

**T. C.  
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**TÜRKİYE'DEKİ ARAÇLARIN OTONOM  
SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ VE GELECEK  
TAHMİNİ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Hakan KAYNAKLAR**

**Danışman**

**Prof. Dr. Mustafa KARAŞAHİN**

**İstanbul – 2022**



## TEZ TANITIM FORMU

- Yazar Adı Soyadı** : Hakan KAYNAKLAR
- Tezin Dili** : Türkçe
- Tezin Adı** : Türkiye'deki Araçların Otonom Seviyelerinin Belirlenmesi ve Gelecek Tahmini
- Enstitü** : İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
- Anabilim Dalı** : İnşaat Mühendisliği
- Tezin Türü** : Yüksek Lisans
- Tezin Tarihi** : 15.06.2022
- Sayfa Sayısı** : 81
- Tez Danışmanları** : 1. Prof. Dr. Mustafa KARAŞAHİN
- Dizin Terimleri** : Otonom araç, otonom seviye, sürücüsüz araç
- Türkçe Özet** : Türkiye'deki araçların otonom seviyelerinin belirlenmesi, kamuoyunun otonom araçlar hakkında düşüncelerinin ve verilerin değerlendirilerek gelecek tahmini yapılması
- Dağıtım Listesi** : 1. İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsüne  
2. YÖK Ulusal Tez Merkezine

*İmzası*

*Hakan KAYNAKLAR*

**T. C.  
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**TÜRKİYE'DEKİ ARAÇLARIN OTONOM  
SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ VE GELECEK  
TAHMİNİ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Hakan KAYNAKLAR**

**Danışman**

**Prof. Dr. Mustafa KARAŞAHİN**

**İstanbul – 2022**

## **BEYAN**

Bu tezin hazırlanmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğu, kullanılan verilerde herhangi tahriyat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez olarak sunulmadığını beyan ederim.

Hakan KAYNAKLAR

.../.../2022



**İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE**

Hakan KAYNAKLAR'ın Türkiye'deki Araçların Otonom Seviyelerinin Belirlenmesi ve Gelecek Tahmini adlı tez çalışması, jürimiz tarafından inşaat mühendisliği anabilim dalı, inşaat mühendisliği bilim dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

*imza*

Başkan

*Prof. Dr. Mustafa KARAŞAHİN*

(Danışman)

Üye

*imza*

*Prof. Dr. Savaş ERDEM*

Üye

*imza*

*Dr. Öğr. Üyesi Yosra M.A. TAMMAM*

**ONAY**

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

... / ... / 2022

*İmzası*

*Prof. Dr. İzzet GÜMÜŞ*

Enstitü Müdürü

## ÖZET

Otomotiv markaları, teknoloji ve bilişim sektöründen birçok şirket otonom araç teknolojileri üzerine çalışmalar yapmaktadır. Araçlarda bulunan otonom teknolojilerin açıklamaları yapılmakta, teknolojinin oluşturduğu potansiyel, hayatın her alanına etki etmesi beklenen özellikleri ve oluşabilecek sorunlar üzerine yorumlamalar yapılmaktadır. Otonom sürüş özelliklerine sahip araçların ulaşım, yolcu ve eşya taşımacılığına etkisinin günden güne artarak kara ulaşımında çoğunluğa ulaşması sürücüsüz olarak ulaşımın sürdürülmesi beklenmektedir. Günümüzde sürücüsüz araçlar henüz piyasada bulunmadıkları için otonom teknolojiler sürüşün tam kontrolünü ele almak için değil sürücünün konforunu artırmak için vardır. Yakın gelecekte araçlar sürücü müdahalesi gerektirmeyecek hatta sürücünün sürüş esnasında yola bakması dahi gerekmeyecektir. Otomobillerde ve taşımacılık sistemlerinde güvenlik, verimlilik ve konfor taleplerinin artması sebebiyle çok disiplinli geleceğin teknolojisi olarak tanımlanan otonom araç teknolojisinin kazandığı önem her geçen gün katlanarak artmaktadır. Bu nedenle bu tez çalışmasında otonom araçlar hakkında bilgiler verilerek, veri setleri ve anket çalışması kullanılarak Türkiye genelinde mevcut araçların otonom seviyelerinin belirlenmesi ve gelecek tahmini yapılması amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Otonom araçlar, otonom seviye, sürücüsüz araç

## SUMMARY

Automotive brands, technology companies and countless companies from the IT sector are working on autonomous vehicle technologies. Studies are carried out on the introduction of autonomous vehicle technologies, the potential created by technology, its impact on humans and the problems that may arise. It is expected that the effect of vehicles with autonomous driving technology on transportation will increase day by day, reaching the majority in land transportation and transportation without driver. Today, self-driving vehicles are not available in the market. Autonomous technologies are there to increase driver comfort, not to take full control of the ride. In the near future, vehicles will not require driver intervention and even the driver will not need to look at the road while driving. Due to the increasing demands for safety, efficiency and comfort in automobiles and transportation systems, the importance of autonomous vehicle technology, which is defined as the technology of the future, is increasing exponentially day by day. For this reason, in this thesis study, it is aimed to give information about autonomous vehicles, to determine the autonomous levels of existing vehicles in Turkey and to predict the future by using data sets and questionnaires.

**Keywords:** Autonomous vehicles, autonomous levels, driverless vehicles



## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
SUMMARY .....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
KISALTMALAR LİSTESİ .....	v
TABLO LİSTESİ .....	vi
ŞEKİL LİSTESİ .....	vii
ÖN SÖZ .....	viii
GİRİŞ .....	1

### BİRİNCİ BÖLÜM LİTERATÜR TARAMASI

1.1. Otonom Araçlar.....	2
1.2. Otonom Araçların Tarihi .....	4
1.3. Otonom Sürüş Seviyeleri.....	6
1.4. Otonom Araçlarda Kullanılan Teknolojiler.....	13
1.4.1. Lidar (Light Detection and Ranging).....	13
1.4.2. RADAR (Radio Detection and Ranging).....	14
1.4.3. Kamera .....	15
1.4.4. GPS (Küresel Konumlama Sistemi).....	15
1.4.5. GVS (Yer Hız Sensörü) .....	15
1.4.6. IMU (Atalet Ölçüm Birimi) .....	16
1.4.7. Ultrasonik Sensörler .....	16

### İKİNCİ BÖLÜM OTONOM ARAÇLARDA YAYGINLAŞMA

2.1. Günümüzde Otonom Araç.....	18
2.1.1. Otonom Araç Geliştiren Şirketler.....	18
2.1.2. Türkiye’de Otonom Araçlar.....	20
2.1.3. Otonom Araçların Ekonomik Etkileri .....	25
2.1.4. Otonom Araçların Hukuki Durumu .....	26
2.1.5. Otonom Araçların Sosyolojik Etkileri .....	27
2.1.6. Otonom Araçların Avantajları .....	27
2.1.7. Otonom Araçların Dezavantajları.....	29
2.1.8. Otonom Araçlara Adaptasyon Süreci.....	30
2.2. Otonom Araçların Geleceği.....	33
2.3. Otonom Araçların Yaygınlaşmasındaki Zorluklar.....	36
2.3.1. Gelişmekte Olan Teknoloji .....	36

2.3.2.	Yüksek Maliyetler .....	37
2.3.3.	Altyapı Sorunları .....	38
2.3.4.	Kullanıcıların Teknolojiye Adaptasyonu .....	39

## **ÜÇÜNCÜ BÖLÜM**

### **BULGULAR VE TARTIŞMA**

3.1.	Anket.....	40
3.1.1	Anket Değerlendirmesi .....	42
<b>SONUÇ VE DEĞERLENDİRME .....</b>		<b>50</b>
<b>KAYNAKÇA.....</b>		<b>53</b>
<b>EKLER .....</b>		<b>60</b>
EK-A .....		60



## KISALTMALAR LİSTESİ

<b>ABD</b>	: Amerika Birleşik Devletleri
<b>ABS</b>	: Kilitlenmeyi Önleme Sistemi
<b>ACC</b>	: Uyarlanabilir Hız Kontrolü
<b>AV</b>	: Otonom Araç
<b>CAV</b>	: Bağlı Otonom Araç
<b>CV</b>	: Bağlantılı Araç
<b>ESC</b>	: Elektronik Denge Kontrolü
<b>FCW</b>	: Ön Çarpışma Uyarısı
<b>GNSS</b>	: Küresel Navigasyon Uydu Sistem
<b>GPS</b>	: Küresel Konumlama Sistemi
<b>GVS</b>	: Yer Hız Sensörü
<b>LIDAR</b>	: Light Detection Ranging
<b>IMU</b>	: Atalet Ölçme Sensörü
<b>LCA</b>	: Şerit Değişirme Asistanı
<b>LDW</b>	: Şeritten Ayrılma Uyarısı
<b>LKA</b>	: Şerit Koruma Yardımı
<b>NHTSA</b>	: National Highway Traffic Safety Administration
<b>OA</b>	: Otonom Araç
<b>PA</b>	: Park Yardımı
<b>PDC</b>	: Park Mesafe Kontrolü
<b>RADAR</b>	: Radio Detection Ranging
<b>SAE</b>	: Uluslararası Otomotiv Mühendisleri Birliği

## TABLO LİSTESİ

<b>Tablo 1.</b> NHTSA sınıflandırmasına göre otonom sürüş seviyeleri .....	6
<b>Tablo 2.</b> Uluslararası Otomotiv Mühendisleri Birliği Sınıflandırması (SAE) .....	7
<b>Tablo 3.</b> VDA sınıflandırmasına göre otonom sürüş seviyeleri .....	11
<b>Tablo 4.</b> Sensörlere genel bakış .....	16
<b>Tablo 5.</b> Sensörlerin karşılaştırması .....	17
<b>Tablo 6.</b> Türkiye’de en çok bulunan araç markaları.....	23
<b>Tablo 7.</b> Türkiye’de 2022 Ocak-Şubat aylarında en çok satan modeller .....	24
<b>Tablo 8.</b> Her sensörün otonom araçlar için geçerli olduğu temel çalışma özelliklerinin özeti. ....	37
<b>Tablo 9.</b> Otonom araç ekipmanları ve servis gereksinimleri .....	38
<b>Tablo 10.</b> Demografik dağılım.....	41
<b>Tablo 11.</b> S2: ‘‘ Otonom araçlar hakkındaki genel görüşünüz nedir?’’ .....	43
<b>Tablo 12.</b> S7: ‘‘ Otonom araçlardan beklentiler nelerdir?’’ .....	47
<b>Tablo 13.</b> S8: ‘‘ Otonom araçlar hakkındaki endişeler nelerdir?’’ .....	49

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. Otonom sürüş seviyeleri .....	9
Şekil 2. Otonom sürüş adımları.....	12
Şekil 3. Otonom araçlarda kullanılan sensörler .....	13
Şekil 4. Lidar görüş alanı.....	14
Şekil 5. Navigant Research Araştırması .....	20
Şekil 6. Trafiğe kayıtlı taşıtların dağılımı.....	22
Şekil 7. S-şekilli difüzyon eğrisi .....	31
Şekil 8. Otonom Araç Satışları, Filo, Seyahat ve Fayda Projeksiyonları .....	35
Şekil 9. Beklenen otonom araç yaygınlaşma çizelgesi .....	39
Şekil 10. S1: "Ankete katılmadan önce otonom araç teknolojilerini duyduunuz mu?" .....	42
Şekil 11. Cevapların özeti, S2: "Otonom araçlar hakkındaki genel görüşünüz nedir?" .....	43
Şekil 12. S3: "Aracınızın hangi seviye otonom özelliklere sahip olmasını istersiniz?" .....	44
Şekil 13. S4: "Yeni bir araç satın alacak olsanız ortalama ne kadar bütçe ayırırsınız?" .....	45
Şekil 14. S5: " Sahip olduğunuz aracın piyasa değeri nedir?" .....	45
Şekil 15. S6: "Satın alacağınız araçta otonom özellikler olması için ekstra ne kadar ödemek istersiniz?" .....	46

## ÖN SÖZ

Bu tez çalışmasında, otonom araç teknolojilerinin Türkiye özelinde günümüz koşullarının belirlenmesi, kamuoyunun otonom araçlara olan yaklaşımının değerlendirilmesi için anket çalışması yapılması ve elde edilen verilerin dünya çapındaki gelişmelerle karşılaştırılarak Türkiye’de otonom araç teknolojisinin gelecek tahmini yapılması amaçlanmıştır.

Tez çalışması süresince bilgi ve birikimleri ile yol gösteren, desteklerini eksik etmeyen, değerli fikirleri ile farklı bakış açıları kazanmamı sağlayan tez danışmanım değerli hocam Prof. Dr. Mustafa Karaşahin’e teşekkür ederim.

Lisans ve yüksek lisans eğitimim sürecinde kattıkları bilgiler ve verdikleri ilham için değerli hocalarıma, fikirleri ve desteği ile yanımda olan Fidel Baran Özdemir’e, hayatımın ve tez çalışmamın her anında destekçim olan Ayça Nişantaş’a teşekkür ederim.

Son olarak hayatım boyunca yanımda olan, aldığım her kararımı destekleyen, kendimi hiç yalnız hissettirmeyen, annem Gülsüm Kaynaklar’a, babam Suat Kaynaklar’a ve abim Metin Emre Kaynaklar’a teşekkürü borç bilir, sonsuz şükranlarımı sunarım.

## GİRİŞ

Ulaşım ve taşımacılık sektöründeki devrim, içten yanmalı motorlu otomobillerin ortaya çıkmasıyla gerçekleşmiştir. Günümüzde sayısı bir milyarı aşmış olan geleneksel araçlar talep edilen hareketlilik ihtiyacının karşılanmasında kilit rol oynamaktadır. Araçların kullanımı sırasında oluşan çevresel etkilerin azaltılması, maddi hasarlara ve can kaybına yol açan kazaların engellenmesi için sektörel ve akademik araştırmalar tüm hızıyla devam etmektedir. Bu çalışmada yapılan araştırmalar ve teknolojik gelişmeler ile birlikte şekillenen otonom araç teknolojilerinden bahsedilecektir.

Otonom araç teknolojileri ile ilgili olan bu araştırma, kara araçları olan otomobiller ile sınırlandırılacaktır. Otonom araç veya sürücüsüz araç olarak adlandırılan diğer ulaşım araçları; sürücüsüz raylı sistem taşıtları, sürücüsüz deniz yolu taşıtları gibi taşıtlar bu çalışmaya dahil edilmemiştir.

Yazılımları ve fiziksel teknolojileri birbirine entegre olarak çalıştıran otonom araçlar gelişmiş ulaşım modellerine ve yeni imkanlar oluşturacağı gibi, ulaşımdaki kapasitenin artmasıyla beraber ulaşımda verimliliği sağlayacaktır. Otonom araç teknolojisi, konvansiyonel ulaşım anlayışını tamamiyle değiştirecek ve gelecek hakkındaki öngörülerini etkileyecektir. Otonom araçlar özelliklerine, performanslarına, sürüş sırasındaki davranışlarına göre farklı seviyelerde sınıflandırılmaktadır. Araçtaki otomasyon sistemleri sürüşe ne kadar dahil oluyorsa seviyesi de yükselmektedir.

Teknolojiyi yakından takip eden yatırımlarını bu teknolojinin gelişmesine ayıran şirketler, sensör ve yapay zekâ teknolojilerini kullanarak test çalışmaları yapmaktadır. Bu çalışmalar otonom teknolojilere sahip araçların gelecek beklentilerini karşılayacağını ve ulaşım sektörünün bu yönde gelişeceğini göstermektedir.

Bu tez çalışmasında otonom araçlar hakkında genel tanım yapılmış ve otonom araç sistemleri anlatılmıştır. Veri setleri ve anket çalışması kullanılarak Türkiye genelinde mevcut araçların otonom seviyelerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Anketin amacı katılımcıların araçlarının otonom seviyelerini ve otonom özellikli araçlara olan ilgilerini öğrenmek, önümüzdeki yıllar içerisinde otonom özellikli araçların piyasada nasıl bir konumda olacağını öngörmektir.

# BİRİNCİ BÖLÜM

## LİTERATÜR TARAMASI

### 1.1. Otonom Araçlar

Otonom araçlar, bilinen diğer adlarıyla sürücüsüz araçlar yapay zeka sistemleri, Lidar, GPS, ölçüm sensörleri gibi teknolojik algılama birimlerini kullanarak çevresindeki nesnelere algılayabilmektedir. Kullanılan algı ve kontrol sistemleri sürüş sırasında uygun rotaları belirler, beklenmedik durumlar karşısında tepki verir ve trafik işaretçilerini algılayarak kısmi sürücü kontrolüne veya sürücü kontrolüne ihtiyaç duyulmadan sürüş imkânı sağlar.

Otonom araçlarının test aşamalarının başlamasıyla birlikte, literatür çeşitli terminoloji türleri girmiştir. Otonom ve otomatik araç olarak isimlendirilmektedir. Bu iki terim aynı anlama sahip terimler değildir. Otonom ve otomatik araç terimleri arasındaki fark sürüşe etki eden insan girdisinin dahil olma derecesi ile ilgilidir. “Otomatik” olarak adlandırılan araçlar, karar alma mekanizması olmayan sadece sürücü girdilerini yerine getirebilen makinelerdir. Otonom araçlar ise, hedef ve rotayı kendi önerilerine göre değiştirme gibi kararlar alabileceği akıllı sistemlerle donatılacaktır (Levinson 2017).

Kısmi sürücü kontrolüne ihtiyaç duyan yarı otonom ve tam otonom araçlar arasında bir çizgi çekilmelidir. Yarı otonom araçlar, araçların tüm sürüş hareketlerini kendisinin gerçekleştirdiği tam otonom araçların aksine, sürücünün araçta birkaç hareket yapmasına izin verir. Halkın kullanımına açık olmayan, test süreçlerinin devam ettiği tam otonom araçların hiç sorunsuz kullanılabilir duruma gelmesi için kat edilmesi gereken uzun bir yol vardır.

Otonom araçların isimlendirilmesindeki diğer bir fark, “kendi kendine sürüş” ve “sürücüsüz” terimleriyle ilgilidir. Kendi kendine sürüş terimi kapsamında araç herhangi beklenmedik bir durumla karşılaşmadığı sürece sürüşü kontrol edebilir ancak yolun bozuk olduğu veya trafik işaretçilerinin eksik olduğu durumlarda insan müdahalesinin gerekli olabilmektedir. Teknolojik düzeyde farklılık gösterirler. Kendi kendine sürüş, sürücüsüz araçlar kadar teknolojik olarak gelişmiş olmayan araçları ifade etmektedir (Bargelis ve Baltrušaitis 2013; Levinson 2017).

Sürüş esnasında yaşanan güvenlik kaygıları, sürücü kaynaklı kazaların yüksekliği, teknolojinin gelişmesi ve sürücülerin sürüş sırasındaki konfor



beklentilerinin artması gündelik yaşamda kritik öneme sahip olan ulaşım araçlarında büyük çaplı gelişmelere yol açmıştır. Otonom teknolojilerini barındıran araçların otonom seviye 0 araçlardan en önemli farkı otonom teknolojilerin sürücü yardımı olmadan güvenlik, hızlanma ve direksiyon kontrollerinde söz sahibi olmasıdır. Otonom araçlar bu işlevleri yerine getirirken sensörleri, uydu bilgilerini kablosuz iletişim ağlarını, akıllı şehir sistemlerinin imkanlarını kullanmaktadır. Otonom araçların temel beklentilerinden ilki aracın talepleri doğru algılamasıdır. İkinci olarak taleplerin algılanmasından sonra aracın sürüş sırasındaki işlevlerini eksiksiz yerine getirmesidir. Son olarak da çevre kontrolünü sağlayarak sürücü girdisi gerekmeden sürüşü tamamlayabilmesidir.

Otonom araçlarda taleplerin algılanması ve sürüş işlevlerini yerine getirme beklentileri günümüzde karşılanmaktadır. Ancak sürücü girdisi olmadan çevre kontrolünü kullanarak gerçekleştirilen sürüşlerde yeni gelişmelere ihtiyaç duyulmaktadır. Otonom araçların herkes tarafından rahatlıkla kullanılabilmesi için teknik altyapının gelişmesi, gerekli test sürüşlerinin tamamlanması gerekmektedir. Konvansiyonel araçlar, günümüzdeki güvenlik standartlarına uyum sağlamış güvenilir olarak nitelendirilen araçlardır. Aynı şekilde yeni gelişen araç teknolojilerini kapsayan güvenlik standartları belirlenmelidir. Bu standartlar ise uzun süreler alan test aşamaları ile birlikte belirlenecektir.

Sürücüsüz araçlardan beklenti sadece trafik sıkışıklığını azaltması düşük emisyon salınımı yaparak çevre dostu olması ve yakıt verimliliği sağlaması değil aynı zamanda ehliyet sahibi olmayan veya araç kullanamayacak durumda olan kişilerin ulaşımını kolaylaştırması, güvenlik imkanlarını artırması ve yeni iş modellerine kapı açacak fırsatlar yaratması gibi çok yönlü fayda sağlaması bekleniyor.

Potansiyel faydalar arasında verimlilik, çevre dostu tasarımlar, insan hatasından arındırılmış sistemler, artırılmış konfor ve zaman tasarrufu sayılabilir. İnsan hatasından arındırılmış sistemler ile birlikte kazalarda ciddi azalmalar ve buna bağlı olarak sigorta maliyetlerinin azaltılması da dahil edilebilir.

Potansiyel problemlerin başında ise güvenlik gelmektedir. Teknolojik gelişmeler, yasal düzenlemeler, hükümetlerin adaptasyon süreçleri ve taşımacılık sektöründe bulunan bazı çalışanların işlerini kaybetmesi dahil edilebilir.

## 1.2. Otonom Araçların Tarihi

“Otonomi” kelimesi Yunanca kendi kendine (auto) ve kural (nomos) kelimelerinin birleşmesinden oluşan bir sözcüktür. Türkçemizde farklı karşılıkları olsa da otonom kelimesi dilimizde yer edinmiştir. Tanım gereği kendi kendisini kontrol edebilen her sistem otonom olarak adlandırılır. Otonom araçlar kontrolün tamamen sürücüde olduğu koşullardan, sürücüsüz sürüş gerçekleştirebilen araçlara doğru sınıflandırılmaktadır. Taşıtlarda otonom sistemlerin mazisi mekanik sistemlerde 1478 yılına, elektronik ve yazılım içeren sistemlerde 1920 yılına kadar gitmektedir 1478 yılında ilk taşıt kontrol sistemi Leonardo Da Vinci tarafından tasarlanmıştır. Saat yayları ve çarklardan oluşan sistem, günümüzde otomatik olarak adlandırılan sisteme benzemektedir. Programlandığında bir aracı yaklaşık 40 metre boyunca sabit rotada tutabilmekteydi (Kendi, 2017).

Sürücüsüz araçlar gerçekleştirilen test ve araştırmalar sonucunda yakın bir gelecekte karşımıza çıkacaktır. Tarihsel gelişmeler günümüzdeki yarı otonom araçların şekillenmesinde etkili olmuştur.

Otonom araç geliştirmelerinin ilk adımı radyo kontrollü araçlarla atılmıştır. 1925 yılında New York'ta Houdina tarafından radyo kontrollü araç sergilenmiştir (Bimbrow,2015).

Otonom araç tasarımlarının ilk defa hala tanıtımı ve sergilenmesi 1939 yılında General Motors firması tarafından gerçekleştirilmiştir. Sergi ve tanıtım New York Dünya Fuarında “Futurama” sergisinde gerçekleştirilmiştir (Göksun,2020).

1953 yılında, “RCA Labs” kablolarla yönlendirilen minyatür bir araç üretti. Bu fikirden esinlenen Leland Hancock araç test işlemlerini ilk kez 1958 yılında karayolu üzerine kurulmuş 121,92 metre uzunluğundaki düzlemde yaptı (Göksun,2020).

Cruise control system Türkçesi ile hız sabitleme sistemi ilk kez 1958 yılında Chrysler firmasına tarafından Imperial adı verilen araç modelinde tanıtılmıştır.

1977'de bir Japon mühendislik laboratuvarı otonom olarak kabul edilen ilk aracı üretti. Araç, çevresini algılamasını sağlayan iki kameranın yardımıyla yerdeki beyaz işaretleri takip etmesi üzerine programlandırılmıştı. Üretilen prototip araç saatte maksimum 30 km (19 mil / saat) hızla sürüşü gerçekleştirdi (McAleer, 2017).

1986'da Ernst Dickmanns ve Mönih Üniversitesi'nden gelen ekip, trafik olmadan tamamen özerk bir şekilde sürülebilien robotik minibüse öncülük etti ve 1987'de saatte 60 kilometreye kadar hız yaptı (Grush,2016).

Bu başarılı çalışmanın ardından Avrupa Araştırma Organizasyonu (EUREKA) 1987 ve 1995 yılları arasında Prometheus adlı projeyi duyurdu. Dickman tarafından VaMP ve VITA-2 robot araçlarının üretilmesi için (749.000.000 Euro) yatırım yapılmıştır. Üretilen araçlar Paris otoyolunda saatte 130km hıza ulaşmış ve 1000km'lik sürüş gerçekleştirmiştir (Flyte, 1995; Trommer,2016; WSJ, 2017; Xie, 1993).

Tam anlamıyla otonom olarak bilinen ilk araç 1995 yılında geliştirilen Navlab projesidir. Araç 98.2%'lik otomasyon sistemi ile 5000 km'lik sürüşü tamamladı (Thorpe 1991; Pomerlau 1993).

2000'li yıllara gelindiğinde bilgisayar teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte firmalar arasında otonom araç geliştirme rekabeti başladı. 2004 yılında ABD Ordusu tarafından fonlanan 1 milyon dolar ödüllü DARPA Grand Challenge adlı yarışma yapıldı. Ödülü kazanmak için araçların 10 saatte 142 millik bir rota gitmesi gerekiyordu. Yarışa 15 araç katıldı, ancak en iyi araç sadece 7 mil yol alabildi (Hong, 2000).

2010 yılının ortalarında birçok büyük otomobil firması (General Motors, Ford, Mercedes Benz, Volkswagen, Nissan, Toyota gibi) sürücüsüz araç sistemlerini tanıttılar. Otonom direksiyon kontrolü, Şerit takip sistemleri, otonom hızlanma ve yavaşlama, kendi kendine park gibi.

2012 yılında, Nevada eyaleti Google otonom aracı için ilk defa otonom araçların kamu yollarında test edilebilmesi için izin yayınladı (American Automotive Association, 2018).

2015 yılında Bosch, Delphi Automotive Systems, Google Auto, Nissan Kuzey Amerika, Mercedes-Benz Araştırma ve Geliştirme Kuzey Amerika, Tesla Motors ve Volkswagen Group of America dahil olmak üzere yedi büyük otomotiv markası test edildi (Glassbrook, 2017).

2015 yılında, Tesla oto pilot yazılım paketini tanıttı. 2016 yılında ise oto pilot yazılımının sürücüsüz olarak park edebildiğini ve düğme yardımı ile aracın çağırılabilceğini gösterdi (American Automotive Association, 2018).

2017 yılında Audi, Audi AI yazılımı sayesinde saatte 60km'ye kadar aracın tam otonom olarak kullanılabileceğini gösterdi. Audi'nin A8 modeli, otonom seviye 3 olarak kabul edilen ilk seri üretim aracı olarak kabul edildi (Gürtaş,2020).

2018 yılında, Arizona eyaletinde gerçekleşen kaza sonucunda Uber'e ait otonom araç ölümlü bir kazaya sebep oldu.

Otonom araç üreticisi olan birçok şirket otonom araçlarının 2030'lu yılların başında piyasada olacağını öngörmektedir (American Automotive Association, 2018).

### 1.3. Otonom Sürüş Seviyeleri

Dünyadaki en ünlü otonom sınıflandırması, Ulusal Karayolu Trafik Güvenliği İdaresi (NHTSA) tarafından sunulan Amerikan sınıflandırmasıdır. Bu sınıflandırma, dört adet otonom sürüş seviyesi ve bir adet sıfır seviye içermektedir. Bireysel düzeyler ve açıklamaları Tablo 1'de sunulmuştur (NHTSA,2020).

**Tablo 1.** NHTSA sınıflandırmasına göre otonom sürüş seviyeleri

Seviye	Tanım
0	Sürücünün görevi, araçtaki tüm sistemleri desteklemektir.
1	Araç, etkinleştirilebilen bazı sistemlerin otomatik versiyonlarıyla donatılmıştır.
2	Araç sürücüyü kullanmaktan kurtaran otomatik sistemlerle donatılmıştır.
3	Araç sürücülerin sistemlerin doğru çalışmasını koordine etmesiyle belirli koşullar altında otonom olarak sürebilir.
4	Aracın tam otomasyonu. Sürücü yolcu olarak seyahat ediyor.

**Kaynak:** (NHTSA, 2020)

Buna karşılık, AB otonom araçların iki ana tanımını ayırt eder: otonom araç ve otomatikleştirilmiş araç. Otomatikleştirilmiş bir araç için AB, sürücünün sürüş görevlerinin bir kısmını araç üstü sistemlere aktarmasına olanak tanıyan teknolojiyle donatılmış araçları tanımlamaktadır. Otonom araç, sistemin herhangi bir insan müdahalesi olmaksızın sürüşle ilgili tüm işlevleri yerine getirmesini sağlayan teknolojilerle donatılmış tam otomatik bir araçtır (International Society, 2022; Union, 2016).

Başka bir sınıflandırma Uluslararası Otomotiv Mühendisleri Birliği (SAE) tarafından yapılmıştır. Şekil 2. bu seviyeleri özetlemektedir.

Bu seviye sistemleri kuralları belirlemekten ziyade tanımlama yaparak teknik olarak araçların sınıflandırılması amacını taşımaktadır. Seviyeler araçların sahip olduğu maksimum sistem özelliklerini değil, minimum sistem gereksinimlerini belirtir. Araçlar sistemde kullanılan özelliklere göre farklı seviyelerde çalışabilmekte ve birden fazla sürüş otomasyonuna sahip olabilir.

Seviyelerin sınıflandırılma sistemlerinde seviyeler öncelikle sürüş kontrolünün sürücü ve otomasyon sistemi arasında nasıl bir iş birliği yaptığını tanımlar. Sürüş kontrolünün tamamen sürücüde olduğu seviye 0'da otomasyon yok, sürüş kontrolünün tamamen otomasyon olduğu seviye 5 tam otomasyon olarak tanımlanır.

İnsan sürücüler, otonom araçların henüz algılayamadığı ve ilişkilendiremediği farklı durumlarla karşılaşır ve en optimum sonucu verecek şekilde eylemlerini yönlendirir.

**Tablo 2.** Uluslararası Otomotiv Mühendisleri Birliği Sınıflandırması (SAE)

	Seviye	Tanım
İnsan kontrolünde otomasyon	0	Sıfır otomasyon Uyarı sistemlerine sahip olabilir ancak sürüşün bütün kontrolü insan sürücüsündedir.
	1	Sürücü yardımı Sürüş sırasında araç donanımları kullanılarak çevre hakkındaki bilgiler toplanır, yanal veya dikey yönlü sürüş dinamiklerinde sürücüye yardım eder.
	2	Kısmi Otomasyon Sürüş sırasında araç donanımları kullanılarak çevre hakkındaki bilgiler toplanır, hem yanal hem de dikey yönlü sürüş dinamiklerinde sürücünün kontrolünde olmak şartıyla sürüşü yönlendirir.
	3	Şartlı Otomasyon Sürüş dinamiklerinin tamamının kontrolü araçtadır. İnsan sürücü sürekli olarak yolu takip etmek zorunda değildir ancak beklenmedik bir durumda sürüşün kontrolünü almaya hazır olmalıdır.
Sürücüsüz araç	4	Yüksek otomasyon Sürüş dinamiklerinin tamamının kontrolü araçtadır. İnsan sürücünün yardımına ihtiyaç duymadan her koşulda sürüşü sürdürebilmektedir.
	5	Tam Otomasyon Sürüş dinamiklerinin tamamını bir insan sürücü gibi yerine getirebilmektedir.

**Kaynak:** (SAE International, 2021)

Seviye 0 otomasyon, sürücünün sürüş sırasındaki tüm görevlerden tamamen sorumlu olduğu anlamına gelir. Bu görevler, frenleme, direksiyon, navigasyon ve hareket gücünü içerir. Aracın dalgalılık sırasında uyarı vermesi veya müdahale etmesi mümkündür, ancak Seviye 0 otomasyon durumunda insan sürücü tüm dinamik sürüş görevlerini tam zamanlı olarak kontrol eder. İnsanların hareket etme kabiliyetinin ötesindeki sistemler, şerit değiştirme asistanı, park mesafe kontrolü, şeritten ayrılma uyarısı , ön çarpışma uyarısı gibi araç sistemleri bulunabilmektedir.

Seviye 1 otomasyonu, Avrupa Komisyonu tarafından “Sürücü Yardımı” olarak anılır. Seviye 1 otomasyon, sürücüye bir veya iki özel kontrol işlevinde yardım sağlar. Otomasyon yalnızca bazı sürüş modlarında bulunur ve yalnızca sürücüye bir görevi yerine getirmesinde yardımcı olur. Bu sistem, bir sürüş sırasında sürücüye yardımcı olmak için sürüş ortamındaki bilgileri kullanır (Geonovum,2017). Seviye 1 otonom araçlar dikey veya yanal yönlü kontrolden aynı anda sadece birini kontrol edebilmektedir. Uyarlanabilir hız sabitleme sistemi bu seviye için güzel bir örnektir. Aynı şekilde, şerit destek sistemlerini de seviye 1 için örnek olarak gösterebiliriz (AAA,2018).

2. seviye otomasyon “Kısmi Sürüş Otomasyonu” olarak adlandırılır. Bu sistem, birlikte çalışmak üzere tasarlanmış iki ana kontrol fonksiyonunun otomasyonunu içerir. Sistem hem direksiyonu yönlendirmek hem de sürüş ortamı hakkındaki bilgileri kullanabilir ve insan sürücü sürüş ortamını izlemekten ve kalan dinamik sürüş görevlerini yerine getirmekten sorumluyken hızlanma veya yavaşlama. Böyle sisteme bir örnek, şerit asistanı ile birlikte uyarlanabilir hız sabitleyicinin etkinleştirilmesidir (Digital Transformation Monitor, 2017). Seviye 2 otonom araçlar, belirli sürüş durumlarında hem yanal hem de uzunlamasına dinamikleri kontrol edebilmektedir. Seviye 2 özelliklerden bazı örnekler GM Super Cruise ve Nissan's Pro Pilot yardımcısıdır. Bunlar hem yan hem de uzunlamasına hareketi kontrol edebilir, ancak sürücünün sistemi her zaman izlemesi gerekmektedir (Trommer, Kolarova, Fraedrich, Kröger, Kickhöfer, Kuhnimhof, ve Phleps,2016; WSJ,2017).

Seviye 3 otomasyona sahip bir araç, otonom bir araç olarak kabul edilmektedir. Tamamen otonom bir araç değil, ancak sürücünün güvenlik açısından kritik işlevleri araca kaydırmasına izin vermektedir. Bu seviyede sürücü araçta sürüş dışında başka aktivitelerle ilgilenebilir dinlenme, çalışma veya mesajlaşma gibi davranışlarda bulunabilir. Seviye 3, Avrupa Komisyonu tarafından Koşullu Sürüş Otomasyonu

olarak anılır. Seviye 0, 1 veya 2 otonom ile karşılaştırıldığında temel fark, otomatik sürüş sisteminin sürücünden sürüş ortamını izleme sorumluluğunu üstlenmesidir. Otonom sürüş sistemi, tüm dinamik sürüş görevlerini yerine getirebilir. Bununla birlikte, sürüş sistemi müdahale etmelerini isterse, insan sürücünün uygun şekilde yanıt vermesi beklenir. Daha düşük otomasyon seviyelerinde yerleştirme, algılama, planlama ve yönetim operasyonel işlevlerinden insan sürücüsü sorumluyken, Seviye 3 otomasyonu yalnızca sürücünün yönetim işlevini yerine getirmesini gerektirir, ancak otomasyon işlevinin çalıştığı ortamlar kısıtlıdır (Geonovum,2017).

Seviye 4 Avrupa Komisyonu tarafından Yüksek Sürüş Otomasyonu olarak anılır. Sürüş sistemi tamamen otonomdur, ancak her sürüş senaryosunda değildir. Araç, güvenlik açısından kritik tüm işlevlerin kontrolünü alıyor. Çevreyi izler ve tüm operasyonel işlevleri yerine getirir (yerleştirme, algılama, planlama, yönetim). İnsan sürücünün ara sıra kontrolü ele alması gerekir, ancak yeterli rahat geçiş süresi ile. Sistem kapasitesi hala sınırlıdır, yani otomatik sistem tüm sürüş ortamlarında çalışmaz (Geonovum,2017).

Seviye 5 otomasyonu, tam sürüş otomasyonu olarak kabul edilir. Aracın herhangi bir sürüş ortamında insan müdahalesine ihtiyaç duymadan tüm dinamik sürüş görevlerini yerine getirdiği tam kendi kendine sürüş otomasyonudur. Bu, otomasyonun son ve en yüksek seviyesidir. Seviye 5 otonom araçlar, tüm yolculuk boyunca yol koşullarını izlerken tüm güvenlik kritik sürüş işlevlerini gerçekleştirebilir. Yolcunun araca sadece varış konumunu girmesi gerekecektir (Geonovum,2017).



**Şekil 1.**Otonom sürüş seviyeleri

ABD Ulaştırma Bakanlığı'nın Federal Otomatik Araçlar Politikasına göre, bir araç, seviye 3-5 otomatik sistemlere sahipse otonom araç olarak gösterilir. Bu otomasyon seviyelerindeki araçlara genellikle yüksek düzeyde otonom araçlar denir.

Bilgi edinme ile birlikte daha önce açıklanan dört operasyonel işlev, insan sürücü veya aracın otomatik sistemi tarafından üstlenilebilecek tüm sorumlulukları tamamlar. Kendi kendini süren bir araç, ışık algılama ve mesafe (Lidar), GPS ve dijital haritaları kullanarak konumunu belirleyebilir. AV, çevresi hakkında bilgi toplamak için çeşitli sensörler, radarlar ve kameralar kullanır. Lidar, çevredeki nesnelere hareketini ve konumunu algılamak için aracın etrafında 360 derecelik bir görüş sağlamak için aracın üstüne yerleştirilir. Kameralar ve radarlar da araç çevresindeki nesnelere ve hareketlerini belirlemek için kullanılırken, kameralar da örneğin trafik ışıkları veya işaretleri gibi durumlarda gerekli bilgileri sağlar. Bu teknolojilerin bir seti, uygun bir yazılım sistemi ile birlikte tüm dinamik sürüş görevlerini bir insan sürücüdenden devralabilir (De Bruyne ve Vanleenhove,2018).

“Aracın bilgi toplamak için diğer altyapılarla iletişim kurar ve topladığı verilere göre manevralarını gerçekleştirir”, bağlı bir otonom araç olarak kabul edilir. Manuel olarak sürülen bir araç, bilgi toplamak için başka altyapılara ihtiyaç duyuyorsa, bu bir bağlantılı araçtır. Bağlantılı araç teknolojisi OA’ların tamamlayıcısıdır. Bağlantılı araç sistemi, yasa koyucuların OA’ları düzenlerken karşılaştıkları zorlukları anlamak için dikkate alınması gereken ek paydaşları tanıtan OA sistemi ile birlikte gelişir (Faisal, Kamruzzaman, Yigitcanlar ve Currie,2019).

Başka bir sınıflandırmada, Alman otomotiv endüstrisi derneği Verband Der Autoindustrie'den (VDA) tarafından yapılmıştır. Ayrıntılı bir sınıflandırma Tablo 3'de sunulmuştur.

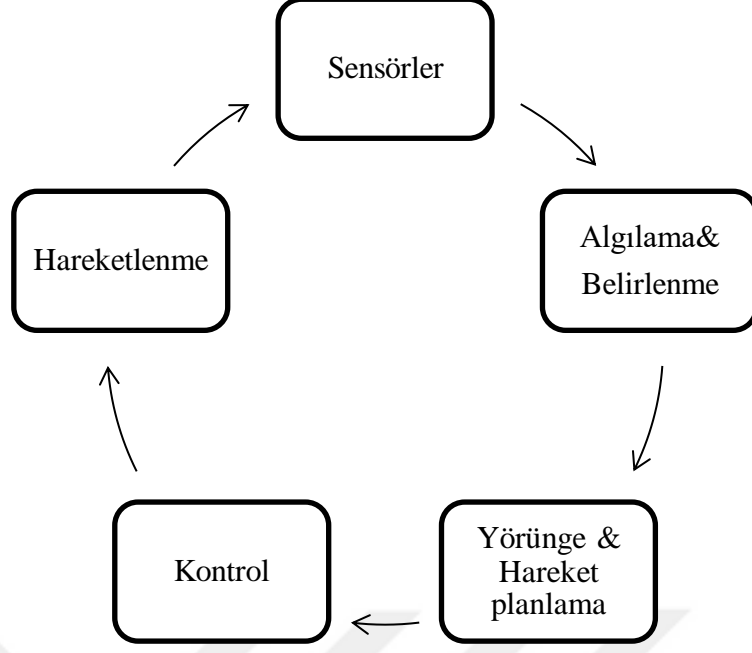


**Tablo 3.** VDA sınıflandırmasına göre otonom sürüş seviyeleri

Seviye	Tanım
0	Araçta otomatikleştirilmiş işlevler yoktur. Sürücü, sürüş sırasında ve yanıl kontrol sırasında aracı kontrol etmelidir. Araç uyarıları ve sorunları ile bağlantılı sadece aktif sistemler var.
1	Araç, sürücünün araçtaki tüm görevleri kontrol etmek zorunda olduğu, aracın boyuna veya yanıl kontrolünü üstlenebilen bir sistemle donatılmıştır.
2	Araç özellikle otomatiktir. Sürücü, belirli durumlarda sistemin boylamasına ve yanıl kontrolünü yönetmek zorunda değildir. Sürücü, yolculuk sırasında trafikteki aracı izlemeli ve gerektiğinde aracın kontrolünü yeniden sağlamaya hazır olmalıdır.
3	Sistem, işleyişinin sınırlarını bilir ve bir engelle karşılaştığında ara., sürücünden sürüş görevine devam etmesini ister. Sürücünün uzunlamasına ve yanıl sürüşü kontrol etmesi ve izlemesi gerekmez, ancak özel dikkat göstermesi istenir.
4	Araç kendi kendine gidebilir, ancak yalnızca belirli koşullar altında örneğin belirli bir yol tipi veya hız aralığı.
5	Araç tamamen otonom. Her türlü yolda kendi kendine sürüş yapabilir ve tüm hız gereksinimlerine uyum sağlayabilir.

Çeşitli sınıflandırma türlerinin ortaya çıkması nedeniyle, belirli sınıflandırmaya başvurmadan bireysel araçların mevcut özerklik seviyesini belirlemek kolay bir iş değildir. Sınıflandırmanın türü ne olursa olsun, bahsi geçen bölümlerin birçok ortak noktası vardır ve insan kontrolüne olan ihtiyacı ortadan kaldırarak tam otonom bir araç elde etmeye çalışmaktadır (Czech, Turoń ve Barcik,2018).

Bir araçta otomasyon elde etmek için Şekil 4'te gösterilen döngüsel bir işlemin gerçekleştirilmesi gerekir. İlk olarak, sensörler çevreyi ve araç durumunu yakalayacak, ardından algılama ve konum belirleme işlemleri gerçekleştirilecek, engellere göre araç konumunu bularak yol planlaması ve hareket planlamasının gerçekleşebilmesini sağlayacaktır. İstenen rota hesaplanacak ve araç kontrolörüne gönderilecek, aracın çevreye cevap verebilmesi için motora giden çıkışları üretecektir.



**Şekil 2.** Otonom sürüş adımları

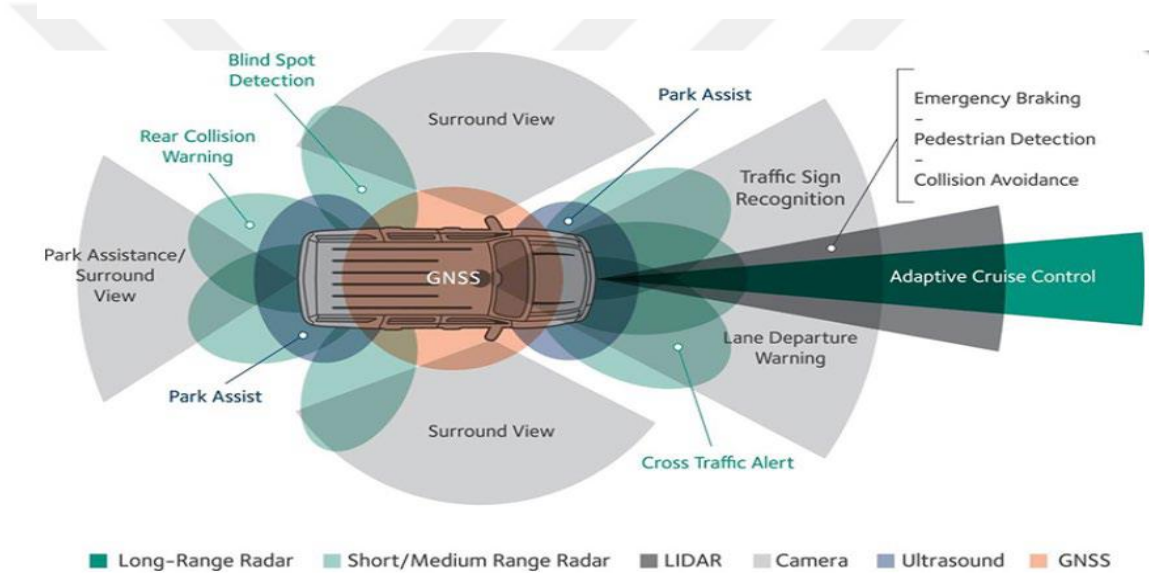
Günümüzde otonom özellikleri ile ön plana çıkan Tesla marka araçlar seviye 2 özelliklere sahiplerdir. Oto pilot adını verdikleri yazılım sistemindeki gelişmelerle birlikte Seviye 3 özelliklere yaklaşmaktadır. Seviye 3 otonom özelliklere sahip araçları üretmek için, şirketler farklı yaklaşımları izlemektedir. Toyota'nın güvenlik etkenini ön planda tutarak geliştirdiği seviye 3 otonom araçta insan sürücü aracın kontrolünü elinde tutar. Aracın olası bir tehlike uyarısı halinde insan sürücü gerekli eylemi gerçekleştirir. Toyota, sürücüsüz araç teknolojisini geliştirmek için Chauffeur adını verdikleri bir projeye sahiptir. Audi tarafından geliştirilen seviye 3 otonom sürüş sisteminde; sürücünün sürüş esnasında ellerini direksiyondan çekmesine izin verir. Bu sebeple, Seviye 3 ve üzeri otonom sürüş seviyesine sahip araçlar geliştirildikçe, otonom sürüş içerisindeki karar alma sürecinin yönetilmesi için gerekli düzenlemeler ve standartlara olan ihtiyaç oluşacaktır (Eliot,2019).

Bazı öncü firmalar Seviye 4 özelliklerine sahip araçların 2020 yılında ulaşılabilir olacağını düşünmekteydi. Teknolojinin beklendiği gibi hızlı gelişmemesi ve gerekli test seviyelerine ulaşamadığı için tahminleri gerçekleşmedi. Bu sonuçlarla beraber seviye 4 teknolojisine sahip araçların yakın bir süreçte çıkmayacağı düşüncesi hâkim oldu. Tam otonomu temsil eden seviye 5 araçlar için ise önde gelen otomotiv firmaları belirsizliğini korumakla beraber 2035'i hedef olarak göstermektedir.

## 1.4. Otonom Araçlarda Kullanılan Teknolojiler

Otonom araçlarda sürüşün kontrolü sürücüde değil otonom sistemde kullanılan yazılım kodlarındadır. Bu sürüş sırasında aracın şerit içerisinde varış noktasına gitmek için gerekli manevraları yapmasından diğer araçlarla olan takip, yakınlık mesafelerini ayarlanmasına ve trafik kurallarına uyulmasına kadar insan girdisi olmadan kontrol edilir. Otonom aracın bahsedilen eylemleri gerçekleştirmesi için etrafını en az bir insan kadar algılaması ve karar verme mekanizmasının sorunsuz çalışması gerekmektedir.

Bu amaçla kullanılacak çok çeşitli sensörler vardır. Bu sensörlere örnek olarak; yol ortamını algılayan Lidar, Radar, yer hız sensörü veya yer görüş sensörü GVS, atalet ölçme sensörü IMU, yol yüzey algılama sensörü ve pedal kuvvet sensörleri verilebilir.



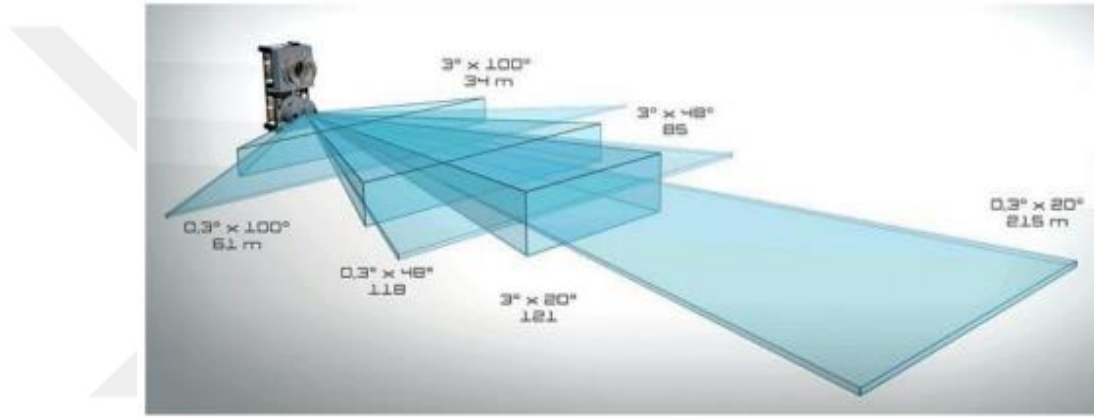
Şekil 3. Otonom araçlarda kullanılan sensörler

### 1.4.1. Lidar (Light Detection and Ranging)

Lazer sistemini kullanarak çevredeki nesnelere veya yüzeylerin mesafe aralığını algılayan sensörlerdir. Lidar, radara göre daha kısa mesafedeki algılama işlevlerini yerine getirmek için kullanılmaktadır., lidar algılayıcılar radar sisteminden farklı olarak elektromanyetik dalgaları değil lazer ışıklarını farklı yönlere gönderir ve çevredeki nesnelere yansıyan ışıkların yansıma süresinden mesafe hesaplaması yapar. Bir diğer farkı ise Radar algılayıcılarına kıyasla birbirine yakın farklı nesnelere ayırt etmede yüksek hassasiyet sunmasıdır. Kısa mesafeli ve uzun mesafeli olarak ayrılan lidar sistemi aracın yakınında bulunan her nesneyi ayrıntılı olarak algılamaktan

başlar 200 metre mesafeden insanı ayırt edebilir. Lidar'ı otonom araç sistemlerinde bu kadar önemli yapan unsur yüksek çözünürlüklü olmasıdır.

Lidar sistemleri, günümüzde araç üreticileri tarafından sensörler konumlandırma sistemleri ve Radar sistemlerine yardımcı olması amacıyla lidar sistemini kullanmaktadır. Yüksek otomasyon seviyesine sahip araçların, aracın farklı noktalarında olmak üzere toplamda 5 lidar algılayıcısı kullanması gerekmektedir. Lidarların yüksek çözünürlükte görüntü sağlamasının yanında yüksek maliyetli olması ise dezavantajlı noktasıdır. Ayrıca olumsuz hava koşullarından etkilenen hassas yapıları da sürekli kullanımlarını zorlaştırmaktadır (Cheng,2011; FOSSEN, Pettersen ve Nijmeijer, 2017).



**Şekil 4.** Lidar görüş alanı

#### 1.4.2 RADAR (Radio Detection and Ranging)

Radar sistemleri kullandıkları radyo dalgaları yardımıyla objelerin konumlarını, ebatlarını ve hızlarını belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Lidarların aksine daha yüksek menzilli olması sebebiyle farklı mesafelerdeki araçları tanımlayabilmektedir. Ancak lidarlardan daha düşük çözünürlüğe sahip olmaları sebebiyle hassas hesaplamalarda hata payı yüksektir. Radyo dalgalarını kullanan sistemlerin belirli konularda dezavantajları bulunmaktadır. Bunlar; dar algılama açısı, kontrastsız, düşük çözünürlükte görüntü sağlaması ve küçük veya hareketsiz objeleri birbirinde ayıramıyor olması durumlarıdır. Avantajlı durumlarda ise hareketli objelerin hızlarını belirlenmesi ve araca etrafındaki nesnelerin konumları hakkında bilgi vermesi sayılabilir. Sürücüsüz araçlar çevrelerinde belirli noktalara yerleştirilmiş olan radar algılayıcıları sayesinde trafikteki diğer araçların pozisyonlarını belirleyebilmektedir (Komarabathuni, 2011).

### **1.4.3. Kamera**

Bir kamera pasif ışık sensörleri prensibiyle birlikte kapalı bir alanın dijital görüntüsünü üretir. Kameralar çevredeki hareketli ve sabit cisimleri tanımlayabilmektedir. Kameraların diğer sensörler üzerindeki en büyük avantajı renkleri ve dokuları fark edilebiliyor olmasıdır. Otonom araçların algılama sistemindeki bu gelişme sayesinde yol çizgileri, trafik işaretleri ve trafik ışıkları algılanabilmektedir. Kameralar ayrıca belirli mesafedeki nesnelere mesafelerini algılamakta da kullanılabilir ancak bu karmaşık algoritma hesaplarını gerektirmektedir. Bir diğer faydası ise uygun fiyatlı ve her türlü koşulda kullanılabilir olmasıdır. Ancak bu verileri işlemek için gerekli olan altyapı maliyetlidir. Bu maliyete rağmen Lidar sistemlerinden daha ekonomiktir. En büyük dezavantajları ise düşük ışıklı ortamlardan ve olumsuz hava koşullarından etkilenmesidir. Çoğu otonom araç üreticisi kameraları otonom araç sistemlerinin başlıca donanımı olarak kabul etmektedir ancak tam potansiyelini Lidar ve Radar gibi sistemlerle birlikte kullanabilmektedir (Cheng, 2011; Taraba, Adamec, Danko ve Drgona ,2018).

### **1.4.4. GPS (Küresel Konumlama Sistemi)**

Yeryüzündeki objeler konum ve zaman bilgilerini sağlayan uydu tabanlı konumlandırma sistemi olan GPS, otonom araçlar için en gerekli özelliklerdendir. Aracın yeryüzündeki konumunu belirleyerek navigasyon sisteminde belirlenen rotada belirlenen hedefe gitmesi için gerekli olan verileri sağlamaktadır. GPS sistemi yeryüzündeki iletişim sinyallerinin ulaşılabilir olduğu her konumda çalışabilmektedir. Tünel, yoğun ormanlık alanlar veya sinyal sistemlerinin zayıf olduğu konumlarda GPS sinyalinin kesilmesi durumunda destekleyici sistemler kullanılmalıdır. Böylelikle geçici olarak yaşanan sinyal kayıplarında otonom sürüş etkilenmeden devam edebilmektedir.

### **1.4.5. GVS (Yer Hız Sensörü)**

GVS, uzaysal bir alan kullanan bir yol yüzeyi ayırım sensörüdür. Kullanılan sensörler yardımıyla araç hızı tespit edilebilmektedir. Otonom sürüş gerçekleştirilirken kontrol sistemlerince gerekli eylemlerin gerçekleştirilmesi için aracın hızının belirlenmesi hayati önem taşımaktadır. Bir aracın hızının tespit edilmesi için kullanılan yöntem araç tekerleğinin dönme hızının belirlenmesidir. Hızın belirlenmesi için

tekerleğin dönüş hızının dikkate alındığı bu hesaplama yönteminde tekerleğin kayması durumunda hesapta sapma oluşabilmektedir. Böyle bir durumla karşılaşılması için ekstra bir sistem ile yer hızının hesaba katılması gerekmektedir (Vishwanathan, Weckler, Solie ve Stone,2005; Vlacic, Parent ve Harashima, 2001).

#### 1.4.6. IMU (Atalet Ölçüm Birimi)

Atalet ölçüm birimi (IMU), aracın kuvvetini açısını ve manyetik alanını ölçebilen elektronik bir cihazdır. Genellikle ivme ölçer, jiroskop ve manyetometreden oluşur ve 3 farklı boyutta (X-Y-Z) ölçüm yapar. Atalet ölçüm birimi otonom araçlarda kontrolü sağlamak ve rehberlik yapması için yaygın olarak kullanılan bir cihazdır. En büyük dezavantajı ise bu cihaz tek başına aracın gerçek konum bilgilerini sağlayamıyor olmasıdır. Konum bilgilerinin belirlenmesi için GPS gibi sistemlere gerek duyulmaktadır.

#### 1.4.7. Ultrasonik Sensörler

Ultrasonik sensörler kısa mesafeli olmalarından dolayı genellikle otonom araçlarda park sensörü olarak kullanılmaktadır. Araçların tamponlarında bulunan sensörler, ses dalgalarını aracılığıyla araç ve çevrede bulunan obje arasındaki mesafeleri belirlemektedir. Bu tür sensörler genellikle 25 cm ve 400 cm arasında menzile sahiptirler (Taraba, Adamec, Danko ve Drgona ,2018).

**Tablo 4.** Sensörlere genel bakış

Sensör	İvme	Hız	Derinlik	Renk
Radar	-	X	X	-
Lidar	-	X	X	-
Tek gözlü kamera	-	-	-	X
Streo kamera	-	-	X	X
IMU	X	X	-	-
GNSS	-	-	x	-

**Kaynak:** (Akar ve Orman, 2020)

Tablo 4' te sensör işlevleri genel olarak belirtilmiş, ölçebildikleri özellikler gösterilmiştir. Çevreyi algılamak için kullanılan sensörler aktif ve pasif olarak iki şekilde sınıflandırılabilir. Lidar ve Radar Aktif sensörlere örnek verilebilir. Kameralar ise pasif sensörler olarak adlandırılır (Herpel, Lauer, German ve Salzberger, 2008). Tablo 5' de Sensörlerin belirli başlıklar altında karşılaştırması yapılmıştır.

**Tablo 5.** Sensörlerin karşılaştırması

	Kamera	Lidar	Radar	Ultrasonik
Hava Koşullarından Etkilenme	Evet	Evet	Düşük	Yüksek
Hava Koşullarının Belirlenmesi	Evet	Evet	Hayır	Bazı durumlarda
Çözüm				
Yanal	Yüksek	Yüksek	Orta	Yok
Dikey	Yüksek	Orta	Yok	Yok
Görüş mesafesi	Yüksek	Yüksek	Orta	Düşük
Anlık Ölçümler				
Konum	Evet	Evet	Evet	Evet
Hız	Hayır	Hayır	Evet	Evet
İşlevsellik				
Engel Tespiti	Evet	Evet	Evet	Evet
Engel Sınıflandırması	Evet	Evet	Düşük	Düşük
Yaya Tespiti	Evet	Hayır	Hayır	Hayır
Çizgi Tespiti	Evet	Hayır	Hayır	Hayır
Trafik İşareti Tespiti	Evet	Hayır	Hayır	Hayır

**Kaynak:** (Akar ve Orman, 2020)

## İKİNCİ BÖLÜM

### OTONOM ARAÇLARDA YAYGINLAŞMA

#### 2.1. Günümüzde Otonom Araç

Günümüzde kullanıma başlanan seviye 2 ve seviye 3 otonom araçlarda uyarlanabilir hız sabitleyici, şerit takip asistanı, otomatik park yardımı gibi teknolojiler bulunmaktadır. Tesla markasının geliştirmekte olduğu Autopilot adındaki sürücüsüz araç programının 2016 yılında sebep olduğu ölümlü kazadan sonra teknolojik gelişmeler yavaşlatılmıştır. Ancak belirli koşullar altında otonom sürüş özelliklerinin kullanımına izin verilmektedir (Hyatt,2020). En gelişmiş otonom seviyeye sahip olarak gösterilen araç Waymo 4. seviye otonom özelliklere sahip ve geliştirme aşamasındadır. Araç üretici firmaların birçoğu, seviye 4 otonom özelliklere sahip araçları üretmek için projelerini sürdürmektedir (Naik, Choudhury ve Park,2019). Ancak bu projelere rağmen, araçların her türlü koşulda insan sürücüsüne ihtiyaç duymadan tamamıyla otonom olarak çalışabilmesi için projelerin teknik olarak geliştirilmesi gerekmektedir.

2019 itibariyle, seviye 2 veya seviye 3 otomasyonun ötesinde ticari olarak mevcut otonom araç bulunmamaktadır. Bazı yeni şirketlerin geleneksel üreticilere meydan okuduğunu, bazılarının halihazırda piyasada (Tesla) olduğunu ve bazılarının daha sonraki bir zamanda piyasaya giriş için hazırlanırken test edip veri topladığını (Waymo) belirtilmektedir. Nevada, 2009'da Google'a sürücüsüz araçların test edilmesine izni verdi. Avrupa, Hollanda, Almanya ve Birleşik Krallık'ta sürücüsüz araç testine izin veriliyor. Bazı ABD federal eyaletleri, belirli koşullar altında otonom test sürüşüne izin vermek için düzenlemeleri oluşturmuş veya değiştirmiştir (Bartneck, Lütge, Wagner ve Welsh, 2021).

Uber ya da Lyft gibi araç paylaşım platformları, otonom taksiler geliştiriyor ve test ediyor. Singapur, 2018'de otonom taksiler üzerinde bir test gerçekleştirdi. Japonya, Ayrıca, birçok yerde, genellikle kontrollü ortamlarda, otonom otobüsler kullanılmaktadır (Bartneck, Lütge, Wagner ve Welsh, 2021).

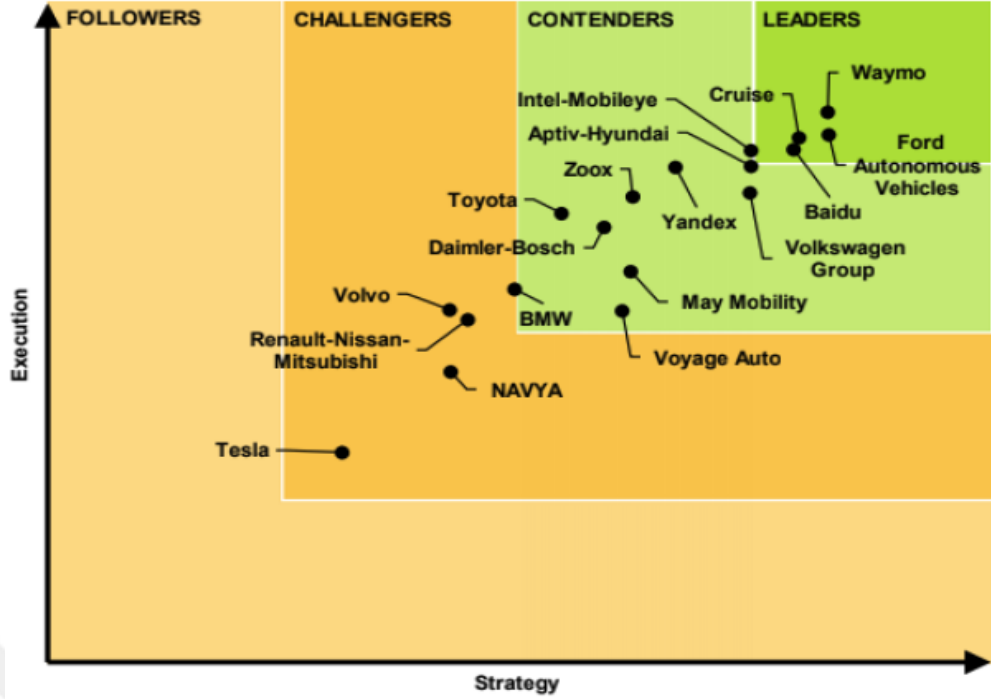
#### 2.1.1. Otonom Araç Geliştiren Şirketler

Otonom araç teknolojileri birçok otomotiv ve teknoloji şirketi tarafından farklı projeler altında sürdürülmektedir. Bu şirketler ve otonom araç projelerinin isimleri ise:



- Toyota “Guardian” ve “Chauffeur”,
- Audi “Piloted Driving”,
- BMW “Electronic co-pilot system”,
- Ford “Automated Fusion Hybrid”,
- General Motor “Super Cruise” ve “Chevy EN-V”,
- Lexus “Advanced Active Safety Research Vehicle”,
- Mercedes-Benz “Mercedes-Benz Intelligent Drive”,
- Nissan “Autonomous Drive”,
- Tesla “Auto Pilot”,
- Volkswagen “Temporary Auto Pilot”,
- Volvo “Drive Me”,
- Google “Driverless Car Project”
- Bosch “Autonomous Vehicle” projeleridir (Yiğit, Oner, ve Yöntem, 2020).

Otonom araçlar üzerine yapılan çalışmaların çoğunlukla ABD ve Almanya merkezli şirketler tarafından yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmaların otonom ve teknolojik olarak gelişmiş ülkelerde gerçekleştiriliyor olması makul görünmektedir ancak ilerleyen dönemlerde otonom araçlarda tekelleşmeye yol açabilir.



Şekil 5. Navigant Research Araştırması

“Navigant Research yayınladığı raporunda, gelişmekte olan otonom araç pazarında yer alan 18 küresel araç üreticisinin stratejisini ve uygulamasını inceliyor. Bu üreticiler 12 kritere göre derecelendirilir: vizyon, pazara açılma stratejisi, ortaklıklar, üretim stratejisi, teknoloji, coğrafi erişim, satış, pazarlama ve dağıtım, ürün kapasitesi, ürün kalitesi ve güvenilirliği, ürün portföyü, fiyatlandırma ve şirket taahhüdü.

Araştırmaya göre “Leaders” başlığı altında Google’ın geliştiricisi olduğu Waymo, Ford autonomous vehicles, General Motors firmasının Cruise ve Çin merkezli Baidu firması yer almaktadır. Diğer bir kategori olan "Contenders" başlığı altında, Intel-Mobileye, Daimler-Bosch, Hyundai-Aptiv ortaklıkları ve Toyota, Volkswagen gibi otonom sektörde güçlü konumda bulunan şirketler yer almaktadır. "Challengers" başlığı altında ise, Tesla, Volvo firması ve Renault-Nissan-Mitsubishi gibi büyük bir ortaklık bulunmaktadır.

### 2.1.2. Türkiye’de Otonom Araçlar

Türkiye yıllardır otomotiv sektöründe kendini geliştirmekte olan geleceğin teknolojisi olarak tanımlanan otonom araçların üreticisi olma yolunda adımlar

atmaktadır. Yurtdışı merkezli otomotiv firmalarına montaj hizmeti sağlayarak başlayan otomotiv sektörü zamanla üniversitelerin, bağımsız şirketlerin ve devlet yardımları ile AR-GE çalışmaları yapılan bir konuma geldi. Günümüz otomotiv sektörünü şekillendiren ve teknolojinin gelişmesinde öncülük eden Almanya, Amerika gibi ülkelerden geri olduğu bir gerçek olsa da yapılan çalışmalarla otonom araç teknoloji trendi kaçırılmamak istenmektedir.

TOSB (Otomotiv Yan Sanayi İhtisas Organize Sanayi Bölgesi) İnovasyon Merkezi ve İTÜ OTAM (Otomotiv Teknolojileri Araştırma Geliştirme Merkezi) koordinasyonunda hayata geçirilen 62 firmanın katılım sağladığı Türkiye Bağlantılı ve Otonom Araç Kümelenmesi topluluğu çalışmalarını sürdürmektedir.

Üyelerden ADASTEC TOSB yerleşkesinde bulunan test çalışmalarının devam ettirmekle birlikte testlerin son aşaması olan canlı trafik test çalışmalarına başlamıştır. Canlı trafik aşamasına otonom araç, donanımında bulunan lidar cihazları sayesinde altyapıların haritalanma çalışmalarını da gerçekleştirmektedir. Türkiye'deki öncü çalışmalardan birisi olmak dışında altyapı haritalaması ile birlikte gelecek çalışmaların da önünü açmaktadır.

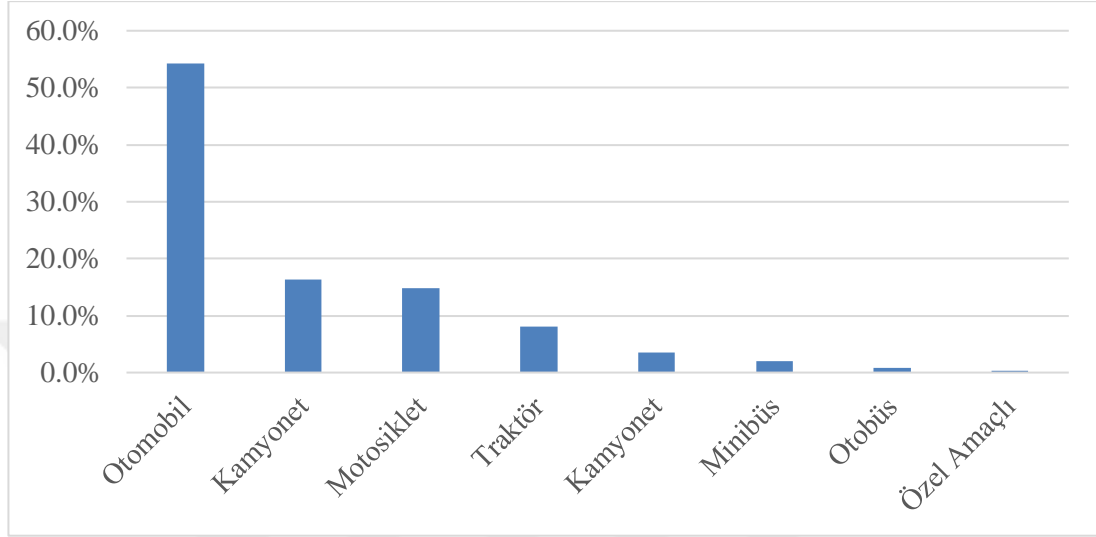
Eatron tarafından sürdürülen çalışmalar hem İngiltere Warwick hem de İstanbul İTÜ ARI Teknokent'te devam etmektedir. Seri üretim elektrikli ve otonom araçlar için güvenli yapay zekâ tabanlı akıllı yazılım ürünleri geliştirilmektedir.

Otokar, Üniversite-Sanayi İş Birliği Destek Programı kapsamında 2018 yılında Okan Üniversitesi ile birlikte İleri Seviyede Otonom Otobüs Sistemi Geliştirilmesi Projesi'nde Türkiye'nin sürücüsüz otobüsünü geliştirmeye başladı. Geliştirilen yapay zeka ile birlikte çevresini algılayabilen karar verme yetisine sahip otonom otobüs testleri sürdürülmektedir.

Son olarak Türkiye otomobil girişim grubu (TOGG) başlattıkları çalışmalarla günümüz teknolojisinin ulaştığı son seviye olan seviye 3 otonom araçlarının lansmanının 2022 yılında yapılacağını açıkladı. Araçların test aşamaları gelecek otomotiv sektörünün beklentilerini karşılayacak şekilde hem elektrikli hem de üst seviye otonom özelliklere sahip olacak şekilde devam etmektedir.

Türkiye'deki otonom araç teknoloji gelişmelerinin yanında piyasada olan araçların durumu da gelecek tahminleri yapılırken değerlendirilmeye katılması gereken hususlardır.

Trafiğe kayıtlı toplam taşıt sayısı Ocak ayı sonu itibarıyla 25 milyon 321 bin 937 oldu. Ocak ayı sonu itibarıyla trafiğe kayıtlı taşıtların %54,3'ünü otomobil, %16,3'ünü kamyonet, %14,8'ini motosiklet, %8,0'ını traktör, %3,5'ini kamyon, %2,0'ını minibüs, %0,8'ini otobüs ve %0,3'ünü özel amaçlı taşıtlar oluşturdu. (Türkiye İstatistik Kurumu TÜİK, 2021)



**Şekil 6.** Trafiğe kayıtlı taşıtların dağılımı

Türkiye'de 2021 yılı sonu itibarıyla trafiğe kayıtlı 25 milyon 249 bin 119 adet motorlu kara taşıtı için ortalama yaş 14,5 olarak hesaplandı. Ortalama yaş otomobillerde 13,6, minibüslerde 15,0, otobüslerde 14,8, kamyonetlerde 12,8, kamyonlarda 17,6, motosikletlerde 13,7, özel amaçlı taşıtlarda 13,6 ve traktörlerde 24,3'tür (TÜİK, 2021).

Otonom teknolojisi son yıllarda teknoloji şirketlerinin, otomobil firmalarının ve bağımsız geliştiricilerin yaptığı büyük yatırımlarla birlikte ivmelenecek artmaktadır. Araç markalarının piyasaya sürdüğü her yeni model barındırdığı otonom teknoloji bakımından geçen sene piyasaya sürülen modelin üstüne çıkmaktadır. Bu durum göz önüne alındığında piyasadaki araçların yaş ortalaması araçların otonom seviyelerinin belirlenmesinde önemli faktörlerden biridir. Otomobillerin yaş ortalamasının 13.6 olması Türkiye'deki araçların büyük bir çoğunluğunun eski model olduğunu ve otonom teknolojisini takip etmekten uzak araçlar olduğu görülmektedir. (TÜİK, 2021)

**Tablo 6.** Türkiye’de en çok bulunan araç markaları

<b>En Çok Bulunan Markalar</b>		
<b>Marka</b>	<b>Araç Sayısı</b>	<b>Payı</b>
RENAULT	2.799.649	20,60%
FIAT	2.217.417	16,30%
VOLKSWAGEN	1.205.216	8,90%
OPEL	946.936	7,00%
FORD	886.087	6,50%
HYUNDAI	830.269	6,10%
TOYOTA	792.812	5,80%
PEUGEOT	467.418	3,40%
HONDA	422.228	3,10%
MERCEDES	396.069	2,90%
DACIA	367.795	2,70%
BMW	317.529	2,30%
NISSAN	303.698	2,20%
SKODA	303.635	2,20%
CITROEN	248.818	1,80%

**Kaynak:** (EBS Danışmanlık,2021)

Türkiye’de bulunan araç markalarının pazar payına göre sıralaması EBS danışmanlık verilerinden yararlanarak oluşturulmuştur. Tablo 6’te Türkiye’de en çok pazar payına sahip ilk 15 marka bulunmaktadır. Pazar araştırması yapılırken de pazarın %91,8’ini oluşturan bu markaların satışta olan araç modelleri incelenmiştir. Markaların piyasada bulunan yeni nesil sıfır otomobillerinin neredeyse tamamına yakını minimum Seviye 1 otonom özellikleri araçlarında barındırmaktadır. Bazı modellerde opsiyonel olarak Seviye 2 otonom araçları tanımlamakta kullanılan uyarlamalı hız kontrolü ve şerit takip asistanının beraber kullanıma sunulduğu opsiyonlar mevcuttur. Eldeki mevcut verilere bakıldığında satılan sıfır otomobillerin %90’a yakınının ekonomik modellerden oluştuğunu ve %80’inin 500 bin Türk lirasının altında olduğu görülmektedir.

**Tablo 7.** Türkiye’de 2022 Ocak-Şubat aylarında en çok satan modeller

	Model	Segment	Satış	Pay
1	EGEA SEDAN	C1	5.493	8.24%
2	COROLLA	C1	4.658	6.99%
3	CLIO HB	B2	4.091	6.14%
4	DUSTER	C7	3.895	5.84%
5	İ20	B2	2.754	4.13%
6	BAYON	B7	2.664	4.00%
7	MEGANE SEDANE	C1	2.608	3.91%
8	TALIAN	B1	2.175	3.26%
9	EGEA CROSS	C7	2.126	3.19%
10	TUCSON	C1	1.463	2.19%
11	CIVIC SEDAN	B1	1.394	2.09%
12	CITY	B2	1.354	2.03%
13	POLO	B2	1.326	1.99%
14	CORSA	B7	1.288	1.93%
15	CROSSLAND	B7	1.245	1.87%
16	SANDERO STEPWAY	B7	1.172	1.76%
17	2008	B7	1.127	1.69%
18	MOKKA	B7	1.038	1.56%
19	208	B2	1.011	1.52%
20	3008	C7	969	1.45%

**Kaynak:** (ODD perakende satışlar yerli / ithal dağılımı, 2022)

Otomotiv Distribütörleri Derneği’nin yayınladığı verilere bakıldığında, tüketicilerin modeller bazındaki tercihlerinin de değişmeye başladığı görülüyor. İstatistiklere göre Türkiye’de 2022’nin ilk 2 ayında Fiat Egea Sedan, 5 bin 493 satışla zirvede yer alırken, Toyota Corolla Sedan 4 bin 658 satışla ikinci sıraya yerleşti. Listenin üçüncü sırasında ise 4 bin 091 satışla Renault Clio HB var. Genel bir değerlendirme yapıldığında, fiyat açısından rekabetçi olan modellerin 2022’de de ön plana çıktığını görüyoruz.

Otonom teknolojisi son yıllarda teknoloji şirketlerinin, otomobil firmalarının ve bağımsız geliştiricilerin yaptığı büyük yatırımlarla birlikte ivmelenerek artmaktadır. Araç markalarının piyasaya sürdüğü her yeni model barındırdığı otonom teknoloji bakımından geçen sene piyasaya sürülen modelin üstüne çıkmaktadır. Bu durum göz önüne alındığında piyasadaki araçların yaş ortalaması araçların otonom seviyelerinin belirlenmesinde önemli faktörlerden biridir. Otomobillerin yaş ortalamasının 13.6 olması Türkiye’deki araçların büyük bir çoğunluğunun eski model olduğunu ve otonom teknolojisini takip etmekten uzak araçlar olduğu görülmektedir.

**Tablo 8.** Yıllara göre Türkiye’de satılan araçların segmentlerine göre dağılımı

YILLARA GÖRE TÜRKİYE’DE SATILAN ARAÇLARIN SEGMENTLERİNE GÖRE DAĞILIMI										
	2017		2018		2019		2020		2021	
Segment	Adet	Pay	Adet	Pay	Adet	Pay	Adet	Pay	Adet	Pay
A (Mini)	2.299	0,30%	1.334	0,30%	992	0,30%	3.262	0,50%	3.677	0,70%
B (Entry)	217.319	30,10%	128.592	26,40%	92.452	23,90%	158.718	26,00%	179.698	32,00%
C (Compact)	377.935	52,30%	275.576	56,70%	239.254	61,80%	370.162	60,70%	303.143	54,00%
D (Medium)	98.237	13,60%	64.645	13,30%	42.760	11,00%	58.642	9,60%	55.632	9,90%
E (Luxury)	22.699	3,10%	13.185	2,70%	8.852	2,30%	15.019	2,50%	15.447	2,70%
F (Upper Luxury)	4.270	0,60%	2.989	0,60%	2.946	0,80%	4.306	0,70%	4.256	0,80%
Toplam	722.759	100%	486.321	100%	387.256	100%	610.109	100%	561.853	100%

**Kaynak:** (ODD, 2017; ODD 2018; ODD, 2019; ODD, 2020; ODD, 2021)

Segmentler araçları sınıflandırmak için kullanılmaktadır. Sınıflandırma sürecinde otomobillerin boyutları, fiyatları ve performans gibi kriterler değerlendirilmektedir. Segment seviyeleri en düşük segment olan A segmentinden başlayarak en yüksek segment olan F segmentine doğru yükselmektedir.

Türkiye’de en çok tercih edilen segmentler ekonomik olarak adlandırılan A, B ve C segmentleridir. Son 5 yıl verilerine bakıldığında A, B ve C segmentleri toplam satılan araçların 85.2%’sini oluşturmaktadır. Ekonomik modellerin tercih edilmesindeki en büyük etken ekonomikliktir. Araçların yüksek fiyatlı olması kullanıcıların daha düşük segment araçları tercih etmesinin başlıca sebebidir. Son yıllarda hızla artan fiyatlar ise D segmenti ve üzeri araçların satışının azalmasında rol oynuyor. D segmentindeki araçlar 2017 yılında 13,6%’lık oranla en yüksek satış seviyesine ulaşmış yıldan yıla bu oran 9,9%’a kadar gerilemiştir. Aynı şekilde 2017 yılında E segmenti 3,1%’lik satış seviyesinden 2,7%’ye gerilemiştir. F segmenti ise 2017’deki 0,6%’lı satış oranından 0,8%’e yükselmiş gibi görünüyor olsa da satış miktarı değişmemiştir. Satış miktarlarındaki düşüş ve otomobil piyasasındaki yavaşlama da yukarıdaki tablodan görülebilir. 722.759 olan satış rakamı 2021 yılında 561.853’e gerilemiştir.

### 2.1.3. Otonom Araçların Ekonomik Etkileri

Sürücüsüz araçlar kullanılmaya başladıkça yolcu beklentilerindeki değişiklik, özellikle taksi kullanımında köklü değişimlerin gerçekleşmesi beklenmektedir.

Sürücüsüz araçlarla birlikte taksi tanımı değişecek ve paylaşımlı araç modelleri yaygınlaşacaktır.

Taşımacılık ve lojistik gibi şoför merkezli iş kollarının otonom şoförlerin yaygınlaşmasıyla tanımlaması değişecek ve şoförlük mesleğini icra eden meslek sahipleri işsiz kalma riski altındadır. İstihdamı ve meslekleri etkileyen bu durum ekonomiyi olumsuz etkileyecektir.

Diğer bir yandan sürücüsüz araçlar ile birlikte sürücü hatasının yol açtığı kazalarda ciddi düşüşlerin gözlenmesi beklenmektedir. Kaza maliyetlerindeki azalmanın ekonomik açıdan olumlu yönde etkilenmesinin yanında artacak olan bakım onarım maliyetlerinin yükselmesi bu sebeple sigorta masraflarını etkileyebileceği düşünülmektedir.

Sürücüsüz araçlar trafik kurallarını ve trafik işaretçilerine uyacakları için ceza ödemelerinde düşüş yaşanacaktır. Ayrıca sürücüsüz araçlar en ekonomik şekilde sürüşü gerçekleştirmek üzere tasarlandıkları için yakıt tasarrufu sağlayacağı öngörülmektedir.

Sürücüsüz araçların güvenlik yazılımları ve hassas donanımlarının çalışacakları için güncellenme, bakım, onarım çalışmaları yetkilendirilmiş kurumlar tarafından yapılacaktır. Türkiye özelinde kullanılacak yedek parçaların otomotiv üreticilerinden ithal edilecek olması Türkiye ekonomisini olumsuz yönde etkileyerek ve cari açık hesaplamalarında negatif kalem olarak görülecektir.

#### **2.1.4. Otonom Araçların Hukuki Durumu**

Sürücüsüz araçların trafikte yer bulmaya başlamasıyla birlikte karayolu trafiğinde gerçekleşebilmesi muhtemel, kazaların, can kayıplarının sorumlularının belirlenmesi gerekmektedir. Günümüzde hala gri bölge olarak adlandırılan otonom araçların hukuki sorumluluğu kanun ve düzenlemelerle güncellenmesi gerekmektedir.

Günümüz konvansiyonel şartlarında trafik kazalarında birinci derece sorumlu kişi araç sürücüsüdür. Sürücüsüz araçlarda ise sürüş araç üreticilerinin geliştirmiş oldukları yazılım ve sensör donanımları ile gerçekleştirildiği ve sürücünün etkisinin bulunmaması sebebiyle sürücü sorumluluk sırasında son sıradadır.

Sürücüsüz araçlar trafik kurallarına ve trafik işaretçilerine kati suretle uymaları için tasarlanmaktadır. Bu sebeple kasten kural dışına çıkmaları ya da kazaya



sebebiyet vermeleri mümkün değildir. Yazılımsal ya da donanımsal bir problemden oluşabilecek mal veya can kayıplı kazaların yaşanması durumunda hangi adımların atılacağına hukuki altyapısı henüz hazır değildir. Araç üreticilerinin ve belirli otoritelerin sorumluluğun kimde olacağı üzerine hukuki altyapıyı hazırlamaları gerekmektedir.

### **2.1.5. Otonom Araçların Sosyolojik Etkileri**

Otonom araçlarla ilgili en büyük araştırma konularından biri, toplum üzerindeki etkisidir. Sürücüsüz araçların yaygınlaşması ile birlikte aşırı kaynak kullanımının azaltılması, araç kullanamayacak olan yaşlı veya engel sahibi olan bireylerin sosyal hayata geri kazandırılması, ulaşımın optimize edilmesi, daha az park alanı gereksinimi, karayolu altyapılarının daha verimli kullanılması ve pozitif çevre etkisi gibi beklentilerden diğer başlıklarda bahsedildi. Yeni teknolojik gelişmelerle özgür yaşamamıza olanak sağlayan otonom araçlar tehlike de içeriyor.

Sürücüsüz araçların birçok meslek grubunu tarihe karıştırmaları beklenirken işini kaybeden kişiler için yeni alternatifler oluşturulmuyor. İnsan sürücülere olan güven, yazılım tarafından yönlendirilen bir araca olan güvenden daha fazladır. Güvenlik ve özel hayat ihlallerine yol açabilecek riskleri de mevcuttur. Bireylerin yeni teknolojiye adaptasyon süreci sosyal bakımdan en zorlu süreçleri barındıracaktır. Öte yandan otonom araçların gelecekte sosyal hayata olan etkisinin nasıl şekilleneceğini bugünden öngörmek zor olacaktır.

### **2.1.6. Otonom Araçların Avantajları**

Potansiyel faydalar arasında en etkili olanı güvenlikle ilgili olan olabilir. Türkiye İstatistik Kurumunun (TÜİK) 2020 yılında yaptığı Karayolu Trafik Kaza İstatistikleri bülteninde açıklanan rakamlara göre kazaların 88,3%'ü sürücü hatasından kaynaklanmaktadır. ABD Ulusal Karayolu Trafik Güvenliği İdaresi'ne göre, ABD'de otomobil kazalarının %94'ü insan hatasından kaynaklanmaktadır. İyi işleyen bir makinenin daha verimli çalışacağı ve insanlardan daha az hata yapacağı genel olarak kabul edilmektedir (Sparrow ve Howard,2017). Otonom araçlardaki otomasyon sistemleri yollardaki yaygın kazaların sayısını olumlu yönde etkileyecektir. Trafikten insan faktörünün ortadan kaldırılması, sürücü yorgunluğu, alkollü araç kullanma veya dikkatsiz araç kullanma nedeniyle meydana gelen kazaların artık olmayacağı anlamına gelir. Bir makinenin tepki süresi ve doğruluğu insanlardan üstündür (De Bruyne ve

Vanleenhove, 2018). Otonom sürüşün bir başka faydası da yakıt verimliliği olacaktır. Otonom araçlar daha az yakıt kullanır, bu da yalnızca maliyet açısından verimli olmakla kalmaz, aynı zamanda çevre kirliliğini de azaltır. Olumlu yönde değişen kaza istatistikleriyle birlikte sürücü hatalarından kaynaklanan kazaların azalması, çarpışma maliyetlerinin azalması anlamına gelir ve sonuç olarak sigorta primlerinin daha düşük miktarlarda fiyatlanmasına yol açar. Aynı şekilde azalan kaza oranları, sağlık hizmetleriyle ilgili maliyetleri de düşürecektir. Bunun finansal konularda olumlu bir etkisi olacaktır.

ABD'deki sürücüler yılda 80 milyar saatten fazla süreyi yolda geçirmektedir (De Bruyne ve Vanleenhove, 2018). Eğer sürüş sırasında sürücü denetimlerinin gerekli olmadığı koşullar sağlanırsa kendi kendini süren bir araçta esasen sadece yolcular olacaklardır. Kullanıcılar sürüş sırasında artık sürücü değil yolcu olurlarsa seyahat için ayrılan süre daha verimli kullanılabilir. Bu fırsat araç paylaşımını kolaylaştıracaktır. Yolda daha az sayıda aracın bulunmasının finansal ve çevresel potansiyel faydaları yüksektir. Daha az araç, daha az trafik sıkışıklığı anlamına gelir. OA'lar, yoldaki araçlar arasında gerçek zamanlı iletişim kullanarak trafik sıkışıklığını hep birlikte ortadan kaldıracak bağlantılı bir ağda çalışma potansiyeline sahiptir

Sürücüsüz araçlar, bağımsız hareketliliği geliştirerek sürücü olmayanlar için faydalı olacaktır. Şoför ihtiyacı daha az olacaktır. Araç-araç iletişimini sağlayarak gruplar oluşturulacak ve araçlar birbirine yakın seyahat edebilir konuma gelecektir. Bu durum, daha dar şeritlere ve kavşak duraklarının azaltılmasına izin verecektir (Geonovum, 2017). Uzun vadede yeni yollar inşa etme maliyetlerini düşürür çünkü daha dar yollar daha az alan işgal eder ve daha az malzemeye ihtiyaç duyar. Bununla beraber İnşaat sürelerindeki azalma üretim maliyetlerinden tasarruf sağlar.

Maliyetten ve yerden tasarruf etmenin bir başka yolu, park yeri ihtiyacının azalması olacaktır. Otonom araçlar, varış noktasına yakın bir park yerine ihtiyaç duymadan yolcularını bırakabilir. Aynı zamanda seyahat edenler için park masraflarını da azaltır. Aracın daha uzakta ücretsiz bir park yeri arayabileceği bir bırakma noktası yeterlidir. Kentsel planlama üzerinde beklenen etki büyüktür. Geonovum tarafından yazılan rapora göre, sadece fazlalık park alanlarının ortadan kaldırılmasıyla kentsel alanda %15-20 artış sağlanabilir (Geonovum, 2017).

Otonom araçların üretiminde yeni iş potansiyeli etkilidir. Yeniden eğitim büyük olasılıkla gerekli olsa da üretimde yüz binlerce yeni işin açılacağı tahmin ediliyor. Otonom araçların yollara girmesiyle hız ortadan kalkmış olacak. İnsanların trafikte sadece yolcu olarak bulunmasıyla birlikte araçlar istisnasız trafik kurallarına uyacak. Bu, polis memurlarının trafik ihlali cezaları yazmak ve araç kazalarıyla uğraşmak için zaman harcama ihtiyacını azaltacaktır (Geonovum, 2017). Akıllı Hız Asistanı (ISA) teknolojisi günümüzde mevcut bir teknoloji ve AB yasa koyucuları arasında yeni araçların ekstra güvenlik özelliğiyle donatılmış olarak gelmesi gerekip gerekmediği konusunda tartışmalar var. Bu konuda Keating "ISA aracın hızını otomatik olarak sınırlamak ve yürürlükteki yasal sınıra uyarlamak için işaret tanıma video kameralarını veya GPS bağlantılı verileri kullanır". Böyle bir sistemin tek başına çarpışmaları %30 ve ölümü %20 azaltması beklendiğini belirtmiştir (Keating, 2019).

### **2.1.7. Otonom Araçların Dezavantajları**

Sürücüsüz araçların dezavantajları genel olarak artan maliyetler çerçevesinde toplanmaktadır. Otonom araçlarda bulunan teknolojik yazılım ve sistem donanımları günümüzde yüksek maliyetlidir. Her araçta birden fazla bulunan sensör ve algılayıcıların üretim altyapısının da henüz hazır olmadığı düşünüldüğünde uzun süren maliyetli bir çalışma olarak görülmektedir

Öte yandan sürücüsüz araçlarda bulunan çok sayıda hassa algılayıcı şehir içi kullanımda gerçekleşmesi muhtemel sürümlerden, kazalardan hatta en ufak dokunmalardan bile etkilenmektedir. Hasarlı parçaların sürüş güvenliğini bozması için gereken değişim, onarım maliyetleriyle yüksek araç maliyetleri birleştiğinde sürücüsüz araçlar kullanıcı için cazip seçenekler olmaktan uzaklaşmaktadır.

Ülkelerin karayolu altyapılarının yetersiz olması veya insan sürücülerin anlayabileceği şekilde tasarlanmış olması sürücüsüz araçların beklenen performansla kullanılmayacağı sonucunu vermektedir. Solmuş şerit çizgileri, bozuk yollar, eksik trafik işaretçileri sürücüsüz araçların sürüş performansını son derece olumsuz etkileyebilen hususlardır.

Avrupa Parlamentosu'nun yaptığı çalışmalara göre, sürücüsüz araçlar, konvansiyonel araçlarda olmayan yazılımsal sorunları da beraberinde getiriyor. Otonom araçlar kullanıma girerse, geleneksel araçların kullanımdan kaldırılması tamamlanana kadar insan sürücüler tarafından kullanılan araçlarla birlikte

kullanılacaktır. İki farklı sürüş teknolojisinin aynı yol sistemini kullanması otonom araçların insan sürücülerinin davranışlarını öngörememesi gibi zorlukları ortaya çıkarabilir (Geonovum, 2017).

Otonom araçlar her zaman en yüksek güvenlik seviyesinde çalışmayabilir. Hava koşulları, aracın radar/kamera sistemine zarar verebilir ve bu durumda çalışması güvenli olmayacaktır. Ayrıca, trafik ışıkları çalışmadığında, OA'ların hareket halindeki durumlara rehberlik olmadan tepki vermesinin beklenmesi de endişe vericidir. Bu, Avrupa Komisyonu tarafından bir güvenlik tehlikesi olarak görülmektedir.

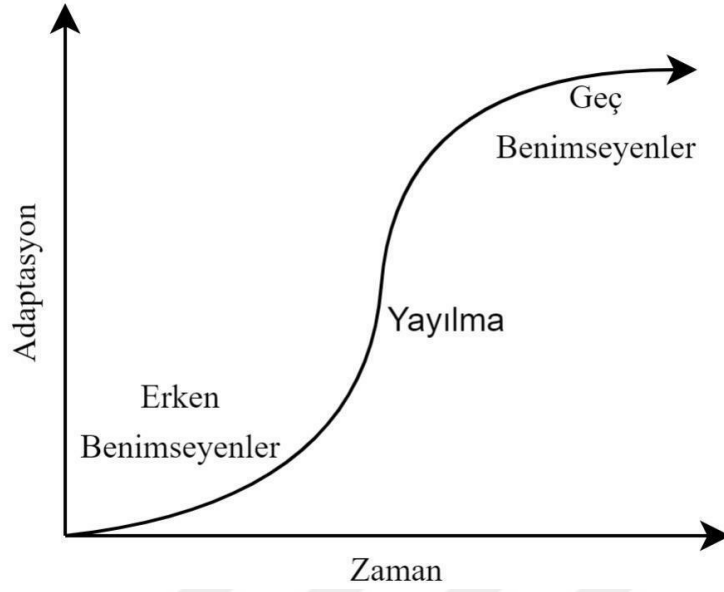
İnsan sürücüler düzenli olarak araç kullanmıyorlarsa veya tam otonom araçlarda seyahat etmek için ehliyete bile ihtiyaç duymayabilirlerse, sürüş becerileri kötüleşecektir. Araç, acil bir durumda aracın kontrolünü devralmak için insan sürücüye güvenmeye çalışırsa, bu bir güvenlik tehlikesine neden olacaktır (Etrac, 2019).

Sürücüsüz araçlar, güvenlik, trafik yönetimi veya mahremiyet açısından ciddi riskler oluşturan bilgisayar korsanlığı tehdidi ile karşılaşabilmektedir. Siber saldırılar, ölümcül kazalara ve terör eylemlerine sebep olabilir. Veri paylaşımı ve GPS verileri, siber saldırganlar için ilgi çekici olabilir araç sahiplerinin veri gizliliğini riske atabilir. Bu sebeple verinin gizliliği ve korunması yüksek önceliğe sahiptir.

### **2.1.8. Otonom Araçlara Adaptasyon Süreci**

Adaptasyon, bireyin yeni bir olguya alışma sürecidir. Yayılma ise toplu bir şekilde adaptasyon sürecini ifade eder. Bu süreçler popülasyonun adaptasyon oranı ölçülür. Paylaşılamaz (özel araç) ve paylaşılabilir teknolojiler (toplu taşıma) ile seyahatin payı arasında ayırım yapmak yararlıdır (Feder, Just ve Zilberman, 1985).

Adaptasyon sürecinin benimseyenlerin ve benimsemeyenlerin payıyla ölçümü, zamanın S şeklinde işlevini almasıdır (bkz. Şekil 9). Rogers, S şeklini, öncü bir topluluğun teknolojiyi benimsediğini ve diğer kişilerin takip ettiği bir süreç olarak açıklar. Bu model, kişisel beklentileri ve süreç içerisindeki bireylerin sahip olduğu farklılıkların sürece etkisini açıklamamaktadır (Rogers, 2010).



**Şekil 7.** S-şekilli difüzyon eğrisi

**Kaynak:** (Rogers, 2010)

Eşik modelini açıklarken David üç unsurdan bahseder: bireysel karar verme, heterojenlik ve dinamikler. Bireysel karar vericinin (bir tüketici veya bir firma), ürün mevcudiyeti ve performansı hakkındaki bilgiler üzerindeki kısıtlamalara tabi olarak kişisel çıkar peşinde koştuğu varsayılır. Ulaşım durumunda, üç kullanıcı segmenti vardır: tüketiciler, ulaşım ağı şirketleri ve diğer şirketler. Tüketiciler, kısıtlamalara tabi olarak seyahat ve diğer tüketim mallarından faydayı maksimize etmeye çalışırlar. Seyahatin faydası sadece bir yerden başka bir yere gitmeye değil, aynı zamanda kolaylık, güvenilirlik ve sahip olma gururuna da bağlıyken, kısıtlamalar arasında bütçe, fiziksel kısıtlamalar (yani araç kullanma yeteneği) ve yasal kısıtlamalar yer alır. Konvansiyonel araçlara göre fiyatları düştükçe ve kolaylıkları arttıkça otonom araçların benimsenmesi artacaktır. Otonom araçları kullanmak tüketicilere çekici gelir; bu, ulaşım sırasında özellikle yüksek fırsat maliyeti olan tüketiciler için değerli olan diğer görevlerin gerçekleştirilmesine olanak tanır. Benzer şekilde, nakliye ve perakende işletmeleri, işgücü maliyetlerini azalttığı ve teslimat verimliliğini artırdığı için otonom araçlardan faydalanacaktır. Elde edilen maliyet tasarrufları geleneksel araçlar ile otonom araçlar arasındaki maliyet farkından daha büyük olduğunda, firmalar bunlara yatırım yapacaktır (David, 1969).

Adaptasyon süreci, insan sermayesi, gelir, eğitim, tercihler, başkalarına güvenme vb. gibi konulardaki heterojenlik nedeniyle farklılık gösterir. Bazı bireyler

erken benimseyenler iken diğerkleri “takipçiler” ve “gecikenler”dir. Otonom araçlar söz konusu olduğunda, zenginlerin erken benimsemeleri Hareket kabiliyeti veya sürüş kapasitesi sınırlı olan bireylerin de erken benimseyen kişiler olması muhtemeldir. Benzer şekilde, erken benimseyenler, nakliye sektörü ve araç kiralama sektörü de dahil olmak üzere yüksek sürüş seviyelerine sahip firmaları içerecektir (Zmud, 2017).

Belirli bir aracının benimseme veya benimsememe kararını çeşitli faktörler etkilerken, teknoloji hakkında yaparak öğrenme (üretim maliyetini düşürme) veya kullanarak öğrenme (kullanımı iyileştirme) ve ağ aracılığıyla öğrenme dahil olmak üzere dinamik süreçlerden etkilenir. Dışsallıklar (kullanıcı sayısı arttıkça teknolojiyi kullanmanın faydaları artar), bunların her biri zaman içinde benimseyenlerin yelpazesini genişletir (Arbib ve Seba 2017).

Son olarak, politik düşünceler, modern teknolojilerin politikalar ve düzenlemeler yoluyla yayılmasını etkiler. Bir teknolojiden yararlanan ülkeler, bölgeler ve çıkar gruplarının onu destekleyen çerçeveler geliştirmesi daha olasıdır (Rausser, Swinnen ve Zusman,2011). Diğerk ilgili sektörlerdeki risk değerlendirmeleri ve rastgele olaylar da teknoloji benimseme dinamiklerini etkileyebilir. Teknolojiyi benimseyen geniş tüketici gruplarının aksine, otonom araçların yaygınlaşmasını istemeyen gruplar arasındaki tartışmalar sonucunda ticarileştirmede gecikmelerle karşı karşıya kalınması muhtemeldir (Slovic, Flynn and Layman, 1991).

Çoğu araştırmacı, OA’ların 2020 ile 2030 arasında piyasada görüneceğine inanıyor, piyasaya ne zaman ve nasıl girecekleri belirsiz. Son yıllarda, OA’ların benimsenme eğilimleri üzerine farklı araştırmalar yapılmıştır (Litman, 2015).

Önceki araç teknolojisi dağıtım deneyimine dayalı bir OA benimseme oranı önerdi. OA’nın dağıtımının, pazar doygunluğuna ulaşması yaklaşık elli yıl süren, yetkiler olmadan otomatik iletim modelini izleyebileceğini varsayıyordu (Litman, 2020).

Lavaşani, önceki teknolojilerin benimsenme verilerine dayanan bir Bas difüzyon modeli önerdi. Otonom araç pazarına girişini tahmin etmek için yenilik faktörü ve taklit faktörü dahil olmak üzere göstergeler kullandılar. Ayrıca, temel modeli genelleştirilmiş bir modele dönüştürmek için bazı sosyal ekonomik verileri dış göstergeler olarak dahil ettiler. Bu çabalarla birlikte, bu iki göstergenin otonom araç pazar penetrasyonu üzerindeki olası etkisini daha iyi anlamak için pazar büyüklüğü ve

fiyat oranının hassas bir analizi yapıldı. Elde ettikleri sonuçlar, pazar boyutunun AV pazarına giriş üzerinde baskın bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir (Lavasani, Jin and Du, 2016).

Bansal, bağlı otonom araçların uzun vadeli benimsenme seviyelerini tahmin etmek için simülasyon tabanlı bir çerçeve önerdi. Katılımcıların, sosyal demografilerini ve sosyal ekonomik verilerini toplamak için bir anket tasarladılar.

Elde ettikleri sonuçlar, teknoloji maliyeti ve hükümet düzenlemelerinin hepsinin otonom araçların benimsenmesinde önemli rol oynadığını göstermektedir. Benimsenme oranı, farklı yıllık fiyat düşüşüne ve artan yıllık ödeme istekliliğine bağlı olarak %24,8 ile %87,2 arasında değişmektedir (Bansal ve Kockelman,2017).

## **2.2.Otonom Araçların Geleceği**

Teknolojinin günümüzdeki durumuna bakıldığında otonom araçların hem ulaşımda hem de araştırma konularında büyük bir potansiyeli olduğu görülmektedir. Burada kilit nokta teknolojinin katı standartlarda güvenlik koşullarını gözeterek uygulanmasıdır. İnsanların yeni teknolojiyi benimsemelerinin ve güvenmelerinin zor olduğu bir dönemde en ufak bir aksilik gelişmeleri yavaşlatabilme potansiyeline sahiptir. Öte yandan teknoloji trafik sıkışıklıkları, park sorunları, insan sürücü kaynaklı kazaların azaltılması ve stresin azaltılması gibi birçok konuda işlevseldir. Gelecek yıllarda yeni iş modellerine ev sahipliği yapacak sosyal hayatın şekillenmesinde rol oynayacaktır. Farklı sürüş beklentileri araç paylaşım uygulamaları yaygınlaşacak ve otonom araçların yaygınlaşmasıyla konvansiyonel araçlar trafiğin dışına itilecektir.

Bu aşamalardan en zorlu, karmaşık, pahalı ve zaman alacak olan ise, trafik karmaşasının olmadığı, güvenli seyahatin gerçekleştiği aşama olan dördüncü aşamadır. İnsanlık, tahminen, bu aşamaya 2030 yıllarının sonunda başlangıç yapacaktır (Dokic, Müller ve Meyer,2015).

Dünya çapında başka bir bakış açısıyla, Birleşik Krallık'taki Transport Systems Catapult tarafından üstlenilen merkezi bir küresel senaryo analizi, 2035 yılına kadar araç satışlarının %25'ini sürücüsüz araçların oluşturacağını ve bunun yaklaşık %95'ine otomobil ve kamyonetlerin katkıda bulunacağını öngörmektedir. Aynı analiz, küresel araç satışlarının %84'ünü oluşturan AV için yüksek bir büyüme vakasına ve sadece %8'lik düşük bir vakaya sahiptir. Bunun içinde, merkezi vaka senaryosu için toplam küresel piyasa değeri 2020'de 5 milyar sterlinden 2025'te 20 milyar sterline dört katına

çıkıyor ve 2035 yılına kadar 60 milyar sterlini geçiyor. Goldman Sachs araştırması, genel ortalama değer payının seviye 3, seviye 4 ve seviye 5 araçlar için araç başına 1250 £ ile 2700 £ arasında değişeceğini öne sürüyor (Archambault, Delaney, Yuzawa, Burgstaller, Tamberrino ve Duval, 2015).

Artan beklentiyle birlikte yatırım devam ederken, çoğu kişi, teknolojinin kullanılabilirliğinden bağımsız olarak, tüm araçların yeni teknoloji ile değişmesinin zaman alacağını biliniyor. Bugün dünyada 1,4 milyardan biraz fazla araç var ve her yıl yaklaşık 100 milyon yeni araç satılıyor. Bu nedenle pazar büyümesi olmadan basit bir değiştirme en az 14 yıl sürecek. Otonom araçların lansmanından itibaren toplam araç sayısında önemli bir değişiklik için minimum 20 yıldan fazla bir süre gerektiği düşünülüyor (Smith,2016).

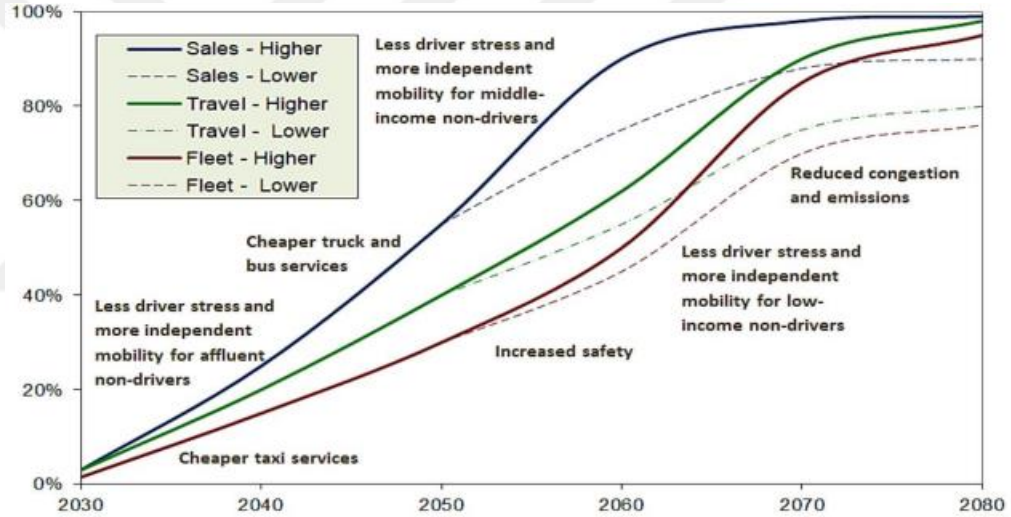
Bazı otoriteler, ABD ve Avrupa'da otomobilin zirvesine ulaşıldığı için sürecin daha hızlı olabileceğini düşünüyor. BCG, 2030 yılına kadar küresel satışların yıllık yaklaşık 100 milyon civarında sabit kalacağını ve 2035 yılına kadar araç filosunun %30'unun elektrikli ve %25'inin otonom olacağını öne sürüyor. (BCG, 2018) McKinsey, 2030'da satılan tüm yeni araçların %15'inin tamamen otonom olabileceğini tahmin ediyor. Accenture, 2035 yılına kadar 23 milyon otonom aracın ABD otoyollarında olacağını öne sürüyor. Goldman Sachs, küresel otonom araç pazarının 2025 yılına kadar 96 milyar dolar olacağını ve 2050 yılına kadar otonom araçların benimsenmesinin toplam yıllık ekonomik faydasının 3.5 trilyon doların üzerinde olabileceğini tahmin ediyor. KPMG'ye göre, 2030 yılına kadar Birleşik Krallık motor parkının (kullanımdaki araçlar) %75'i bağlantılı araçlardan oluşacak ve yaklaşık %40'ı kısmen otomatik olacak, ancak %10'dan daha azı tamamen otonom olacak (Jones,2020).

İyimser olarak, otonom araçlar 2025 yılına kadar güvenilir seviyelerde olacak ve 2030 yılına kadar birçok alanda ticari olarak mevcut olacaktır. 2030'larda ve muhtemelen 2040'lardan önceki araçlar, pahalı ve performansları sınırlı olacak, bazen istenilen yere ulaşamamakta veya beklenmedik durumlarla karşılaştıklarında insan müdahalesine ihtiyaç duyacaklardır. Sürücüsüz araç kullanıcıları, varlıklı kişiler ya da yüksek kilometre yapan işletmeleri içerecektir. Öngörülebilir bir gelecek için, çoğu orta ve düşük gelirli hane, insan tarafından çalıştırılan araçları kullanmaya devam edecektir (Litman, 2020).



Ortak otonom araçlar (kendi kendini süren taksiler) ve yolculuklar (mikro toplu taşıma hizmetleri) 2030'larda yaygın olarak kullanılabilir hale gelebilir. Sürüş deneyimleri, özellikle şehirden uzak, kırsal alanlarda bazen yavaş ve tahmin edilemez olacaktır. Yüksek işçilik maliyetleri ve öngörülebilir rotaları nedeniyle, uzun yol otobüsleri ve yük kamyonları özellikle otonom operasyonlar için uygundur, bu nedenle kendi kendine sürüş otobüsler ve kamyonlar 2030'larda ve 2040'larda yaygınlaşabilir (Litman, 2020).

Aşağıdaki şekil, hizmet ve fayda tahminlerini göstermektedir. Yeni araçların yarısının otonom hale gelmesi muhtemelen 2045 yılına denk gelmektedir. Piyasadaki araçların yarısının otonom hale gelmesinden ise 2060'lı yılları bulacaktır. Teknik zorluklar veya tüketici tercihleri nedeniyle muhtemelen daha uzun sürebilir (Litman, 2020).



**Şekil 8.** Otonom Araç Satışları, Filo, Seyahat ve Fayda Projeksiyonları

**Kaynak:** (Kraus, Grube ve Stolten, 2022)

Önemli bir tartışma konusu, otonom araçların toplam araç seyahatini ve buna bağlı trafik sorunlarını artırıp azaltmayacağıdır. Her iki durumla da karşılaşılabilir. Toplam artan işletme ve satın alma maliyetleri bireysel kullanıcı için elde edilen faydadan daha fazla olacaktır. Alternatif olarak, araç paylaşımını kolaylaştırabilir ve hanelerin araç sahipliğini ve araç seyahatini azaltmasına olanak tanır. Net etkileri, ulaşım ve arazi kullanımı geliştirme politikalarına bağlı olacaktır. Mevcut politikalarla, araç seyahati ve yayılmanın %10-30 oranında artması muhtemeldir. Daha verimli fiyatlandırma ve paylaşılan araçları tercih eden yol yönetimi, araç seyahatini ve ilgili sorunları azaltabilir (Litman, 2020).

Ulaştırma sektöründeki otoriteler otonom araç geliştirme ve dağıtımında önemli rol oynayacaklardır. Yeni teknolojilerin ve hizmetlerin yol, park ve toplu taşıma ihtiyaçlarını nasıl etkileyeceğini ve sorunları en aza indirmek ve toplam faydaları en üst düzeye çıkarmak için nasıl yanıt verileceği tahmin edilmelidir. Otonom araçların halka açık yollarda yasal olarak sürüş gerçekleştirebilmek için karşılımları gereken standartları tanımlama çalışmaları yapılmalıdır. Faydalarını, maliyetlerini değerlendirmeli ve toplum için elde edilebilecek en net faydayı sağlamak için politikalar geliştirilmelidir.

### **2.3. Otonom Araçların Yaygınlaşmasındaki Zorluklar**

Otonom araç teknolojilerinin sunduğu yeniliklerin yakın gelecekte birçok alanda köklü değişimlere sebep olması beklenmektedir. Ekonomik, çevresel ve hayat standartlarında yaşanacak bu gelişmelerin önünde bazı engeller bulunmaktadır. Bu engeller; teknolojik gelişmeler, yüksek maliyetler, altyapı sorunları ve insanların yeni yolculuk modeline adaptasyonlarının yavaş olmasıdır.

#### **2.3.1. Gelişmekte Olan Teknoloji**

Otonom araçların geliştirilmesindeki en büyük zorluk, her türlü olumsuz trafik ve hava koşulunda tüm olası senaryolara karşı insan sürücüler gibi tepki vermesini sağlamaktır. Otonom sürüş deneyini kullanılan Radar, kamera, lidar gibi algılayıcı sistemlerin çevredeki objeleri algılaması ve toplanan verilerin yazılım yardımı ile karmaşık algoritmalar kullanarak anlamlandırma çalışması deneyimidir. İnsan beyni bu işlemleri refleks olarak farkında olmadan gerçekleştirebiliyorken bu işlemlerin yazılım yardımı ile yapılması yüksek işlem kapasitesine sahip araç bilgisayarlarını zorunlu kılmaktadır. Araç bilgisayarlarının işlem gücünün yanı sıra eğitilmesi de gerekmektedir. Bu gerekliliklerin sonucunda otonom araçların düşük çözünürlükte toplanan verileri karmaşık algoritmalarla birlikte farklı senaryolara uyguluyor olması otonom araçların aldığı eylem kararlarında sorunlara yol açmaktadır.

**Tablo 8.** Her sensörün otonom araçlar için geçerli olduğu temel çalışma özelliklerinin özeti.

Performans ölçütü	İnsan	Otonom Araçlar		
		RADAR	LIDAR	Kamera
Obje algılama	İyi	İyi	İyi	Orta
Obje sınıflandırması	İyi	Kötü	Orta	İyi
Mesafe tahmini	Orta	İyi	İyi	Orta
Kenar algılama	İyi	Kötü	İyi	İyi
Şerit takibi	İyi	Kötü	Kötü	İyi
Görüş alanı	İyi	İyi	Orta	Orta
Olumsuz hava koşulları	Orta	İyi	Orta	Kötü
Düşük ışık performansı	Kötü	İyi	İyi	Orta

**Kaynak:** (Kaymaz, Taştan, 2021)

### 2.3.2. Yüksek Maliyetler

Günümüz teknolojileri araçların karayollarında sınırlı bağımsızlık ile sürüşlerine izin verebiliyor. Ancak hava koşullarının kötü olduğu durumlarda %95’lik yüksek performans elde etmek mümkün görünmüyor. Sürekli kullanılmayan altyapının yetersiz olduğu yerlerde araçların maksimum performansında çalışması daha zor olacaktır (Owsley ve McGwin,2010). Otonom araçları geleneksel yollarda kullanmak, yoldaki objeleri tanımlamak, trafik işaretçilerini ve yoldaki sorunları algılamak teknik olarak geliştirilmesi zor olan süreçlerdir. Bahsedilen sürüş dinamiklerini algılamak ve uygun eylemi gerçekleştirmek için gerekli olan yazılımın üretilmesi, test edilmesi ve otoriteler tarafından onay alınması uzun süren yüksek maliyetli işlemlerdir.

Günümüzdeki araçlarda bulunan seviye 2 veya seviye 3’ü kapsayan otonom özellikler ortalama birkaç bin dolara mal olmaktadır. Otonom özelliklerin kullanılması için gerekli olan konumlandırma sistemi ve gerekli güvenlik hizmetlerinin yıllık ücretleri ise 150-750 doları bulabilmektedir. Otonom özellikli araçların sahip olduğu donanımlar Kamera, Lidar, algı sensörleri dokunma, çarpma, sürtme gibi durumlarda hassas oldukları ekstra maliyeti getirmektedir. Ekstra masrafların katlanarak arttığı bu sistemin her yeni teknoloji gibi üretim altyapısının da hazır olmaması sebebiyle yüksek fiyatlı olacaktır. Uygun fiyatlı sistemlerin yıllar içerisinde zamanla teknolojinin adaptasyonunun sağlanmasıyla piyasaya çıkacağı ön görülmektedir. Tablo 9’da otonom araçlara gerekli olan ekipman ve servis işlemleri yer verilmiştir (Katrakazas, Quddus, Chen Deka, 2015).

**Tablo 9.** Otonom araç ekipmanları ve servis gereksinimleri

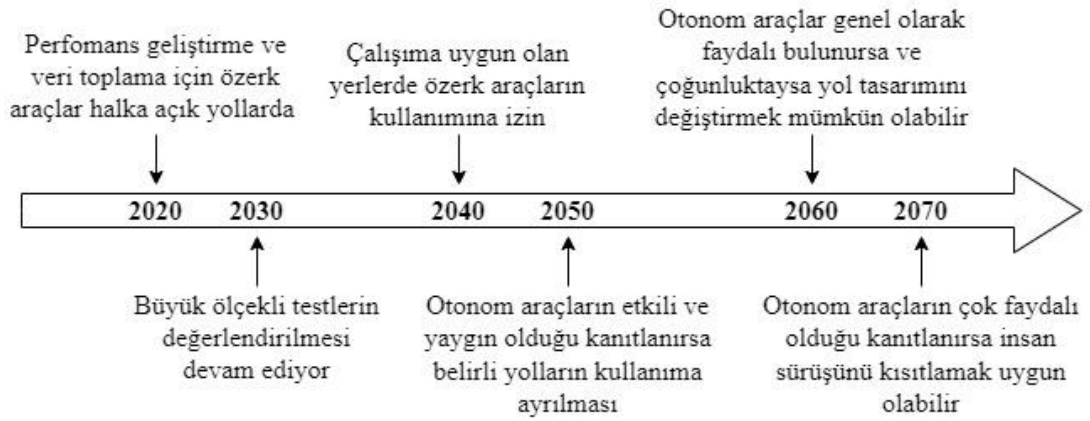
<b>Tüm Otonom Araçlar İçin</b>	<b>Toplu Taşıma Otonom Araçları İçin</b>
İnsan-makine etkileşimi	Sevkiyat ve filo yönetimi
Sensörler	İşletme ve sigorta
Otomatik kontrol	İşletme giderleri
Yazılım, sunucular ve güç kaynakları	Güvenlik
Kısa menzilli araç-araç iletişimi ağlar, ayrıca haritalar, güncellemeler ve yol raporları	Sık temizlik ve onarımlar
Navigasyon GPS sistemleri ve özel haritalar	Yolcu yüklemesi için gecikmeler ve boş araç km
Kritik eleman bakımı, onarımı ve testi	

**Kaynak:** (Kaymaz, Taştan, 2021)

### 2.3.3. Altyapı Sorunları

Otonom araçların sürüşü için trafik işaretçilerine, iletişimin kesilebileceği tünel veya kırsal bölgeler için ekstra iletişim altyapılarına ihtiyaç duyabilir. (Lawson,2018) Altyapı geliştirmeleri sadece iletişim alanında değil günümüzde konvansiyonel araçların kullanımı için tasarlanmış olan karayolu altyapıları için de gerekmektedir. Bozuk yollar, silinmiş şerit işaretleri ve trafik işaretlerinin yetersizliği otonom sürüşü tehlikeye atmaktadır. Sürücüsüz otomobillerin, daha dar karayolu şeritlerinde sürüş sağlayabileceği söylenmektedir ancak kamyon gibi büyük taşıtlar için dar şerit sistemleri uygun değildir. Şekil 11’de gösterilen kronolojik beklenti sıralamasında gelecekte tüm araç trafiğinin otonom olmasıyla birlikte trafik ışıklarına ihtiyacın ortadan kalkabileceğini gösteriyor (Litman, 2020).

Toplu taşıma sistemlerinin de otonom sisteme entegre olması ile birlikte, şehir planlamasında otonom toplu taşıma sistemleri için durak tasarımları yapılmalıdır. Bu durakların efektif çalışabilmeleri için ana yol ve caddelerde otonom araçların zorlanmadan dur kalk yapabileceği boş alanlara kurulması gerekmektedir (Knight, 2020; Marsden, Iain Docherty, Robyn Dowling, 2020).



**Şekil 9.** Beklenen otonom araç yaygınlaşma çizelgesi

#### 2.3.4. Kullanıcıların Teknolojiye Adaptasyonu

Otonom sürüşün seyahat üzerine etkilerini ölçmek için yapılan anketlerde, katılımcılar otonom araçlara karşı ilgili olduklarını, satın alma taleplerinin olduğunu ancak fiyatların konvansiyonel araçlardan farklı olmasını istemediklerini belirtiyorlar. Diğer yandan ise otonom teknolojiye karşı ön yargılı oldukları da görülüyor. Bu sebeple otonom araçlara karşı duyulan güven seviyesinin de düşük olması otonom araçların yayılmasını yavaşlatacaktır. Yavaşlamanın doğrudan teknolojinin benimsenme hızını etkileyeceği konuşulmaktadır. Otonom araç teknolojisi ile birlikte gelişmekte olan başka bir yeni teknoloji olan elektrikli araçların kullanıcıları ise düşük yakıt maliyetini ve konforlu sürüş imkânı sunması sebebiyle sürüş sürelerinin artacağını belirtiyor (Fleming ve Singer, 2019).

Sürüş ve yolculuk beklentilerinin değişeceği, otomasyonun hayat şartlarını kolaylaştırması, tasarruf sağlayacak yeni ekonomi modellerinin ortaya çıkması, hareketliliği artırması gibi beklenen faydaların adaptasyona doğrudan etki edebilir. Otonom araçlara geçişin trafik sıkışıklığını azaltması, maddi ve can kayıplı kazaları engellemesi, düşük yakıt tüketimi ile birlikte düşük emisyon salınımı yapacak olması sebebiyle ülkelerin teşvik politikaları yayınlaması muhtemel olarak görünüyor. Bu politikaların adaptasyon sürecini hızlandırması öngörülüyor.

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. Anket

Anket çalışması internet üzerinden Google Form kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sorular otonom araçlar hakkında belirlenen ana başlıkların cevaplarını bulmak üzere hazırlanmıştır.

Bahsedilen ana başlıklar şu şekildedir:

- Otonom araçların toplumdaki yeri ve bilinirliği nedir?
- Katılımcılar kendi araçlarındaki otonom sürüş teknolojileri hakkında ne kadar fikir sahibi?
- Katılımcıların sahip oldukları araç seviyeleri nedir?
- Kullanım alışkanlıkları nasıldır?
- Otonom araçlar hakkındaki endişeler nelerdir?
- Otonom araçlardan beklentiler nelerdir?
- Otonom araç satın alma ve otonom sürüş teknolojileri için ödeme yapma talebi ne kadardır?

Anketin tüm hali Ekler kısmında mevcuttur. Anket çalışması Ocak 2022'de gerçekleştirilmiştir.

Anketin hedef kitlesi olarak Türkiye'de yaşayan, 18 yaşından büyük ve araç sahibi olan kişiler belirlenmiştir.

Güvenilirlik seviyesi 95 %, hata payı ise +/-5.75% olarak belirlenmiştir.

Katılımcıların demografik dağılımı Tablo 10'da sunulmuştur.

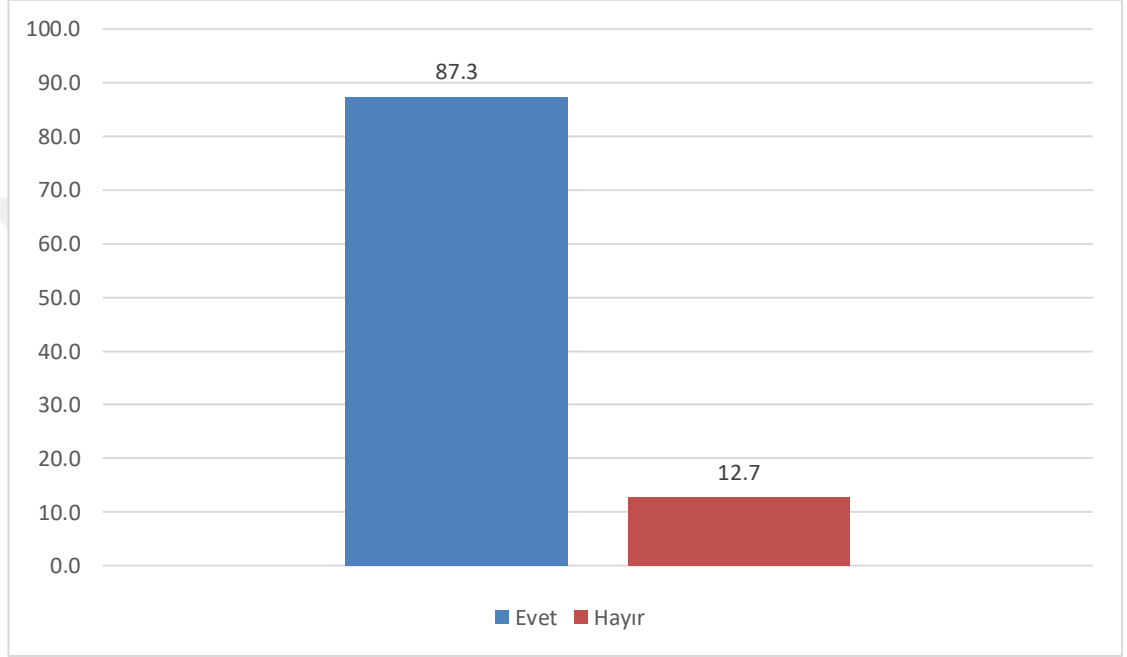
**Tablo 10.** Demografik dağılım

Demografik Özellikler	Yüzde	
Yaş Grupları	18-24	9,4
	25-24	17,2
	35-44	33,3
	45-54	27,3
	55+	12,3
Cinsiyet	Kadın	38
	Erkek	62
Eğitim Durumu	Lise ve Altı	64,4
	Lisans ve Ön lisans	30,3
	Lisans Üzeri	5,1
Hane Halkı Ortalama Aylık Geliri	5000TL ve Altı	21,3
	5000TL-10000TL	24,8
	10000TL-15000TL	28,2
	15000TL-25000TL	17
	25000TL ve Fazlası	8,7
Araçların Otonom Teknoloji Seviyesi	Seviye 0	48
	Seviye 1	40
	Seviye 2	12

### 3.1.1 Anket Değerlendirmesi

- Otonom araçların toplumdaki yeri ve bilinirliği nedir?

Katılımcıların büyük bir çoğunluğu otonom araç teknolojilerini ankete katılmadan önce duyduklarını belirtmiştir (87.3%). Otonom araç teknolojisini daha önce duymamış kesim ise 12,7%'lik küçük bir kesimdir (Şekil 12.).



Şekil 10. S1: “Ankete katılmadan önce otonom araç teknolojilerini duydunuz mu?”

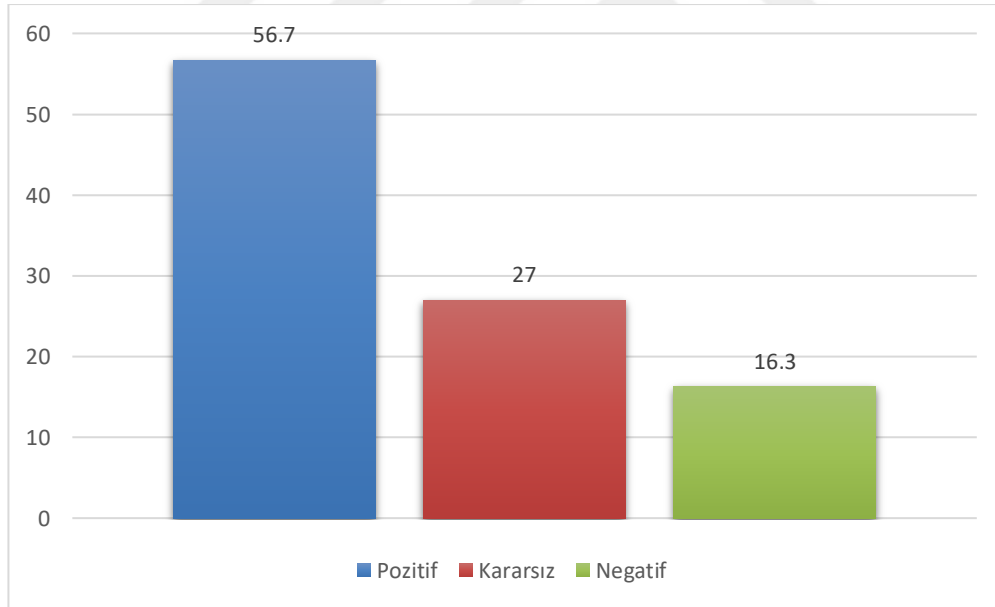
Katılımcıların otonom araçlar hakkındaki düşüncelerinin olumlu yönde mi yoksa olumsuz yönde mi olduğunu öğrenmek için “Otonom araçlar hakkındaki genel düşünceniz nedir?” sorusu sorulmuştur. Katılımcıların soruya verdikleri cevap Tablo 11 ‘de gösterilmiştir. Ayrıca Şekil 13 ‘de katılımcıların cevapları pozitif ve negatif olarak özetlenmiştir



**Tablo 11. S2: ‘‘ Otonom araçlar hakkındaki genel grsnz nedir?’’**

Cevaplar	Yüzde
Çok olumlu	21,7
Olumlu	35,0
Kararsızım	27,0
Olumsuz	13,3
Çok Olumsuz	3,0

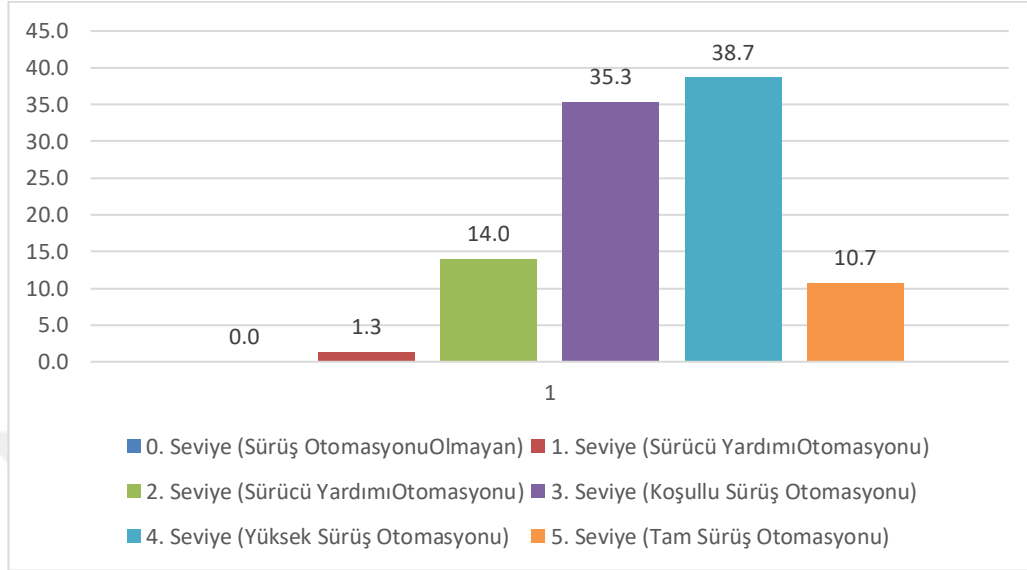
Katılımcıların cevapları pozitif ve negatif olarak ayrıştırıldığında 56,7%'sinin otonom teknolojilere karşı pozitif düşüncede oldukları görülmektedir. 16,3%'lük küçük bir kesimin ise negatif düşüncede olduğu ortaya çıkmaktadır.



**Şekil 11. Cevapların özeti, S2: ‘‘ Otonom araçlar hakkındaki genel görüşünüz nedir?’’**

Katılımcılara "aracınızın hangi seviye otonom özelliklere sahip olmasını istersiniz?" sorusu yöneltilmiştir. En çok talep gören iki seçenek sürücüye, sürüşe müdahale etme seçeneği sunan %38,7 ile 4.Seviye (Yüksek Sürüş Otomasyonu), %35,3 ile 3. Seviye (Koşullu Sürüş Otomasyonu) olmuştur. 5. Seviye (Tam Sürüş

Otomasyonu) seçeneğinin katılımcıların sadece %10,7'si tarafından tercih edilmesinin sebebi, katılımcıların sürüş sırasında kontrolü tamamen bırakmak istememesi olarak yorumlanabilir.

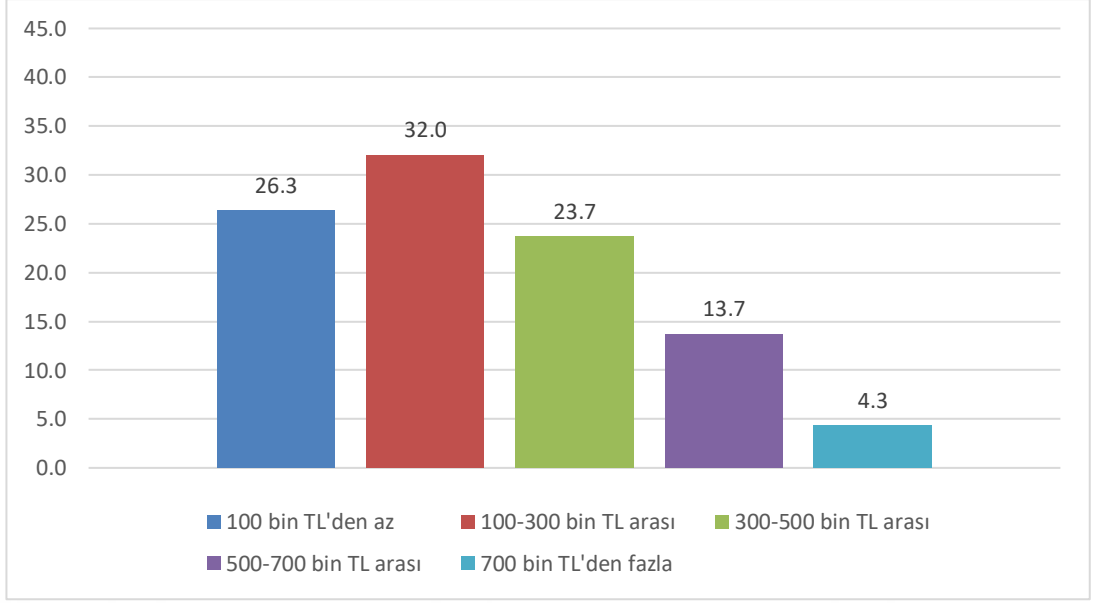


**Şekil 12.** S3: "Aracınızın hangi seviye otonom özelliklere sahip olmasını istersiniz?"

➤ Kullanım alışkanlıkları nasıldır?

Katılımcılara "mevcut aracınızın piyasa değeri nedir?", "satın aldığınız aracı ortalama kaç yıl kullanıyorsunuz?" ve "yeni bir araç satın alacak olsanız ortalama ne kadar bütçe ayırırsınız?" soruları sorulmuştur. Sorular katılımcıların piyasayı ne kadar doğru bir şekilde yansıttığını anlamak ve kullanım alışkanlıklarını saptamak amacıyla oluşturulmuştur.

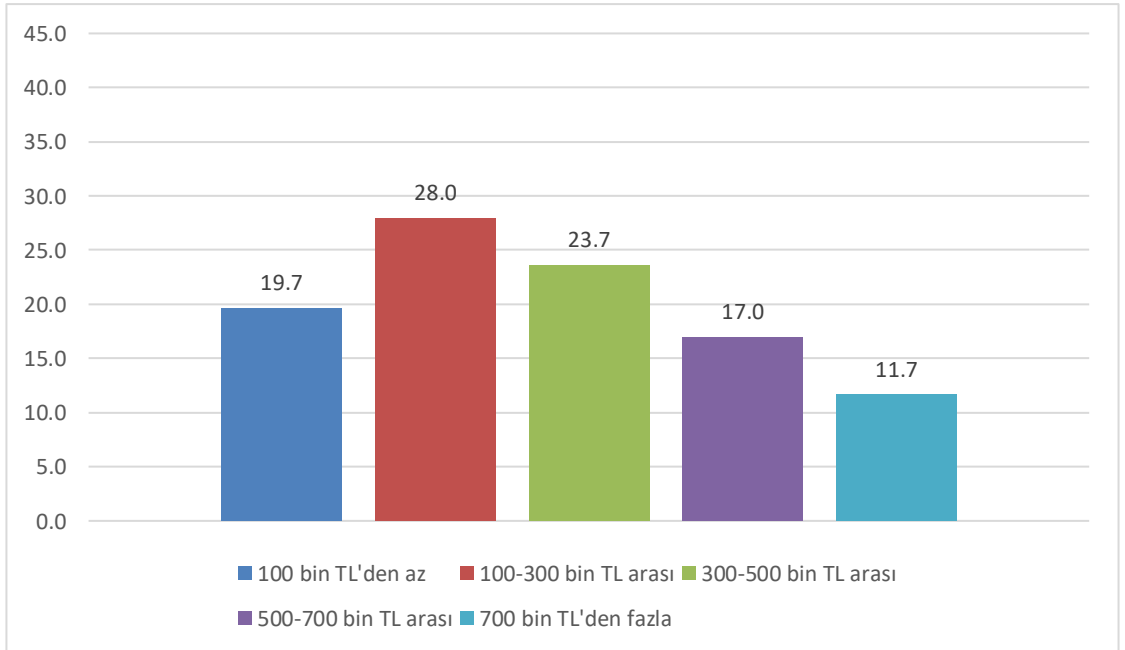
Araçların %26,3'ünün değerinin 100 bin TL'den daha az, %32'sinin 100-300 bin TL aralığında olduğu görülmektedir. Bu iki aralığı genel olarak otonom özelliği bulunmayan Seviye 0 araçların bulunduğu kategoriler olarak değerlendirebiliriz. %23,7'yi oluşturan 300-500 bin TL ve %13,7'yi oluşturan 500-700 bin TL değerindeki araçlar genel olarak cruise control, otomatik ani fren, şerit takip uyarı sistemi gibi Seviye 1'i tanımlayan özelliklere sahip araçları kapsamaktadır. %4,3'lük lüks araçları içinde barındıran 700 bin TL'den daha değerli araçlar grubu ise adaptif cruise control, şerit takip sistemi gibi sensörler yardımı ile çevresini algılamaya başlamış olan Seviye 2 otonom özelliklere sahip araçları kapsamaktadır.



**Şekil 13. S4:** "Yeni bir araç satın alacak olsanız ortalama ne kadar bütçe ayırırsınız?"

➤ Sahip olduğunuz aracın piyasa değeri nedir?

"Yeni bir araç satın alacak olsanız ne kadar bütçe ayırırsınız?" sorusuna verilen cevapları "aracınızın piyasa değeri nedir?" sorusuna gelen cevaplar ile karşılaştırdığımızda şuan ki araçlarının değerlerinden daha yüksek bir bütçe ayıracakları görülmektedir. Bu bütçe farkından araç kullanıcılarının daha yeni ve yüksek donanımlı araçları tercih ettikleri sonucuna varılmaktadır.

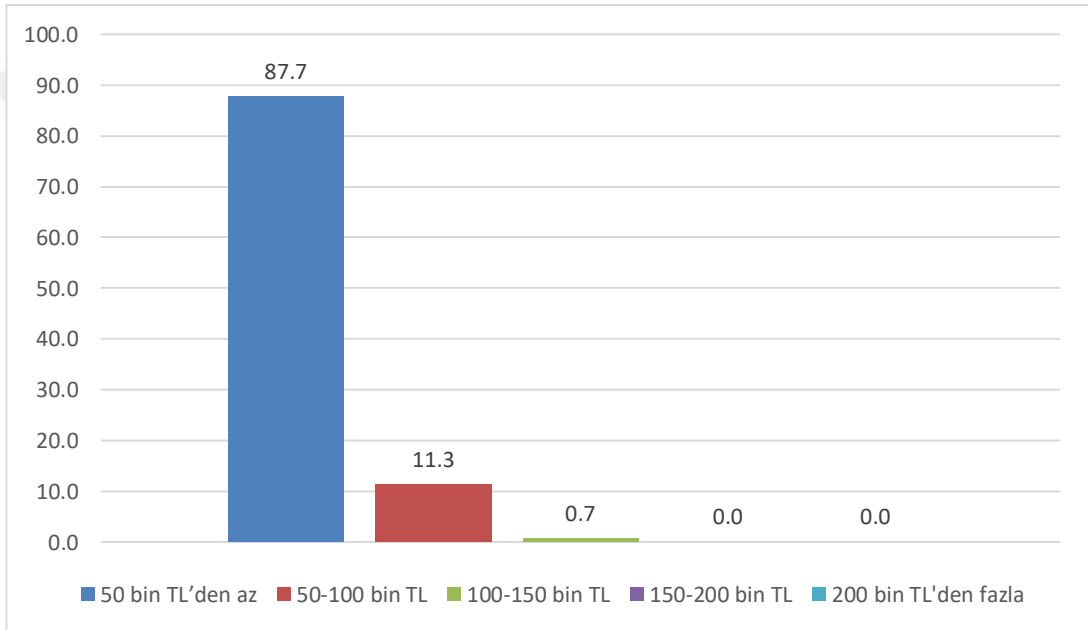


**Şekil 14. S5:** " Sahip olduğunuz aracın piyasa değeri nedir?"

➤ Yeni bir araç satın alacak olsanız ne kadar bütçe ayırırsınız?

Katılımcılara “satın alacağınız araçta otonom özellikler olması için ekstra ne kadar ödemek istersiniz?” sorusu sorulmuştur. Katılımcıların (87,7%)’lik kısmı 50 bin TL’den az seçeneğini işaretledi. (11,3%)’lük kısım ise 50-100 bin TL aralığını seçti. Katılımcıların verdiği cevapların grafiğini Şekil 17’de görülmektedir.

Katılımcıların genel isteklerine ve "aracınızın hangi seviye otonom özelliklere sahip olmasını istersiniz?" sorusuna verdiği cevaplara baktığımız zaman katılımcıların otonom teknolojisine sahip araçları satın almayı talep ettiklerini ancak teknoloji için ekstra para ödemek istemediklerini görülmektedir.



**Şekil 15. S6:** “Satın alacağınız araçta otonom özellikler olması için ekstra ne kadar ödemek istersiniz?”

➤ Otonom araçlardan beklentiler nelerdir?

Katılımcılara “ otonom araç kullanırken aşağıdaki durumların gerçekleşme ihtimaline ne kadar katılıyorsunuz?” sorusu soruldu. Katılımcılardan her bir durum için “kesinlikle katılıyorum”, “katılıyorum”, “kararsızım”, “katılmıyorum”, ve “kesinlikle katılmıyorum” seçeneklerinden birisini işaretlemeleri istendi. Katılımcıların tercihlerinin özeti Tablo 12’de verilmiştir. Katılımcılar en çok “katılıyorum” seçeneğini işaretleyerek otonom araçların sürüş ihtiyaçlarını karşılayacağı yönündeki fikre olumlu bakmaktadır (47,3%). Beklenen faydalar

içerisinde ‘‘otonom araç kullanmak benim güvenliğimi artırır’’ (10,3%) ile ‘‘kesinlikle katılmıyorum’’ ve (10,3%) ile ‘katılmıyorum’’ cevabını alarak katılımcıların en olumsuz baktığı seçenek olmuştur.

**Tablo 12. S7: ‘‘ Otonom araçlardan beklentiler nelerdir?’’**

Beklenen Fayda	Cevaplar	Yüzde
Otonom Araç Kullanmak Benim Güvenliğimi Artırır	Kesinlikle Katılıyorum	19
	Katılıyorum	34,7
	Kararsızım	25,7
	Katılmıyorum	10,3
	Kesinlikle Katılmıyorum	10,3
Otonom Araçlar Benim Sürüş İhtiyacımı Karşılama da Faydalı Olacaktır	Kesinlikle Katılıyorum	25
	Katılıyorum	47,3
	Kararsızım	21
	Katılmıyorum	5
	Kesinlikle Katılmıyorum	1,7
Otonom Araçlar Trafikte Düzeni Sağlayarak Trafik Sıkışıklıklarının Önüne Gececektir	Kesinlikle Katılıyorum	28
	Katılıyorum	46,3
	Kararsızım	20
	Katılmıyorum	5
	Kesinlikle Katılmıyorum	0,7
Otonom Araçların Kendi İçerisinde Haberleşmesi Kazaların Önüne Gececektir	Kesinlikle Katılıyorum	25,7
	Katılıyorum	46
	Kararsızım	23,3
	Katılmıyorum	4
	Kesinlikle Katılmıyorum	1
Sürüş konforunu ve güvenliğini artıracaktır	Kesinlikle Katılıyorum	33
	Katılıyorum	26,7
	Kararsızım	34
	Katılmıyorum	8,3
	Kesinlikle Katılmıyorum	1
En Yakın Park Alanına Yönlendirecektir	Kesinlikle Katılıyorum	38,3
	Katılıyorum	46,7
	Kararsızım	11
	Katılmıyorum	4
	Kesinlikle Katılmıyorum	0
Yakıt Verimliliği ve Çevre dostu olacaktır	Kesinlikle Katılıyorum	21
	Katılıyorum	38
	Kararsızım	31,3
	Katılmıyorum	9,3
	Kesinlikle Katılmıyorum	0

➤ Otonom araçlar hakkındaki endişeler nelerdir?

Katılımcılara “aşağıdaki otonom araçlar ile ilgili konular sizi ne kadar endişelendirir?” sorusu sorulmuştur. Katılımcılardan her bir durum için “çok endişelendirir”, “endişelendirir”, “kararsızım”, “endişelendirmez”, ve “hiç endişelendirmez” seçeneklerinden birisini işaretlemeleri istenmiştir. Katılımcıların tercihlerinin özeti Tablo 13’de verilmiştir. Cevaplar arasında en çok tercih edilen konunun bağlamına göre “çok endişelendirir” veya “endişelendirir” seçeneği olmuştur.

Katılımcıların en çok endişelendiği başlıca iki konu olduğu görülmektedir. İlk olarak (53,7%) ile “veri gizliliğinin ihlal edilmesi” ikinci olarak da (51%) ile “kullanıcı için yasal sorumlulukların belli olmaması”dır. “Kararsızım” cevabının en çok verildiği konu ise (16%) ile “sürücü kontrolüne izin vermeyen otonom araçlar”dır.

**Tablo 13. S8: ‘‘ Otonom araçlar hakkındaki endişeler nelerdir?’’**

Olası Endişe	Cevaplar	Yüzde
Sürücü kontrolüne izin vermeyen otonom araçlar	Çok endişelendirir	32,7
	Endişelendirir	34,0
	Kararsızım	16,0
	Endişelendirmez	10,3
	Hiç endişelendirmez	7,0
Sürücüsüz araç güvenliğinin dışarıdan müdahale ile ihlal edilmesi (Bilgisayar Korsanlığı)	Çok endişelendirir	43,0
	Endişelendirir	34,7
	Kararsızım	10,7
	Endişelendirmez	7,0
	Hiç endişelendirmez	4,7
Sürücüsüz araçların beklenmedik durumlarla karşılaşması	Çok endişelendirir	42,0
	Endişelendirir	39,7
	Kararsızım	9,3
	Endişelendirmez	6,0
	Hiç endişelendirmez	3,0
Araçın olumsuz hava koşullarından olumsuz etkilenmesi	Çok endişelendirir	37,7
	Endişelendirir	45,3
	Kararsızım	6,0
	Endişelendirmez	8,0
	Hiç endişelendirmez	3,0
Veri gizliliğinin ihlal edilmesi.	Çok endişelendirir	53,7
	Endişelendirir	38,3
	Kararsızım	4,3
	Endişelendirmez	2,7
	Hiç endişelendirmez	1,0
Sürücüsüz araçların İnsan sürücüler kadar efektif sürüş deneyimi sağlayamaması	Çok endişelendirir	37,3
	Endişelendirir	40,0
	Kararsızım	8,3
	Endişelendirmez	12,7
	Hiç endişelendirmez	1,7
Sürücüsüz araç kullanmayı öğrenmek	Çok endişelendirir	1,7
	Endişelendirir	10,0
	Kararsızım	5,0
	Endişelendirmez	48,3
	Hiç endişelendirmez	35,0
Kullanıcı için yasal sorumlulukların belli olmaması	Çok endişelendirir	51,0
	Endişelendirir	41,3
	Kararsızım	4,3
	Endişelendirmez	2,0
	Hiç endişelendirmez	1,3

## SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Günümüzde araç sayılarının artması ve nüfusun kent yerleşimlerinde toplanması sonucu oluşan trafik sıkışıklığı ve ulaşım alanında oluşan sorunların çözümü için yapılan çalışmalar giderek artmaktadır.

Yapılan çalışmalar ve geliştirilen çözümler sadece trafik sıkışıklığı özelinde değil daha geniş bir perspektifte ele alınmaktadır. Araç ve ulaşım denildiğinde ilk akla gelen çalışmalar ise otonom araç teknolojileri ve akıllı şehir sistemleridir. Bu tez çalışmasında ise otonom araç teknolojileri nedir?, Otonom araç teknolojilerinin faydaları ve zararları nelerdir?, otonom araç teknolojilerinin geleceği nasıl şekillenecektir? sorularına cevap verildi. Türkiye'deki araçların güncel durumunun tespiti yapılarak gelecekte Türkiye araç piyasasının hangi durumda olacağını tahmin çalışması yapıldı. Bu çalışma yürütülürken anket çalışması yapıldı ve kamuoyunun otonom araçlar hakkındaki düşünce ve görüşlerine yer verildi.

Otonom araçlardan beklenen faydanın sonucunda birden fazla sektöre etki etmesi beklenmektedir. Bu sebeple şirketler tarafından büyük yatırımlar yapılmaktadır. Bu yatırım ve geliştirme çalışmaları sırasında gelişen teknoloji ile birlikte; öncelikle sürüş sırasında insan hatalarından oluşan maddi hasarlı ve ölümlü kazaların önüne geçilmesi, azalan kaza sayıları ile sigorta maliyetlerinin düşmesi, sürdürülebilirliğin artması, enerji ve yakıt ihtiyacının farklı kaynaklardan karşılanması, karbon salınımının azalması ve sürüş için harcanan zamandan tasarruf edilmesi gibi başlıca etkenlerde gelişmeler beklenmektedir.

Gelişmekte olan teknoloji üzerine en iyimser tahminler genellikle endüstri ile ilgili kurum ve kuruluşlar tarafından yapılmaktadır. Bu kurumlar gelecek tahminlerini yaparken teknoloji gelişiminin önündeki engelleri görmezden gelme eğilimindedir. Teknolojinin gelecek tahminleri manipüle edilmeye açık konumdadır. Bu sebeple sadece sektör yorumları üzerinden değerlendirilme yapılması yanıltıcı olabilmektedir.

Otonom araç teknolojisinin geleceğini anlamak için öncelikle günümüz teknolojisinin geldiği seviyeye bakılmalıdır. Ondan sonra ülkelerin sürücüsüz araç teknolojilerine bakış açıları değerlendirilmelidir. Sürücüsüz araçlar kendi başlarına yapay zeka yardımı ile seyahat imkanı sunabilirler ancak bu sürüşler yol ve iletişim ağlarına yapılacak yatırımlarla desteklenmelidir.



Bu tez çalışmasında Türkiye piyasasında bulunan araçlardan elde edilen veri setleri, otonom araçlar hakkındaki kamuoyu görüşünü öğrenmek için yapılan anket çalışması ve Türkiye dışında yapılan otonom araç teknolojisinin geleceğini öngörmek için yapılan çalışmaların sonuçlarından faydalanılmıştır.

Pandeminin Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeleri ekonomik olarak daha fazla etkilediğinden dolayı otonom teknolojilere sahip araçların kullanımı ve yaygınlaşması önceki yıllarda yapılan tahmin çalışmalarında çıkan sonuçlardan farklı olacaktır.

Pandemi ile birlikte başlayan çip tedarikinde yaşanan sorunlar ve Dünya ekonomi sisteminde oluşan enflasyon artışının fiyatlandırma politikasını etkilemesiyle birlikte, Türkiye’de araç piyasasında fiyatlanma son 1 yılda sıfır araçlarda 55% ikinci el araçlarda ise 100%’e yakın artış gösterdi. Fiyat artışının Dünya’dan bağımsız olarak ekstra fiyatlanmasında araç tedarik sıkıntıları ve Türk lirasının kur karşısında değer kaybetmesi etkili oldu. Otonom araçların konvansiyonel araçlara kıyasla daha pahalı olması sebebiyle kullanıcıların ekstra ücret ödemesi gerekmektedir.

Kamuoyu ile yapılan anket sonucunda ise katılımcıların 82%’si yeni bir araç satın almak için ayıracakları bütçenin 500 bin Türk Lirası ve altında olacağını belirttiler. Ayrıca katılımcıların 87,7%’si satın alacakları araçta otonom özellikler bulunması için ekstra 50 bin TL’den az ödemeyi talep ettiklerini belirttiler. Bu istatistikler gösteriyor ki günümüzde lüks araçlarda bulunan veya ekonomik model araçlarda opsiyonel olarak bulunan seviye 2 özelliklerin yaygınlaşmasındaki en büyük engel ekonomik durumdur.

Buna karşın anket katılımcılarının sorulara verdiği cevaplar değerlendirildiğinde Türkiye’deki araç kullanıcılarının 56,7%’si otonom teknolojilere olumlu yönde görüş belirtiyor. Yeni alacakları araçların çoğunlukla seviye 3 veya seviye 4 otonom özelliklere sahip olmasını istiyorlar.

Otonom araçlardan beklenen faydaların anket katılımcıları tarafından değerlendirildiği anket sorusuna bakıldığında, beklenen faydaların kullanıcılar tarafından karşılık bulunduğu görülmektedir. Katılımcıların yarısından fazlası otonom araçların güvenlik, konfor ve verimlilik hususlarında beklentileri karşılayacağı düşüncesine sahip. Olumlu yönde fikir bildirmeyen diğer katılımcıların çoğunluğu ise kararsız olduklarını belirtti. Kararsızların katılımcıların kalan kısmındaki çoğunluğu

almasındaki sebep olarak sürücüsüz araç teknolojisinin hala test aşamasında gelişme aşamasındaki bir teknoloji olması gösterilebilir.

Katılımcılar otonom araçların sunduğu faydaların yanında endişe duydukları durumları da değerlendirdi. Araçların hava koşullarından etkilenecek sürüş güvenliğini tehlikeye atması, yasal sınırlamaların belirlenmemiş olması ve bilgisayar korsanlığı ile sürücü güvenliğini tehlikeye atabilecek durumlar en çok endişe oluşturan başlıklardır. Bu başlıklar özelinde ve endişe yaratabilecek diğer durumlar kullanıcılar nezdinde endişe yaratmayacak seviyeye gelmesi otonom araçların yaygınlaşması yönündeki en önemli adımlardan olacaktır.

Özetle zamanla teknolojinin gelişmesi ulaşılabilir, ucuz ve güvenilir olması seçenekleri dışında üst seviye otonom teknolojiler Türkiye'deki son kullanıcıda karşılık bulmuyor. Araç yaşının yüksek olduğu ve her sene satılan araçların 80%'inin ekonomik modellerin oluşturduğu Türkiye pazarı otonom araç seviyelerinde Dünya'daki diğer gelişmiş ülkelerin gerisinde yer almaktadır. Dünya'da yapılan çalışmalara bakıldığında 2025 yılından sonra seviye 2 ve seviye 3 otonom özelliklere sahip araçların yaygınlaşması beklenmektedir.

Dünya beklentilerinin Türkiye araç piyasasını ve kullanıcı beklentilerini yansıtmıyor olmasının başlıca sebepleri şunlardır;

- Otonom araç teknolojilerine sahip araçların diğer ülkelerde bulunan otonom araçlardan sayıca az olması,
- Otonom özellikleri barındıran araçların ekonomik olarak halkın çoğunluğu tarafından ulaşılabilir olmaması,
- Otonom araçların kullanacağı güzergahların, altyapı çalışmalarının henüz planlanmamış olması,
- Araç kullanıcılarının otonom araçlara olumlu bakıyor olsa da endişelerinin henüz giderilmemiş olmasıdır.

Yukarıda bahsedilen durumlar otonom araçların yaygınlaşmasında engel teşkil etmektedir. Bu doğrultuda Dünya'daki beklentilerin aksine Türkiye'de seviye 2 ve üzeri otonom araçlar 2025 yılında değil, 2030 yılından sonra yaygınlaşmaya başlaması öngörülmektedir.

## KAYNAKÇA

- Ackerman, E. (2017). Toyota's gill pratt on self-driving cars and the reality of full autonomy. *IEEE Spectrum*, 23.
- Ahmad, N., Ghazilla, R. A. R., Khairi, N. M., & Kasi, V. (2013). Reviews on various inertial measurement unit (IMU) sensor applications. *International Journal of Signal Processing Systems*, 1(2), 256-262.
- Akar, F., & Orman, K. (2020). Otonom kara araçlarındaki görüş sistemlerinin incelenmesi.
- American Automotive Association. (2012). Your Driving Costs. American Automotive Association.
- American Automotive Association. (2018). Your Driving Costs. American Automotive Association.
- Arbib, J., & Seba, T. (2017). Rethinking Transportation 2020-2030. *RethinkX*, May, 143, 144.
- Archambault, P., Delaney, M., Yuzawa, K., Burgstaller, S., Tamberrino, D., & Duval, A. (2015). Monetizing the rise of Autonomous Vehicles. *Goldmann Sachs Group, Tech. Rep., Sep.*
- Bacha, A., Bauman, C., Faruque, R., Fleming, M., Terwelp, C., Reinholtz, C., ... & Webster, M. (2008). Odin: Team victortango's entry in the darpa urban challenge. *Journal of field Robotics*, 25(8), 467-492.
- Bansal, P., & Kockelman, K. M. (2017). Forecasting Americans' long-term adoption of connected and autonomous vehicle technologies. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 95, 49-63.
- Bargelis, A., & Baltrušaitis, A. (2013). Applications of virtual reality Technologies in desing and development of engineering products and proceses. *Mechanics*, 19(4), 473-477..
- Bartneck, C., Lütge, C., Wagner, A., & Welsh, S. (2021). *An introduction to ethics in robotics and AI* (p. 117). Springer Nature.
- BCG (2018) The Great Mobility Tech Race: Winning the battle for future profits <https://fdocuments.in/document/the-great-mobility-tech-race-winning-the-battle-for-future-profits.html?page=1>
- Bimbrow, K., "Autonomous cars: Past, present and future a review of the developments in the last century, the present scenario and the expected future of autonomous vehicle technology," *2015 12th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO)*, 2015, pp. 191-198
- Casado-Herráez, D. (2020). Self-Driving Car Autonomous System Overview-Industrial Electronics Engineering-Bachelors' Thesis.

- Cheng, H. (2011). *Autonomous intelligent vehicles: theory, algorithms, and implementation*. Springer Science & Business Media
- Czech, P., Turoń, K., & Barcik, J. (2018). *Autonomous vehicles: basic issues*. *Zeszyty Naukowe. Transport/Politechnika Śląska*
- David, P. A. (1969). *A Contribution to the Theory of Diffusion*. Research Center in Economic Growth Stanford University
- De Bruyne, J., & Vanleenhove, C. (2018). The Rise of Self-Driving Cars: Is the Private International Law Framework for non-contractual obligations posing a bump in the road?. *ISLRev*, 5, 14.
- Dentons. (2021). The Driverless Commute. Erişim adresi: <https://www.dentons.com/en/insights/guides-reports-and-whitepapers/2021/january/28/global-guide-to-autonomous-vehicles-2021>
- Digital Transformation Monitor. Autonomous cars – the future of the automotive industry. Retrieved from European Commission: [https://ec.europa.eu/growth/toolsdatabases/dem/monitor/sites/default/files/DTM\\_Autonomous%20cars%20v1\\_1.pdf](https://ec.europa.eu/growth/toolsdatabases/dem/monitor/sites/default/files/DTM_Autonomous%20cars%20v1_1.pdf)(2017)
- Dokic, J., Müller, B., & Meyer, G. (2015). European roadmap smart systems for automated driving. *European Technology Platform on Smart Systems Integration*, 39.
- EBS Danışmanlık (2021). <https://ebsdanismanlik.com.tr/turkiyenin-asil-gercegi-sahin-ve-toros-ebs-analizleri-ile-gazetepencere-emre-ozpeynirci-haberi/>
- Eliot, L. (20.12.2019), “Explaining Level 4 And Level 5 Of Self-Driving Cars In Plain English”, <https://www.forbes.com/sites/lanceeliot/2019/12/20/explaining-level-4-and-level-5-of-self-driving-cars-in-plain-english/>
- Etrac. (2019, MArch 8). Connected Automated Driving Roadmap. Retrieved from Connected Automated Erişim adresi: <https://www.ertrac.org/uploads/documentsearch/id57/ERTRAC-CAD-Roadmap-2019.pdf>
- Faisal, A., Kamruzzaman, M., Yigitcanlar, T., & Currie, G. (2019). Understanding autonomous vehicles. *Journal of transport and land use*, 12(1), 45-72.
- Feder, G., Just, R. E., & Zilberman, D. (1985). Adoption of agricultural innovations in developing countries: A survey. *Economic development and cultural change*, 33(2), 255-298.
- Fleming, K., & Singer, M. R. (2019). *Energy implications of current travel and the adoption of automated vehicles* (No. NREL/TP-5400-72675). National Renewable Energy Lab.(NREL), Golden, CO (United States).
- Flyte, M. G. (1995). The safe design of in-vehicle information and support systems: the human factors issues. *International journal of vehicle design*, 16(2-3), 158-169.

- Fossen, T., Pettersen, K. Y., & Nijmeijer, H. (2017). *Sensing and control for autonomous vehicles*. Springer International PU.
- Frehse, G. (2008). PHAVer: algorithmic verification of hybrid systems past HyTech. *International journal on software tools for technology transfer*, 10(3), 263-279.
- Geonovum. (2017). Self-driving vehicles (SDVS) & Geo-Information. Amersfoort: Geospatial Media and Communications.
- Glassbrook, A. (2017). *The law of driverless cars: an introduction*. Law Brief Publishing.
- Göksun, Y. (2020, 8 Ağustos). Otonom araçlar. Erişim adresi: <https://yusufgoksun.com/otonom-araclar/>
- Grush, B. (2016). Driverless Cars Ahead: Ontario Must Prepare for Vehicle Automation, Residential and Civil Construction Alliance of Ontario (RCCAO).
- Gürtaş, S. (2020). *Otonom araç sürüş destek sistemleri ve yapay zeka uygulamaları* (Doctoral dissertation, Bursa Uludağ University (Turkey)).
- Handel J. (2015), How Do We Know Driverless Cars Are Safe? Google Says ‘Trust Us’, Erişim adresi: [http://www.huffingtonpost.com/jonathan-handel/how-do-we-know-driverless\\_b\\_5549658.html](http://www.huffingtonpost.com/jonathan-handel/how-do-we-know-driverless_b_5549658.html) (2022)
- Hawkins, Andrew J. (2018). Elon musk still doesn't think lidar is necessary for fully driverless cars. The Verge. Erişim adresi: <https://www.theverge.com/2018/2/7/16988628/elon-musk-lidar-self-driving-car-tesla>.
- Hazry, D., Sofian, M., And Azfar, A. Z. (2009) “Study Of Inertial Measurement Unit Sensor,” No. October, Pp. 11–13,
- Herpel, T., Lauer, C., German, R., & Salzberger, J. (2008, November). Multi-sensor data fusion in automotive applications. In *2008 3rd International Conference on Sensing Technology* (pp. 206-211). IEEE.
- Hong, T., Abrams, M., Chang, T., & Shneier, M. (2000). An intelligent world model for autonomous off-road driving. *Computer Vision and Image Understanding*, 80(11), 1-16.
- Hyatt, K. (2020). Toyota had the Most Autonomous Vehicle Disengagements, Erişim adresi: [www.cnet.com/roadshow/news/2019-californiaself-driving-disengagement-report-baidu-waymocruse](http://www.cnet.com/roadshow/news/2019-californiaself-driving-disengagement-report-baidu-waymocruse).
- International Society of Automotive Engineers. Automated Driving. Erişim adresi: <https://www.sae.org/news/2021/06/sae-revises-levels-of-driving-automation> (2022)
- Jones, Tim. (2020). Future of Autonomous Vehicles 2020 (LR).

- Katrazas, C., Quddus, M., Chen, W. H., & Deka, L. (2015). Real-time motion planning methods for autonomous on-road driving: State-of-the-art and future research directions. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 60, 416-442.
- Kaymaz, H., & Tastan, Y. (2021) Otonom Araçların Önündeki Zorluklar. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 33(2), 195-209.
- Keating, D. (2019, February 11). European drivers may be wary of cars that stop them from speeding. Erişim adresi: <https://www.euractiv.com/section/automate>
- Kendi, A. (2017). Sürücüsüz araçlar ve Türkiye, 3-9.
- Knight, W. (2020). Snow and Ice Pose a Vexing Obstacle for Self-Driving Cars. Erişim adresi: [www.wired.com/story/snow-ice-pose-vexingobstacle-self-driving-cars](http://www.wired.com/story/snow-ice-pose-vexingobstacle-self-driving-cars).
- Komarabathuni, R. V. (2011). *Performance Assessment of a 77 GHz Automotive Radar for Various Obstacle Avoidance Application* (Doctoral dissertation, Ohio University).
- Kraus, S., Grube, T., & Stolten, D. (2022). Mobility trends in transport sector modeling. *Future transportation*, 2(1), 184-215.
- Lavasani, M., Jin, X., & Du, Y. (2016). Market penetration model for autonomous vehicles on the basis of earlier technology adoption experience. *Transportation Research Record*, 2597(1), 67-74.
- Lawson, S. (2018). Roads that Cars Can Read Report III: Tackling the Transition to Automated Vehicles.
- Levinson, D. (2017). On the differences between autonomous, automated, self-driving, and driverless cars. *Transportist by David Levinson*.
- Litman, T. (2020). Autonomous vehicle implementation predictions: Implications for transport planning.
- M Katrazas C, Quddus M, Chen WH, Deka L. Real-time motion planning methods for autonomous road driving: Most advanced and future research directions. *Transp Res Bölüm C: Emerg Technol*. 2015; 60: 416-442.
- Marsden, G., Docherty, I., & Dowling, R. (2020). Parking futures: Curbside management in the era of 'new mobility' services in British and Australian cities. *Land Use Policy*, 91, 104012.
- McAler, M. (2017). Audi's self-driving A8: drivers can watch YouTube or check emails at 60km/h. *The Irish Times*.
- Naik, G., Choudhury, B., & Park, J. M. (2019). IEEE 802.11 bd & 5G NR V2X: Evolution of radio access technologies for V2X communications. *IEEE access*, 7, 70169-70184.

- National Highway Traffic Administration.(NHTSA) Automated vehicles for safety. 2020 Erişim adresi: <https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/automated-vehicles-safety>
- Nord, S., Tidd, J., Gunnarsson, F., Alissa, S., Rieck, C., Hanquist, C. H., ... & Chaisset, C. (2021). Network-RTK Positioning for Automated Driving (NPAD): public report.
- Otomotiv Distribütörleri Derneği (ODD) (2021) Makroekonomik değerlendirme, Aralık 2021 Erişim adresi: [https://www.odd.org.tr/web\\_2837\\_1/neuralnetwork.aspx?type=26](https://www.odd.org.tr/web_2837_1/neuralnetwork.aspx?type=26)
- Otomotiv Distribütörleri Derneği (ODD) (2017) Makroekonomik değerlendirme, Aralık 2017 Erişim adresi: [https://www.odd.org.tr/web\\_2837\\_1/neuralnetwork.aspx?type=26](https://www.odd.org.tr/web_2837_1/neuralnetwork.aspx?type=26)
- Otomotiv Distribütörleri Derneği (ODD) (2018) Makroekonomik değerlendirme, Aralık 2018 Erişim adresi: [https://www.odd.org.tr/web\\_2837\\_1/neuralnetwork.aspx?type=26](https://www.odd.org.tr/web_2837_1/neuralnetwork.aspx?type=26)
- Otomotiv Distribütörleri Derneği (ODD) (2019) Makroekonomik değerlendirme, Aralık 2019 Erişim adresi: [https://www.odd.org.tr/web\\_2837\\_1/neuralnetwork.aspx?type=26](https://www.odd.org.tr/web_2837_1/neuralnetwork.aspx?type=26)
- Otomotiv Distribütörleri Derneği (ODD) (2020) Makroekonomik değerlendirme, Aralık 2020 Erişim adresi: [https://www.odd.org.tr/web\\_2837\\_1/neuralnetwork.aspx?type=26](https://www.odd.org.tr/web_2837_1/neuralnetwork.aspx?type=26)
- Otomotiv Distribütörleri Derneği (ODD) (2022) Perakende satışlar yerli / ithal dağılımı: Şubat 2022 Erişim adresi: [https://www.odd.org.tr/web\\_2837\\_1/neuralnetwork.aspx?type=36](https://www.odd.org.tr/web_2837_1/neuralnetwork.aspx?type=36)
- Otomotiv Distribütörleri Derneği (ODD) (2022) Perakende satışlar yerli / ithal dağılımı: Ocak 2022 Erişim adresi: [https://www.odd.org.tr/web\\_2837\\_1/neuralnetwork.aspx?type=36](https://www.odd.org.tr/web_2837_1/neuralnetwork.aspx?type=36)
- Owsley, C., & McGwin Jr, G. (2010). Vision and driving. *Vision research*, 50(23), 2348-2361.
- Parker, N., Shandro, A., & Cullen, E. (2017). Autonomous and connected vehicles: navigating the legal issues. *Allen & Overy LLP, London*.
- Pomerleau, D. A. (1991). Efficient training of artificial neural networks for autonomous navigation. *Neural computation*, 3(1), 88-97.
- Rausser, G. C., Swinnen, J., & Zusman, P. (2011). *Political power and economic policy: Theory, analysis, and empirical applications*. Cambridge University Press.
- Rogers, E.M. 2010. Diffusion of Innovations, 4th edition. Simon and Schuster. New York: The Free Press

- SAE International (2021). SAE J3016: Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles. Erişim adresi: <https://www.sae.org/news/2021/06/sae-revises-levels-of-driving-automation> (2022)
- Samociuk, W., Krzysiak, Z., Bartnik, G., Skic, A., Kocira, S., Rachwal, B., ... & Krzywonos, L. (2017). Analysis of explosion hazard on propane-butane liquid gas distribution stations during self tankage of vehicles. *Przemysł Chemiczny*, 96(4), 874-879.
- Slovic, P., Flynn, J. H., & Layman, M. (1991). Perceived risk, trust, and the politics of nuclear waste. *Science*, 254(5038), 1603-1607.
- Smith, M.N. (2016,22 Nisan). The number of cars worldwide is set to double by 2040. Erişim adresi: <https://www.weforum.org/agenda/2016/04/the-number-of-cars-worldwide-is-set-to-double-by-2040>
- Sparrow, R., & Howard, M. (2017). When human beings are like drunk robots: Driverless vehicles, ethics, and the future of transport. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 80, 206-215.
- Taraba, M., Adamec, J., Danko, M., & Drgona, P. (2018, May). Utilization of modern sensors in autonomous vehicles. In *2018 ELEKTRO* (pp. 1-5). IEEE.
- Thorpe, C., Herbert, M., Kanade, T., & Shafer, S. (1991). Toward autonomous driving: the cmu navlab. i. perception. *IEEE expert*, 6(4), 31-42.
- Trommer S., Autonomous Driving: The Impact of Vehicle Automation on Mobility Behaviour, Institute of Transport Research [www.ifmo.de](http://www.ifmo.de), (2016).
- Trommer, S., Kolarova, V., Fraedrich, E., Kröger, L., Kickhöfer, B., Kuhnimhof, T., ... & Phleps, P. (2016). Autonomous driving-the impact of vehicle automation on mobility behaviour.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2020). Karayolu Trafik Kaza İstatistikleri Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Karayolu-Trafik-Kaza-Istatistikleri-2020-37436>
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2021). Motorlu Kara Taşıtları Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara-Tasitlari-Aralik-2021-45703>
- Union,E. Briefing: Automated Vehicles in the EU. Erişim adresi: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/573902/EPRS\\_BRI\(2016\)573902\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/573902/EPRS_BRI(2016)573902_EN.pdf)
- Urbán, E. (2021). *The past, the present and the potential future of autonomous vehicles in the EU and in the USA* (Master's thesis, University of Twente).
- Vishwanathan, R., Weckler, P. R., Solie, J. B., & Stone, M. L. (2005). Evaluation of ground speed sensing devices under varying ground surface conditions.



In *2005 ASAE Annual Meeting* (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers.

Vlacic, L., Parent, M., & Harashima, F. (2001). *Intelligent vehicle technologies*. Elsevier.

Weber, M. 2019. CHM: <https://computerhistory.org/blog/where-to-a-history-ofautonomous-vehicles/>

WSJ ,Why Your Next Car May Look Like a Living Room, Wall Street Journal, [www.wsj.com](http://www.wsj.com)(2017)

Xie, M., Trassoudaine, L., Alizon, J., Thonnat, M., & Gallice, J. (1993, May). Active and intelligent sensing of road obstacles: Application to the European Eureka-PROMETHEUS project. In 1993 (4th) International Conference on Computer Vision (pp. 616-623). IEEE.

Yang, H. (2017). *Scenarios analysis of autonomous vehicles deployment with different market penetration rate* (Doctoral dissertation, University of Maryland, College Park).

Yiğit, E., Oner, A. E., & Yöntem, O. (2020). Otonom Araçların Otomotiv Sektörüne Etkileri ve Beraberinde Getirdiği Yenilikler. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 181-186.

Zhang, W., & Wang, K. (2020). Parking futures: Shared automated vehicles and parking demand reduction trajectories in Atlanta. *Land Use Policy*, 91, 103963.

Zmud, J. (2017). Breakout 1: Market Acceptance and Demand: Data Capture and Analysis Techniques to Examine Behavioral Responses to AVs. Automated Vehicle Symposium, 11-14.

## EKLER

### EK-A

#### TÜRKİYE'DEKİ ARAÇLARIN OTONOM SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ VE GELECEK TAHMİNİ

Bu anket çalışması İstanbul Gelişim Üniversitesi yüksek lisans programı kapsamında ‘‘TÜRKİYE'DEKİ ARAÇLARIN OTONOM SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ VE GELECEK TAHMİNİ’’ adlı tez çalışmasına örneklem toplamak amacıyla yapılmaktadır.

Otonom araçlar ve seviyeleri hakkında genel bir açıklama yapılmıştır. Lütfen anket yanıtlarını vermeden önce zamanınızı ayırarak açıklamayı okuyunuz. \*

---

Otonom araçlar, güvenlik açısından kritik bazı işlevlerin bulunduğu (hızlanma, yavaşlama ya da direksiyon kontrolü) doğrudan sürücü kontrolü olmadan çalışan araçlardır. Araçlar sürücülere güvenlik uyarıları verebilir. (ileri çarpışma uyarısı, Şerit takip uyarısı gibi). Ancak araç sadece uyarı veriyor sürüş kontrolünü devralmıyorsa otonom olarak değerlendirilemez. Otonom araçlar, yerleşik sensörler, kameralar, GPS ve telekomünikasyon sistemlerini kullanarak çevresel koşullara göre kontrolü sağlamak adına bilgi toplar. Bu bilgiler odağında araç otonom seviyesine uygun bir şekilde sürüş kontrolüne müdahale eder. Otonom araç teknolojilerinin aralığını örneklendirdiğimizde hız sabitleme sistemi gibi basit işlevlerden başlayarak tamamen insan yardımına ihtiyaç duymayan sürücüsüz araçlara kadar uzanmaktadır. \*

---

1. Aracınızın özellikleri hakkında ne kadar bilgi sahibisiniz? \*

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- Bilgim yok
- Biraz bilgiliyim
- Bilgiliyim
- İyi derecede bilgiliyim
- Çok bilgiliyim

2. Ankete başlamadan önce otonom araç teknolojilerini duydunuz mu? \*

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- Evet
- Hayır

3. Otonom araçlar hakkında genel görüşünüz nedir? \*

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- Çok olumlu
- Olumsuz
- Kararsız
- Olumlu
- Çok olumlu

---

### **Otonom Araç Seviyeleri**

Otonom araç teknolojilerinin birçok seviyesi bulunmaktadır. Bu teknoloji seviyelerinden bazıları günümüzde mevcut bazıları ise gelecekte kullanıma sunulması bekleniyor. Otonom teknoloji seviyelerinin her birinin açıklaması aşağıda yer almaktadır.

Lütfen anket sorularını yanıtlamaya devam etmeden önce zamanınızı ayırarak dikkatlice okuyunuz.

#### **Günümüz otonom teknolojileri:**

**Seviye 0:** Otomasyon teknolojilerinden yoksun. Hızlanma, vites değiştirme ve direksiyon kontrolü gibi sürüş dinamikleri sürücü tarafından kontrol ediliyor.

**Seviye 1:** Bu seviyede bir veya daha fazla birincil araç kontrolü bulunmaktadır. (Şerit takip sistemi, fren asistanı ve hız sabitleyici). Araç, direksiyon kontrolü, frenleme veya hızlanma işlemlerinde sürücüye yardım edebilir. Eğer birden fazla otomasyon sistemi kullanılıyorsa otomasyonlar birbirinden bağımsız çalışır.

**Seviye 2:** Hızlanma, yavaşlama ve direksiyon kontrolü gibi sürüş fonksiyonlarını sürücü müdahalesi olmadan gerçekleştirebilen araçları tanımlar. Bu seviyedeki araçlarda çevresel koşulların takibi sürücü tarafından gerçekleştirilmelidir. Örneğin Adaptif hız sabitleyici ve şerit takip sistemi birlikte çalışabilir.

**Seviye 3:** Araçların sınırlı düzeyde sürücüsüz sürüş otomasyonu sağlaması beklenir. Sürücüsüz sürüş deneyimi inşaat alanı gibi olağan dışı engeller ile karşılaşıldığında

sürüş sürücüyeye devredilir. Seviye 2 ve Seviye 3 arasındaki fark, Seviye 3'te sürücünün sürüş sırasında yolu sürekli olarak izlemesi beklenmez.

**Gelecek otonom teknolojileri:**

**Seviye 4:** Sürüşün tüm aşamalarının otonom sistem tarafından kontrol edilmesi beklenmektedir. Araçlar Seviye 3 aksine karşılaşılan olağan dışı durumlar karşısında sürücü kontrolüne gerek duymadan tepki verebilir. Gerekilen ya da tercih edilen durumlarda sürücü kontrolüne izin veren araçlardır.

**Seviye 5:** Sürücü müdahalesi olmadan her türlü arazi, hava ve engel koşullarına uyum sağlayabilmesi hedefiyle geliştirilmeye devam ediyor.

---

4. Aracınız kaçınıcı seviye otonom teknolojiye sahip? \*

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- 0. Seviye (Otomasyon yok)
- 1. Seviye (Sürücü yardımı)
- 2. Seviye (Kısmi sürücü yardımı)

5. Satın alacağınız aracın kaçınıcı seviye otonom teknolojisine sahip olmasını istersiniz? \*

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin

- 0. Seviye (Otomasyon Yok)
- 1. Seviye (Sürücü Yardımı)
- 2. Seviye (Kısmi Otomasyon)
- 3. Seviye (Koşullu Otomasyon)
- 4. Seviye (Yüksek Otomasyon)
- 5. Seviye (Tam Otomasyon)

6. Mevcut aracınızın yaklaşık piyasa değeri ne kadar? \*

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin

- 100 bin TL'den az
- 100-300 bin TL arası
- 300-500 bin TL arası
- 500-700 bin TL arası
- 700 bin TL'den fazla

7. Yeni bir araç satın alacak olsanız ortalama ne kadarlık bütçe ayırırsınız? \*

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin

- 100 bin TL'den az
- 100-300 bin TL arası
- 300-500 bin TL arası
- 500-700 bin TL arası
- 700 bin TL'den fazla

8. Satın alacağınız aracın otonom özelliklere sahip olması için ekstra ne kadar ödersiniz? \*

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin

- 50 bin TL'den az
- 50-100 bin TL
- 100-150 bin TL
- 150-200 bin TL
- 200 bin TL'den fazla

9. Otonom araç kullanırken aşağıdaki durumların gerçekleşme ihtimaline ne kadar katılıyorsunuz? \*

Her satırda yalnızca bir şıkkı işaretleyin

	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
<b>Otonom araç kullanmak benim güvenliğimi artırır</b>					
<b>Otonom araçlar benim sürüş ihtiyacımı karşılamakta faydalı olacaktır</b>					
<b>Otonom araçlar trafikte düzeni sağlayarak trafik sıkışıklıklarının önüne geçecektir</b>					
<b>Otonom araçların diğer araçlar ile haberleşmesi kazaların önüne geçecektir</b>					
<b>Sürüş konforu ve güvenliğini artıracaktır</b>					
<b>Sürüş sırasında zaman tasarrufu sağlayacaktır</b>					
<b>Yakıtı verimli kullanacak ve çevre dostu olacaktır</b>					

10. Aşağıdaki otonom araçlar ile ilgili konular sizi ne kadar endişelendirir? \*

Her satırda yalnızca bir şıkkı işaretleyin

	Hiç Endişelendirmez	Endişelendirmez	Kararsızım	Endişelendirir	Çok Endişelendirir
<b>Sürücü kontrolüne izin vermeyen otonom araçlar</b>					
<b>Sürücüsüz araç güvenliğinin dışarıdan müdahale ile ihlal edilmesi (Bilgisayar Korsanlığı)</b>					
<b>Sürücüsüz araçların beklenmedik durumlara karşılaşması</b>					
<b>Aracın olumsuz hava koşullarından olumsuz etkilenmesi</b>					
<b>Veri gizliliğinin ihlal edilmesi.</b>					
<b>Sürücüsüz araçların İnsan sürücüler kadar efektif sürüş deneyimi sağlayamaması</b>					
<b>Sürücüsüz araç kullanmayı öğrenmek</b>					
<b>Kullanıcı için yasal sorumlulukların belli olmaması</b>					

11. Kaç yaşındasınız? \*

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin

- 18-24
- 25-34
- 35-44
- 45-54
- 55+

12. Cinsiyetiniz nedir? \*

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin

- Erkek
- Kadın

13. Eğitim durumunuz nedir? \*

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin

- İlkokul
- Ortaokul
- Lise
- Ön Lisans
- Lisans
- Lisans Üstü

14. Ortalama hane halkı aylık geliriniz ne kadar? \*

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin

- 5000 TL ve Altı
- 5000 TL - 10000 TL
- 10000 TL - 15000 TL
- 15000 TL - 25000TL
- 25000 TL ve Fazlası



