazalarını önemli ölçüde azaltabilecek bir çözüm sunmaktadır.

Otonom araç teknolojisinin uygulamaya alınma sürecinin hızlandırılması ve sistematik bir ilerleyişin sağlanması için bazı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda Türkiye'de ve dünyada yürütülen ve planlanan otonom araç çalışmalarına ilişkin teknolojik gelişmeler ve mevcut durum göz önünde bulundurularak Türkiye'de otonom araç teknolojilerinin gelişimine yönelik gelecek projeksiyonu oluşturulmuştur. Oluşturulan projeksiyon çerçevesinde; ülkemizde yapılacak otonom araç çalışmalarını ilerletebilmek amacıyla ilgili tarafların etkin rol oynadığı bir çalışma grubu tarafından çalışmaların yürütülmesi, ortak bir dil birliğinin sağlanarak tanımlar ve terminolojiler çerçevesinin oluşturulması, Türkiye'de otonom araç çalışmalarının kısa ve uzun vadeli programının oluşturulması, otonom araç testleri için izin başvuru şartlarının tespit edilmesi, sürücü ve operatör gereksinimlerinin belirlenmesi, araç gereksinimlerinin belirlenmesi, raporlama gerekliliklerinin belirlenmesi, laboratuvar testleri, kapalı alan testleri ve halka açık yol testleri için gerekliliklerin belirlenmesi, teknolojik yeniliklerin teşvik edilmesi, sigorta kapsamının ve içeriğinin belirlenmesi, siber saldırılara karşı savunma mekanizmalarının oluşturulması, sorumluluk çerçevesinin çizilmesi, acil durum senaryolarının ve planlarının oluşturulması, kapsamlı bir yasal çerçevenin oluşturulması, yasal altyapıda düzenlemelerin yapılması, cezai sorumluluk konularında yetkili ve sorumlu kuruluşlarca bir çerçeve çizilmesi konularına öncelik verilmesi gerektiği gözlenmiştir.

BÖLÜM II

2. METODOLOJİ

Türkiye’de ve dünyada yürütülen otonom araç çalışmaları göz önünde bulundurularak bu raporda, otonom araç teknolojilerinin Türkiye’de gelişmesi için bir gelecek projeksiyonu belirlenmiştir. Bu araçların gerçek trafik koşullarında hareket edebilmeleri için hazırlanması gereken mevzuat ve kanun düzenlemeleri tespit edilmiş, izin mekanizmaları ile ilgili önerilerde bulunulmuştur.

Türkiye’de Otonom Araç Teknolojisinin Gelişimi ve Gelecek Projeksiyonu Raporu altı bölümden oluşmaktadır. **Birinci bölümde;** otonom araç teknolojilerinin gelişimi, trafik alanında sağladıkları faydalar, ülkemizde mevcut durumun analizi ve gelecek projeksiyonu üzerine bir giriş yapılmıştır. **İkinci bölüm** olarak nitelendirilebileceğimiz bu bölümde; raporun metodolojisi ve anket çalışmalarının yapıldığı paydaş bilgileri (Tablo 1) yer almaktadır.

Üçüncü bölümde; Türkiye’de ve dünyada yürütülen otonom araç çalışmaları konusunda yapılan analizler sonrasında elde edilen bilgiler ışığında; otonom araçların Türkiye’de yaygınlaşması için atılması önerilen önemli adımlara, gelecek çalışma alanlarına, çıktıklarına, eğitim ve iş gücü gelişimine, uzun vadeli stratejilere ve hedeflere değinilerek Türkiye’de otonom araç teknolojileri geliştirilmesine yönelik gelecek projeksiyonu sunulmuştur. Oluşturulan projeksiyon ile Türkiye’de, otonom araç teknolojileri konusunda yerli üretimin teşvik edilerek dışa bağımlılığın azaltılması, trafik güvenliğinin artırılması, enerji tüketiminin azaltılması ve toplu taşıma ağının iyileştirilerek daha etkili hale getirilmesi hedeflenmiştir. **Dördüncü bölümde;** Türkiye’de otonom araç teknolojilerinin geliştirilmesine yönelik bir GZFT (Güçlü Yönler, Zayıf Yönler, Fırsatlar, Tehditler) analizi bulunmaktadır. **Beşinci bölümde;** otonom araçların sorunsuz bir şekilde trafikte kullanılabilmesi için yapılacak mevzuat çalışmalarında ele alınması gereken hususlar hakkında öneriler sunulmuştur. **Raporun altıncı ve son bölümünde** ise rapor kapsamında sunulan öneriler özetlenmiş, Türkiye’nin otomotiv endüstrisi ve altyapısının otonom araç teknolojilerinin gelişimine olanak sağladığı belirtilerek gerekli çalışmaların yapılmasıyla Türkiye’nin bu konuda öncü ülkeler arasında yer alabileceği belirtilmiştir.

Tablo 1. Anket Çalışması Kapsamında Görüşülen Paydaşlar

ANKET ÇALIŞMASI KAPSAMINDA GÖRÜŞÜLEN PAYDAŞLAR					
Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı	Haberleşme Genel Müdürlüğü	Strateji Geliştirme Başkanlığı	Ulaştırma Hizmetleri Düzenleme Genel Müdürlüğü		
Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı					
Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı					
İçişleri Bakanlığı					
Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı					
Adalet Bakanlığı	Kişisel Verileri Koruma Kurumu				
AUS kapsamında ilgili diğer kamu kurum ve kuruluşları	Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu	Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Daire Başkanlığı	Karayolları Genel Müdürlüğü	Jandarma Genel Komutanlığı Trafik Daire Başkanlığı	
Yerel yönetimler	İstanbul Büyükşehir Belediyesi				
Üniversiteler	İstanbul Teknik Üniversitesi	Marmara Üniversitesi- VeNIT Laboratuvarı		İstanbul Okan Üniversitesi	
Sivil toplum kuruluşları	Türkiye Akıllı Ulaşım Sistemleri Derneği		Türkiye Metal Sanayicileri Sendikası		
Özel sektör kuruluşları	LeoDrive	OTOKAR	TURKCELL	TEMSA	FORD OTOSAN
	ADASTEC	HAVELSAN	ASELSAN	Anadolu İsuзу	Türk Telekom
	ULAK Haberleşme				
AUS hizmet kullanıcıları	Yayalar	Bisikletliler	Sürücüler	Savunmasız yol kullanıcıları	Yolcular

BÖLÜM III

3. TÜRKİYE’NİN OTONOM ARAÇ TEKNOLOJİLERİ GELECEK PROJEKSİYONU

Otonom araçlar; ileri düzey AI algoritmaları, sensör teknolojileri ve haberleşme protokollerinin entegrasyonu ile çalışan, modern ulaşım sistemlerinin en yenilikçi unsurlarından biri olup otonom araçlar yeni bir altyapı elementi olarak sayılmaktadır (Kato vd., 2015). Otonom araçlar, kentsel değişimi önemli ölçüde hızlandırma yeteneğine sahiptir (Duarte & Ratti, 2018). Ayrıca otonom araçların; şehir planlamasından (Freemark vd., 2019; Gavanoas, 2019; Strömberg vd., 2021) enerji kullanımına (Morrow vd., 2014; Ross & Guhathakurta, 2017), çevresel sürdürülebilirlikten (Martin, 2019; Szűcs & Szűcs, 2024) trafik güvenliğine (Guériau & Dusparic, 2020; Yang vd., 2021; Ye & Yamamoto, 2019) kadar birçok alanda etkilerinin olacağı tahmin edilmektedir. Otonom sürüşün, özellikle sıkışıklık ve kazalar olmak üzere mevcut sorunları azaltarak trafiği dönüştüreceği öngörülmektedir (Martínez-Díaz & Soriguera, 2018). Otonom araçlar; trafik güvenliğini, operasyonel verimliliği ve çevresel sürdürülebilirliği artırma potansiyelinin yanı sıra toplu taşıma ve lojistik gibi sektörlerde kapsamlı bir dönüşüm vadetmektedir. Otonom araçların toplu taşımaya entegrasyonuna yönelik geliştirilen teknolojiler, artan performans ve insan hatalarının azaltılması sayesinde, toplu taşıma verimliliğinde önemli bir değişikliği temsil etmektedir. Ayrıca sefer aralıklarının yüksek hassasiyeti dolayısıyla yüksek kalitede hizmet sağlayacağı değerlendirilmektedir (Trubia vd., 2021).

Türkiye; dünyadaki öncü otonom araç projelerinde liderlik eden kurum ve kuruluşları sayesinde, otonom araç teknolojileri geliştirilmesinde, yüksek potansiyele sahip ülkeler arasındadır. Türkiye’nin otonom araç teknolojileri geliştirmede kaydedeceği gelişmeler, küresel ölçekte rekabet gücünü artırması açısından büyük öneme sahiptir. Bu bağlamda, Türkiye’nin otonom araç teknolojileri geliştirilmesinde liderliğini devam ettirebilmesine yönelik olarak önerilen bu projeksiyon; Türkiye’nin altyapı durumu, hukuki düzenlemeler, endüstriyel kapasite ve teknolojik yenilikler göz önünde bulundurularak otonom araçların gelecekte nasıl bir rol üstlenebileceğini ortaya koymayı hedeflemektedir. Türkiye’nin otonom araç teknolojileri geliştirmede potansiyelini en iyi şekilde değerlendirebilmesi ve bu teknolojinin sunduğu fırsatları toplumsal faydaya dönüştürebilmesi için stratejik bir yol haritası oluşturulması amaçlanmıştır.

Otonom araçların yaygın biçimde benimsenmesi; yasal, teknolojik ve altyapısal alanları kapsayan çok yönlü çalışmalar gerektirmektedir. Otonom araçların kullanımı için bu alandaki çalışmalara

zemin oluşturacak mevzuatın hazırlanması, dzenlenmesi ve uyumlaştırılması için yasal çerçeveye ihtiyaç duyulmaktadır. Örneğin Birleşik Krallık ve İşpanya haricindeki tüm AB yesi lkeler, Viyana Sözleşmesi (Vienna Convention) olarak da bilinen ve Birleşmiş Milletler'in genel trafik hukukuyla ilgili çok taraflı bir uluslararası anlaşması olan "Karayolu Trafiki Sözleşmesi"ni (Convention on Road Traffic) imzalamıştır. Bu sözleşmeye, 23 Mart 2016 yılında eklenen "5bis" adındaki bir paragraf ile UNECE kuruluşunun, gelecekteki dzenlemelerinin gerekliliklerini karşılaması koşuluyla otonom araçların sürücü koltuğunda insan olması zorunluluğu kaldırılmıştır (Ilkova & Ilka, 2017).

Yasal ve teknolojik alanındaki gelişmelerin yanı sıra otonom araçlarda siber güvenlik konusunda da endişeler bulunmaktadır. Otonom araçlar büyük lde entegre sistemlere bağlı olduğundan hem araç güvenliğini hem de veri bütünlüğünü tehlikeye atabilecek olası kötü niyetli saldırılara karşı korunmak için siber tehditlere karşı güvenlik açıklarının ele alınması gerekmektedir. Otonom araçlar gibi modern otomotiv endüstrisinin geleceği olan araçlar için "sıfır güven" yaklaşımının uygulanması gerekmektedir. Bu model, daha önce doğrulanmış olsa bile hiçbir katılımcıya veya işleme, varsayılan olarak güvenilmediği "asla güvenme, her zaman doğrula" ilkesine dayanmaktadır. Bu model; bulut tabanlı sistemlerde, veri merkezlerinde veri kurumsal bilgi teknolojilerinde öncelikli bir stratejidir (Kukkala vd., 2022).

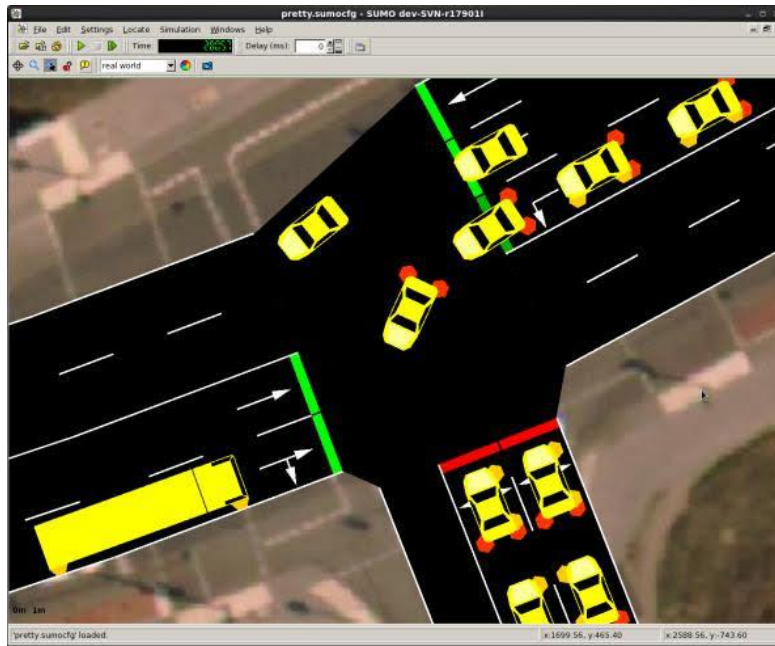
Paydaşlarla yapılan görüşmeler ve literatür alışmaları; Türkiye'deki otonom araçların kullanımıyla ilgili yapılan gelecek projeksiyonlarında, özellikle toplu taşıma sistemleri ve yük taşımacılığı alanlarında gelişmeler beklendiğini ortaya koymaktadır. Otonom otobüs projeleri göz önüne alındığında; otonom araçlar, toplu taşıma hizmetlerinde özellikle metrobüs gibi trafikle minimum etkileşime sahip olan sistemlerde, önemli bir rol oynayacaktır. Bu sayede hem yolcu taşımacılığı hem de yük taşımacılığında; daha güvenli, verimli ve düşük maliyetli bir deneyim sunulması hedeflenmektedir. Türkiye'deki teknolojik gelişmeler, taşımacılık sektöründe önemli bir dönüşümü beraberinde getireceği ve otonom araçların hayatımıza gireceği bir geleceğe doğru ilerlediğimizi göstermektedir. Otonom araç teknolojisinin, Türkiye'de karayolu ağında kullanımı ve yaygınlaşması için bazı adımların atılması gerekmekte olup aşağıdaki bölümlerde ne çıkan bazı adımlara yer verilmiştir:

3.1. Otonom Araçların Yaygınlaşmasında Öne Çıkan Adımlar

3.1.1. Otonom Araç Test Yönetimi

Otonom araçların güvenliği ve performansı için testlerin titizlikle yapılması önem taşımakta olup uygun test güzergahlarının oluşturulması gerekmektedir. Bu sayede otonom araçların gerçek trafik koşullarında ve kontrollü test alanlarında başarılı bir şekilde değerlendirilmesi mümkün olacaktır. Testlerin yapılacağı ortam; araçların fiziksel olarak test edilebileceği açık ve kapalı test alanları ile birlikte, sanal ortamda hazırlanmış simülasyon çalışmalarını da içermelidir.

Fiziksel test ortamlarının yanı sıra sanal ortamda gerçekleştirilen simülasyonlar, otonom araçların geliştirilmesinde ve test edilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Simülasyonlar, araçların çok çeşitli senaryolar altında test edilebileceği, bilgisayar tarafından oluşturulan ortamların oluşturulmasını içermektedir. Olumsuz hava koşulları, nadir olaylar ve gerçek dünya testlerinde tekrarlanması zor olabilecek olağanüstü senaryolar dahil olmak üzere çeşitli koşulların hızlı ve uygun maliyetli bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Simülasyonlar, otonom araç sistemlerine yönelik algoritmaların iyileştirilmesine ve AI modellerinin eğitilmesine yardımcı olarak araçların farklı koşullardaki tepkilerinin geliştirilmesini sağlamaktadır. Şekil 1’de, SUMO trafik simülasyon paketinden alınan örnek simülasyon görüntüsü bulunmaktadır (The Eclipse Foundation, 2023).



Şekil 1. SUMO Örnek Simülasyon Görüntüsü

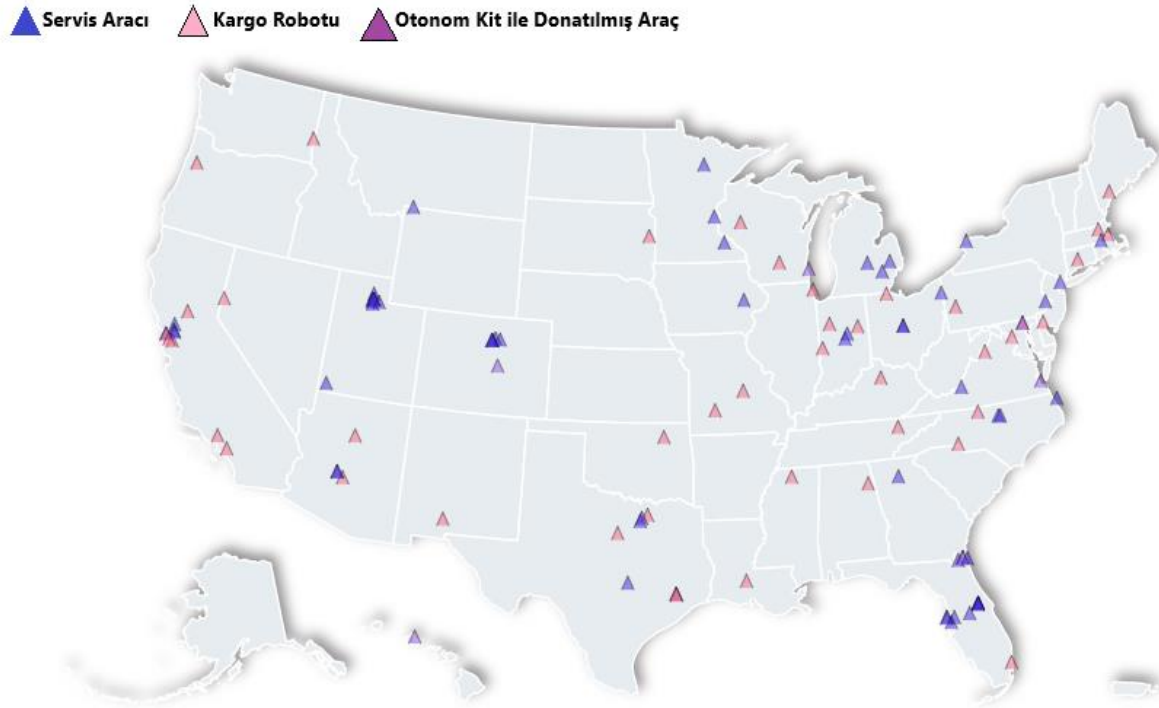
Kapalı test alanları, otonom araçların test edilmesi için özel olarak tasarlanmış kontrollü ortamlardır. Bu alanlar test pistlerini, deneme alanlarını ve simüle edilmiş kentsel ortamları içermektedir. Kapalı test alanları, geliştiricilerin otonom sistemlerin performansını belirli koşullar altında sistematik olarak değerlendirmesine olanak tanıyan daha kontrollü bir ortam sunmaktadır. Bu kontrollü ortam, araçları kamuya açık yollara yerleştirmeden önce güvenliğin ve işlevselliğin doğrulanması için gereklidir. Örneğin 2021 yılında İsveç'te AstaZero tarafından oluşturulan kapalı test alanı, 700 metre uzunluğunda ve 40 metre genişliğindedir ve dünyanın en büyük kontrollü iç mekân test alanıdır. Günün 24 saati çalışmaya hazır hale getirilen bu test sahasının, Volvo'nun Ar-Ge çalışmaları için kullanılması planlanmaktadır. Tüm araç tipleri için otonom teknolojilerinin test edileceği bu mekân, özellikle ışıklandırma konusunda diğer test alanlarından ayrılmaktadır. Bu özelliği sayesinde zamandan bağımsız olarak farklı senaryolar için gerekli olan trafik koşulları oluşturulabilmektedir. Şekil 2'de kapalı test alanı örneği yer almaktadır. (Traffic Technology Today, 2021).



Şekil 2. AstaZero Kapalı Test Alanı

Açık test alanları, otonom araçların gerçek dünya koşullarında test edildiği halka açık bölgeleri ifade etmektedir. Bu alanlar, araçların dinamik trafik ortamlarında, diğer yol kullanıcılarıyla ve beklenmedik durumlarla nasıl başa çıktığını gözlemlemek ve değerlendirmek için kullanılmaktadır. Açık test alanları, gerçek dünyadaki zorluklara ilişkin değerli bilgiler sağlamaktadır, ancak çeşitli ve kontrolsüz değişkenlerin varlığı nedeniyle dikkat gerektirmektedir.

Açık test alanlarına, ABD’de kullanımda olan ve toplu taşıma sistemine entegre edilmiş otonom servis araçlarının kullanıldığı rotalar örnek olarak gösterilebilir. Trafığe çıkmaya hazır hale getirilmiş olan bu araçlar, günlük trafikte seyahat etmektedir ve aynı zamanda veri toplamaya devam etmektedir (Government Technology, 2023). Şekil 3’te ABD’de otonom araçların kullanıldığı yerler gösterilmektedir.



Şekil 3. ABD’de Otonom Araçların Kullanıldığı Yerler (Government Technology, 2023)

2022 yılında Minnesota Ulaştırma Bakanlığı’nın May Mobility firması iş birliğinde uygulamaya aldığı goMARTI projesi kapsamında, yaklaşık 11.000 kişinin yaşadığı Grand Rapids kentinde otonom servis araçları ücretsiz olarak hizmet vermektedir. Otonom olarak ilerleyen bu araçlarda, acil durumlarda müdahale etmeye hazır bir güvenlik operatörü her zaman bulunmaktadır. Şekil 4’te goMARTI projesinde kullanılan bir otonom araç gösterilmektedir (Government Technology, 2022).



Şekil 4. goMARTI Projesi Otonom Aracı

Paydaşlarla yapılan anketler sonucunda elde edilen bilgiler ışığında, otonom araç test alanları dahil olmak üzere akıllı ulaşım sistemlerinin test alanlarının belirlenmesinde çeşitli kriterler öne çıkmaktadır. Bunlar arasında, akademisyenler ve firmalar için erişilebilirliğin yüksek olması, trafik yoğunluğunun düşük olması ve trafik güvenliğinin tehlikeye atılmaması hususları yer almaktadır. Ayrıca test alanının tek bir otoritenin kontrolünde olması, gerekli izinlerin alınmasını kolaylaştırırken testler sırasında toplanan verilerin anlamlandırılabilirliği ve bölge halkının günlük yaşamına uzun süreli olumsuz etkiler oluşturmaması da kritik önemdedir. Bu bağlamda Türkiye’deki otonom araç test çalışmalarında, üniversite kampüsü gibi sınırlı ve kapalı test alanları veya fiber haberleşme altyapısına sahip Kuzey Marmara Otoyolu gibi otoyollar, test güzergahları olarak değerlendirilebilir.

3.1.2. Altyapı Kurulumu ve Bakımı

Karayolu ağında otonom navigasyon için gerekli olan gelişmiş sensör ve haberleşme teknolojilerini destekleyecek donanım bileşenlerinin sağlanarak altyapı ihtiyaçlarının karşılanması, otonom araçların yaygınlaşması için önem arz etmektedir. Güçlü bir haberleşme ağının geliştirilmesi, araçlar ile altyapı arasındaki gerçek zamanlı veri alışverişi, güvenli ve verimli otonom operasyonlar için kritiktir. Bu altyapı düzenlemelerini sistematik hale getirmek amacıyla ABD Ulaştırma Araştırma Kurulu ve Ulusal Kooperatif Karayolu Araştırma Programı (NCHRP), NCHRP 20-24(112) numaralı bir proje geliştirmiştir. Amerikan Devlet Karayolu ve Ulaştırma Yetkilileri Birliği (AASHTO) çatısı altında yürütülen bu proje, “Bağlantılı Otoyol Sınıflandırma Sistemi (CRCS)”ni geliştirmektedir. Bu projeye göre bir otoyolun otonom araçlara hazır olması için üç farklı özelliğin geliştirilmesi gereklidir (Rana & Hossain, 2023):

- *Yolla konuşmak*: Otonom araçların V2I ve V2V iletişimi kurması için DSRC ve C-V2X gibi haberleşme teknolojilerinin sorunsuz çalışmasını sağlayacak şekilde karayolu altyapısında iyileştirme yapılmalıdır.
- *Yolu görmek*: Trafik sinyallerinin ve yol işaretlerinin, otonom araçların gözleri olarak tanımlanabilecek olan video kamera ve optik sensörler tarafından algılanabilmesi için iyileştirilmesi veya optimize edilmesi gerekmektedir.
- *Yolun sadeleştirilmesi*: Operasyonel tasarım alanı (ODD) oluşturmak için yol geometrisinde değişiklik yapılmalı, iyileştirilmiş yol tasarımı ve var olan yolun kusurlardan arındırılması gibi çözümler getirilmelidir. Şeritlerin daha belirgin hale getirilmesi, yol geometrisinde sadeleşmeye örnek verilebilir.

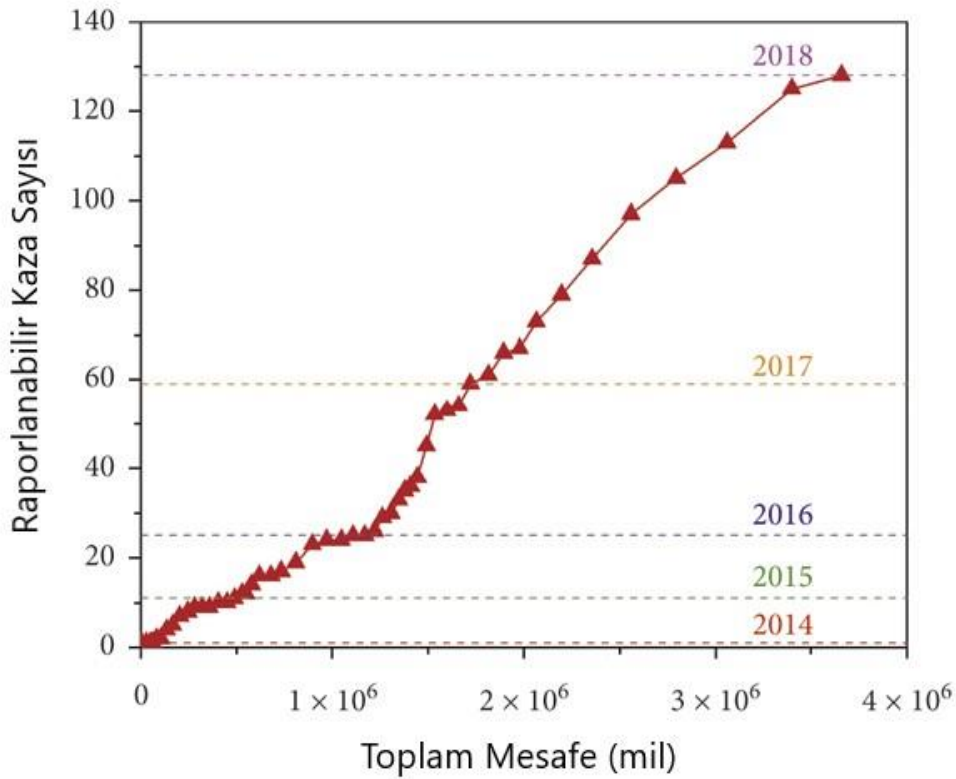
3.1.3. Kaza Analizleri ve Çözümler

Otonom araçların yaygınlaşması ile birlikte, kaza sayılarında kayda değer bir düşüş yaşanacağı öngörülmektedir. Buna rağmen otonom araçların da kaza yapma olasılığının göz önünde bulundurulması gerekir. Otonom araçlardan kaynaklanan kazalar, otonomluk seviyelerine göre farklılık gösterebilmekte ve kazalara sebebiyet veren hatalar üçe ayrılmaktadır (Wang vd., 2020):

- *Algılama Hatası*: Otonom aracın karar vermesinde rol oynayan, çevresini algılama kabiliyeti konusunda meydana gelen hataları kapsamaktadır. Diğer yol kullanıcılarının durumu, konumu ve hareketi, trafik işaretleri ve diğer tehlikelerin algılanmasındaki herhangi bir hata, otonom araçlar için güvenlik tehlikesi oluşturmaktadır.
- *Karar Hatası*: Otonom aracın eyleme geçmesi için gerekli olan karar katmanında meydana gelen hataları kapsamaktadır. Otonom araçta yer alan sistemlerde kullanılan algoritmaların, tehlikeli durumları doğru bir şekilde tespit edememesi, güvenlik açığı oluşturmaktadır. Karar hatası olduğu durumlarda, sürücünün aracın kontrolünü ele alması için gereken süreden kaynaklanan bir belirsizlik ortaya çıkmaktadır.
- *Eylem Hatası*: Otonom aracın hızlanma veya direksiyon kontrolü gibi aracın sürüşü sırasında meydana gelen hataları kapsamaktadır. Geleneksel araçlara benzer şekilde, ısı kontrol sistemi veya egzoz sistemi gibi bileşenlerde ortaya çıkabilecek hataları içeren bu başlık, sürücünün kontrolü ele almasıyla çözülebilmektedir. Benzer senaryoların nadir yaşanmasına rağmen, tam otonom araçlarda eylem hatası güvenlik tehlikesi oluşturmaktadır.

Geçmişten günümüze sürekli olarak gelişme göstererek ilerleyen otonom araç teknolojisinin test aşamalarında gerçekleşen kaza sayıları göz önünde bulundurulduğunda, katedilen mesafeye oranla kaza sayılarında düşüş olduğu gözlenmiştir. Şekil 5'te Kaliforniya eyaletinde test edilen otonom araçların karıştığı trafik kaza istatistiği gösterilmektedir (Wang vd., 2020).

Otonom araç teknolojisi ile ilgili verilerin bir arşivde tutulması, meydana gelen kazaların detaylı bir şekilde incelenmesini sağlayacaktır. Bu analizler sayesinde, otonom araçların güvenliği ve performansı üzerindeki sorunlar tespit edilerek geliştirme sürecine katkı sağlanabilir ve güvenlik standartları daha da iyileştirilebilir.



Şekil 5. Kaliforniya Otonom Araç Kaza Grafiği

3.1.4. Siber Güvenlik

Otonom araç teknolojilerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar yaparken siber güvenlik konusunun da göz önünde bulundurulması gerekir. Otonom araçlar büyük ölçüde birbirine bağlı sistemlerle bağlantılı olduğundan hem araç güvenliğini hem de veri bütünlüğünü tehlikeye atabilecek olası siber saldırılara karşı gerekli güvenlik önlemleri ele alınmalıdır.

3.1.5. Otonom Araçlara Yönelik Standartların Geliştirilmesi

Sektör koalisyonları, standart kuruluşları ve diğer girişimler aracılığıyla işlevsel güvenlikten uçtan uca güvenlik oluşturmaya kadar birçok konuda, otonom araçların gelişimi için bir dizi standart geliştirilmektedir. Mevcut endüstri standartlarının birçoğu, seri üretim binek araçlara ve ADAS'a yöneliktir, ancak yüksek otomasyonlu sürüş sistemlerinde gerekli standartları geliştirmek için çalışmalar devam etmektedir. Otonom araçlar için bireysel bileşen performansından, kurumsal güvenlik önlemlerine kadar uzanan geniş bir yelpazede teknik standartlar mevcuttur.

3.2. Gelecek Çalışma Alanları

Türkiye'de otonom araçların geliştirilmesi, test edilmesi ve kullanımına yönelik gerekli adımlar atılarak otonom hareketlilik çalışmalarına yön verilebilir. Bu araçların özellikle şehir içi ulaşım, lojistik ve tarım sektörlerinde kullanılabilmesi, enerji tasarrufu, trafik güvenliği ve çevresel sürdürülebilirlik gibi alanlarda önemli katkılar sunan bu teknolojinin verimli bir şekilde uygulanabilmesi için Ar-Ge teşviklerinin artırılması, yerli üretimin desteklenmesi ve alanında yetkin iş gücünün yetiştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda, Türkiye'nin otonom araç ekosistemini geliştirmek için uzun vadeli stratejiler belirlemesi, sektör-üniversite iş birliklerini desteklemesi ve eğitim alanında yenilikçi adımlar atması önem arz etmektedir. Aşağıda, Türkiye'de otonom araç teknolojilerinin sektörel uygulama alanları, uzun vadeli stratejiler ve iş gücü gelişimi ile ilgili öneriler sunulmaktadır:

3.2.1. Otonom Araçların Sektörel Uygulamaları

- **Şehir İçi Toplu Taşıma:** Türkiye'nin büyük şehirlerinde trafik yoğunluklarını azaltmak ve toplu taşımada verimliliği artırmak amacıyla otonom otobüs ve minibüs gibi toplu taşıma araçlarının test edilmesi öngörülebilir. Özellikle İstanbul, Ankara, İzmir gibi metropollerde, bu araçların güvenlik ve trafik düzenine etkisi üzerinde pilot projeler gerçekleştirilebilir. Örneğin İstanbul'da 2022 yılı içinde günlük ortalama 6,4 milyona yakın insanın toplu taşıma aracılığıyla yolculuk ettiği değerlendirildiğinde, bu alandaki çalışmalar, şehir içi toplu taşıma hizmetlerinin iyileştirilmesine katkı sunabilir (Ulaşım Yönetim Merkezi, 2023).
- **Lojistik:** Türkiye'de 2021 yılı itibarıyla yük taşımacılığının %90'ı karayolu ile yapılmaktadır (Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2022). Bu kapsamda, otonom teknolojiler lojistik sektöründe önemli bir potansiyel taşımaktadır. Büyük

şehirlerdeki lojistik merkezleri arasında otonom kamyon ve kargo taşıma araçlarının kullanımı, maliyet ve enerji tasarrufu sağlayarak sektör verimliliğini artırabilir.

- **Tarımsal ve Kırsal Uygulamalar:** Türkiye'nin kırsal bölgelerinde tarımsal üretim sürecinde otonom traktörler, biçerdöverler ve diğer tarım araçları kullanılabilir. Bu araçlar hem üretim verimliliğini artırabilir hem de iş gücü maliyetlerini düşürebilir. İleri düzeyde sensör teknolojileri ile donatılmış bu araçlar; mahsul izleme, ekim ve ilaçlama gibi görevlerde otonom olarak çalışabilir (EV Magazine, 2024).

3.2.2. Çevresel Faydalar ve Enerji Verimliliği

- **Hava Kalitesi:** Elektrikli otonom araçların kullanılmasının teşvik edilmesi, temiz şehir hedeflerine ulaşılmasını destekleyebilir. Mevcut durumda araç altyapısı tarafından kullanılan arazinin serbest bırakılması, daha kompakt kentsel desenler sağlayabilir ve daha fazla arazinin kullanımını önleyebilir. Ayrıca bu alanları yeşil alanlara dönüştürmek, kentsel hava kalitesi üzerinde olumlu etkiler sağlayabilir (Silva vd., 2022)
- **Yakıt Tüketimi ve Emisyon:** Otonom araçların enerji verimli sürüş tarzlarına programlanması, trafikteki gereksiz hızlanma ve duraksamaları azaltır, böylece yakıt tüketiminde ve emisyonlarda ciddi düşüşler sağlanabilir (Figliozi, 2020).

3.3. Eğitim ve İş Gücü Gelişimi

3.3.1. Eğitim Programlarının ve Mesleki Gelişim Fırsatlarının Genişletilmesi

- **Üniversite Eğitim Programları:** Türkiye'deki üniversitelerde otonom araç teknolojileri, AI modelleri, veri bilimi, robotik ve AUS alanlarında eğitim veren bölümlerin ve programların sayısı artırılabilir. Otonom araçlar için özel mühendislik programları ve sertifika kursları düzenlenerek uzmanlar yetiştirilebilir.
- **Mesleki Eğitim ve Sertifikasyon:** Otonom araç teknolojisine dair mühendislik dışında çeşitli teknik becerilere sahip iş gücüne yönelik mesleki eğitimler ve sertifikasyon programları oluşturulabilir. Bu eğitimler aracılığıyla araç bakım, otonom sistemlerin kurulumu ve yazılım güncelleme gibi konularda nitelikli iş gücü yetiştirilmesi hedeflenebilir.

3.3.2. Araştırma Becerileri Geliştirme ve Uluslararası İş Birlikleri

- **Akademisyen Değişim Programları:** Türkiye'nin Ar-Ge projeleri yürüten üniversitelerinde, öğrenci ve akademisyen değişim programları ile uluslararası tecrübeler artırılabilir. Bu bağlamda, Avrupa ülkeleri ve ABD gibi ülkelerdeki öncü otonom araç araştırma merkezleri ile iş birlikleri kurularak Türkiye'deki araştırmacıların bilgi ve tecrübeleri artırılabilir.
- **Teknik Ekipman Kullanımı ve Test Becerileri:** Araç sensörlerinin doğru kalibrasyonu, LIDAR verilerinin işlenmesi gibi teknik becerilere dair eğitim programları düzenlenebilir. Bu sayede, test süreçlerinde kullanılacak teknik ekipmanların doğru bir şekilde kullanımı sağlanarak daha güvenilir sonuçlar elde edilebilir.

3.4. Uzun Vadeli Hedefler ve Stratejiler

3.4.1. Ar-Ge ve İnovasyon Teşvikleri

- **Yeni Ar-Ge Merkezleri ve Teknoloji Geliştirme Bölgeleri:** Türkiye'de otonom araç teknolojilerini geliştiren ve test eden Ar-Ge merkezlerinin sayısını artıracak şekilde teşvik mekanizmaları oluşturulabilir. Bu merkezlerde; özellikle sensör, LIDAR, AI modelleri, yol algılama ve karar mekanizmaları gibi konularda çalışan mühendislerin ve araştırmacıların yetiştirilmesi hedeflenebilir.
- **Sektör-Üniversite İş Birlikleri:** Türkiye'deki üniversiteler ile yerli sanayi arasında iş birlikleri kurularak otonom araç projeleri yürütülebilir. Türkiye Otomobil Girişim Grubu (TOGG) gibi projelere de destek veren özel sektör kuruluşları ile üniversiteler arasında uzun soluklu araştırma ve uygulama projeleri geliştirilmesi sağlanabilir.
- **Yerli Üretim Teşvikleri:** Türkiye, otonom araç teknolojisinde dışa bağımlılığı azaltmak için yerli üretimi teşvik edebilir. Bu kapsamda, özellikle sensör teknolojileri, AI modelleri, veri işleme birimleri gibi kritik bileşenlerin yerli olarak üretilmesine yönelik hibe ve fonlar sağlanabilir.

3.4.2. Gelecek Stratejilerinin Belirlenmesi

- **Hedef Yıl Belirlenmesi:** Türkiye, otonom araç teknolojisinin gelişimini daha kapsamlı bir strateji ile destekleyebilir. 2030, 2040 ve 2050 yılı hedefleri belirleyerek bu hedefler doğrultusunda altyapı yatırımları, mevzuat düzenlemeleri ve teknoloji geliştirme alanında somut adımlar planlayabilir.
- **Yerel Yönetimler:** Yerel yönetimlerle iş birliği yaparak belirli bölgelerde otonom araç test sahaları veya güvenli sürüş yolları kurulabilir.

3.5. Türkiye'nin Otonom Araç Teknolojileri Gelecek Projeksiyonu

Türkiye'nin otonom araç teknolojisi alanında uzun vadeli bir planlama yapması hem teknolojik gelişimin hızlandırılması hem de küresel rekabette güçlü bir konum elde etmesi açısından önem arz etmektedir. Otonom araçlar; ulaştırma sektöründe devrim yaratırken trafik kazalarının azaltılması, yakıt tüketiminin optimize edilmesi ve yol güvenliğinin artırılması gibi birçok fayda sağlamaktadır. Ancak bu faydaların gerçekleşmesi için hukuki, teknik ve toplumsal altyapının zamanında ve sistematik bir şekilde hazırlanması gereklidir. Uzun vadeli hedeflere dayalı bir planlama, Türkiye'nin bu dönüşüm sürecinde öncü ülkelerden biri olmasını sağlarken yerli üretim ve teknoloji geliştirme imkanlarını artıracak, aynı zamanda ekonomik kalkınmaya katkı sağlayacaktır. Bu süreçte kamu kurum ve kuruluşlarının, akademinin ve özel sektörün koordineli bir şekilde çalışması, yalnızca iç pazarda değil, uluslararası arenada da söz sahibi olunmasına zemin hazırlayacaktır. 2025, 2030, 2040 ve 2050 hedef yıllarına göre bir yol haritası belirlemek, sürecin sistematik ve verimli bir şekilde ilerlemesine olanak tanırken toplumsal uyumun sağlanması ve inovasyon ekosisteminin güçlenmesine de katkıda bulunacaktır. Bu doğrultuda hazırlanan; 2025, 2030, 2040 ve 2050 hedef yıllarına göre önerilen yol haritası aşağıdaki bölümlerde yer almaktadır:

3.5.1. 2025: Temel Hazırlık ve Hukuki Düzenleme Süreci

2025 yılı, Türkiye'nin otonom araç teknolojilerinde atacağı ilk somut adımların tasarımlarını içeren çalışmaların başlayacağı dönem olması öngörülmektedir. Bu yılda, yalnızca hukuki düzenlemelerin değil, aynı zamanda geleceğin teknolojik altyapısını oluşturacak bir vizyonun hayata geçirileceği bir başlangıç noktası olacak çalışmaların önem kazanacağı değerlendirilmektedir. Otonom araç teknolojileri, modern ulaşımın geleceği olarak

değerlendirildiğinden bu teknolojilerin hayata geçirilmesi için sağlam temellerin atılması gerekmektedir.

Hukuki Altyapının Oluşturulması

Hukuki altyapının oluşturulması sürecinde, ilgili tüm paydaşları kapsayan, geniş katımlı komisyonlar ve çalışma grupları kurulması önerilmektedir. Bu grupların, yalnızca hukukçulardan değil, aynı zamanda trafik mühendisleri, şehir planlamacıları, sosyologlar ve AI uzmanları gibi farklı disiplinlerden gelen uzmanlardan oluşması önemlidir. Böylelikle hukuki düzenlemelerin hazırlanmasında, teknik ve toplumsal ihtiyaçların eşit şekilde değerlendirilmesi sağlanacaktır.

Üç Aşamalı İş Birliği Modeli

Bu süreç, üç aşamalı bir model çerçevesinde yürütülmelidir. İlk aşamada, kamu kurumları akademik uzmanlarla bir araya gelerek mevcut yasal boşlukları ve teknolojik gereksinimleri analiz edecektir. Bu toplantılarda, uluslararası regülasyonlar ve standartlar da incelenerek Türkiye'nin mevcut durumu ile uyumu değerlendirilecektir. İkinci aşamada, özel sektör temsilcileri sürece dahil edilerek teknoloji firmalarının, otomotiv sektörünün ve altyapı sağlayıcılarının görüşleri alınacaktır. Üçüncü aşamada ise bu iki aşamanın çıktıları birleştirilerek kamu kurumları, akademi ve özel sektörün ortak bir yol haritası oluşturması sağlanacaktır. Bu harita hem kısa vadeli uygulamaları hem de uzun vadeli hedefleri içerecek şekilde kapsamlı olmalıdır.

Test Süreçlerinin Oluşturulması ve Standartların Belirlenmesi

2025 yılı, Türkiye'de otonom araç teknolojilerinin uygulanabilirliğini değerlendirmek ve gelecekteki kullanım senaryolarını şekillendirmek adına test süreçlerinin oluşturulması ve standartların kararlaştırılması için önemli bir dönem olacaktır. Bu süreçte, belirli bölgelerde gerçek trafik koşullarını yansıtan test ortamları hazırlanmalıdır. Test süreçleri, otonom araçların güvenilirliğini, çevreyle uyumluluğunu ve toplumsal kabul edilebilirliğini ölçmek için sistematik bir şekilde tasarlanmalıdır. Bu testler sırasında araçların algılama sistemleri, AI algoritmaları ve iletişim altyapısı gibi teknolojik unsurların performansı analiz edilmelidir. Ayrıca, araçların trafik kurallarına uyumu, kazaların önlenmesi konusundaki etkinliği ve beklenmeyen durumlara tepki süreleri gibi kritik özellikler detaylı bir şekilde incelenmelidir. Test verileri, Türkiye'nin otonom araç çalışmalarının uluslararası normlara uyumlu ve yerel ihtiyaçlara uygun olarak belirlenmesinde temel bir rol oynayacaktır.

Standartların belirlenmesi sürecinde hem uluslararası standartlar hem de Türkiye'nin trafik ve altyapı koşulları göz önünde bulundurulmalıdır. Bu süreç, sadece teknik detaylarla sınırlı kalmayacak, aynı zamanda toplumsal güveni artıracak düzenlemeleri de içerecektir. Örneğin, araçların veri güvenliği, kişisel mahremiyetin korunması ve sorumluluk dağılımı gibi hukuki konular da standartların bir parçası olarak ele alınmalıdır.

Teşviklerin Artırılması

Kamu kurumlarının, otonom araç teknolojileri alandaki yenilikçi projeleri desteklemek için teşvik mekanizmalarını hayata geçirmesi büyük önem taşımaktadır. Ar-Ge projelerine yönelik vergi indirimleri, hibe programları ve girişimcilik destekleri sağlanmalıdır. Ayrıca otonom araç teknolojilerine yönelik girişimci şirketlerin büyümesi için özel fonlar ve yatırımcı teşvikleri hayata geçirilebilir. Bu teşvikler hem özel sektörün sürece aktif katılımını sağlayacak hem de Türkiye'nin yerli ve milli çözümler geliştirmesine katkıda bulunacaktır.

Eğitim ve İnsan Kaynağı Gelişimi

Otonom araç teknolojilerinin geliştirilmesi, nitelikli insan kaynağının yetiştirilmesini gerektirmektedir. Bu kapsamda, üniversitelerde lisansüstü programlar başlatılarak mühendislik, AI, veri analitiği ve hukuk gibi alanlarda uzman yetiştirilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca, sanayi ve üniversite iş birliği ile öğrencilerin gerçek projelerde deneyim kazanması sağlanacaktır.

Sonuç

Sonuç olarak 2025 yılı, Türkiye'nin otonom araç teknolojilerinde uluslararası standartlara uyum sağlayarak kendi özgün sistemlerini geliştirmeye başlaması açısından stratejik bir dönemi temsil etmektedir. Bu dönemde alınacak kararlar ve atılacak adımlar, 2030 yılı ve sonrası için oluşturulacak altyapının temelini oluşturacaktır.

3.5.2. 2030: İleri Seviyede Hukuki ve Teknolojik Uyum

2030 yılının, Türkiye'nin otonom araç teknolojilerinde olgunlaşma sürecine girdiği ve hukuki süreçlerin büyük ölçüde tamamlandığı bir dönemi ifade edeceği değerlendirilmektedir. Bu dönemin ana hedefi, 2025 yılında temelleri atılmış olan hukuki düzenlemelerin detaylandırılarak uygulanabilir hale getirilmesi ve standartların belirlenmesi sürecinin sonuçlandırılmasıdır. Türkiye, bu dönemde önündeki yıllarda kurulacak olan otonom araç altyapısının temelini atmış durumda olmalıdır.

Hukuki Düzenlemelerin Tamamlanması

2030 itibarıyla otonom araçlarla ilgili hukuki altyapının büyük ölçüde tamamlanmış olması gerekmektedir. Trafik kuralları, veri güvenliği, sigorta sistemleri ve sorumluluk rejimleri gibi kritik konulara yönelik mevzuat çalışmaları, bu alandaki tüm paydaşların ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde detaylandırılmalıdır. Ayrıca kamu kurum ve kuruluşları tarafından özel sektör projelerine destek olacak pratik bir kılavuz hazırlanmalıdır. Bu kılavuz, otonom araç projelerinde karşılaşılan bürokratik süreçlere rehberlik ederek projelerin gelişimini hızlandıracaktır. Örneğin test ve deneme süreçlerinin nasıl yürütüleceği, şehir içi ve şehirler arası yollarda otonom araçların nasıl entegre edileceği gibi konular bu rehberde detaylı olarak açıklanacaktır.

İş Birliklerinin Güçlendirilerek İş Modellerinin Oluşturulması

Bu dönemde, kamu kurum ve kuruluşları ile özel sektör kuruluşları arasındaki iş birliğini güçlendirecek modellerin geliştirilmesi önem taşımaktadır. Özellikle büyük altyapı projelerinde özel sektörün finansal sorumluluğu artırılarak örnek teşkil edecek kamu-özel sektör iş birliği projeleri hayata geçirilebilir. Örneğin büyük metropollerde otonom araçlara uygun akıllı duraklar, şarj istasyonları ve otonom araç şeritlerinin, özel sektör tarafından finanse edilmesi sağlanabilir. Bu tür iş modelleri, kamu kaynaklarının verimli kullanılmasına katkı sağlayacaktır.

1930'un 100. Yılı ve Yurtdışı Burs Programları

2030 yılı, Türkiye Cumhuriyeti'nin erken dönem vizyon projelerinden biri olan yurt dışı burslu eğitim programlarının 100. yılına denk gelmektedir. Bu tarihsel dönüm noktası, otonom araç teknolojilerinde uzmanlaşmış nitelikli insan kaynağı yetiştirilmesi için bir ilham kaynağı olarak değerlendirilmelidir. Türkiye Cumhuriyeti'nin kurucusu Gazi Mustafa Kemal Atatürk'ün öncülüğünde, 1930'lu yıllarda devlet bursuyla yurtdışına gönderilen öğrenciler, Türkiye'nin bilim, eğitim ve siyaset alanlarındaki temel taşlarını oluşturmuşlardır. Bu öğrenciler, yurt dışındaki bilgi ve teknolojileri öğrenip Türkiye'ye dönerek bilimsel gelişmelere öncülük etmiş, yenilikçi araştırmalarda yer almış ve ulusal kalkınmaya büyük katkılar sağlamışlardır.

2030 yılı itibarıyla bu tarihi başarıdan ilham alınarak otonom araç teknolojileri ve AI gibi kritik alanlarda çalışacak uzmanların yetiştirilmesi amacıyla benzer bir yurt dışı burs programı hayata geçirilebilir. Bu kapsamda; yetenekli öğrenciler, dünyanın önde gelen üniversitelerinde ileri seviyede eğitim almaları için devlet desteğiyle yurt dışına gönderilebilir. Öğrencilerin yanı sıra

Türkiye’de otonom araçlar konusunda uzman kişilerin pratik çalışmaları yerinde görmesi amacıyla bu kişiler desteklenerek projelere dahil olması sağlanabilir. Program, sadece akademik bir eğitim sürecini değil, aynı zamanda Türkiye’ye doğrudan bilgi transferini de amaçlayacaktır. Bursiyerlerden; öğrendiklerini düzenli olarak raporlamaları ve bu bilgiler ışığında, Türkiye’deki teknolojik gelişim sürecine katkı sağlamaları beklenmektedir. Bu yaklaşım, Türkiye’nin küresel rekabette geri kalmaması ve teknolojik olarak bağımsız bir konuma gelmesi için stratejik bir adım olacaktır. Aynı zamanda, tarihsel geçmişle geleceği birleştirerek Türkiye’nin bilim ve eğitim vizyonunu sürdüren bir uygulama olarak öne çıkacaktır. Tıpkı 1930’lardaki öğrencilerin Türkiye’nin gelişme sürecinde oynadığı öncü rol gibi 2030’lu yıllarda yetiştirilen bu yeni nesil uzmanlar da otonom araç teknolojileri ve dijitalleşme alanında Türkiye’nin liderliğini pekiştirecektir. Bu program, Türkiye’nin teknolojik dönüşümünde hem tarihsel bir vefa hem de geleceğe dair güçlü bir vizyonu temsil edecektir.

Teknoloji Transferi ve Uluslararası İş Birlikleri

2030 itibarıyla, Türkiye’nin uluslararası iş birliklerini genişleterek diğer ülkelerdeki otonom araç projelerini yakından takip etmesi ve bu projelerden öğrendiklerini yerel projelere entegre etmesi beklenmektedir. Bu kapsamda, teknoloji transferini hızlandırmak amacıyla küresel otomotiv firmalarıyla ve teknoloji geliştirici kurumlarla stratejik anlaşmalar yapılabilir. Örneğin, yazılım geliştirme, sensör teknolojileri veya haberleşme altyapısı gibi kritik alanlarda lisans anlaşmaları ve ortak projeler yürütülebilir. Ayrıca dünyada otonom araçlarla ilgili yapılan çalışmaların sürekli olarak arşivlenmesi ve güncellenmesi, Türkiye’nin bu alandaki bilgi birikimini artıracaktır.

Toplumsal Uyum ve Farkındalık Çalışmaları

2030 yılında, otonom araç teknolojilerinin topluma benimsetilmesi ve kullanımının teşvik edilmesi için kamuoyu farkındalık kampanyaları düzenlenmelidir. Toplum, otonom araçların sağladığı güvenlik, verimlilik ve çevresel faydalar konusunda bilgilendirilmeli, bu teknolojilere olan güven artırılmalıdır. Ayrıca otonom araç kullanımını kolaylaştıracak eğitimler ve rehberlik hizmetleri sunularak vatandaşların bu yeni teknolojiye adaptasyonu hızlandırılabilir.

Sonuç

2030 yılı, Türkiye’nin otonom araç teknolojilerinde güçlü bir altyapıya sahip olacağı, hukuki düzenlemeleri tamamlayarak uluslararası standartlarla uyumlu hale geleceği bir dönem olacaktır. Bu dönemde elde edilen kazanımlar, Türkiye’nin 2040 ve 2050 hedeflerine ulaşması için sağlam

bir zemin oluşturacaktır. Hem teknolojik hem de toplumsal açıdan bu süreç, Türkiye'nin ulaşım sisteminde köklü bir dönüşümün başlangıcı olacaktır.

3.5.3. 2040: Altyapının Büyük Ölçüde Tamamlanması ve Teknoloji İhracatı

2040 yılı, Türkiye'nin otonom araç teknolojilerinde olgunluk dönemine yaklaştığı hem teknik hem de haberleşme altyapısında ilerlemelerin kaydedildiği bir dönemi temsil etmektedir. Bu dönemin ana hedefi, ülke genelinde otonom araçların sorunsuz bir şekilde çalışmasını sağlayacak haberleşme ve yol altyapısının büyük ölçüde tamamlanmasıdır. Haberleşme teknolojileri, yol güvenliği ve toplumsal uyum konuları, bu dönemin odak noktalarını oluşturacaktır. Türkiye, bu süreçte yalnızca bir teknoloji kullanıcısı değil, aynı zamanda teknoloji geliştiren ve ihraç eden bir aktör olmayı hedeflemektedir.

Haberleşme Altyapısının Genişletilmesi

2040 yılı itibarıyla otonom araçların ihtiyaç duyduğu hızlı ve güvenilir haberleşme altyapısının, ülke genelinde büyük ölçüde tamamlanmış olacağı; düşük gecikmeli ve yüksek bant genişliğine sahip haberleşme teknolojilerinin, ülke genelinde kullanılabilir olacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca yollar boyunca yerleştirilecek olan RSU cihazları, araçlar ve altyapı arasında kesintisiz bir bilgi akışı sağlamalıdır. Bu cihazlar sayesinde trafik bilgileri, yol durumu, hava koşulları ve potansiyel tehlikeler anlık olarak araçlarla paylaşılacaktır. Bu sistemin işler hale gelmesi, otonom araçların güvenliğini ve etkinliğini önemli ölçüde artıracaktır.

Yol ve Trafik Altyapısının Güncellenmesi

2040 yılı itibarıyla otonom araçların çalışmasına uygun teknik altyapının, yüksek oranda tamamlanmış olacağı öngörülmektedir. Bu kapsamda; şehir içi yollar, otoyollar ve şehirler arası bağlantılar teknolojik gelişmelere uygun şekilde tasarlanmalıdır. Akıllı trafik yönetim sistemleri, dijital trafik tabelaları, otonom araçlara özel şeritler ve yüksek hassasiyetli yol işaretleri, bu dönemde standart hale gelmelidir. Ayrıca altyapının bir parçası olarak otonom araçların navigasyon ve algılama sistemlerini destekleyen sensörler ve işaretçiler yerleştirilmelidir.

Yol çalışmaları, yalnızca fiziksel dönüşümleri değil, aynı zamanda altyapının sürdürülebilirliğini de içermelidir. Otonom araç şarj istasyonları, akıllı duraklar ve enerji yönetim sistemleri gibi yeni nesil çözümler, özellikle büyük şehirlerde yaygın hale gelmelidir. Türkiye'nin bu alandaki

yenilikçi uygulamaları, küresel standartlara uyum sağlamanın ötesinde, kendi çözümlerini ihraç edebilecek bir altyapı modeli oluşturmasına olanak tanıyacaktır.

Pilot Projeler

2040 yılı itibarıyla, otonom araç teknolojilerinin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması için pilot projelerden elde edilen veri toplama ve analiz süreçlerinin başlaması hedeflenmelidir. Bu dönemde, otonom araçlardan, RSU cihazlarından ve diğer haberleşme altyapılarından toplanan verilerle kapsamlı bir ulusal veri tabanı oluşturulmalıdır. Bu veri tabanı, AI algoritmalarının eğitilmesi, simülasyonların gerçekleştirilmesi ve trafik yönetimi süreçlerinin iyileştirilmesi için kritik bir kaynak olacaktır. Pilot projelerle toplanan gerçek zamanlı veriler, otonom araç teknolojilerinin, Türkiye'nin yerel ihtiyaçlarına uygun şekilde optimize edilmesine katkı sağlamalıdır.

Pilot projeler, belirli şehirlerde veya rotalarda hayata geçirilmeli ve otonom araçların gerçek trafik koşullarında performansını değerlendirmek için düzenli olarak uygulanmalıdır. Bu süreç, yalnızca teknolojinin test edilmesini değil, aynı zamanda kullanıcı deneyiminin ölçülmesini ve toplumsal adaptasyonun kolaylaştırılmasını da kapsamalıdır. Bu projelerden elde edilen sonuçlar, Türkiye'nin kendine özgü yenilikçi çözümler geliştirme kapasitesini artırırken küresel standartlara uyum sağlamasına da olanak tanıyacaktır.

Toplumsal Uyum ve Eğitim Çalışmaları

2040 yılı, otonom araçlara toplumsal uyumun artırılmasının da büyük önem taşıdığı bir dönemdir. Türkiye, bu teknolojiyle ilgili toplumsal farkındalığı artırmak ve vatandaşların otonom araçlara olan güvenini pekiştirmek için geniş çaplı eğitim kampanyaları düzenlemelidir. Otonom araçların faydaları, güvenlik önlemleri ve kullanım kolaylığı gibi konular, kamuoyu bilgilendirme çalışmalarıyla vurgulanmalıdır. Bununla birlikte, vatandaşların bu araçları günlük yaşamda kullanabilmesi için dijital okuryazarlık eğitimleri de sağlanmalıdır. Bu süreçte, toplumun otonom araçlara adaptasyonunu kolaylaştırmak amacıyla araçların insan davranışlarına daha uyumlu hale getirilmesi konusunda çalışmalar yapılmalıdır. Örneğin yayaların ve diğer sürücülerin otonom araçlarla etkileşimde bulunabilmesi için araçların sinyal sistemleri ve haberleşme mekanizmaları geliştirilerek insanlar ve araçlar arasındaki etkileşim daha sezgisel hale getirilmelidir.

Ulusal ve Uluslararası Rekabet Gücü

2040 yılı itibarıyla altyapı projelerinin büyük ölçüde tamamlanmış olması, Türkiye'yi yalnızca otonom araçlar için cazip bir pazar değil, aynı zamanda bu teknolojilerin geliştirilmesi ve ihraç edilmesi için bir merkez haline getirmelidir. Bu dönemde, Türkiye'nin yerli otonom araç üretimi ve yazılım geliştirme konularında küresel pazara açılması hedeflenmelidir. Ayrıca, bu alanda gelişmiş uygulamalara sahip diğer ülkelerle iş birliği yapılarak ortak projelerin geliştirilmesi sağlanmalıdır. Özellikle otonom araç yazılımları, veri analitiği ve AI çözümleri gibi alanlarda geliştirilen yerli teknolojilerin ihraç edilmesi, Türkiye'nin ekonomik kalkınmasına büyük katkı sağlayacaktır. Türkiye'nin yenilikçi ve kapsamlı altyapı modeli, uluslararası arenada örnek alınabilecek bir sistem haline gelebilir.

Sonuç

2040 yılının, Türkiye'nin otonom araç teknolojileri alanında küresel ölçekte güçlü bir konuma yaklaştığı bir dönem olacağı öngörülmektedir. Otonom araçlar için gerekli altyapının büyük ölçüde tamamlanması, bu teknolojilerin günlük yaşama entegrasyonunu kolaylaştırmalıdır. Türkiye'nin teknolojik ve ekonomik olarak bağımsız bir şekilde hareket edebilmesini sağlayacak olan bu altyapı, aynı zamanda küresel pazarda rekabet edebilmesi için de kritik bir zemin oluşturacaktır. Bu dönemde elde edilen kazanımlar, 2050 yılında %100 entegrasyon hedefinin gerçekleştirilebilmesi için sağlam bir temel oluşturacaktır.

3.5.4. 2050: Altyapının Çok Büyük Oranda Tamamlanması ve Dünya ile Rekabet

2050 yılının, Türkiye'nin otonom araç teknolojilerinde tam entegrasyonu sağladığı, dünya ile rekabet edebilecek bir seviyeye ulaştığı ve otonom araç projelerinin yaygınlaştığı bir dönemi temsil edeceği değerlendirilmektedir. Bu yıl itibarıyla ülke genelinde altyapının çok büyük oranda tamamlanmasıyla birlikte, otonom araçların büyük kentlerde günlük yaşamda sorunsuz bir şekilde; kırsal alanda ise farklı amaçlar doğrultusunda kullanılabilir hale gelmesi hedeflenmelidir. Teknolojik altyapının tam entegrasyonu, ulaşımda güvenliği artırırken ekonomik ve toplumsal faydaları da maksimize edecektir. Türkiye, bu süreçte hem yerli çözümleriyle rekabetçi bir güç haline gelmeli hem de uluslararası standartlara uyum sağlayarak küresel pazarda etkin bir rol oynamalıdır.

Haberleşme Altyapısının Tamamlanması

2050 yılı itibarıyla, otonom araçların çalışmasını destekleyen tüm haberleşme altyapısı ülke genelinde çok büyük oranda bir şekilde tamamlanmış olacaktır. Yeni nesil haberleşme teknolojilerinin yaygın olduğu bir altyapı sistemi tesis edilmiş olacaktır. Yollara entegre edilmiş RSU cihazları, araçların yol altyapısıyla ve diğer araçlarla kesintisiz bir şekilde iletişim kurmasını sağlayacaktır. Bu teknoloji sayesinde; trafik sıkışıklıkları, trafik kaza riskleri ve yol güvenliği sorunları minimum seviyeye indirilecektir. Ayrıca, araçlar ve altyapı arasındaki bu entegre haberleşme sistemi, gerçek zamanlı veri paylaşımına olanak tanıyarak otonom araçların daha verimli ve güvenli bir şekilde çalışmasını sağlamalıdır. Bu sistem, yalnızca bireysel ulaşımı değil, toplu taşımayı ve lojistik sektörü gibi ticari faaliyetleri de büyük ölçüde dönüştürmelidir.

Yol ve Trafik Altyapısının Tamamlanması

2050 yılı itibarıyla Türkiye genelindeki yolların büyük çoğunluğu, otonom araç teknolojilerini destekleyecek şekilde modernize edilmelidir. Akıllı trafik yönetim sistemleri, dijital trafik tabelaları ve otonom araçlara özel şeritler, ülkede standart hale gelmelidir. Şehirler arası otoyollarda ve kırsal bölgelerde, araçların algılama sistemlerini destekleyen sensörler ve işaretçiler yerleştirilmelidir. Bu altyapı, sadece fiziksel yollarla sınırlı kalmayıp otonom araçların enerji ihtiyaçlarını karşılamak için entegre şarj istasyonları ve akıllı enerji yönetim sistemlerini de içermelidir. Elektrikli araç şarj istasyonları, Türkiye'nin enerji altyapısına entegre edilerek sürdürülebilir bir ulaşım ekosistemi oluşturulmalıdır. Ayrıca, otonom araç teknolojilerinin lojistik sektöründe kullanımıyla ticari taşımacılık daha verimli hale gelirken şehir içi ulaşım da toplu taşıma sistemleri otonom araçlarla desteklenerek optimize edilmelidir.

Otonom Araç Projelerin Yaygınlaştırılması

2050 yılı itibarıyla otonom araç projelerinin ülkede yaygınlaşmış olacağı tahmin edilmektedir. Otonom araç teknolojilerinin daha geniş bir ölçekte uygulanabilirliğini test etmek ve toplumsal kabulünü artırmak için stratejik bir rol oynayan projeler, özellikle Türkiye'nin büyük şehirlerinde, şehirler arası otoyollarda ve kırsal bölgelerde farklı senaryolar için uygulanmalıdır. Örneğin, aşağıdaki alanlarda örnek projeler hayata geçirilebilir:

- **Şehir içi uygulamalar:** Toplu taşıma araçlarında otonom sistemlerin kullanımı ve akıllı trafik yönetim sistemleriyle entegrasyonu

- **Şehirler arası taşımacılık:** Lojistik sektöründe otonom kamyonların kullanımı ve bu araçların enerji verimliliğini artırmaya yönelik çözümler
- **Kırsal bölgeler:** Az yoğunluklu trafik ortamlarında, otonom araçların performansını değerlendiren projeler

Bu projelerden elde edilen veriler, otonom araçların Türkiye genelinde daha güvenli, verimli ve kullanıcı dostu bir şekilde çalışmasını sağlamak için kullanılmalıdır. Ayrıca, farklı bölgelerden alınan geri bildirimler, teknolojinin yerel ihtiyaçlara uygun şekilde optimize edilmesine imkân tanıyacaktır.

Toplumsal ve Ekonomik Etkiler

2050 yılı, otonom araçların toplumsal hayata tam entegrasyonunu ifade etmektedir. Vatandaşlar, otonom araçları günlük ulaşımda standart bir seçenek olarak benimsemiş olmalı, bu araçların güvenilirliği ve kullanım kolaylığı sayesinde toplumsal uyum sağlanmış olmalıdır. Ayrıca, otonom araç teknolojilerinin, trafik kazalarını ve trafik sıkışıklıklarını azaltması, şehir yaşam kalitesini artırması beklenecektir. Bu teknoloji, engelli bireyler ve yaşlılar gibi dezavantajlı gruplar için daha erişilebilir bir ulaşım sunarak toplumsal eşitliğe de katkıda bulunacaktır.

Ekonomik açıdan, Türkiye'nin otonom araç teknolojileri alanında dünya ile rekabet edebilir bir seviyeye ulaşması için bu sektörde yerli üretim kapasitesini artırmalıdır. Yerli yazılım çözümleri, AI uygulamaları ve altyapı teknolojileri, diğer ülkelere ihraç edilerek Türkiye'nin bu alandaki ekonomik gücü pekiştirilmelidir. Otonom araç sektöründe oluşturulan istihdam ve katma değer, Türkiye'nin uzun vadeli ekonomik kalkınma hedeflerine katkı sağlayacaktır.

Uluslararası Standartlarla Uyum ve Rekabet

Türkiye, 2050 yılı itibarıyla otonom araç teknolojileriyle ilgili uluslararası standartlara tam uyum sağlamış olmalı ve bu standartların gelişimine katkıda bulunan bir aktör haline gelmelidir. Küresel pazardaki rekabet gücünü artırmak için yerli teknolojiler geliştirilmiş ve uluslararası iş birlikleriyle bu teknolojiler, daha ileri taşınmış olmalıdır. Türkiye, bu süreçte küresel pazarda etkin bir oyuncu haline gelerek teknoloji ihracatı ve uluslararası projelerde aktif rol oynamalıdır.

Sonuç

2050 yılının, Türkiye'nin otonom araç teknolojilerinde tam entegrasyonu sağladığı ve dünya ile rekabet edecek bir seviyeye ulaştığı bir dönem olacağı değerlendirilmektedir. Bu dönemde

tamamlanacak altyapı, otonom araçların günlük yaşama tam entegrasyonunu mümkün kılarken ekonomik kalkınmaya ve toplumsal refaha önemli katkılar sağlamalıdır. Türkiye'nin uluslararası pazardaki yeri güçlenirken teknoloji geliştirme ve uygulama konusundaki yenilikçi yaklaşımı hem yerel hem de küresel düzeyde başarı hikayesi olarak öne çıkmalıdır. 2050 yılı, Türkiye'nin ulaşımda otonom araç teknolojilerinin sunduğu tüm potansiyel fırsatlardan yararlandığı bir dönem olmalıdır.

BÖLÜM IV

4. TÜRKİYE’DE OTONOM ARAÇ TEKNOLOJİLERİNİN GELİŞİMİ İÇİN GZFT ANALİZİ

Otonom araçların ülkemizde benimsenmesini teşvik etmek amacıyla Türkiye’de otonom araç teknolojisinin geleceğine ilişkin güçlü yönleri, zayıf yönleri, fırsatları ve tehditleri değerlendirmek amacıyla bir GZFT analizi yapılmıştır. Analiz; otonom araç teknolojilerine aşina olmadığını belirten kurum ve kuruluşlar, bisikletliler, yayalar, sürücüler ve diğer yol kullanıcıları dahil olmak üzere paydaşlarla yapılan anketler yoluyla yapılmış olup Türkiye’nin güçlü ve zayıf yönlerinin yanı sıra potansiyel fırsatlar ve tehditler hakkında bilgiler içermektedir.

Yapılan GZFT analizinde, otonom araçlara yönelik yasal düzenlemeleri ve test prosedürlerini içeren mevzuatın henüz bulunmaması ve bölgesel altyapı farklılıkları zayıf yönler olarak ortaya çıkarken genç nüfusun otonom araç teknolojilerine olan ilgisinin giderek artması, güçlü yönler olarak öne çıkmıştır.

Otonom araç teknolojileri, küresel çapta büyük bir hızla gelişmektedir. Ancak nitelikli genç profesyonellerin kaybıyla sonuçlanan beyin göçü riski, Türkiye için bir tehdit oluşturabilir. Diğer yandan dünya çapında otonom araç teknolojilerindeki ilerlemelerin, ülkemizdeki kamu kurum ve kuruluşları, özel sektör ve akademi tarafından yakından takip ediliyor olması ve geliştirilen yenilikçi uygulamalar, küresel gelişmelere uyum sağlayacak hızlı, kesin ve etkili eylemler için fırsatlar sunmaktadır.

Tablo 2. GZFT Analizi

GÜÇLÜ YÖNLER



- Genç nüfusu fazla olan ülkemizde gelişen teknolojilere hızlı adaptasyon sağlanması.
- Türkiye'nin bulunduğu coğrafi konum ve yüklendiği jeopolitik görev nedeniyle birçok farklı ticari, ekonomik, askeri ve siyasi uluslararası kuruluşlara üye olması ve güçlü ilişkilerinin bulunması ile otonom araç gelişmelerinin yakından takip edilebilmesi.
- Ülkemizde otonom araçlar hakkında bilgi birikimine sahip uzmanların bulunması.
- Otonom araç testlerine başlamış olan birçok özel sektör kuruluşunun olması.
- Ülke genelinde üniversiteler aracılığı ile teknolojiyi geliştirme faaliyetlerinin teşvik edilmesi.
- Türkiye'nin siber güvenlik olgunluk seviyesinin yüksek olması.
- Togg ile birlikte, otomotiv sektöründe yerli üretime adım atılmış olması.

ZAYIF YÖNLER



- Sektör paydaşlarını yönlendirecek, uygulamaları denetleyecek, farklı kesimler tarafından yapılan çalışmaların birlikte çalışabilirliğini arttıracak bir yapının henüz bulunmaması.
- Türkiye'nin coğrafi bölgeleri arasındaki sosyal, ekonomik ve teknolojik altyapı farklılıklarının olması.
- Otonom araç uygulamaları özelinde altyapıların henüz yaygın olmaması.
- Ürün geliştirme konusunda gelişme kaydeden özel sektör kuruluşlarının, test aşamasında takip edeceği bir mevzuatın henüz yayınlanmamış olması.
- Otonom araç uygulamalarında yaşanacak bir sorunda (kaza, hatalı bilgi aktarımı, yaralanma vb.) sorumluların belirlenmesinde başvurulacak yasal düzenlemelerin ve mevzuatın henüz yayınlanmamış olması.

FIRSATLAR



- Otonom araçlara dünya çapında özellikle toplu taşıma alanında öncelik veriliyor olması.
- Otonom araç alanında çalışmaların artırılması ve hızlandırılması için üniversitelere, araştırma kuruluşlarına ve firmalara özel teşvikler verilmesi ile otonom araç alanında ülke olarak öne çıkabilme potansiyelinin bulunması.
- Otonom sistemlerin gelişmekte olması dolayısıyla tedarikçilerin bu uygulamalarla ilgili yerli ürün geliştirerek piyasaya sunabilmesi.
- İş gücü maliyetlerinin avantajlı olması dolayısıyla yurtdışından yatırımcı çekebilmesi.
- Dünyadaki bilimsel ve teknolojik ilerlemelerin, ülkemizde yakından takip edilerek uygulanabilmesi.

TEHDİTLER



- Otonom araçların, özellikle motor gibi ana parçalar konusunda dışa bağımlılık getirme olasılığının olması.
- Dünyada yaşanabilecek olası sorunlar dolayısıyla tedarik zincirinde ortaya çıkabilecek gecikmelerin, otonom araç uygulamalarının etkilenmesine yol açma ihtimali (dünyada yaşanmış olan çip tedarik sorunu vb.).
- Beyin göçü nedeniyle nitelikli ve genç nüfusun azalması ihtimali.
- Otonom araçlar konusunda referans alınabilecek bir yasal mevzuatın henüz bulunmaması.
- Ekonomik şartlarda yaşanabilecek zorluklar nedeniyle otomotiv sektöründeki yatırımların azalması ihtimali.

BÖLÜM V

5. TÜRKİYE’DE MEVZUAT ÇALIŞMALARI İÇİN ÖNERİLER

5.1. Mevzuat Çalışmalarında Dikkat Edilecek Hususlar

Türkiye’de otonom araç teknolojilerinin geliştirilmesine yönelik mevzuat çalışmalarının yapılması kritik öneme sahiptir. Geliştirmelerde referans alınacak hukuki zeminin bulunması, otonom araçlar alanındaki gelişmelerin de belirli bir çizgide ilerlemesini sağlayacak, bunun yanı sıra gelecekte yaşanabilecek olan sorunları önlemeye yardımcı olacaktır. Bu bağlamda önemli hususlar arasında yer alan otonom araçların geliştirme ve test süreçlerine ilişkin izin alınması, trafikte kullanımı, ehliyet düzenlemeleri, veri toplama ve işleme, yol bileşenlerinin denetlenmesi ve nihai olarak sorumluluk belirleme süreçlerinin dikkatle incelenmesi gerekmektedir.

5.1.1. Geliştirme ve Test Süreçlerinde İzin ve Uyum

- Otonom araç teknolojilerini geliştiren kurumlar, ülkedeki yasal düzenlemelere uygun olarak faaliyet göstermelidir. Bu kapsamda, ilgili kurumların farklı aşamalarda çeşitli izinleri alması gerekmektedir. Örneğin; prototip araçlar için test izni, yola çıkacak araçlar için tip onayı belgeleri alınmalıdır.
- İlgili kurumların temsilcilerinin yer aldığı bir çalışma grubu oluşturulabilir. Bu çalışma grubu ile otonom araçların trafiğe çıkma şartlarının çerçevesine yönelik bir çalışma yapılabilir. Böylelikle otonom araç teknolojisi geliştiren kurumların irtibatta olabileceği bir yapı oluşturularak süreçlerin hızlı ilerlemesi sağlanabilir. Ayrıca geliştirilen teknolojilerin belirli minimum gereklilikleri, belirlenecek standartları sağlayacak şekilde çalışması ve ülke genelinde otonom araç geliştirme ve test süreçlerinde eş güdüm sağlanabilir.
- Otonom araçların farklı bölgelerde test edilmesi gerektiğinde, bu testlerin düzenlenmesi ve koordinasyonu için etkin bir süreç oluşturulmalıdır. Uygun test sahalarının belirlenmesi ve testlerin güvenlik koşullarına uygun şekilde yapılması önemlidir.
- Otonom araç testlerinin, kontrollü bir ortamda geliştirilmesi kritik önem taşımaktadır. Bu doğrultuda, otonom araç üreten firmaların test izni alabilmeleri için kriterler belirlenmelidir. Bu kriterler, otonom araç testlerinin, güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır.

- Otonom araç testleri, güvenliğini tehlikeye atmayan ve diğer trafik kullanıcılarının etkilenmeyeceği kontrollü ortamlarda gerçekleştirilmelidir. Bu süreçte, otonom araç teknolojisi geliştiren firmaların, önceden belirlenecek kriterlere uygun olarak test izni alması gerekmektedir.
- Trafiğe açık alanlarda yapılan testlerde, diğer sürücülerin ve yayaların güvenliği ön planda tutulmalıdır. Testler öncesinde ve testler sırasında gerekli önlemler alınmalı ve trafik akışı ve güvenliği etkilenmemelidir.

5.1.2. Ehliyet Düzenlemeleri

- Otonom araçlar için ehliyet düzenlemeleri, sürücülerin otonom araçları kullanma yetkinliğini belirleyen önemli bir konudur. Bu nedenle farklı otonom sürüş seviyelerine göre sürücülerin ehliyet alması için gereklilikler belirlenmelidir.
- Otonom araç teknolojisiyle ilgili eğitim programları ve ehliyet sınavları, güncel teknolojik gelişmeler ve güvenli sürüş prensipleri çerçevesinde düzenlenmelidir.
- Her otonom sürüş seviyesi için ayrı bir ehliyet kategorisi oluşturulması değerlendirilmelidir.
- Kullanıcıların ehliyetleri her beş yılda bir yenilenmeli, teorik ve pratik bilgilerini ölçen sınavlarla desteklenmelidir.
- Kontrol geçişlerinde trafik kazalarının önlenmesi için refleks ve tepki süreleri, düzenli olarak test edilmelidir.
- Kullanıcıların yaşına, eğitim seviyesine ve bilişsel durumlarına göre eğitim ve sınav içerikleri uyarlanmalıdır.
- Engelli bireyler için özel ehliyet kategorileri ve sınav düzenlemeleri geliştirilmelidir.
- Teorik ve pratik eğitimler; otonom araçların işleyişi, sınırları ve acil durum prosedürlerini içermelidir.
- Ehliyet sınavları, teorik bilgilerle birlikte simülasyon tabanlı pratik testlerden oluşmalı, trafik koşullarını ve acil durum senaryolarını içermelidir.
- Kullanıcılar her yıl teknoloji güncelleme eğitimi almalı ve otonom araçlarla ilgili yeni güvenlik protokolleri hakkında bilgi sahibi olmalıdır.

- Özellikle yüksek otonomluk seviyelerinde simülasyon tabanlı eğitimler ve kontrollü test ortamlarında uygulamalı eğitimler verilmelidir.
- Farklı otomasyon seviyelerindeki araçların bir arada bulunduğu trafik senaryoları dikkate alınarak sınavların zorluk seviyesi artırılmalıdır.

5.1.3. Veri Toplama, İşleme ve Siber Güvenlik

- Otonom araçların veri toplama ve işleme süreçleri, kişisel verilerin korunması açısından büyük önem taşır. Bu nedenle, “6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu”na (KVKK’ya) uygun olarak verilerin güvenli bir şekilde toplanması ve işlenmesi sağlanmalıdır (T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi, 2016). KVKK kapsamında kişisel verilerin güvenliği açısından, verilerin insan tarafından veya otomatik olarak işlenmesi arasında bir farklılık görülmemektedir, ancak otonom araçlar; topladıkları tüm verileri insan müdahalesi olmadan işlemektedir ve bu durum nedeniyle bir düzenleme gerekebilir.
- Veri güvenliği ve gizliliği konusunda sıkı bir denetim ve şeffaf bir yapı oluşturulmalıdır. Kullanıcıların verileri üzerinde tam kontrole sahip olmaları ve izinsiz verilerinin kullanımın önlenmesi temin edilmelidir.
- Kullanıcı verilerinin ilgili kişi ve kurumlar haricinde, üçüncü taraflarla paylaşımını önleyecek tedbirler alınmalıdır.
- Otonom araçların siber güvenlik sistemi, adaptasyon merkezli olarak geliştirilmeye uygundur (Daly, 2017). Yeni bir siber saldırı türünün her an ortaya çıkma potansiyeli nedeniyle otonom araç teknolojilerinde de siber güvenlik konusu, tasarım aşamasından araçların trafikte hizmet verme aşamasına kadar her aşamada göz önünde bulundurulmalı, iyi uygulamalar ve çözümler takip edilerek geliştirilmelidir.

5.1.4. Sigorta Düzenlemeleri

- Otonom araçlar için sigorta düzenlemeleri, geleneksel araçlardan farklı olarak değerlendirilmelidir. Otonom sürüş seviyesi arttıkça, araç üreticilerinin yükümlülüklerinin artması dolayısıyla sigorta poliçelerinin oluşturulması sürecinde, sürücü ile birlikte, araç üreticisinin de poliçeye dahil edilmesi konusu değerlendirilmelidir.

- Otonom araçların veri paylaşımında meydana gelebilecek olası sızıntılara karşı, verilerin gizliliğine ve mahremiyetine yönelik sigorta poliçelerine maddeler eklenmesi değerlendirilmelidir.
- Sigorta şirketlerinin, bir sigorta sözleşmesi düzenlenmesinde, otonom araçlardan kaynaklı trafik kazalarında sorumluluğu üzerine alması konusu da değerlendirilebilir (UK Parliament, 2017).

5.1.5. Sorumluluk Belirleme Süreci

- “2918 sayılı Karayolu Trafik Kanunu”, trafiğin sürücülü araçlardan oluştuğu durumların düzenlenmesine yöneliktir (T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi, 1983). Bu nedenle sürücüsüz araçlar trafiğe katıldığında, sorun yaşanmaması ve eksikliklerle karşılaşılması için gerekli düzenlemelerin tespit edilerek kanunda ilgili düzenlemelerin yapılması gerekmektedir.
- Otonom araçların trafikte kullanılmasıyla birlikte, olası kazalarda sorumluluk belirleme sürecinin sorunsuz bir şekilde işlemesi gerekmektedir. Bu süreç, trafiği düzenlemeye yönelik mevzuatların güncellenmesini ve otonom araçlarla ilgili hukuki altyapının oluşturulmasını gerektirmektedir.
- Türkiye’de bir araç kazaya karıştığında, sorumluluk üç paydada incelenmektedir:
 - *Araç İşleticisinin Sorumluluğu*: Trafik kazalarında araç işleticisinin sorumluluğu, “2918 sayılı Karayolu Trafik Kanunu”nun 85. maddesinde yer almaktadır: “*Bir motorlu aracın işletilmesi bir kimsenin ölümüne veya yaralanmasına yahut bir şeyin zarara uğramasına sebep olursa, motorlu aracın bir teşebbüsün unvanı veya işletme adı altında veya bu teşebbüs tarafından kesilen biletle işletilmesi halinde, motorlu aracın işleteni ve bağlı olduğu teşebbüsün sahibi, doğan zarardan müştereken ve müteselsilen sorumlu olurlar.*” (YSA HUKUK, 2022).
 - *Sürücünün Sorumluluğu*: Trafik kazalarında sürücünün sorumluluğu, hata payı oranıyla ölçülmektedir. Kazaya karışan araçların sürücüleri, kazanın meydana gelmesinde kendi paylarına düşen kusur oranı kadar zarar görenin zararını karşılamakla yükümlüdür. Örneğin kazaya karışan sürücü, kazada %40 oranında kusurlu ise karşı tarafın zararının %40’ını ödemekle yükümlüdür (Kavasoglu Hukuk Bürosu, 2022).

- *Araç Üreticisinin Sorumluluğu*: Bir trafik kazasının, araçtan kaynaklanan kusurlar nedeniyle meydana gelmesi durumunda, bu araç ayıplı mal kategorisinde değerlendirilmektedir. 6502 sayılı “Tüketicinin Korunması Hakkında Kanun”da, ayıplı malın tanımı şu şekildedir (Resmî Gazete, 2013): “*Ambalajında, etiketinde, tanıtma ve kullanma kılavuzunda ya da reklam ve ilanlarında yer alan veya satıcı tarafından bildirilen veya standardında veya teknik düzenlemesinde tespit edilen nitelik veya niteliği etkileyen niceliğine aykırı olan ya da tahsis veya kullanım amacı bakımından değerini veya tüketicinin ondan beklediği faydaları azaltan veya ortadan kaldıran maddi, hukuki veya ekonomik eksiklikler içeren mallar, ayıplı mal kabul edilir.*” Örneğin motor arızası yaşanması, aracın ayıplı mal kategorisine girmesine neden olur (Av. Mehmet Emre Ulusoy, 2013).
- Otonom araçların farklı otonomluk seviyelerine göre sorumluluklarının belirlenmesi, teknik bilgi birikimi ve hukuki uzmanlık gerektiren bir süreçtir. Bu konuda SAE’nin belirlediği altı farklı otonomluk seviyesi için ayrı ayrı sorumluluklar geliştirilebilir. Bu otonomluk seviyeleri ve karşılık gelen kullanım koşulları, aşağıda bir öneri niteliğinde listelenmiştir:
 - *Seviye 0 (Otomasyon Yok)*: Sürüşün tüm yönlerinden sorumlu olduğu için sorumluluk tamamen insan sürücüyeye aittir. Bir trafik kazasının meydana gelmesi durumunda, herhangi bir araç uyarısı veya yardım sisteminden bağımsız olarak sürücü, tamamen sorumlu tutulabilir.
 - *Seviye 1 (Sürücü Yardımı)*: Sorumluluk sürücüyeye aittir çünkü buradaki otonomluk seviyesi sadece sürücüyeye yardım etmekle görevlidir. Diğer yandan sürüş esnasında yardım sistemine tam anlamıyla güvenmek mümkün değildir. Yardım sisteminin alabileceği ve çarpışmalara sebep olabilecek olası yanlış kararlar, trafiğin genel düzeninde sebep olabileceği aksaklıklar ve karmaşık trafik ortamlarında oluşabilecek sistemsel hatalar, bu duruma örnek olarak verilebilir.
 - *Seviye 2 (Kısmi Sürüş Otomasyonu)*: Sorumluluk öncelikle sürücüyeye aittir, ancak aracın otomasyonu, sorumluluk konusunda paylaşım ihtimalini artırmaktadır. Araç otomasyonu devrede iken bir trafik kazası meydana gelmesi durumunda, sürücünün sistemi gerektiği gibi denetleyip denetlemediği ve müdahale etmek için yeterli zamanı olup olmadığı gibi hususlar önemli olmaktadır.

- *Seviye 3 (Koşullu Sürüş Otomasyonu):* Aracın otomasyonu belirli sürüş görevlerini insan müdahalesi olmadan yerine getirebildiği için sorumluluk daha karmaşık hale gelmektedir. Bir trafik kazası meydana gelmesi durumunda, sürücünün gerektiği gibi devreye girip girmediğinin ve sistem tarafından talep edildiğinde, devreye girmeye hazır olup olmadığının belirlenmesi kritik hale gelmektedir.
- *Seviye 4 (Yüksek Sürüş Otomasyonu):* Araç, belirli koşullarda tamamen otonom sürüş yapabildiği için sorumluluk, daha yüksek oranda araca ve üreticilerine yönelebilir. Aracın, bir trafik kazasına karışması durumunda, sorumluluk teknoloji ve sistem tasarımcılarına ait olabilir. Ancak sürücünün, hiçbir zaman gözünü yoldan ayırmaması ve sürüş kontrolünü devralabilmesi gerektiği için sürücünün de sorumluluğu bulunmaktadır.
- *Seviye 5 (Tam Sürüş Otomasyonu):* Tam otonom sürüş yapabilen araçlarda sorumluluk, araç ve sistem tasarımcılarına aittir. Direksiyon olmayan sürücüsüz araçlarda ise yolcunun araca müdahale etme imkânı olmadığı için araçtan kaynaklanan sorunlarda, yazılım ve donanımı geliştiren araç üreticisinin sorumluluğu bulunmaktadır. Yolcu, aracın kararlarına herhangi bir şekilde müdahale edemediği için tüm sorumluluk araç üreticisinde olacaktır.
- Otonom araçlarla ilgili tartışmalarda, uçaklarda kullanılan kara kutu sistemine benzer bir yapının bu araçlara da eklenmesi gündeme gelmiştir. Bu konuda Japonya, kara kutunun faydalı olabileceğini belirterek şirketlere bu yönde önerilerde bulunurken Almanya ise otonom araçların yaygınlaşma sürecinin ilk aşamalarından itibaren kara kutu kullanımını zorunlu hale getirmiştir (Taeihagh & Lim, 2019).

5.2. Yönetmelik Çalışmalarında Ele Alınması Önerilen Hususlar

5.2.1. Geliştirme ve Test Süreçlerinde İzin ve Uyum

Yönetmelik Önerisi:

“Otonom Araçların Geliştirme, Test Süreçleri ve Trafikte Kullanımına İlişkin Yönetmelik”

Amaç ve Kapsam

Bu yönetmelik, otonom araç teknolojilerinin geliştirilmesi ve test edilmesine yönelik izin ve uyumluluk süreçlerini düzenler. Ayrıca prototip araçlar ve ticari kullanıma yönelik otonom araçlar için test ortamlarının belirlenmesini ve trafik güvenliği standartlarının sağlanmasını amaçlar.

Tanımlar

Otonom Araç: Sürücü müdahalesi gerektirmeden veya kısmen müdahale ile sürüş gerçekleştiren motorlu kara taşıtı.

Test Ortamı: Otonom araçların güvenli bir şekilde test edilebilmesi için tanımlanmış, kontrollü veya trafiğe açık alan.

Çalışma Grubu: İlgili bakanlıkların, kamu kurum ve kuruluşlarının temsilcilerinin iş birliği ile otonom araçların geliştirilmesi, test süreçlerini koordine edilmesi ve otonom araçların trafikte kullanımına yönelik kuralların belirlenmesine yönelik çalışmalar yürütmek üzere oluşturulan çalışma grubu.

İlgili Birim: Otonom araç test izni başvurularını değerlendirecek ve yapılacak testleri denetleyecek kurum ya da kuruluş.

Firma: Otonom araç testi için başvuru yapan tüzel kişilik.

Çalışma Grubunun Görevleri

1. Otonom araçların geliştirilmesi, test edilmesi ve trafiğe çıkarılmasına ilişkin standartların belirlenmesine yönelik çalışmalar yürütmek
2. Prototip araçların test ortamlarında ve trafikte kullanımı için test izin kurallarının belirlenmesi, test bölgelerinin koordinasyonunun sağlanması konularında çalışmalar yürütmek
3. Otonom araç üreticilerden alınan başvuruların değerlendirilmesi trafiğe çıkacak otonom araçlar için gerekli belgelerin taslaklarını hazırlanması konuların çalışmalar yürütmek

4. Otonom araç testlerinde uyulması gereken güvenlik önlemlerini belirlenmesine yönelik çalışmalar yürütmek
-

Test İzni Alma Süreci

1. Otonom araç geliştiren firmalar, test izni alabilmek için asgari olarak aşağıdaki bilgileri içeren belgeleri hazırlayarak ilgili birime başvurmaktadır:
 - o Test aracının teknik özellikleri
 - o Testlerin yapılacağı ortamın detaylı planı
 - o Araç güvenlik sistemlerinin yeterliliğini gösteren rapor
 2. Test izni başvuruları, ilgili birim tarafından azami 60 gün içinde sonuçlandırılır.
 3. Onaylanan test izni, yalnızca belirlenen süre ve test ortamında geçerli olur.
-

Kontrollü Ortamda Test Şartları

1. Otonom araç testleri, trafiğe kapalı veya özel olarak düzenlenmiş alanlarda gerçekleştirilmelidir.
 2. Test sırasında aşağıdaki güvenlik önlemleri alınmalıdır:
 - o Test alanında yalnızca yetkili personelin bulunması
 - o Gerçek zamanlı izleme ve kontrol mekanizmalarının aktif olması
 - o Test sırasında ortaya çıkabilecek acil durumlara karşı kurtarma ekiplerinin hazır bulunması
 3. Kontrollü ortamdaki testler, ilgili birimin temsilcileri tarafından denetlenir.
-

Trafiğe Açık Alanlarda Test Şartları

1. Trafiğe açık alanlarda yapılacak otonom araç testleri için ilave izin belgeleri gereklidir. Bu kapsamda, başvuru sahibinin aşağıdaki belgeleri de hazırlaması gereklidir:

- Test aracının trafiğe uygunluğunu gösteren bir güvenlik raporu
 - Test sırasında kullanılacak yol kesimlerine ilişkin izin belgesi
 - Trafik ve çevre güvenliği için alınacak tedbirlerin planı
2. Trafiğe açık testlerde, aşağıdaki kurallara uyulmalıdır:
- Test aracı, açık bir şekilde “OTONOM TEST ARACI” etiketi taşınmalıdır.
 - Test aracında, gerekirse manuel kontrolü sağlayabilecek bir insan sürücü bulundurulmalıdır.
 - Test esnasında trafiğin akışını ve diğer sürücülerin güvenliğini etkileyen durumlar önlenmelidir.
-

Standartların Belirlenmesi ve Uyumluluk

1. Otonom araç geliştiren tüm kurumlar, teknik ve güvenlik standartlarına uygun araçlar geliştirmekle yükümlüdür.
 2. Standartlar; araç güvenliği, veri işleme, siber güvenlik ve çevresel uyumluluk unsurlarını içerir.
-

Denetim ve Yaptırımlar

1. İlgili birim, test izni verilen araçların geliştirme ve test süreçlerini denetler.
 2. Otonom araçların trafikte kullanımına yönelik belirlenen kuralları ihlal eden, güvenlik veya uyumluluk standartlarına uymayan firmaların test süreçleri durdurulur ve test izinleri iptal edilir.
-

Geçici Madde: Test Alanlarının Belirlenmesi

Bu yönetmelik yürürlüğe girdikten sonra, ilgili birim tarafından Türkiye genelinde otonom araç testleri için uygun alanlar bir yıl içinde belirlenecektir.

5.2.2. Ehliyet Düzenlemeleri

Yönetmelik  nerisi:

“Otonom Araç Kullanıcı Ehliyeti Yönetmeliği”

Amaç ve Kapsam

Bu yönetmelik, otonom araç kullanıcılarının yeterliliklerini değerlendirmek ve farklı otonom sürüş seviyelerine uygun ehliyet düzenlemelerini belirlemek amacıyla hazırlanmıştır. Yönetmelik, otonom araç sürücülerinin eğitim, sınav ve yenileme süreçlerini kapsamaktadır.

Tanımlar

- **Otonom Araç:** Farklı otomasyon seviyelerinde insan müdahalesi gerektirmeyen veya kısmen gerektiren motorlu taşıt.
 - **Otonom Sürüş Seviyesi:** SAE tarafından tanımlanan Seviye 0’dan Seviye 5’e kadar olan sürüş otomasyonu seviyeleri.
-

Ehliyet Kategorileri

Her otonom sürüş seviyesi için aşağdaki ehliyet kategorileri oluşturulmuştur:

1. **Seviye 0 (A0):** Manuel sürüş gerektiren araçlar.
 2. **Seviye 1 (A1):** Sürücü destek sistemleri bulunan araçlar.
 3. **Seviye 2 (A2):** Kısmi otomasyon özellikleri bulunan araçlar.
 4. **Seviye 3 (A3):** Koşullu sürüş otomasyonu bulunan araçlar.
 5. **Seviye 4 (A4):** Yüksek otomasyon özellikleri bulunan araçlar.
 6. **Seviye 5 (A5):** Tam otomasyon özellikleri bulunan araçlar.
-

Eğitim Gereklilikleri

1. Teorik Eğitim:

- Trafik g¼venliđi, otonom sistem işleyişi ve kullanıcı sorumluluklarını içeren dersler
- Her seviyeye ¼zel olarak hazırlanmış teknolojik bilgi mod¼lleri

2. Pratik Eğitim:

- Sim¼lasyon tabanlı senaryo uygulamaları
- Kontroll¼ test alanlarında araç kullanımı

Sınav S¼releri

3. Seviye 0: Otomasyon Yok

- **Ehliyet T¼r¼: Klasik S¼r¼c¼ Ehliyeti (A0)**
- **Kapsam:** Tamamen manuel araç kullanımı.
- **Gerekli Eğitim:**
 - Temel s¼r¼ř teknikleri
 - Trafik kuralları ve yol g¼venliđi
 - Motorlu taşıtların mekanik sistemlerinin temel bilgisi
- **Sınav İçeriği:**
 - Pratik s¼r¼ř testi (manuel kontrol)
 - Teorik trafik ve g¼venlik bilgisi sınavı
- **G¼ncelleme ve Yenileme:** Beş yılda bir fiziksel ve teorik yeterlilik testi

4. Seviye 1: S¼r¼c¼ Yardımı

- **Ehliyet T¼r¼: Kısmi Otonom S¼r¼c¼ Ehliyeti (A1)**
- **Kapsam:** Hız sabitleyici (cruise control), şerit takip sistemi gibi s¼r¼c¼ye yardımcı teknolojilerin bulunduğu araçların kullanımı

- **Gerekli Eğitim:**
 - Sürücü destek sistemlerinin işleyişi
 - Sürücü destek sistemlerinin sınırları ve sorumluluk bilinci
 - Manuel sürüş müdahalelerine hazırlık
- **Sınav İçeriği:**
 - Teorik eğitim (sistem özellikleri ve sınırları)
 - Kontrollü test ortamında pratik uygulama
- **Güncelleme ve Yenileme:** Beş yılda bir sınav; teknoloji değişikliklerine uyum sağlamak için iki yılda bir güncellemeler

5. Seviye 2: Kısmi Sürüş Otomasyonu

- **Ehliyet Türü: İleri Kısmi Otonom Ehliyeti (A2)**
- **Kapsam:** Şerit değişimi, hız kontrolü gibi görevleri otonom sistemlerin gerçekleştirdiği araçlar.
- **Gerekli Eğitim:**
 - Gelişmiş otonom sistemlerin kullanımı
 - Sistemin kontrol yetenekleri ve sınırları
 - Acil durumlarda manuel müdahale eğitimi
- **Sınav İçeriği:**
 - Teorik sınav (acil durum prosedürleri ve teknoloji bilgisi)
 - Simülasyon ve kontrollü test ortamında pratik sınav
- **Güncelleme ve Yenileme:** Beş yılda bir teorik ve pratik sınav

6. Seviye 3: Koşullu Sürüş Otomasyonu

- **Ehliyet Türü: Koşullu Otonom Ehliyeti (A3)**
- **Kapsam:** Araç, belirli durumlarda kendi kendine sürüş yapabilir; ancak kontrol, belirli durumlarda sürücüye devredilir.

- **Gerekli Eğitim:**
 - Kooperatif Kontrol Geçişi (CToC) eğitimi
 - Karmaşık trafik senaryolarında sistem denetimi
 - Sistemin başarısızlık durumlarında müdahale eğitimi
- **Sınav İçeriği:**
 - Teorik eğitim (teknoloji detayları ve trafik hukuku)
 - Karma trafik senaryolarını içeren simülasyon testi
 - Pratik sınav (kontrol devri ve müdahale yeterliliği)
- **Güncelleme ve Yenileme:** Beş yılda bir detaylı sınav

7. Seviye 4: Yüksek Sürüş Otomasyonu

- **Ehliyet Türü: Yüksek Otonom Ehliyeti (A4)**
- **Kapsam:** Araç, belirli koşullarda tamamen otonom sürüş gerçekleştirebilir, ancak bazı durumlarda sürücüye sınırlı müdahale fırsatı tanır.
- **Gerekli Eğitim:**
 - Otonom sistemlerin operasyon sınırlarının anlaşılması
 - Sistem arızalarında sorumluluk bilinci
 - Yasal ve etik sorumluluklar
- **Sınav İçeriği:**
 - Teorik sınav (sistem arızaları ve yasal çerçeve)
 - Simülasyon tabanlı senaryo testleri
 - Pratik sınav (belirli durumlarda manuel kontrol yeteneği)
- **Güncelleme ve Yenileme:** İki yılda bir teknoloji güncelleme eğitimi; beş yılda bir sınav

8. Seviye 5: Tam Sürüş Otomasyonu

- **Ehliyet Türü: Tam Otonom Ehliyeti (A5)**

- **Kapsam:** Araç tüm koşullarda tamamen otonom sürüş gerçekleştirebilir; kullanıcı yalnızca yolcu pozisyonundadır.
 - **Gerekli Eğitim:**
 - Tam otonom araçların işleyiş prensipleri
 - Araç sistemlerine yönelik acil durum senaryoları
 - Kullanıcı hak ve sorumlulukları
 - **Sınav İçeriği:**
 - Teorik sınav (tam otonom teknolojiler ve kullanıcı sorumlulukları)
 - Araç tanıtımı ve kullanıcı eğitimleri
 - **Güncelleme ve Yenileme:** Her yıl teknoloji güncelleme eğitimi ve beş yılda bir teorik bilgi sınavı
-

Yenileme ve Güncelleme

1. Ehliyet sahipleri, her beş yılda bir teorik ve pratik sınava tabi tutulur.
 2. Teknolojik gelişmelere uyum sağlamak için iki yılda bir güncelleme eğitimi zorunludur.
-

Fiziksel ve Zihinsel Yeterlilik Testleri

1. **Refleks ve Tepki Süresi Testi:**
 - Kullanıcıların refleksleri ve karar verme hızları düzenli olarak beş veya 10 yılda bir ölçülür¹.
 2. **Kişisel Özelliklere Göre Uyarılma:**
 - Yaş, eğitim seviyesi ve engellilik durumuna uygun sınav ve eğitim düzenlemeleri.
-

¹ 31 Aralık 2024 tarihinden itibaren geçilecek olan yeni tip ehliyete göre sürücüler, ehliyet sınıflarına göre 5 veya 10 yılda yeni bir sağlık raporu alarak ehliyet yenileme işlemi yapacaktır (Aveon Global Sigorta, 2023).

Yasal Sorumluluk ve Denetim

1. Ehliyet düzenlemeleri, ilgili bakanlık tarafından yürütülür.
 2. Eğitim ve sınav süreçlerini gerçekleştiren kuruluşlar, ilgili bakanlık tarafından akredite edilmelidir.
-

Geçici Madde 1: Geçiş Süreci

Yönetmelik yürürlüğe girdikten sonra mevcut ehliyet sahipleri, seviyelerine uygun eğitim ve sınav süreçlerine tabi tutulacaktır. Bu süreç, beş yıl içinde tamamlanmalıdır.

5.2.3. Veri Toplama, İşleme ve Siber Güvenlik

Yönetmelik Önerisi:

“Otonom Araçlarda Veri Toplama, İşleme ve Siber Güvenlik Yönetmeliği”

Amaç ve Kapsam

Bu yönetmelik, otonom araçların veri toplama, işleme ve depolama süreçlerini düzenlemek; kişisel veri güvenliği ve siber güvenlik standartlarını belirlemek amacıyla hazırlanmıştır. Yönetmelik, otonom araç geliştiricilerini, işletmecilerini ve kullanıcılarını kapsar.

Tanımlar

- **Kişisel Veri:** Belirli veya belirlenebilir bir gerçek kişiye ait tüm bilgiler.
 - **Veri İşleme:** Kişisel verilerin kaydedilmesi, depolanması, sınıflandırılması, değiştirilmesi, aktarılması ve imha edilmesi.
 - **Siber Güvenlik:** Otonom araç sistemlerinin dijital saldırılara karşı korunmasını sağlayan güvenlik tedbirleri bütünü.
-

Veri Toplama İlkeleri

1. **Amaç Sınırlaması:** Toplanan veriler yalnızca aracın işlevlerini yerine getirmesi, güvenliğini sağlması ve trafik düzenini koruması amacıyla kullanılabilir.
 2. **Veri Minimizasyonu:** Araçlar yalnızca minimum düzeyde gerekli olan verileri toplamalıdır.
 3. **Şeffaflık:** Kullanıcılar, araçların hangi verileri topladığı, nasıl işlediği ve sakladığı konusunda bilgilendirilmelidir.
-

Veri İşleme ve Depolama

1. **Kanuna Uygunluk:** Tüm veri işleme süreçleri, 6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu (KVKK) ve uluslararası veri koruma düzenlemelerine uygun olmalıdır.
 2. **Veri Depolama:** Toplanan veriler yalnızca belirli bir süre boyunca saklanabilir; bu süre trafik güvenliği ve yasal gerekliliklere uygun olarak belirlenir.
 3. **Kullanıcı Kontrolü:** Kullanıcılar, toplanan verilere erişim ve bu verilerin silinmesini talep etme hakkına sahiptir.
 4. **Anonimleştirme:** Mümkün olan durumlarda, kişisel veriler anonim hale getirilerek saklanmalıdır.
-

Siber Güvenlik Önlemleri

1. **Sistem Güvenliği:** Araç üreticileri ve geliştiriciler, otonom araçlarda kullanılan yazılımları ve donanımları siber saldırılara karşı korumak için düzenli olarak güncellemelidir.
 2. **Şifreleme:** Veri iletimi sırasında kullanıcı bilgilerinin korunması için güçlü şifreleme algoritmaları kullanılmalıdır.
 3. **Gerçek Zamanlı İzleme:** Araçlar, siber saldırılara karşı gerçek zamanlı tehdit algılama ve yanıt sistemleriyle donatılmalıdır.
 4. **Acil Durum Protokolleri:** Bir siber saldırı durumunda, aracın güvenli bir şekilde durmasını sağlayacak acil durum protokolleri oluşturulmalıdır.
-

Yetkilendirme

Yetkili Kurum: Otonom araç üreticileri ve işletmecileri, veri toplama ve işleme süreçlerinde Kişisel Verileri Koruma Kurumu'nun veya yetkilendireceği kurumların denetimine tabidir.

Kullanıcı Hakları

1. Kullanıcılar, araçlar tarafından toplanan kişisel verilerin kullanımına dair açık rıza vermelidir.
 2. Kullanıcıların verileri yalnızca yasal zorunluluk durumlarında üçüncü taraflarla paylaşılabilir.
 3. Kullanıcılar, toplanan verilere erişim ve bu verilerin işlenmesine dair ayrıntılı bilgi alma hakkına sahiptir.
-

Veri Paylaşımı ve İş Birliği

1. **Veri Paylaşımı:** Otonom araçlar tarafından toplanan veriler yalnızca kamu güvenliği ve trafik düzenini sağlamak amacıyla kamu otoriteleriyle paylaşılabilir.
 2. **Araştırma ve Geliştirme:** Kullanıcı izni alınarak anonim hale getirilmiş veriler, otonom araç teknolojilerinin geliştirilmesi için araştırma amaçlı kullanılabilir.
-

Yaptırımlar

1. Veri koruma veya siber güvenlik ihlalleri tespit edilirse, ihlalin derecesine bağlı olarak idari para cezaları uygulanır.
 2. Ağır ihlallerde, aracın trafiğe çıkış izni geçici veya kalıcı olarak iptal edilebilir.
-

Geçici Madde 1: Uyum Süreci

Bu yönetmelik yürürlüğe girdikten sonra, mevcut otonom araç geliştiricileri ve işletmecileri, bir yıl içinde yönetmeliğe uyum sağlamak için gerekli düzenlemeleri yapmak zorundadır.

5.2.4. Sigorta Düzenlemeleri

Yönetmelik Önerisi:

“Otonom Araçlarda Sigorta Yönetmeliği”

Amaç ve Kapsam

Bu yönetmelik, otonom araçların sigorta düzenlemelerini belirlemek amacıyla hazırlanmıştır. Yönetmelik, sigorta şirketlerini, araç üreticilerini, işletmecilerini ve kullanıcılarını kapsamaktadır.

Tanımlar

- **Otonom Araç:** Farklı otomasyon seviyelerine sahip, sürücüsüz veya kısmi sürüş kontrolü ile çalışan motorlu taşıt.
 - **Sorumluluk Poliçesi:** Otonom araçların neden olduğu kazalarda kullanıcı, üretici veya diğer tarafların sorumluluğunu belirleyen sigorta poliçesi.
 - **Otonom Seviye:** SAE tarafından belirlenmiş Seviye 0'dan Seviye 5'e kadar otonom sürüş düzeyleri.
 - **Sigorta Eklentisi:** Otonom sistemlerde oluşabilecek veri sızıntısı, siber saldırı veya teknik hatalara karşı poliçeye eklenen koruma düzenlemesi.
-

Sigorta Kapsamı

1. **Kaza Sorumluluğu:** Otonom sürüş modunda gerçekleşen kazalarda, otonom sistemin üreticisi ve kullanıcısı arasında sorumluluk paylaşımı yapılır. Otonom araçların karıştığı trafik kazalarında, sürüş otomasyon seviyesine bağlı olarak sorumluluk, araç üreticileri ile paylaşıldığı için sigorta şirketleri, özel sigorta kapsamlarını oluşturarak bu doğrultuda sigorta poliçeleri düzenleyebilir. Örneğin Tesla, kendi araçları için özel tasarlanmış sigorta hizmeti sunmaktadır ve diğer otonom araç şirketleri de benzer bir iş modeli geliştirebilir (Selby, 2024). Bu durumda, zorunlu trafik sigortasına ilişkin bir bağlayıcılık söz konusu değildir.

- **Seviye 0 (Otomasyon Yok):** Sorumluluk tamamen sürücüye aittir. Sigorta tazminatları, sürücünün hatalarına dayalı olarak düzenlenir.
 - **Seviye 1 (Sürücü Yardımı):** Yardım sistemleri destekleyici olduğundan sorumluluk sürücüdür. Sistem hatalarından kaynaklanan kazalarda ise üretici sorumluluğu incelenebilir.
 - **Seviye 2 (Kısmi Otomasyon):** Sürücü sorumlu olsa da otomasyonun kazaya etkisi dikkate alınır. Sigorta kapsamında, sürücünün sistem denetimi ve bakımı değerlendirilir.
 - **Seviye 3 (Koşullu Otomasyon):** Sorumluluk paylaşımı karmaşıktır. Kazalarda sürücünün sistemi doğru kullanıp kullanmadığı ve üretici kaynaklı hatalar analiz edilir.
 - **Seviye 4 (Yüksek Otomasyon):** Araç belirli koşullarda tamamen otonomdur. Sigorta sorumluluğu ağırlıklı olarak üreticiye ait olmakla birlikte, sürücünün müdahalesini gerektiren durumlar da dikkate alınır.
 - **Seviye 5 (Tam Otomasyon):** Tüm sorumluluk, araç ve sistem üreticisine aittir. Sigorta tazminatları, yazılım ve donanım hatalarına göre belirlenir.
2. **Siber Güvenlik ve Veri Mahremiyeti:** Otonom araçların bilgi paylaşımı sırasında oluşabilecek veri sızıntısı ve siber saldırılar poliçe kapsamına dahil edilmelidir.
 3. **Teknik Arıza:** Araç üretiminden kaynaklanan arızalar nedeniyle meydana gelen kazalar, üreticinin sorumluluğu altında değerlendirilir.
-

Sigorta Eklentileri

1. **Veri Güvenliği:** Kullanıcı verilerinin yetkisiz paylaşımı veya siber saldırılar nedeniyle oluşan zararlar için sigorta teminatı sağlanır.
 2. **Otonom Sistem Arızaları:** Yazılım güncellemeleri, sensör arızaları veya iletişim kopukluklarından kaynaklanan kazalar poliçe kapsamına dahil edilir.
 3. **Acil Durum Müdahaleleri:** Acil durumlarda aracın güvenli bir şekilde durmasını sağlayamaması durumunda oluşan zararlar poliçeye dahil edilir.
-

Sigorta Primlerinin Hesaplanması

1. **Otonom Seviye Etkisi:** Sigorta primi, aracın otonom sürüş seviyesine göre belirlenir. Daha yüksek otomasyon seviyelerinde üretici sorumluluğu arttığı için primler buna göre ayarlanır.
2. **Araç Kullanım Verisi:** Kullanıcıların sürüş alışkanlıkları ve aracın geçmişteki kullanım verileri, prim hesaplamasında dikkate alınır.
3. **Risk Değerlendirmesi:** Trafik yoğunluğu, aracın kullanım bölgesi ve teknik özellikleri, risk değerlendirmesi için kriter olarak kullanılır.

Sigorta Yaptırma Zorunluluğu

1. Otonom araç sahipleri; araçlarını trafiğe çıkarmadan önce, geleneksel araçlarda olduğu gibi ilgili mevzuatta belirtilen şartlara uygun bir sigorta poliçesi yaptırmakla yükümlüdür. Bu yükümlülük, sadece bireysel araç sahiplerini değil, otonom araç geliştiren firmaları, üniversiteleri ve diğer tüzel kişilikleri de kapsamaktadır. Dolayısıyla otonom araçların trafiğe çıkabilmesi için bu sigorta yaptırma zorunluluğu olmalıdır.
2. Sigorta poliçesi olmadan trafiğe çıkan otonom araç sahiplerine idari yaptırım uygulanır. Trafikte sigorta poliçesi olmadan araç kullananlara idari yaptırım uygulanması, 2918 sayılı Karayolları Trafik Kanunu'nda yer almaktadır. Bununla beraber, söz konusu kanun uyarınca idari yaptırımların uygulanması trafik zabıtası, trafik polisi veya jandarma tarafından gerçekleştirilir (T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi, 1983).

Denetim ve Yaptırımlar

1. Sigorta poliçelerinin düzenlenmesi ve uygulanması, ilgili kurum tarafından denetlenir.
2. Belirtilen sigorta düzenlemelerine uymayan araç sahipleri, üreticiler veya sigorta şirketlerine idari para cezası ve diğer yaptırımlar uygulanır.

Geçici Madde 1: Geçiş Süreci

Yönetmeliğin yürürlüğe girdiği tarihten itibaren mevcut sigorta düzenlemeleri, bir yıl içinde bu yönetmeliğe uygun hale getirilmelidir.

5.2.5. Sorumluluk Belirleme Süreci

Yönetmelik Önerisi:

“Otonom Araçların Trafikte Kullanımı ve Sorumluluk Belirleme Yönetmeliği”

Amaç ve Kapsam

Bu yönetmelik, otonom araçların trafikte kullanımında meydana gelebilecek kazalarda sorumluluk paylaşımını ve hukuki süreci düzenlemek amacıyla hazırlanmıştır. Yönetmelik, araç üreticilerini, kullanıcıları, sigorta şirketlerini ve diğer ilgili tarafları kapsamaktadır.

Tanımlar

- **Otonom Araç:** Farklı otomasyon seviyelerine sahip, sürücüsüz veya kısmi sürüş kontrolü ile çalışan motorlu taşıt.
 - **Sorumluluk Paylaşımı:** Kaza durumunda kullanıcı, üretici, yazılım geliştirici veya diğer taraflar arasında yükümlülüklerin belirlenmesi.
 - **Otonom Sürüş Seviyesi:** SAE tarafından belirlenen 0'dan 5'e kadar otonom sürüş düzeyleri.
 - **Kooperatif Kontrol Geçişi (CToC):** Otonom moddan manuel sürüşe geçiş süreci.
-

Genel Esaslar

1. **Netlik ve Şeffaflık:** Otonom araç kazalarında sorumluluk, teknolojinin seviyesi, kullanıcı müdahalesi ve teknik hatalar gibi unsurlara göre açık ve şeffaf bir şekilde belirlenir.
 2. **Hukuki Dayanak:** 2918 sayılı Karayolları Trafik Kanunu ve ilgili mevzuatın bu yönetmelikle uyumlu hale getirilmesi sağlanır.
 3. **Adil Değerlendirme:** Sorumluluk belirlenirken her bir tarafın ihmal ve kusur oranı objektif olarak değerlendirilir.
-

Otonom Seviyelere Göre Sorumluluk Belirleme

1. Seviye 0 (Otomasyon Yok):

- Sorumluluk tamamen sürücüye aittir.
- Kazanın teknik bir arızadan kaynaklandığı durumlarda üretici ikincil sorumluluk taşıyabilir.
- Trafik kuralları ihlali durumunda sürücüye idari ve cezai yaptırımlar uygulanır.

2. Seviye 1 (Sürücü Yardımı):

- Kazalarda sürücünün birincil sorumluluğu bulunur.
- Sürücü destek sistemlerinden kaynaklanan hatalarda, üretici ve sistem sağlayıcı ortak sorumludur.
- Kontrolün tamamen sürücüde olması gerektiği durumlarda, sürücünün müdahale etmemesi kusur sayılır.

3. Seviye 2 (Kısmi Sürüş Otomasyonu):

- Otonom sistem devredeyken meydana gelen kazalarda, üretici ve yazılım geliştirici sorumluluğu taşır.
- Sürücünün manuel müdahalesinin gerektiği anlarda, müdahale etmeme kusur olarak değerlendirilir.
- Teknik bir arıza durumunda, üretici ve kullanıcı arasında sorumluluk paylaşımı yapılır.

4. Seviye 3 (Koşullu Sürüş Otomasyonu):

- Sürücü müdahale etmezse ve müdahale için yeterli süre sağlanmışsa, sürücü sorumlu tutulur.
- Sistemsel bir hata durumunda, üretici ve yazılım geliştirici birincil sorumludur.

5. Seviye 4 (Yüksek Sürüş Otomasyonu):

- Araç tamamen otonom modda çalışırken meydana gelen kazalarda, üretici ve yazılım geliştirici birincil sorumludur.

- Aracın sınırlı durumlarda manuel müdahaleye ihtiyaç duyması ve sürücünün müdahalede bulunmaması durumunda ortak sorumluluk doğar.

6. Seviye 5 (Tam Sürüş Otomasyonu):

- Sürücü içinde bulunduğu müddetçe sürücünün sorumluluğu bulunur ancak üretici ve yazılım geliştirici ile sorumluluğu paylaşır.
- Direksiyonu bulunmayan araçlarda gerçekleşen kazalarda, kullanıcı sorumluluğu bulunmamaktadır.
- Sistem hatası veya teknik arıza durumunda, üretici ve yazılım geliştirici tüm sorumluluğu taşır.

Kanıt Toplama ve Değerlendirme

1. Kara Kutu Kullanımı:

- Otonom araçlarda kazaların incelenmesi için bir “kara kutu” sistemi zorunlu hale getirilir.
- Kara kutuda hız, kontrol devri bilgileri, sistem hataları ve çevresel veriler kaydedilir.

2. **Veri Analizi:** Kazaların nedenine ilişkin veriler, yetkili kurumlar ve tarafsız bilirkişiler tarafından analiz edilir.

3. **Adli Süreçte Kullanım:** Kara kutu verileri, hukuki süreçlerde delil olarak kabul edilir.

Hukuki Süreçler

1. **Trafik Kazası İnceleme:** Otonom araç kazaları, uzman bir trafik kazası inceleme birimi tarafından değerlendirilir.

2. **Adli Sorumluluk:** Üreticiler, sürücüler ve diğer tarafların kusur oranları mahkemeler tarafından belirlenir.

3. **Mali Yükümlülük:** Sorumluluğu belirlenen taraf, oluşan maddi ve manevi zararları karşılamakla yükümlüdür.
-

Yetkilendirme ve Denetim

1. **Yetkili Kurumlar:** Trafik denetim birimleri, bilirkişiler ve adli birimler, sorumluluk paylaşımı süreçlerini denetler. Yetkili kurumlar; otonom araçların sensör, yazılım ve bağlantı sistemlerini düzenli olarak kontrol ederken trafik kurallarına uygunluğu ve güvenliğini sağlamak için veri inceleme ve uzaktan izleme yöntemlerini kullanır.
 2. **Denetim Mekanizması:** Kazaların incelenmesinde, otonom araç üreticileri ve sigorta şirketleri iş birliği yapmak zorundadır. Denetim mekanizması; otonom araçların sensör, yazılım ve bağlantı sistemlerinin düzenli kontrolünü, veri kayıtlarının incelenmesini ve uzaktan izleme sistemleriyle trafik kurallarına uygunluğun takibini içerir.
-

Geçici Madde 1: Geçiş Süreci

Yönetmeliğin yürürlüğe girdiği tarihten itibaren mevcut trafik kanunları, otonom araçlara yönelik düzenlemelerle uyumlu hale getirilir. Uyum süreci 18 ay içinde tamamlanmalıdır.

5.3. Karayolları Trafik Kanunu’nda Önerilen Değişiklikler

5.3.1. Tanımlar

Türkiye Karayolları Trafik Kanunu’nun tanımlar bölümüne otonom araçlarla ilgili yeni kavramlar eklenebilir. Örneğin, “Otonom Araç” olarak, insan müdahalesi olmadan trafik ortamında hareket edebilen, AI ve sensörler gibi ileri teknolojilerle donatılmış araçlar tanımlanabilir. Ayrıca, SAE standardına uygun olarak seviyelere ayrılmış şekilde “Otonom Araç” ve “Bağlantılı Araç” gibi kavramların tanımları, yasal düzenlemelerin temelini oluşturabilir. Bu tanımlar, yasal düzenlemelerdeki boşlukları doldurmak için kritik öneme sahiptir.

- Tanımlar: Otonom araçlar, otonom seviyeleri (SAE 0-5) ve bağlantılı araçlar bu maddeye eklenebilir.

5.3.2. Trafik Güvenliği ve İşaretleri ile İlgili Düzenlemeler

Trafik güvenliğini artırmak ve otonom araçların entegrasyonunu kolaylaştırmak için trafik işaretleri ve işaretleme sistemlerinde düzenlemeler yapılabilir. Örneğin, trafik işaretlerinin otonom araçlar tarafından algılanabilirliğini artırmak için dijital trafik işaretleri ve altyapı tabanlı sinyalizasyon sistemleri kullanılabilir. Ayrıca, otonom araçların trafik akışına yönelik hız sınırları, geçiş öncelikleri gibi konular yeniden düzenlenerek hem güvenlik hem de akıcılık sağlanabilir.

- Otonom araçların güvenliğini sağlamak için trafik işaretleme ve sinyalizasyon sistemlerinin dijitalleştirilmesi gerektiği bu maddeye eklenebilir.
- Trafik İşaretleri: Otonom araçların algılayabileceği dijital ve akıllı trafik işaretlerinin kullanımına yönelik düzenlemeler yapılabilir.

5.3.3. Denetim ve Sorumluluk Maddelerinde Düzenlemeler

Denetim ve sorumluluklarla ilgili maddeler, otonom araçların özelliklerine göre uyarlanmalıdır. İlgili denetim kurumlarının, otonom araçların hem yazılım hem de donanım açısından düzenli olarak kontrol edilmesi için yazılım güncellik kontrolü veya sensör sağlamlık kontrolü gibi özel denetim protokolleri oluşturması gerekebilir. Ayrıca trafik kazalarında araç sahibi, üretici veya yazılım sağlayıcısının sorumluluğu netleştirilerek hukuki belirsizliklerin önüne geçilebilir.

- Otonom araçların trafik kurallarına uyumunun denetlenmesi yetkisi eklenebilir.
- Otonom araç kazalarının altyapı kaynaklı sebeplerini analiz etme ve düzeltici önlemler alma ile ilgili bir yetki eklenebilir.

5.3.4. Tescil ve Araç Muayenesi ile İlgili Düzenlemeler

Otonom araçların tescil ve muayene süreçleri, geleneksel araçlardan farklı prosedürlere tabi tutulmalıdır. Bu kapsamda, otonom araçların tescilinde yazılım sertifikasyonlarının ve güvenlik testlerinin belgelenmesi zorunlu hale getirilebilir. Ayrıca araç muayenelerinde sensörlerin, bağlantı sistemlerinin ve AI yazılımlarının düzenli olarak kontrol edilmesini sağlayacak, otonom araçlara özel muayene bakım prosedürleri geliştirilebilir.

- Tescil Belgesi Alma Zorunluluğu: Otonom araçlarda bulunan ve aracın sürücüsüz gitmesini sağlayan yazılımın kabiliyetini belirten yazılım sertifikasyonu ve güvenlik test sonuçlarının tescil belgesi almak için gerekli olduğu belirtilmelidir.

- Araçların Teknik Şartlara Uygunluğu: Otonom araçların sensör ve yazılım sistemlerinin periyodik muayenesine yönelik düzenlemeler yapılabilir.

5.3.5. Sürücü Belgesi Gerekliliği

Otonom araçların tamamen insan müdahalesine ihtiyaç duymadığı Seviye 4 ve Seviye 5 durumlarında, sürücü belgesi gerekliği yeniden ele alınabilir. Örneğin, bu araçlar için özel bir “otonom araç kullanımı” belgesi tanımlanabilir veya tamamen sürücü belgesi zorunluluğu kaldırılabilir. Ancak bu durum, aracın otonom seviyesine ve kullanım senaryosuna göre farklılaşmalıdır.

- Sürücü Belgelerinin Sınıfları: Otonom araçlar için özel bir sürücü belgesi sınıfı eklenebilir.

5.3.6. Veri ve Siber Güvenlik Düzenlemeleri

Otonom araçların veri paylaşımı ve siber güvenlik kriterleri, trafik güvenliğini sağlamak için detaylandırılmalıdır. Araçların V2V ve V2I iletişimlerini güvenli şekilde gerçekleştirmesi için özel protokoller ve standartlar belirlenmelidir. Ayrıca, veri ihlalleri veya kötüye kullanımları önlemek adına cezai yaptırımlar da netleştirilmelidir.

- V2X haberleşmesi ve bunun kapsadığı haberleşme tipleri olan V2V, V2I, V2P, V2N haberleşmelerinin güvenliğini sağlama yetkisi ve sorumluluğu ile ilgili yetkinin eklenebileceği değerlendirilmektedir.

5.3.7. Kaza ve Sigorta Düzenlemeleri

Otonom araçların karıştığı kazalarda, sorumluluğun paylaşımı önemli bir konudur. Araç sahibi, üretici veya yazılım sağlayıcısı arasında sorumluluğun nasıl dağıtılacağı açıkça belirtilmelidir. Sigorta düzenlemelerinde ise otonom araç yazılımlarının veya sistem hatalarının neden olduğu zararların karşılanmasını kapsayan özel poliçeler hazırlanabilir.

- Trafik Kazaları ve Sorumluluk: Otonom araç kazalarında üretici, yazılım geliştirici ve araç sahibinin sorumlulukları detaylandırılabilir.
- Zorunlu Mali Sorumluluk Sigortası: Otonom araçların yazılım hatalarından kaynaklanan zararları kapsayacak şekilde, sigorta düzenlemeleri yapılabilir.

5.3.8. Pilot Bölgeler ve Geçici Düzenlemeler

Otonom araçların Türkiye yollarında test edilmesi ve kullanılmasına yönelik düzenlemeler yapılabilir. Bu kapsamda, belirli bölgeler pilot uygulama alanı olarak seçilebilir ve bu alanlarda araçların denetim ve test süreçlerine ilişkin kurallar belirlenebilir. Böylece, otonom araçların yaygın kullanımı öncesinde altyapısal ve hukuki eksiklikler tespit edilebilir.

- Pilot bölgelerin ilan edilmesi ve test süreçlerinin düzenlenmesi bu maddeye eklenebilir.
- Otonom araç test bölgelerinde altyapı oluşturma ve denetleme yetkisi ile ilgili hususlar eklenebilir.

5.3.9. Altyapının Uyumlaştırılması

Otonom araçların güvenli ve etkili bir şekilde kullanılması için karayolu altyapısında gerekli düzenlemeler yapılmalıdır. Örneğin, akıllı trafik ışıkları, dijital yol tabelaları, sensör destekli yaya geçitleri gibi teknolojiler otonom araçların ihtiyaçlarına uygun hale getirilebilir. Bu tür yatırımlar hem trafik güvenliğini artırır hem de otonom araçların adaptasyonunu hızlandırır.

- Dijital trafik işaretleri, akıllı trafik ışıkları ve sensör destekli yollar gibi altyapı düzenlemelerinin yapılması eklenebilir.
- Karayolu Dışında veya Kenarındaki İşaret ve Yapılar: Karayolu kenarına otonom araç iletişim cihazlarının ve sensörlerin yerleştirilmesine yönelik düzenlemeler yapılabilir.

BÖLÜM VI

6. SONUÇLAR

Türkiye, otonom araç teknolojileri geliştirme konusunda heyecan verici bir yolculuğa çıkmış bulunmaktadır. Ülkemizin otomotiv endüstrisindeki önemli konumu ve özendirici altyapısı, otomobil üreticilerinin ve teknoloji şirketlerinin Türkiye'ye yatırım yapmasını sağlamış ve otonom araç teknolojilerinin gelişimi için uygun bir zemin oluşturmuştur.

Otonom araçların sunduğu potansiyel avantajlar, Türkiye'nin sürücüsüz teknolojilere olan ilgisini daha da pekiştirmiştir. Bu araçlar, trafik kazalarını azaltma potansiyeliyle ülkemizin yol güvenliğini önemli ölçüde iyileştirebilir, kentsel hareketliliği optimize ederek trafik sıkışıklıklarının ve ulaşım kaynaklı çevresel olumsuz etkilerin azaltılmasına yardımcı olabilir. Bu sayede Türkiye, hızla büyüyen nüfusu ve artan kentleşmeyi yönetmek için sürdürülebilir ve etkili bir ulaşım çözümü vadeden otonom araçlara yönelebilir.

Otonom araçların, günümüz ulaşım altyapılarına entegre edilebilmeleri için öncelikle test aşamalarından geçmeleri gerekmektedir. Bu amaçla oluşturulacak test güzergahlarının, otonom araçlar için uygun hale getirilmesi, gerekli donanımların ve altyapıların oluşturulması, yazılımların güvenilirliğinin de bu test güzergahlarında test edilmesi gerekmektedir.

Otonom araç teknolojilerinin ülkemizde ilerlemesi için üniversitelerin ve özel sektör kuruluşlarının otonom araç teknolojilerine yönelik çalışmalar yapmalarının teşvik edilmesi ve desteklenmesi hem yerli otomotiv endüstrisini güçlendirecek hem de genç mühendislerin uzmanlıklarını bu yenilikçi alana yönlendirebilecektir.

Otonom araçların toplu taşıma sistemlerine entegre edilmesi, daha sürdürülebilir ve verimli bir ulaşım ağının oluşturulması açısından da önemli bir potansiyel barındırmaktadır. Bu araçlar; trafik sıkışıklıklarını hafifletebilir, enerji tüketimini azaltabilir ve çevresel faydalar sağlayabilir. Bireysel araç sahipliği yerine paylaşılan otonom ulaşım modellerinin benimsenmesi, ekonomik açıdan avantajlar sunabilir, aynı zamanda daha yeşil ve daha uygun maliyetli bir ulaşım ekosistemini teşvik etme yönündeki daha geniş hedeflerle de uyumu geliştirebilir. Ancak, otonom araçların ülkemizde yaygınlaşması, Türkiye'de bu teknolojinin güvenli ve etkili bir şekilde benimsenmesi için kapsamlı bir yasal çerçevenin oluşturulmasına ihtiyaç vardır. Bu çerçevenin, sürücüsüz

araçların kullanımını düzenlerken güvenliği, sorumlulukları ve veri mahremiyetini korumayı amaçlayan kapsamlı bir yaklaşımı içermesi gerekmektedir.

Sonuç olarak Türkiye, otonom araçlarla birlikte ulaşım alanında önemli bir dönüşüm yaşamaya hazırlanmaktadır. Bu dönüşüm, ülkeye güvenli ve verimli bir ulaşım sistemi sunma potansiyeline sahiptir. Gerekli mevzuat ve düzenlemelerin hazırlanması sayesinde, çalışmalar hızlanacak ve kurumlar için yol gösterici olacaktır. Yapılacak düzenlemelerin, otonom araçların trafiğe katılım durumunu da ele alması gerektiği için bu raporda, Türkiye için ihtiyaç duyulan düzenlemeler tespit edilmiş ve bu düzenlemeler kapsamında önerilerde bulunulmuştur. Türkiye, kurumlar arasında yapılacak iş birlikleri ve yenilikçi çalışmalar sayesinde, sürücüsüz araç teknolojilerini benimseyen öncü ülkeler arasında yer alabilecektir.

Katkı Beyanı

Bu raporun içerik ve tasarım açısından düzenlenmesi, güncellenmesi, gerekli ilavelerin yapılması gibi editörlük ve yayın süreci çalışmalarında; Dr. Ömer Fatih SAYAN, Aysel KANDEMİR, Esmâ DİLEK, Murat Mustafa HARMAN, Özgür TALİH, Tuğçe KAYAKÖK ve Ertuğrul HASGÜL katkı sunmuştur.

Sorumluluk Reddi Beyanı

“Türkiye’de Otonom Araç Teknolojilerinin Gelişimi ve Gelecek Projeksiyonu Raporu” (bundan böyle kısaca “Rapor” olarak anılacaktır), Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Haberleşme Genel Müdürlüğü (bundan böyle kısaca “UAB HGM” olarak anılacaktır) tarafından sadece bilgilendirme amaçlı olarak hazırlanmıştır. Bu Rapor’da yer alan içerik ve bilgiler, Rapor’un hazırlandığı zaman diliminde doğru ve güvenilir olduğuna inanılan bilgiler ve kaynaklar kullanılarak hazırlanmış olup bu Rapor’da yer alan bilgi ve içerikler, herhangi bir beyan, garanti ve/veya taahhüt olarak yorumlanamayacağı gibi Rapor’da yer alan bilgi ve içeriğin eksiksiz ve değişmez olduğu garanti edilmemektedir. Bu Rapor’da yer alan tüm fikir ve görüşler, sadece Rapor’un yazarlarına ait olup UAB HGM’nin resmi görüşünü yansıtmamaktadır. UAB HGM, Rapor’daki bilgilerin kullanılması nedeniyle herhangi bir kişiye veya kuruma karşı sorumlu tutulamaz. UAB HGM’nin yöneticileri, çalışanları ve Rapor’un hazırlanmasında katkıda bulunan diğer tüm şahıslar ve kurumlar, bu Rapor kapsamında iletilen herhangi bir bilgi veya iletişimden veya bu Rapor’da yer alan bilgilere dayanan veya Rapor’da yer almayan bir bilgi neticesinde bir kişinin veya kurumun doğrudan veya dolaylı olarak uğrayacağı kayıp ve zararlardan sorumlu değildir. Bu Rapor’un her hakkı, UAB HGM’ye aittir.

KAYNAKÇA

- Av. Mehmet Emre Ulusoy. (2013, Aralık 4). *Ölümlü Trafik Kazalarında Araç Üreticilerinin Sorumluluğu*. <https://www.emreulusoy.av.tr/olumlu-trafik-kazalari-ureticinin-sorumlulugu>
- Aveon Global Sigorta. (2023). *Ehliyet İçin Sağlık Raporu Nereden Alınır? | Aveon Global Sigorta*. <https://www.aveonglobalsigorta.com/blog/ehliyet-icin-saglik-raporu-nereden-alinir>
- Daly, A. (2017). Privacy in automation: An appraisal of the emerging Australian approach. *Computer Law & Security Review*, 33(6), 836-846. <https://doi.org/10.1016/J.CLSR.2017.05.009>
- Duarte, F., & Ratti, C. (2018). The Impact of Autonomous Vehicles on Cities: A Review. *Journal of Urban Technology*, 25(4), 3-18. <https://doi.org/10.1080/10630732.2018.1493883>
- EV Magazine. (2024). *Autonomous Vehicles Transform Agriculture*. <https://evmagazine.com/articles/autonomous-vehicles-transform-agriculture>
- Figliozi, M. A. (2020). Carbon emissions reductions in last mile and grocery deliveries utilizing air and ground autonomous vehicles. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 85, 102443. <https://doi.org/10.1016/J.TRD.2020.102443>
- Freemark, Y., Hudson, A., & Zhao, J. (2019). Are Cities Prepared for Autonomous Vehicles? *Journal of the American Planning Association*, 85(2), 133-151. <https://doi.org/10.1080/01944363.2019.1603760>
- Gavanas, N. (2019). Autonomous Road Vehicles: Challenges for Urban Planning in European Cities. *Urban Science 2019, Vol. 3, Page 61*, 3(2), 61. <https://doi.org/10.3390/URBANSCI3020061>
- Government Technology. (2022, Ekim 7). *Autonomous On-Demand Transit Comes to Rural Minnesota*. <https://www.govtech.com/fs/autonomous-on-demand-transit-comes-to-rural-minnesota>
- Government Technology. (2023, Mayıs 2). *Here's Where Governments Are Testing Self-Driving Vehicles*. <https://www.govtech.com/biz/data/heres-where-governments-are-testing-self-driving-vehicles>
- Guériau, M., & Dusparic, I. (2020). Quantifying the impact of connected and autonomous vehicles on traffic efficiency and safety in mixed traffic. *2020 IEEE 23rd International Conference on Intelligent Transportation Systems, ITSC 2020*. <https://doi.org/10.1109/ITSC45102.2020.9294174>
- Ilkova, V., & Ilka, A. (2017). Legal aspects of autonomous vehicles-An overview. *Proceedings of the 2017 21st International Conference on Process Control, PC 2017*, 428-433. <https://doi.org/10.1109/PC.2017.7976252>
- Kato, S., Takeuchi, E., Ishiguro, Y., Ninomiya, Y., Takeda, K., & Hamada, T. (2015). An open approach to autonomous vehicles. *IEEE Micro*, 35(6), 60-68. <https://doi.org/10.1109/MM.2015.133>
- Kavasoğlu Hukuk Bürosu. (2022). *Trafik Kazaları ve Sorumluluk*. <https://kavasoğlu.av.tr/tr/makaleler/trafik-kazalari-ve-sorumluluk-155>
- Kukkala, V. K., Thiruloga, S. V., & Pasricha, S. (2022). Roadmap for Cybersecurity in Autonomous Vehicles. *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 11(6), 13-23. <https://doi.org/10.1109/MCE.2022.3154346>

- Martin, G. (2019). Sustainability prospects for autonomous vehicles: Environmental, social, and urban. *Sustainability Prospects for Autonomous Vehicles: Environmental, Social, and Urban*, 1-147. <https://doi.org/10.4324/9781351109956/SUSTAINABILITY-PROSPECTS-AUTONOMOUS-VEHICLES-GEORGE-MARTIN>
- Martínez-Díaz, M., & Soriguera, F. (2018). Autonomous vehicles: theoretical and practical challenges. *Transportation Research Procedia*, 33, 275-282. <https://doi.org/10.1016/J.TRPRO.2018.10.103>
- Morrow, W. R., Greenblatt, J. B., Sturges, A., Saxena, S., Gopal, A., Millstein, D., Shah, N., & Gilmore, E. A. (2014). Key Factors Influencing Autonomous Vehicles' Energy and Environmental Outcome. *Lecture Notes in Mobility*, 127-135. https://doi.org/10.1007/978-3-319-05990-7_12
- Rana, M. M., & Hossain, K. (2023). Connected and Autonomous Vehicles and Infrastructures: A Literature Review. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 16(2), 264-284. <https://doi.org/10.1007/S42947-021-00130-1/FIGURES/12>
- Resmî Gazete. (2013). *Kanun No. 6502: TÜKETİCİNİN KORUNMASI HAKKINDA KANUN*. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/11/20131128-1.htm>
- Ross, C., & Guhathakurta, S. (2017). Autonomous Vehicles and Energy Impacts: A Scenario Analysis. *Energy Procedia*, 143, 47-52. <https://doi.org/10.1016/J.EGYPRO.2017.12.646>
- Selby, J. (2024). *Insurance for Autonomous Vehicles & Self-Driving Cars*. <https://foundersshield.com/blog/insurance-for-autonomous-vehicles-self-driving-cars/>
- Silva, Ó., Cordera, R., González-González, E., & Nogués, S. (2022). Environmental impacts of autonomous vehicles: A review of the scientific literature. *Science of The Total Environment*, 830, 154615. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2022.154615>
- Strömberg, H., Ramos, É. M. S., Karlsson, M. A., Johansson, M., Ekman, F., Bligård, L. O., & Bergstad, C. J. (2021). A future without drivers? Comparing users', urban planners' and developers' assumptions, hopes, and concerns about autonomous vehicles. *European Transport Research Review*, 13(1), 1-12. <https://doi.org/10.1186/S12544-021-00503-4/FIGURES/4>
- Szűcs, H., & Szűcs, J. (2024). The Environmental Sustainability Potential of Autonomous Vehicles: An Overview. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 52(3), 246-256. <https://doi.org/10.3311/PPTR.23933>
- Taeihagh, A., & Lim, H. S. M. (2019). Governing autonomous vehicles: emerging responses for safety, liability, privacy, cybersecurity, and industry risks. *Transport Reviews*, 39(1), 103-128. <https://doi.org/10.1080/01441647.2018.1494640>
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi. (1983). *Karayolları Trafik Kanunu*. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=2918&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5>
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi. (2016). *Kişisel Verilerin Korunması Kanunu*. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=6698&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5>
- The Eclipse Foundation. (2023). *Simulation of Urban MObility - SUMO*. https://www.eclipse.org/community/eclipse_newsletter/2017/august/article2.php

- Traffic Technology Today. (2021, Mayıs 21). *World's longest indoor autonomous vehicle test track now open* . <https://www.traffictechnologytoday.com/news/autonomous-vehicles/worlds-longest-indoor-autonomous-vehicle-test-track-now-open.html>
- TÜİK Kurumsal. (2023, Mayıs 25). *Karayolu Trafik Kaza İstatistikleri, 2022*. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Karayolu-Trafik-Kaza-Istatistikleri-2022-49513>
- Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2022). *Ulaşan ve Erişen Türkiye*. <https://www.uab.gov.tr/uploads/pages/bakanlik-yayinlari/ulasan-erisen-turkiye-171122.pdf>
- UK Parliament. (2017). *Vehicle Technology and Aviation Bill*. Published by Authority of the House of Commons. <https://publications.parliament.uk/pa/bills/cbill/2016-2017/0143/17143.pdf>
- Ulaşım Yönetim Merkezi. (2023). *Toplu Ulaşımında Rekor*. <https://uym.ibb.gov.tr/kurumsal/haberler-ve-duyurular/toplu-ula%C5%9F%C4%B1mda-rekor>
- Wang, J., Zhang, L., Huang, Y., & Zhao, J. (2020). Safety of Autonomous Vehicles. *Journal of Advanced Transportation, 2020*. <https://doi.org/10.1155/2020/8867757>
- Yang, S., Du, M., & Chen, Q. (2021). Impact of connected and autonomous vehicles on traffic efficiency and safety of an on-ramp. *Simulation Modelling Practice and Theory, 113*, 102374. <https://doi.org/10.1016/J.SIMPAT.2021.102374>
- Ye, L., & Yamamoto, T. (2019). Evaluating the impact of connected and autonomous vehicles on traffic safety. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 526*, 121009. <https://doi.org/10.1016/J.PHYSA.2019.04.245>
- YSA HUKUK. (2022). *Trafik Kazalarında Araç İşletenin Sorumluluğu*. <https://www.ysahukuk.com.tr/makaleler/trafik-kazalarinda-arac-isletenin-sorumlulugu>



TÜRKİYE'DE OTONOM ARAÇ TEKNOLOJİLERİNİN GELİŞİMİ VE GELECEK PROJEKSİYONU RAPORU

