T.C.
İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ
TİCARET VE FİNANS ENSTİTÜSÜ
SİGORTA VE RİSK YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
SİGORTA VE RİSK YÖNETİMİ DOKTORA PROGRAMI

OTONOM SÜRÜŞ TEKNOLOJİLERİNİN SİGORTA SEKTÖRÜNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Doktora Tezi

Orhan İŞLER

İSTANBUL, 2026

T.C.
İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ
TİCARET VE FİNANS ENSTİTÜSÜ
SİGORTA VE RİSK YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
SİGORTA VE RİSK YÖNETİMİ DOKTORA PROGRAMI

OTONOM SÜRÜŞ TEKNOLOJİLERİNİN SİGORTA SEKTÖRÜNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Doktora Tezi

Orhan İŞLER
100051481

Danışman: Prof. Dr. Özlem DENİZ BAŞAR

İSTANBUL, 2026

ETİK BEYAN SAYFASI

Hazırlamış olduğum tez özgün bir çalışma olup YÖK ve İstanbul Ticaret Üniversitesi Lisansüstü Yönetmeliklerine uygun olarak hazırlanmıştır. Ayrıca, bu çalışmayı yaparken bilimsel etik kurallarına tamamıyla uyduğumu; yararlandığım tüm kaynakları gösterdiğimi ve hiçbir kaynaktan yaptığım ayrıntılı alıntı olmadığını beyan ederim. Bu tezin ihtiva ettiği tüm hususlar şahsi görüşüm olup İstanbul Ticaret Üniversitesinin resmi görüşünü yansıtmamaktadır.

Orhan İşler

ÖZET

Çalışma, otonom araç teknolojilerinin karayolları trafik hukuku düzenlemeleri, sorumluluk rejimi ve sigortacılık uygulamaları üzerindeki etkilerini ilişkisel bağlamda ele alarak, sigorta sektörü bakış açısıyla bütünleştirilmiş çok boyutlu bir yaklaşımla incelemektedir. Otonom araç kazalarında insan sorumluluğundan bahsedilememesine bağlı olarak sorumluluk dağılımının yeninden yapılanması gereksiniminin sigorta sektörüne etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma otonom teknolojileri inceleme konusu ekseninde ele alırken bu teknolojilerin güvenlik etkisi bağlamında geleneksel sorumluluk modelini dönüşüme zorladığını ortaya koymaktadır. Ardından ABD, Avrupa Birliği, Almanya ve İngiltere'nin otonom araçlara ilişkin yasal düzenlemeleri sürücü ve işleten kavramları ile sorumluluk dağılımı bakımından karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Analizler, otonom sürüşün insan faktörünü azaltmasıyla birlikte riskin yazılım sağlayıcılar, üreticiler ve veri operatörleri gibi yeni aktörlere kaydığını; geleneksel trafik hukuku ve ürün sorumluluğu rejimlerinin bu dönüşümü karşılamakta yetersiz kaldığını göstermektedir. Çalışmanın ikinci aşamasında, Türkiye sigorta sektöründe farklı uzmanlık alanlarında görev yapan 50 profesyonelle mülakatlar gerçekleştirilmiş ve veriler tematik analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir. Katılımcı görüşleri; hukuki ve yapısal sorumluluk mimarisi, aktüeryal ve operasyonel yeniden kalibrasyon, pazar ve paydaş dinamikleri olmak üzere üç ana tema altında toplanmıştır. Bulgular, Türkiye'nin otonom araçlara ilişkin hukuki altyapısını oluştururken uluslararası uygulamalardan yararlanması, fakat yerel sektörün ihtiyaçlarını ve veri yönetimi kapasitesini de gözetmesi gerektiğine işaret etmektedir. Bu yönüyle çalışma, otonom araçların sigorta sektörü üzerindeki etkilerine ilişkin hem teorik hem de uygulamaya dönük bütüncül bir çerçeve sunmakta; sigorta sektörü için somut katkılar sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Otonom Araçlar, Sorumluluk Rejimi, İşleten Kavramı, Ürün Sorumluluğu, Telematik*

ABSTRACT

This study examines the impacts of autonomous vehicle technologies on highway traffic law regulations, liability regimes, and insurance practices within a relational context, using a multidimensional approach integrated with the insurance sector perspective. The aim is to determine the impact on the insurance sector of the need to restructure the distribution of liability due to the lack of human liability in accidents caused by autonomous vehicles. The study examines autonomous technologies as a focus of the study and reveals that these technologies are forcing a transformation in the traditional liability model in terms of their impact on safety. Subsequently, a comparative evaluation is made of the legal regulations regarding autonomous vehicles in the US, European Union, Germany, and the UK in terms of the concepts of driver and operator and the distribution of liability. The analysis demonstrates that as autonomous driving reduces the human factor, risk shifts to new actors such as software providers, manufacturers, and data operators, and that traditional traffic law and product liability regimes are inadequate to accommodate this transformation. In the second phase of the study, interviews were conducted with 50 professionals working in various areas of expertise in the Turkish insurance sector, and the data were evaluated using thematic analysis. Participant opinions: The findings are grouped under three main themes: legal and structural liability architecture, actuarial and operational recalibration, and market and stakeholder dynamics. The findings indicate that Turkey should draw on international practices while also considering the needs and data management capacity of the local sector when developing its legal infrastructure for autonomous vehicles. In this respect, the study provides a holistic framework, both theoretical and practical, regarding the impact of autonomous vehicles on the insurance sector and provides concrete contributions for insurance market.

Keywords: *Autonomous Vehicles, Liability Regime, Driver Concept, Operator Concept, Product Liability, Telematics*

İÇİNDEKİLER

Sayfa No.

Etik Beyan Sayfası ..... **ii**
Özet ..... **iii**
Abstract ..... **iv**
Tablolar Listesi ..... **viii**
Şekiller Listesi ..... **ix**
Kısaltmalar ..... **x**
GİRİŞ **1**
1. OTONOM ARAÇ TEKNOLOJİLERİ KAVRAMSAL ÇERÇEVESİ 6
1.1. Otonom Araç Tanımı 6
1.2. Otonom Sürüş Bileşen Teknolojileri 7
1.2.1. Algılama Katmanı 8
1.2.2. Karar Verme Katmanı 10
1.2.3. İletişim Katmanı 11
1.2.4. Hareket Katmanı 12
1.3. Otonomluk Seviyeleri Sınıflandırması 15
1.4. Otonom Teknolojilerin Olgunlaşma Süreci 18
1.5. Telematik Sistemlerin Rolü 22
2. LİTERATÜR TARAMASI 28
2.1. Otonom Araçların Sigorta Sektörü Etkilerine İlişkin Genel Literatür 29
2.2. Risk ve Sorumluluğun Yeniden Dağılımını Ele Alan Literatür 31
2.3. Sigorta Şirketleri Perspektifi ve Algı Çalışmaları 34
2.4. Literatürdeki Boşluk ve Tezin Konumlandırılması 37
3. OTONOM ARAÇLAR ile MÜLKİYET ve SORUMLULUK İLİŞKİSİ 40
3.1. Geleneksel Taşıt Mülkiyeti ve İşleten Kavramı 43
3.1.1. Taşıt Mülkiyeti ve İşleten Kavramının Tanımı 43
3.1.2. İşletenin Sorumluluğunun Hukuki Dayanakları 44
3.1.3. Mülkiyet Kavramının Motorlu Taşıt Sigortalarına Yansıması 46

3.1.4. Mülkiyet ve İşleten Ayrılığı 47
3.1.5. İşleten Kavramı ve Tazminat Sorumluluğunun Dağılımı 48
3.1.6. Rücu Hakkı, Süresiz/Sınırsız ve Objektif Sorumluluk 48
3.2. Otonom Sistemlerle Birlikte Hukuki Çerçevenin Dönüşümü 49
3.2.1. Sürücü Merkezli Modelden Sistem Merkezli Modele Geçiş 52
3.2.1.1. Otonom Araçların Karayolu Güvenliği Etkileri 55
3.2.1.2. Dağıtık Sorumluluk: Tekil Sürücüden Kolektif Sisteme 58
3.2.1.3. İşleten Dönüşümü: Mülkiyetten Sistem İşleticiliğine 59
3.2.1.4. Sistem Sorumluluğunun Yükselişi 62
3.2.2. Gelişmiş Ülke Örnekleri: Otonomi, Sorumluluk ve Sigorta 66
3.2.2.1. ABD Modeli: Federal ve Eyalet İkilemi 69
3.2.2.2. Avrupa Birliği Modeli: Veri Odaklı Regülasyon 72
3.2.2.3. Almanya Modeli: Pozitif Hukuk Sistemi 75
3.2.2.4. İngiltere Modeli: Sigorta Merkezli, Mağdur Odaklı 78
3.2.2.5. Karşılaştırmalı Analiz: ABD - AB - Almanya - İngiltere 81
3.2.3.Türkiye'de Mevcut Hukuki Çerçevenin Değerlendirilmesi 84
3.2.4. Ürün Sorumluluğu ve Zorunlu Sigorta Rejimi Dönüşümü 90
4. OTONOM ARAÇLAR ve SİGORTA SEKTÖRÜ BEKLENTİLERİ: NİTEL ANALİZ 93
4.1. Tematik Analiz Yöntemi ve Araştırmadaki Uygulanması 93
4.2. Çalışmanın Amacı ve Hipotez 96
4.3. Çalışmanın Varsayımları ve Sınırlılıkları 98
4.4. Çalışma Grubu 100
4.5. Veri Toplama ve Analiz Süreci Adımları 101
4.6. Araştırmaya İlişkin Ulaşılan Bulgular 102
4.6.1. Söylemsel Yoğunluk Analizi: Kelime Bulutu 102
4.6.2. Araştırma Grubuna İlişkin Bulgular 105
4.6.3. Tematik Analiz Sonuçları ve Genel Görünüm 109
4.6.4. Kodların Yoğunluğuna İlişkin Bulgular 111
4.6.5. Temalara İlişkin Bulgular 116
4.6.5.1. Hukuki ve Yapısal Sorumluluk Mimarisi 116

4.6.5.1.1. Sorumluluk Rejiminin Evrimi 117
4.6.5.1.2. Regülasyon ve Bilgi Yönetişimi İhtiyaçları 120
4.6.5.2. Aktüeryal ve Operasyonel Yeniden Kalibrasyon 122
4.6.5.2.1. Modelleme ve Fiyatlama Metodu Dönüşümü 123
4.6.5.2.2. Hasar Yönetiminde Dijital Kanıt 124
4.6.5.2.3. Yeni Riskler ve Ürün Geliştirme Odakları 127
4.6.5.3. Pazar ve Paydaş Dinamikleri 130
4.6.5.3.1. Müşteri Beklentileri ve Hizmet Farklılaşması 131
4.6.6. Katılımcı Profillerine İlişkin Bulgular 133
4.6.6.1. Hukuki ve Yapısal Sorumluluk: Strateji ve Operasyon 135
4.6.6.2.Aktüeryal ve Operasyonel Kalibrasyon 137
4.6.6.3. Pazar ve Paydaş Dinamikleri: Müşteri Deneyimi 140
SONUÇ VE TARTIŞMA 141
KAYNAKÇA 154
EKLER 169

TABLO LİSTESİ

Sayfa No.

Tablo 1. Otonomluk Seviyeleri 15

Tablo 2. Kaza Sebebi Sorumlular..... 56

Tablo 3. Sürüş Destek Sistemleri ile Önlenebilecek Kaza, Yaralanma, Ölüm Sayıları…… 57

Tablo 4. Otonom Sürüşte Uluslararası Düzenleme Modellerinin Karşılaştırılması..... 85

Tablo 5. Kelime Bulutu Kavramlarının Alt Temalar ile Eşleşme Matrisi…..……..106

Tablo 6. Araştırma Katılımcılarına Ait Demografik ve Mesleki Dağılım……108

Tablo 7. Kod Frekans Tablosu 111

Tablo 8. Kod, Tema ve Alt Tema Matrisi……...114

Tablo 9. Ana Tema 1: Hukuki ve Yapısal Sorumluluk Mimarisi ……119

Tablo 10. Ana Tema 2, Aktüeryal ve Operasyonel Yeniden Kalibrasyon …….……124

Tablo 11. Ana Tema 3, Pazar ve Paydaş Dinamikleri …….133

Tablo 12. Katılımcı Profillerine Göre Tematik Odaklanma Matrisi ……135

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No.

Şekil 1. Ptolemus, UBI Study 2016, Gömülü Telematik Sistem 23

Şekil 2. Swiss Re genel sürüş popülasyonu ile Waymo otonom araçlar karşılaştırılması... 58

Şekil 3. Tecrübe süreleri ve kademelerine göre katılımcı ağırlıkları..... 102

Şekil 4. Söylemsel yoğunluk analizi görseli, kelime bulutu..... 105

Şekil 5. Katılımcıların ana fonksiyonlar bakımından dağılımı..... 110

Şekil 6. Ana temalardaki frekans payları..... 115

Şekil 7. Alt temaların frekans payları 116

Şekil 8. Sektör fonksiyonları bazında birinci ana tema kodlarının ağırlıkları..... 138

Şekil 9. Sektör fonksiyonları bazında ikinci ana tema kodlarının ağırlıkları 141

Şekil 10. Sektör fonksiyonları bazında üçüncü ana tema kodlarının ağırlıkları..... 142

KISALTMALAR

AB : Avrupa Birliği

ABD : Amerika Birleşik Devletleri

ABI : Association of British Insurers (Birleşik Krallık Sigorta Birliği)

ADAS : Advanced Driver Assistance Systems (İleri Sürüş Destek Sistemleri)

AEB : Autonomous Emergency Braking (Otonom Acil Frenleme)

AEVA : Automated and Electric Vehicles Act (Otonom ve Elektrikli Araçlar Yasası)

AI : Artificial Intelligence (Yapay Zekâ)

AI Act : Artificial Intelligence Act (Avrupa Birliği Yapay Zekâ Tüzüğü Taslağı)

ALKS : Automated Lane Keeping System (Otomatik Şerit Takip Sistemi)

AV : Autonomous Vehicle (Otonom Araç)

AVRI : Autonomous Vehicles Readiness Index (Otonom Araçlara Hazırlık Endeksi)

BSW : Blind Spot Warning (Kör Nokta Uyarı Sistemi)

Data Act : Data Act (Avrupa Birliği Veri Yasası)

DSRC : Dedicated Short-Range Communications (Atanmış Kısa Mesafe İletişimleri)

FCW : Forward Collision Warning (Ön Çarpışma Uyarı Sistemi)

GDPR : General Data Protection Regulation (Genel Veri Koruma Tüzüğü)

GDV : Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (Alman Sigorta Birliği)

GPRS : General Packet Radio Service (Genel Paket Radyo Servisi)

GPS : Global Positioning System (Küresel Konumlandırma Sistemi)

GSM : Global System for Mobile Communications (Küresel Mobil İletişim Sistemi)

GSR : General Safety Regulation (Genel Güvenlik Tüzüğü)

İTÜ : İstanbul Teknik Üniversitesi

KPMG : Klynveld Peat Marwick Goerdeler (KPMG Denetim ve Danışmanlık Ağı)

KTK : Karayolları Trafik Kanunu

KVKK : Kişisel Verilerin Korunması Kanunu

LKA : Lane Keeping Assist (Şerit Takip Asistanı)

LDW : Lane Departure Warning (Şerit Terk Uyarı Sistemi)

LOM : Loi d'orientation des mobilités (Fransa Hareketlilik Yönelim Yasası)

MAXQDA : Nitel veri analiz programı

NHTSA : National Highway Traffic Safety Administration (ABD Ulusal Karayolu Trafik Güvenliği İdaresi)

NTSB : National Transportation Safety Board (ABD Ulusal Ulaşım Güvenlik Kurulu)

OTA : Over-the-Air (Kablosuz (Uzaktan) Yazılım Güncellemesi)

PLD : Product Liability Directive (Ürün Sorumluluğu Direktifi)

RSU : Roadside Unit (Yol kenarı birimi)

SAE : Society of Automotive Engineers (Otomotiv Mühendisleri Kurumu)

StVG : Straßenverkehrsgesetz (Alman Karayolu Trafik Yasası)

TBK : Türk Borçlar Kanunu

TKHK : Tüketicinin Korunması Hakkında Kanun

TOSB : Taysad Organize Sanayi Bölgesi

TSB : Türkiye Sigorta Birliği

UBI : Usage-Based Insurance (Kullanıma Dayalı Sigorta)

UNECE : United Nations Economic Commission for Europe (Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu)

V2I : Vehicle-to-Infrastructure (Araçtan Altyapıya İletişim)

V2V : Vehicle-to-Vehicle (Araçtan Araca İletişim)

V2X : Vehicle-to-Everything (Araçtan Her Şeye İletişim)

WP.29 : World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations (Birleşmiş Milletler Küresel Taşıt Düzenlemeleri Forumu)

ZMSS : Zorunlu Mali Sorumluluk Sigortası

ZTS : Zorunlu Trafik Sigortası

GİRİŞ

Yirminci yüzyılın ikinci yarısından itibaren hızlanan dijitalleşme, teknolojik sistemlerin toplumsal yaşamın merkezine yerleşmesini kaçınılmaz hâle getirmiştir. Bu dönüşümün en keskin biçimde hissedildiği alanlardan biri ise ulaşım ekosistemidir. Son on yılda yapay zekâ temelli karar verme sistemlerinin, sensör füzyonu teknolojilerinin ve bağlantılı araç altyapılarının gelişmesi, otonom sürüş kavramını teorik bir ihtimal olmaktan çıkarıp gündelik yaşamın somut bir bileşeni hâline getirmiştir. Ancak teknolojideki bu hızlı gelişim, hukuki ve kurumsal yapılar açısından aynı hızda karşılanamamış, özellikle mülkiyet, sorumluluk ve sigorta gibi normatif alanlarda belirgin uyumsuzluklar ortaya çıkmıştır.

Geleneksel hukuk düzeni, otomobilin eylemleri ve bunun ortaya çıkardığı sonuçları insan sürücünün sorumluluğu merkezinde değerlendiren bir çerçeveye sahiptir. Hukuki tasarım, yirminci yüzyıl boyunca aracın davranışının insan sürücünün davranışına indirgenebileceği varsayımı üzerine kurulmuştur. Otonom araçlar ise bu varsayımı temelden değiştirmektedir. Aracın davranışını belirleyen artık insan değil, çok katmanlı yapay zekâ algoritmaları, sayısız eşgüdümlü donanım ve sensör sistemleridir. Bu durum şu temel sorunu ortaya çıkarmaktadır: Kendi kararlarını alan bir sistemin sorumluluğu kime aittir? Bu soru, hukuki sorumluluğun yanında farklı bağlamlarda ortaya yeni soru ve sorunların çıkmasına neden olmaktadır. Bu bağlamda aracın sahibinin kim olduğu yahut mülkiyet bileşenlerinin hangi taraflarca elde tutulduğu, aracın yol açacağı zararın sorumlusunun kim olduğu, bu araçlarda bildiğimiz risklerin dışında yeni risk türlerinden söz edilip edilemeyeceği ve sigortacılık tekniği açısından bu yeni soruların nasıl sorunlara neden olacağı gibi bir çok soru ortaya çıkmaktadır.

Bu noktada ortaya çıkan en kritik boşluk, teknolojik sorumlunun hukuki karşılığının tanımlanamamış olmasıdır. Otonom araçlarda sorumluluk rejimini belirsizleştiren temel hususlardan biri, teknolojinin teknik çerçevesi anlaşılamadan hukuki tasarımın doğru biçimde yapılamamasıdır. Algoritmik karar verme süreçlerinin öngörülebilirlik ve kontrol edilebilirlik ilkeleriyle ilişkisi hâlen tartışmalıdır. Yapay zekâ modellerinin veri setlerine bağımlılığı, kararların şeffaf olmayan (yahut kolayca öngörülemeyen) biçimde üretilmesi ve sürekli güncellenen yazılım bileşenleri, sorumluluğun hangi anda, hangi aktöre yüklenmesi gerektiğini belirsizleştirmektedir. Üstelik yalnızca bireysel kazalar bağlamında değil, makro

ölçekte mülkiyet yapısında dönüşüm de söz konusudur. Otonom mobilite sistemleri mülkiyeti zaman zaman parçalamakta, kullanıcıyı sahipten çok hizmet alıcısı hâline getirmekte ve karar süreçlerini araçtan çok altyapıya kaydırmaktadır. Bu dönüşüm de mülkiyetin geleneksel hukuki unsurlarını (zilyetlik, yararlanma, kontrol, kullanım hakkı) tartışılır hâle getirmektedir.

Tüm bu değişkenler sigorta sektörünü doğrudan etkilemektedir. Mevcut sigorta modelleri, sorumluluğu sürücüye ve davranışlarına dayandıran bir mantıkla işlemektedir. Oysa otonom araçta kusur kavramı üretici, yazılım/donanım güncelleme sağlayıcısı ve kullanıcı arasında dağılmakta ve mevcut prim hesaplama modelleri geçerliliğini yitirmektedir. Böyle bir tabloda, sigorta sektörünün rolü yalnızca risk transferi değil, aynı zamanda sistemin makul bir düzlemde ele alınmasının bir bileşeni hâline gelmektedir.

Bu açılardan otonom sürüş teknolojileri mevcut mülkiyet yapısını, sorumluluk dağılımını, hukuki kişilik yaklaşımını, sigorta ürün tasarımını ve risk modellemelerini temelden değiştirmektedir. Bu çalışma tam da bu nedenle ortaya çıkmıştır. Bu bakımdan teknolojik bir olgunun, hukuk ve sigortacılık gibi derin normatif alanlarda nasıl bir kırılma yarattığının bilimsel olarak anlaşılması ve çözümlenmesi amaçlanmaktadır.

Otonom sürüş teknolojileri yalnızca ulaşım biçimlerini dönüştüren bir yenilik değil, aynı zamanda hukuk, ekonomi, sosyoloji ve kamu politikası alanlarında köklü dönüşümler yaratan çok boyutlu bir paradigma değişimidir. Bu çalışmanın temel amacı, bu çok katmanlı dönüşümün özellikle üç kritik alandaki etkilerini sistematik ve bilimsel bir çerçeveyle incelemektir.

Mülkiyet rejiminin dönüşümü: Geleneksel hukuki modelde otomobil, kullanım hakkı ve kontrolün tek bir kişide toplandığı bir mülkiyet unsurudur. Oysa otonom araçlar, yazılım güncellemeleri, veri yönetimi, sensör bileşenleri, üretici kontrolü ve bulut tabanlı sürüş algoritmaları nedeniyle parçalı bir mülkiyet yapısı sergilemektedir. Bu çalışma mülkiyetin kullanım hakkı, karar verme yetkisi, kontrol, bakım yükümlülüğü ve yazılım bağımlılığı gibi bileşenlere ayrılarak yeniden tanımlandığını göstermeyi amaçlamaktadır.

Sorumluluk rejiminin parçalanması ve yeniden dağılımı: Otonom araçlarda karar alanın insan değil sistem olması, kazalarda sorumlunun kim olduğu sorusunu belirsiz hâle getirmektedir. Bu nedenle çalışma, sorumluluk rejimindeki dönüşümü ürün sorumluluğu, yazılım kusuru, üretici kusuru, güncelleme sağlayıcılarının etkisi, veri bütünlüğü ve algoritmik şeffaflık çerçevelerinde incelemekte ve yeni sorumluluk modellerinin teorik temelini kurmayı hedeflemektedir.

Bu temel eksen aracılığıyla çalışmanın nihai amacı otonom sürüş teknolojilerinin doğurduğu hukuki ve kurumsal boşlukları tespit etmek ve bu boşlukların giderilmesi için sigorta sektörü ve düzenleyici otoritelere yönelik uygulanabilir öneriler sunmaktır. Zira söz konusu iki eksen sigortacılıkta risklerin ve risk priminin yeniden kurgulanmasını, bu bağlamda yeni ürünlerin ortaya çıkması veya mevcut ürünlerden hibrit modellerin oluşmasını tetiklemektedir.

Bu çalışmanın önemi, yalnızca güncel bir teknolojik gelişmeyi ele almasıyla değil, aynı zamanda bu teknolojinin yarattığı derin dönüşümü disiplinler arası bir perspektifle analiz etmesinden kaynaklanmaktadır. Zira çalışma kapsamında ele alınan dönüşümün tamamıyla sigorta sektörü deneyimi ve bakış açısıyla, sektörün teknik bilgi birikimi çerçevesinden ne gibi etkileri olacağı ve bu etkilerin ne gibi adımlarla karşılanması gerektiği incelenmiştir.

Uluslararası literatür incelendiğinde otonom sürüş teknolojileri üzerine yapılan çalışmaların ağırlıklı olarak teknik, güvenlik, trafik yönetimi veya etik tartışmalara odaklandığı görülmektedir. Mülkiyet, sorumluluk, sigorta üçgenini bir bütün olarak ele alan çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Bu çalışma, söz konusu üç alanı teknik altyapıyı bir arada ele alan, hukuki boyutu açıklayan, sigorta sektöründeki yapısal dönüşümü yine sektörün teknik birikimi ile ele alan çok disiplinli bir çerçevede bir araya getirmesi nedeniyle literatürde özgün bir yere sahiptir. Otonom sürüş teknolojilerinin ortaya çıkardığı hukuki, kurumsal ve sektörel dönüşümü incelemeyi amaçlayan çalışma konusu son derece geniş olduğu için çalışma, bilimsel odağı koruyabilmek adına belirli çerçevelerle sınırlandırılmıştır.

Türkiye'de otonom sürüş teknolojileri konusuyla ilgili çalışmaların çoğu teknik süreçlere, trafik güvenliğine, etik tartışmalara odaklanmıştır. Mülkiyet ve sorumluluk rejimleri bağlamında derinlikli analizler sınırlıdır. Sigorta sektörü perspektifi ise daha da kısıtlı alanda

ele alınmıştır. Dolayısıyla bu çalışma, ulusal literatürde önemli ve görece yeterince ele alınmamış bir alana odaklanmaktadır. Otonom araçların yaygınlaşması kaçınılmazdır. Ancak hukuki sistemlerin bu dönüşüme hazırlanması gerekmektedir. Bu çalışma özellikle sigorta düzenleyicileri ve veri politikası oluşturucular için doğrudan yol gösterici bir çerçeve sunmaktadır.

Kullanılan nitel veri analizi, sektörel aktörlerin algılarını, kaygılarını ve beklentilerini görünür kılarak hukuki teori ile piyasa gerçekliği arasında bağ kurmaktadır. Bu durum, araştırmayı hem bilimsel açıdan özgün hem de uygulama açısından değerli kılmaktadır. Çalışma, otonom araç teknolojisinin tam otonomi dâhil olmak üzere tüm otonomi seviyelerini içermekle birlikte, özellikle Seviye 3 ve Seviye 4 sistemlerin yarattığı hukuki ve kurumsal etkiler üzerinde yoğunlaşmaktadır. Çünkü bu seviyeler aracın kendi karar alma kapasitesinin belirginleştiği, sürücünün rolünün parçalandığı ve yazılımın baskın aktör hâline geldiği kritik eşiklerdir. Çalışma, teknik detaylara yalnızca hukuki ve sigortacılık açısından anlam taşıdığı ölçüde yer vermekte; mühendislik boyutu yalnızca bağlamı destekleyecek kadar ele alınmaktadır.

Otonom araçlarda mülkiyet ve sorumluluk rejimlerinin dönüşümüne odaklanılırken yasal düzenlemelerin teknik ayrıntılarına yalnızca dolaylı biçimde yer verilmiştir. Ana tartışma ekseni özel hukuk sorumluluğu, ürün sorumluluğu, haksız fiil, sözleşmeden doğan sorumluluk ve mülkiyet hakkının fonksiyonel parçalanması üzerinde şekillenmektedir.

Araştırma, sigorta sektörünün dönüşümünü incelerken zorunlu trafik sigortası, kasko ürünleri, telematik tabanlı veri analizi ve otonom sürüşe özgü yeni risk parametreleri üzerinde yoğunlaşmaktadır. Reasürans, global sigorta piyasası rekabeti veya makro finansal göstergeler çalışma kapsamına bilinçli olarak dahil edilmemiştir, çünkü araştırmanın odağı hukuki ve sektörel dönüşümdür. Ayrıca Türkiye, Avrupa Birliği, ABD, Almanya ve Birleşik Krallık düzenlemelerini karşılaştırmalı biçimde ele alınmıştır. Ancak her ülkenin tüm detaylı mevzuatı değil, otonom sürüşe ilişkin prensip düzeyindeki düzenlemeleri ve uygulamaları incelenmiştir.

Çalışmanın literatür taraması, özellikle 2015 sonrası otonom sürüş literatürünü esas alır; çünkü teknolojinin kurumsal etkileri bu tarihten itibaren görünür hâle gelmiştir. Bu sınırlar, araştırmanın hem odaklanmasını hem de akademik bütünlüğünü korumayı amaçlamaktadır.

Çalışmanın ilk aşaması, ulusal ve uluslararası kaynaklarda otonom sürüş literatürü, teknolojinin temel bileşenleri ve sınıflandırılması, bu teknolojilerin gelişim süreci ve telematik teknolojilerin çerçevesi bakımından literatür incelemesi neticesinde elde edilen bilgileri ele almaktadır. Bu sayede kavramsal çerçeve oluşturulmuş, sigorta sektörü özelindeki dönüşümün temel parametreleri ortaya konmuştur.

Çalışmanın ikinci aşamasında mülkiyet ve bu bağlamda sorumluluk bileşenlerinin geleneksel modellerdeki kompozisyonu ele alınmış, otonom teknolojilerin toplumsal ve ekonomik etkileri kapsamında en önemlisi güvenlik bakımından yarattığı radikal dönüşümün, söz konusu kompozisyondaki denklemin değiştirilmesini tetiklediği ortaya koyulmuştur. Bu bağlamda Türkiye ve gelişmiş ülke örneklerinde hukuki çerçeve, bu çerçevenin nasıl bir dönüşüme sahne olduğu karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır.

Araştırmanın en özgün bileşeni olan nitel veri analizi, Türkiye'de sigorta sektörü ve otonom sürüş ekosisteminde aktif rol alan profesyonellerle yapılan görüşmelerden elde edilmiştir. Bu bölüm veri toplama/mülakat süreci, kodlama teknikleri ve tematik analiz yöntemleri açısından inceleme, analiz ve sonuçları içermektedir. Türkiye sigorta sektöründe karar verici ve uygulayıcı pozisyonlarındaki katılımcıların teknik bilgi birikimi ve bakış açıları ile sektörün ne gibi etkilere maruz kaldığı ve kalacağı ortaya koyulmuş ve tematik analiz yöntemi ile bulgular sıralanmıştır.

Sonuç bölümünde ise nitel analiz çalışması ile elde edilen bulguların işaret ettiği hususlar yorumlanmış ve pratik önerilere, çalışmanın ardılları için yeni tartışma noktalarına yer verilmiştir.

1. OTONOM ARAÇ TEKNOLOJİLERİ KAVRAMSAL ÇERÇEVESİ

Bu bölümde otonom araç teknolojilerinin kavramsal temelleri sistematik biçimde ele alınmakta; otomasyon seviyeleri, teknolojik altyapı, operasyonel tasarım alanı, karar alma mekanizmaları ve araç ile çevre etkileşimine ilişkin temel unsurlar açıklanmaktadır. Böylece hem hukuki ve sigortacılık perspektifinden yapılacak değerlendirmelere bir teknik temel oluşturulması hem de sonraki bölümlerde tartışılacak risk, sorumluluk ve düzenleme konularının anlaşılabilir bir çerçeveye oturtulması amaçlanmaktadır.

1.1. Otonom Araç Tanımı

Otonom araç geliştirme çalışmaları bir yüzyılı aşkın süredir gelişmekte olan motorlu araç teknolojileri üzerinde temellenmektedir. Otomobiller o kadar yaygın şekilde kullanılmaktadır ki, operasyonlarını organize etmek için zaten tutarlı sistemler geliştirilmiştir. Yol trafiği mevcut sistemlere benzer şekilde ele alınmakta ve başta insanların ve eşyaların taşınması için kullanılan benzer uygulamalar için organize edilmektedir. Bununla birlikte, insan bir şoförden aracın kendisine kontrolü aktarma fikri, kabul edilmesi zorlu bir sıçramadır.

Otonom araçlar, insan müdahalesi olmadan çevrelerini algılayarak, bu algılar doğrultusunda kararlar verip bu kararları uygulamaya geçirebilen, gelişmiş kontrol sistemleriyle donatılmış taşıtlardır. Bunun gelişmesi, sürüş esnasında insan denetimine ya da eylemine gerek kalmaksızın önemli değişiklikler yapmasına izin vermektedir. Bu deneyimde arabadaki herkes bir yolcu olabilir ya da hiçbir yolcu taşınmayabilir. Bu araçlar, sensörler, yapay zekâ algoritmaları, telematik sistemler ve veri analizi bileşenlerinden oluşan karmaşık bir teknoloji ekosistemine dayanır. Otonom sürüş, sadece mekanik bir kontrol kaybını değil, aynı zamanda bilişsel sürücü rolünün teknolojiye devrini de ifade etmektedir (Anderson vd., 2018). Anderson vd. (2018), otonom araçları "bilişsel yükün makinelere aktarılması süreci" olarak tanımlayarak, bu teknolojinin sürücü sorumluluğu kavramını temelinden değiştirdiğini belirtmektedir. Benzer şekilde Goodall (2014), otonom sürüşün hukukta kusur kavramını yeniden yorumlamayı zorunlu kıldığını savunmaktadır. Bu çerçevede, otonom araçlar sadece mobilite değil, aynı zamanda sorumluluk rejimleri, etik karar mekanizmaları ve veri mülkiyeti gibi alanlarda da yeni tartışmalar doğurmuştur.

Modern tanımlar, otonom araçları yalnızca kendi kendine gidebilen araçlar olarak değil; sürekli veri üreten, bu veriyi işleyen ve dış sistemlerle iletişim kurabilen akıllı mobil birimler olarak görmektedir. Otonom araç teknolojisi olağanüstü boyutlarda veriyi işleyen, bunu analiz eden ve bu bağlamda ürettiği kararlarla da yine çok büyük ölçülerde veri üreten bir bütündür. Bu nedenle otonom araçlar; bilgi teknolojileri, gömülü yazılım sistemleri ve uyarlanabilir karar mekanizmaları ile bütünleşmiş çok disiplinli platformlardır. Otonom araçların tanımı yapılırken, artık teknik kapasitenin yanı sıra sosyal sonuçlarının da dikkate alınması gerektiği açıktır. Özellikle veri güvenliği ve algoritmik kararların öngörülemezliği, bu araçların hukuki statüsünü tartışmaya açık hale getirmektedir.

1.2. Otonom Sürüş Bileşen Teknolojileri

Otonom sürüş sistemleri, bir aracın çevresini algılamasını, yorumlamasını ve insan müdahalesi olmaksızın güvenli biçimde hareket etmesini sağlayan çok katmanlı teknolojik bileşenlerden oluşur. Bu teknolojilerin temel özelliği, sistemin işleyişinin bir veya birkaç unsura değil; aksine aracın güvenli ve öngörülebilir biçimde hareket edebilmesinin tüm bileşenlerin eşgüdümlü çalışmasına bağlı olmasıdır. Bu nedenle otonom sürüş literatüründe "bütünleşik teknik mimari" kavramı sıkça kullanılmakta ve otonom sistemlerin başarısının, ilgili katmanlar arasındaki etkileşimin niteliğiyle belirlendiği vurgulanmaktadır (SAE International, 2021; NHTSA, 2022).

Otonom bir aracın çevresini algılayabilmesi, konumunu doğru belirleyebilmesi, güvenli bir rota planı oluşturabilmesi ve bu planı fiziksel harekete dönüştürebilmesi için sensör teknolojileri, haritalama yapıları, yapay zekâ temelli karar mekanizmaları ve araç ile çevre iletişim altyapısı arasında sürekli bir veri alışverişi gereklidir. Bu süreç, teknik açıdan doğrusal bir işlem olarak değil, gerçek zamanlı iletişimle sürekli güncellenen bir döngü olarak çalışmaktadır. Dolayısıyla her bir bileşen, tüm sistemin genel performansına doğrudan etki eden kritik bir unsur niteliğindedir.

Otonom sürüş mimarisinde yer alan bu katmanların işlevi yalnızca teknik bir görevin yerine getirilmesi değildir; aynı zamanda belirsizlik, değişken trafik senaryoları, dinamik çevre koşulları ve öngörülemeyen insan davranışları gibi çok boyutlu risklere karşı sistemin

işlevselliğini sağlar. Örneğin, sensörlerin eşgüdümlü işlevlerinin yeterince uyumlu ya da hassas olmaması, rota planlamasında bir sapmaya neden olacaktır. Konumlama algoritmalarındaki hata payı ise aracın güvenli şeritte kalma kabiliyetinin düşmesine ve doğal olarak kazaya yol açabilir. Benzer şekilde, karar alma fonksiyonlarında aksaklıklar hem konfor hem de güvenlik açısından kritik sonuçlar doğurabilecektir. Bu bağlamda, otonom sürüş bileşenleri sadece birbirini tamamlayan teknik parçalar olarak değil, otonom sürüşün güvenlik, sorumluluk ve operasyonel bütünlük ilkesinin temelini oluşturan yapısal katmanlar olarak değerlendirilmektedir. Bu katmanlar arasındaki uyum, otonom araçların kurumsal ve toplumsal kabul görmesi ve benimsenmesi açısından belirleyici niteliktedir (UNECE WP.29, 2021). Takip eden alt başlıklarda otonom sürüşün teknik bileşenleri (algılama, konumlama, sensör füzyonu, karar alma algoritmaları, iletişim teknolojileri ve eyleyici sistemler) açıklanırken, bu katmanların otonom sistem mimarisindeki rolü, işlevi ve karşılıklı bağımlılık ilişkisi ele alınacaktır.

1.2.1. Algılama Katmanı

Algılama katmanı, otonom sürüş teknolojilerinin temelini oluşturan ve sistemin güvenli şekilde çalışabilmesi için en kritik rolü üstlenen bileşendir. Bir aracın çevresini doğru, sürekli ve güvenilir biçimde algılayabilmesi; konumlama, karar verme, rota planlama ve eyleme geçici sistemlerin de sağlıklı işlemesi açısından zorunludur. Bu nedenle algılama süreci literatürde sıklıkla otonom araç mimarisinin "duyusal zemini" olarak anılır ve sistemin bütün güvenlik fonksiyonlarını besleyen ana kaynak olarak değerlendirilir (NHTSA, 2022; SAE International, 2021).

Bu katman, aracın dış dünyadan topladığı ham veriyi kullanılır hâle getiren çok aşamalı bir işleyişe sahiptir. Araç; kamera, radar, lidar, ultrasonik sensörler ve bazı durumlarda kızılötesi algılama sistemleri gibi farklı sensör türlerinden gelen bilgileri bir araya getirir. Her sensörün çalışma prensibi ve çevresel koşullara verdiği tepki birbirinden farklı olduğu için bu çeşitlilik, sistemin güvenilirliğini artıran önemli bir avantaj sağlar. Örneğin kameralar renk ve ayrıntı algılamada başarılı olurken, radar özellikle kötü hava şartlarında daha istikrarlı sonuç verir. Lidar ise yüksek çözünürlüklü üç boyutlu mesafe ölçümü yaparak aracın çevresel konumunu daha hassas biçimde belirlemesine olanak tanır.

Bununla birlikte, sensörlerden gelen verilerin tek başına kullanılması her zaman yeterli değildir. Otonom araçların güvenli çalışmasının temelini oluşturan asıl unsur, farklı sensörlerin ürettiği bu verilerin bir arada işlenmesini sağlayan sensör füzyonu unsurudur. Sensör füzyonu sayesinde aracın çevresindeki nesnelerin türü, konumu, hızları ve olası hareket yönleri tek bir sensörün sunabileceğinden çok daha doğru biçimde tespit edilir. Modern otonom araçlarda kullanılan gelişmiş füzyon algoritmaları, hem sensör kaynaklı hataları düzeltmeyi hem de dış çevredeki değişikliklerden kaynaklanan belirsizlikleri azaltmayı hedefler. Bu nedenle füzyon, karar alma mekanizmalarının ihtiyaç duyduğu güvenilir veri akışını oluşturur (Waymo Safety Report, 2023).

Algılama süreci yalnızca çevresel verinin toplanıp bir araya getirilmesinden ibaret değildir. Bu ham veri, aracın etrafındaki durumu anlamlandırabilmek için ileri düzey yapay zekâ modelleri tarafından işlenir. Bu aşamada nesne tespiti, sınıflandırma, segmentasyon, hız tahmini ve davranış öngörüsü gibi alt görevler yürütülür. Derin öğrenme tabanlı görsel tanıma modelleri, özellikle karmaşık çevresel görüntüleri yorumlamada çok büyük önem taşır. Ancak bu modeller, ne kadar gelişmiş olursa olsun, eğitildikleri veri setlerinin sınırları nedeniyle bazı olağan dışı durumlarda tutarsız ya da yanlış sonuçlar verebilir. Bu durum, otonom araçlardaki algılama katmanını hâlâ sistemin en kırılgan noktalarından biri hâline getirmektedir.

Algılama katmanının zorluklarından biri de çevresel koşulların sürekli değişmesidir. Yoğun yağış, sis, kar, düşük veya aşırı ışık düzeyi gibi hava koşulları sensörlerin performansını doğrudan etkiler. Şehir içi ortamlarda ise yaya yoğunluğu, bisikletliler, ani hareket eden araçlar gibi tahmin edilmesi güç unsurlar devreye girer. Bu nedenle güvenlik odaklı uluslararası çalışmalar, algılamayı her zaman belirsizlik içeren ve geliştirilmesi gereken çok önemli bir alan olarak ele alır (UNECE WP.29, 2021).

Tüm bu nedenlerle algılama katmanı, otonom sürüş teknolojilerinin en kritik yapı taşlarından biridir. Bu katmanda ortaya çıkabilecek tek bir yanlış, aracın karar alma sürecini zincirleme biçimde etkileyebilir. Dolayısıyla algılama, yalnızca teknik bir aşama değil; sistemin bütünsel güvenliğini belirleyen merkezi bir bileşendir. İzleyen bölümlerde, bu katmanı

destekleyen diğer teknik yapıların nasıl işlediği ve otonom aracın neden bütünleşik bir mimariye ihtiyaç duyduğu daha ayrıntılı şekilde ele alınacaktır.

1.2.2. Karar Verme Katmanı

Bu katmanda, toplanan veriler işlenerek araç davranışı belirlenir. Yapay zekâ ve makine öğrenmesi teknikleri burada temel rol oynamaktadır. Yapay zekâ ve makine öğrenmesi ortam analizinden rota planlamaya kadar karar mekanizmalarının temelini oluştururken; derin öğrenme modelleri de görüntü işleme ve davranış tahmini işlemleri için temel teşkil eder. Kalra & Paddock (2016) çalışmalarında, otonom araçların güvenilirliğine dair istatistiki olarak karar verebilmek için yüz milyonlarca, bazı durumlarda ise yüz milyarlarca sürüş verisine ihtiyaç duyulacağını hesaplamışlardır. Bu, mevcut veri havuzlarının henüz yeterli olmadığına işaret etmektedir (Kalra, Paddock, 2016)

Karar verme katmanı (davranışsal planlama), algısal bilgiyi kullanarak aracın amaçlarına uygun emniyetli ve tutarlı bir strateji belirler. Bu katmanda rota planlama, davranışsal planlama (taktik kararlar) ve hareket planlama alt görevleri yer alır. Örneğin sürücü tarafından belirlenen hedef noktaya ulaşmak için önce rota planlayıcısı bir güzergâh belirler. Davranışsal planlayıcı ışık, trafik ve çevredeki araçları dikkate alarak hızlanma, sollama ya da şerit değiştirme gibi manevraları seçer. Hareket planlayıcı ise seçilen manevralar için ayrıntılı komut ve aksiyon seti oluşturur. Kontrol katmanı ise bu yüksek seviyeli komutları (direksiyon, gaz, fren komutları) araca uygular. Karar verme katmanının doğru çalışması, algı doğruluğu ve hesaplama gücü gibi faktörlere bağlıdır. Örneğin araç içi iletişim ve altyapı teknolojileri sayesinde gerçek zamanlı bilgi akışı sağlanarak karar süreçleri hızlandırılır.

Karar verme katmanı, durum bilgisini alıp araca ne yapması gerektiğini söyleyen çeşitli algoritmalardan ve yapay zeka modellerinden oluşur. Geleneksel kural tabanlı yöntemler geçmişte yaygın olarak kullanılmıştır. Bunlar harici olaylara bağlı olarak araç durumunu değiştirip önceden tanımlı davranışlar (örneğin şerit takibi, sollama, durma) arasında seçim yapar. Bu yöntemlerin avantajı basitlik ve öngörülebilirliktir; tasarımı kolaydır ve davranışı şeffaftır (Goodall, 2014; Koopman & Wagner, 2017). Ancak kural tabanlı modellerin en büyük sorunu uyarlanabilirlik eksikliğidir. Yeni veya karmaşık sürüş senaryolarında kural

sayısı hızla artmakta ve tüm durumları kapsamak zorlaşmaktadır. Zira modern trafik koşullarını tamamen kapsayan bir el yazımı kural seti oluşturmak neredeyse imkânsızdır (Koopman & Wagner, 2017).

Günümüzde yapay zeka modülleri karar mekanizmalarında merkezi rol oynar. Derin sinir ağları (DSA) yoluyla geliştirilen görüntü ve nesne algılama modelleri, araç kamerası verisini insan benzeri doğrulukla yorumlayarak yol işaretleri ve yayaları tanımaktadır. Makine öğrenmesi teknikleri ise oldukça tutarlı ve güvenli sonuçları ile davranış kararları için kullanılmaktadır (Conrad vd., 2023; Cummings, 2021).

1.2.3. İletişim Katmanı

İletişim katmanı aracın kendi bileşenleri ve çevresindeki tüm unsurlarla bilgi alış verişini kapsamaktadır. Bu katmanda araçtan araca (V2V), araçtan yayaya (V2P), araçtan altyapıya (V2I) ve genel tabiriyle araçtan her şeye (V2X) bileşenlerinden söz edilmektedir. Bu iletişim algılama katmanı ile birlikte tüm ekosistemdeki olağanüstü veri üretiminin tetikleyicisi niteliğindedir.

Temelde kablosuz iletişim teknolojileri ile işlev gören bu katmanın temel amacı kendi bünyesindeki ve kendi elde ettiği verilerle yetinmeyerek mümkün olan tüm unsurlardan veri toplamayı sağlamaktır. Böylece araç riskleri daha doğru algılayarak diğer araçlar, yayalar ve altyapı ile koordineli biçimde hareket planlama imkanı bulur.

Bu katmandaki en temel bileşen araçtan araca iletişimi barındıran alt kümedir. Bu küme sayesinde araç yaklaşan araç uyarıları alabilir, frenleme/ivmelenme bilgisi paylaşımı bilgileri toplayabilir, şerit değişim koordinasyonunu sağlayabilir ve çarpışma riskini erkenden tespit edebilir. Diğer bir çok kritik bileşen ise araç altyapı iletişiminin sağlandığı kümedir. Bu küme örneğin ülkemizde çok cılız bir performans gösterse de akıllı trafik ışıkları, yol çalışması uyarıları, sensör altyapısından alınan veriler ve dinamik hız sınırı güncellemeleri ile güvenlik ve verimliliğe olağanüstü fayda sağlar. Araç yaya iletişiminde ise akıllı telefonlar, giyilebilir cihazlar veya yol üstü sensörler üzerinden kullanılabilmektedir. Bu bakımdan araç, görüş alanı dışındaki tehlikeleri bile iletişim ağı sayesinde tespit etme kapasitesine ulaşır.

Diğer yandan bu katmanın elde ettiği zaman damgalı kayıtlar, kaza sonrası sorumluluğun belirlenmesinde delil niteliği taşımaktadır. Bu bakımdan sistem, sorumluluk rejiminin insan sürücüden üretici ve yazılım sağlayıcılarına kaydığı yeni dönemin temel veri altyapısını oluşturmaktadır. Ayrıca bu katmanla kayda değer bir kesişim kümesi bulunan telematik sistemler, hasar anındaki olay kronolojisini açığa çıkarmayı kolaylaştırmakla kalmaz, riskin nasıl modellenmesi ve fiyatlanması gerektiği konusunda da benzeri görülmemiş detay ve netlikte bilgi sağlar. Bu teknolojilerle sigorta sektörünün ortak paydası ilerleyen bölümlerde ele alınacaktır.

Ayrıca otonom araç iletişim sisteminin bu geniş ölçeği çeşitli teknik, hukuki ve altyapısal zorlukları beraberinde getirmektedir. Bu fonksiyonların zaman zaman yeteri hassasiyet seviyesine ulaşamaması, bağlantı sorunları, farklı iletişim teknolojilerinin uyumsuzluğu ve üreticiler arasında standardizasyon eksikliği gibi sorunlara bağlı olarak bu katmanın güvenilirlik seviyesi düşebilmektedir. Siber güvenlik ise bu katman için en kritik risk alanlarından biridir. Araçların sürekli bağlantılı olması, kötü amaçlı müdahaleler, veri manipülasyonu, sahte sinyal gönderilmesi ve ele geçirme girişimleri gibi tehditleri arttırmaktadır. Bu nedenle iletişim katmanının güvenliği, araç güvenliği kadar önemlidir. İletişim katmanının ürettiği yoğun sensör ve konum verilerinin kime ait olduğu, nasıl saklanacağı ve hangi paydaşlarla paylaşılacağı konularında açık ve yaygın hukuki tartışmalara yol açmaktadır. Ülkeler arasında bir veri standardı bulunmaması da bu belirsizliği artırmaktadır. Son olarak araç ile altyapı iletişiminin etkinliğini sağlamak adına yoğun ve yüksek miktarda altyapı yatırımı gerekmektedir. Bu ise şehirleşme ve tüm karayolu ağını temelden revize etme ihtiyacına kadar ulaşabilen yaygın bir dönüşümü ifade etmektedir. Günümüzde gelişmiş ülkelerin dahi çoğu için bu katmanın verimliliğinden söz etmek mümkün değildir.

1.2.4. Hareket Katmanı

Otonom sürüş mimarisinin son basamağını oluşturan hareket katmanı, aracın aldığı kararların fiziksel dünyada gerçeğe dönüştürüldüğü aşamayı ifade eder. Bu yönüyle hareket katmanı, yalnızca mekanik bir yürütme sistemi değil; aracın çevreyi algılama, konum belirleme, iletişim kurma ve karar verme süreçlerinde ürettiği tüm çıktıları somut eylemlere dönüştüren

uygulama alanıdır. Literatürde bu bileşen, otonom sistemlerin "fiziksel icra kabiliyeti" olarak tanımlanır ve hata toleransının kritik olduğu bir yapı olarak değerlendirilir (SAE International, 2021; NHTSA, 2022).

Bu katman; frenleme, hızlanma, direksiyon hakimiyeti ve güç dağıtımı gibi temel hareket işlevlerini yerine getiren eyleyici sistemlerinden oluşur. Otonom araçlarda bu işlevler, insan sürücünün fiziksel komutlarını taklit eden elektronik kontrol üniteleri tarafından yürütülür. Günümüz teknolojisinde mekanik bağlantıların yerini büyük ölçüde yazılım destekli modüllerin aldığı bir mimari hâkimdir. Elektrikli fren sistemleri, elektronik direksiyon ve elektronik gaz kontrolü bu dönüşümün en belirgin örnekleridir. Bu yapı, hem daha hızlı ve hassas tepki süreleri sağlar hem de aracın güvenliğini yazılım ve donanıma daha bağımlı hâle getirir.

Hareket katmanının zorluklarından biri, karar verme süreçlerinde üretilen sürüş stratejilerinin gerçek zamanlı fiziksel hareketlere eksiksiz yansıtılmasıdır. Algılama veya karar alma aşamalarındaki küçük bir hata bile, bu katmanda büyüyerek kayda değer sonuçlara yol açabilir. Örneğin yanlış tanımlanan bir nesne gereksiz bir frenlemeye neden olabilir; sensör okumasındaki bir sapma ise aracın şerit konumunu bozabilir. Bu nedenle hareket katmanı yalnızca verilen komutları uygulayan pasif bir yapı değildir; karar mekanizmalarıyla sürekli iletişim hâlinde çalışan, güvenlik döngüsünün aktif bir parçasıdır (Waymo Safety Report, 2023).

Uluslararası düzenleyici çerçeveler, otonom araç mimarisinde hareket katmanının hata toleransı ve yedeklilik ilkeleri doğrultusunda tasarlanmasını zorunlu kılmaktadır. Özellikle Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu'nun (UNECE) WP.29 düzenlemeleri, direksiyon, frenleme ve hız kontrolü gibi kritik hareket bileşenlerinde birincil sistemlere ek olarak bağımsız yedek devrelerin bulunmasını şart koşmaktadır (UNECE, 2021). Bu çerçeveye göre, kritik bir bileşende arıza meydana gelmesi durumunda otonom aracın, kontrolü kaybetmeden önceden tanımlanmış bir güvenli duruş manevrası gerçekleştirmesi beklenmektedir. Güvenli duruş, aracın çevre güvenliğini tehlikeye atmadan hızını kademeli olarak düşürmesi, uygun bir noktada durarak bekleme moduna geçmesi veya risk seviyesine bağlı olarak kontrollü biçimde yavaşlaması anlamına gelmektedir (European Commission,

2018; UNECE, 2021). Bu yaklaşım, hareket katmanının otonom sürüş mimarisinde sistemin son savunma hattı olarak konumlandığını göstermektedir.

Hareket katmanı mekanik ve elektronik eyleyicilerden öte; aynı zamanda bu bileşenlerin güvenli ve kararlı biçimde çalışmasını sağlayan gelişmiş kontrol algoritmalarına dayanmaktadır. Otonom araçlarda hız, yön, ivme ve frenleme davranışlarının dengelenmesi için klasik kontrol yöntemlerinin yanı sıra yapay zekâ destekli kontrol yaklaşımları yaygın biçimde kullanılmaktadır. Bu tür kontrol sistemleri, özellikle yoğun trafik ortamları, karmaşık kavşaklar ve zorlu hava koşulları gibi hızlı ve doğru tepki gerektiren durumlarda kritik bir rol üstlenmektedir (Conrad vd., 2023; Cummings, 2021). Literatürde, bu bağlamda kontrol katmanının güvenlik-kritik bir bileşen olduğu ve hatalı ya da gecikmeli çıktıların doğrudan fiziksel zarara yol açabileceği vurgulanmaktadır (Koopman & Wagner, 2017).

Otonom araçlar, yalnızca ileri veya geri hareket sırasında değil; kayma, savrulma, patinaj ve yol tutuşu kaybı gibi karmaşık dinamik risklerle de sürekli olarak karşı karşıyadır. Bu nedenle hareket katmanı, yol yüzeyindeki değişimleri algılayabilen sensörler, çekiş kontrol sistemleri ve denge yönetimi modülleriyle desteklenmektedir. Özellikle kar, buzlanma, yoğun yağış veya düşük yol tutunma katsayısına sahip yüzeyler gibi koşullar, hareket katmanının yazılım ve donanım bileşenleri üzerindeki yükü artırmakta; bu durum kontrol algoritmalarının doğruluğunu ve sistemler arası etkileşimi daha da kritik hâle getirmektedir (Insurance Institute for Highway Safety, 2025).

Hareket katmanı, otonom sürüş mimarisindeki diğer katmanlarla güçlü bir karşılıklı bağımlılık içinde çalışmaktadır. İletişim katmanından gelen yol durumu bilgileri, trafik sinyalleri ve araçtan araca (V2V) veya araçtan altyapıya (V2I) iletilen veriler, bu katmanın hangi manevrayı ne zaman ve nasıl uygulayacağını belirlemektedir. Algılama katmanı ise çevrenin üç boyutlu temsillerini sağlayarak eyleyicilerin doğru kuvvet, hız ve zamanlama ile devreye girmesine olanak tanımaktadır. Bu bütüncül işleyiş, hareket katmanını otonom sürüş sisteminde pasif bir yürütücü olmaktan çıkararak, aktif bir kontrol ve güvenlik düğümü hâline getirmektedir (Koopman & Wagner, 2017; Conrad vd., 2023).

Tüm bu özellikler birlikte değerlendirildiğinde, hareket katmanı otonom araçların yalnızca fiziksel olarak hareket etmesini sağlayan bir yapıdan ibaret değildir. Aksine, sensörlerden gelen verilerin, karar verme mekanizmalarının ürettiği stratejilerin ve kontrol algoritmalarının uyum içinde çalışmasını sağlayarak sistemin genel güvenliğini teminat altına alan temel bir bileşen konumundadır. Literatürde, yüksek otomasyon seviyelerine geçişte hareket katmanının güvenilirliğinin ve hata toleransının sağlanmasının, otonom sürüş teknolojilerinin toplumsal kabulü ve düzenleyici onayı açısından vazgeçilmez olduğu açıkça ortaya konulmaktadır (Koopman & Wagner, 2017; Cummings, 2021).

1.3. Otonomluk Seviyeleri Sınıflandırması

Otonom araçların gelişimini ve pazar aşamasını anlamak için SAE International (Amerikan Otomotiv Mühendisleri Birliği) tarafından oluşturulan J3016 standardı kullanılır:

Tablo 1. Otonomluk seviyeleri

Seviye	Açıklama	Müdahale Gerekliliği
0	Sadece sürücü kontrol eder.	Tam zamanlı sürücü kontrolü.
1	Sürücü desteklenir (örneğin adaptif hız sabitleyici).	Sürücü temel görevleri sürdürür.
2	Kısmi otomasyon (örneğin Tesla Autopilot).	Sürücü gözlemi zorunlu.
3	Koşullu otomasyon (belirli senaryolarda tam kontrol).	Sürücü, sistem müdahale isteğine hazır olmalı.
4	Yüksek otomasyon (belirli bölgelerde sürücüsüzlük).	Sürücü gerekmeyebilir.
5	Tam otomasyon (her koşulda sürücüsüz).	Sürücü unsuru tamamen ortadan kalkar.

Tablo 1 incelenirken ele alınması gereken Gelişmiş Sürücü Destek Sistemleri kavramı (ADAS), araçlarda sürücünün yükünü hafifletmek, olası kazaları önlemek ve sürüş güvenliğini artırmak amacıyla kullanılan destek teknolojilerinin bütününü ifade eder. Bu sistemlerde sürücü hâlâ temel kontrol sorumluluğuna sahiptir; ancak belirli görevler kısmen otomatik biçimde yürütülebilir. Bu nedenle ADAS tam otonom bir sürüş kapasitesi sunmaz; bunun yerine otonom sürüşe geçiş sürecinin önemli bir ara basamağını oluşturur. Tablo 1'de yer alan SAE'nin otomasyon sınıflandırmasına göre ADAS bileşenleri çoğunlukla Seviye 1 ve Seviye 2 kategorilerine denk gelir; yani araç bazı fonksiyonları kendi başına yerine getirebilir, fakat sürücünün her an sistemi denetlemesi zorunludur.

ADAS'ın temel çalışma mantığı, çevresel algılama teknolojileriyle toplanan verilerin analiz edilerek sürücünün hem uyarı hem de gerektiğinde müdahale yoluyla desteklenmesine

dayanır. Örneğin otomatik acil frenleme, öndeki araçla veya yayayla karşı karşıya gelinen bir çarpışma riskini algıladığında frenleyerek kazayı önlemeye çalışır. Şerit takip sistemleri, aracın istemsiz şekilde şeritten çıkması hâlinde sürücüyü uyarır ve gerektiğinde küçük direksiyon düzeltmeleriyle aracı şeride geri yönlendirir. Adaptif hız sabitleme ise öndeki araçla güvenli takip mesafesini koruyacak biçimde hız ayarlamaları yaparak sürüş konforunu artırır. Kör nokta algılama, çapraz trafik uyarısı veya trafik işareti tanıma gibi fonksiyonlar da bu sistem ailesinin parçasıdır ve sürüş güvenliğini tamamlayıcı bir rol üstlenir.

Her ne kadar ADAS, sürücü hatalarını azaltarak güvenlikte ciddi kazanımlar sağlasa da, sistemin aracı kendi kendine sürebilecek bir otonomi düzeyine ulaştırmadığı özellikle vurgulanmalıdır. Seviye 2 sistemlerde bile sürücünün ellerini direksiyondan tamamen çekmemesi ve sürekli tetikte olması beklenir. Bu durum, ADAS'ın tam bir otonom sürüş yeteneği sunmaktan ziyade geleneksel sürüş ile yüksek otomasyon arasındaki bir geçiş teknolojisi olduğunu ortaya koyar.

Sonuç olarak ADAS, güvenlik ve konfor açısından önemli katkılar sağlasa da nihai kontrolün hâlâ sürücüde olduğu bir destek katmanıdır. Tam otonom sürüşün temsil ettiği Seviye 4 ve Seviye 5 sistemlerle kıyaslandığında kapsamı daha sınırlı, amacı ise daha destekleyicidir. Bununla birlikte ADAS'ın yaygınlaşması, otonom sistemlerin gerçek trafik koşullarında test edilebilmesi ve olgunlaşabilmesi açısından kritik bir altyapı sağlar.

Koşullu otomasyon seviyesini ifade eden Seviye 3, sigorta hukuku ve sorumluluk açısından en yoğun tartışmaların yaşandığı kategori olmuştur. Zira Seviye 3 araçlarda sürücü ile sistem arasındaki sorumluluk paylaşımı hâlâ net değildir. Özellikle ani müdahale gerektiren kaza senaryolarında hatanın araçtan mı yoksa sürücüden mi kaynaklandığının belirlenmesi oldukça zordur. Seviye 3 ile birlikte "aktif sürücü" kavramı işlevini yitirmeye başladığından, belirsizlik sigorta sektöründe risk modellemelerini etkilemekte ve hukuki sorumlulukların doğru şekilde tayin edilmesini güçleştirmektedir.

ABD'de otonom araçlara ilişkin çerçeve çoğunlukla SAE International'ın 0–5 otomasyon seviyeleri üzerinden değerlendirilir. NHTSA'nın 2016'da Google'ın sürücüsüz araç sistemi hakkında yaptığı açıklamada, yapay zekâ sürüş sisteminin belirli durumlarda sürücü olarak

kabul edilebileceği belirtilmiştir (NHTSA, 2016). NHTSA, direksiyonda insan olmasa bile aracın yapay zekâ sürüş sisteminin sürücü olarak kabul edilebileceğini belirtmiş; böylece federal güvenlik standartlarında sürücü kavramının yalnızca insanı ifade etmesi gerektiğine dair geleneksel anlayışa istisna getirilmiştir.

ABD'de bağlayıcı hukuk ise çoğunlukla eyalet düzeyinde şekillendiğinden, otonom araç tanımları eyaletler arasında farklılık gösterir. Çoğu eyalet, otonom aracı insan müdahalesi olmadan belirli koşullarda kendi kendine hareket edebilen araç olarak tanımlar ve bu tanımı yaparken çoğunlukla SAE seviyelerine referans verir. Örneğin Kaliforniya DMV, SAE Seviye 4 ve 5 araçları sürücüsüz kabul ederek test izni için özel şartlar öngörmüştür (California DMV, 2025).

Almanya, 2017'de Karayolu Trafik Kanunu'nda yaptığı değişiklikle yüksek otomasyonlu sürüş fonksiyonlarına sahip araçları yasal olarak tanımlayan ilk ülkelerden biri olmuştur. Bu düzenleme Seviye 3 ve 4 sistemlerin teknik özelliklerini belirlemiş, ancak tamamen sürücüsüz araçları kapsam dışında bırakmıştır. Sistem sınırına yaklaşıldığında aracın sürücüyü önceden uyarması ve sürücünün her an kontrolü devralabilecek konumda olması temel şartlar arasındadır.

2021 yılında kabul edilen Almanya Otonom Sürüş Yasası ile SAE-Seviye 4 araçların belirlenmiş işletim sahalarında sürücüsüz olarak işletilmesine ve bu araçlarda 'technical supervision' (teknik gözetim) zorunluluğuna imkân tanınmıştır (Gesetz zum autonomen Fahren, 2021). Bu yasada "teknik gözetim" kavramı getirilmiş ve araçta bir insan sürücü bulunmasa dahi uzaktan müdahale edebilecek yetkili bir kişinin sistemin parçası olması zorunlu tutulmuştur.

Fransa'da otonom araçlara ilişkin yasal çerçeve aşamalı olarak oluşturulmuştur. 2019 tarihli *Mobility Orientation Law (Loi d'orientation des mobilités — LOM)*, otomatik ve otonom araçların kamuya açık yollarda işletilmesine yönelik sorumluluk düzenlemelerini geliştirme konusunda hükümete yetki vermiştir (CARA, 2019). Fransa, "sürüşün devredilmesi" ifadesini kullanarak Seviye 3 ve üzeri sistemleri tanımlamakta; 2021'de çıkarılan kararname ile Eylül 2022'den itibaren Seviye 3 ve sınırlı Seviye 4 özellikli araçların belirli şartlar altında

kamuya açık yollarda kullanılmasına izin verilmiştir. Bu tanımlar, aracın belirli koşullar altında insan sürücü olmadan hareket edebileceğini, ancak üreticinin belirlediği kullanım sınırları içinde çalışması gerektiğini vurgular.

Hollanda da SAE seviyelerini temel alan bir sınıflandırma benimsemiştir. 2018 tarihli "Experimenteerwet Zelfrijdende Auto", sürücüsüz araç testlerine izin vermiş ve bu araçları "deneysel sürücüsüz araç" olarak tanımlamıştır (Government of the Netherlands, 2018).

AB genelinde ise 2019/2144 sayılı Genel Araç Güvenliği Tüzüğü ve 2022/1426 sayılı uygulama tüzüğüyle, tamamen sürücüsüz araçların tip onayı için gerekli teknik çerçeve tanımlanmıştır. Bu düzenlemelerle Seviye 4 ve 5 araçlara "otomatik ve sürücüsüz araç" statüsü verilmiştir.

Avrupa ve ABD'deki tüm bu yaklaşımlar incelendiğinde, otonom araçların yasal statüsünün temelde otomasyon seviyesi ve sürücü gerekliliği üzerinden şekillendiği görülmektedir. Ulusal mevzuatlar büyük ölçüde SAE terminolojisini esas alarak sınıflandırmalar oluşturmakta ve otonom sistemlerin toplumsal hayata güvenli şekilde entegre edilebilmesi için teknik ve hukuki altyapıyı kademeli olarak geliştirmektedir.

1.4. Otonom Teknolojilerin Olgunlaşma Süreci

Otonom sürüş teknolojilerinin olgunlaşması çoğu zaman hatalı bir varsayımla değerlendirilmektedir. Yalnızca teknolojinin ilerlemesinin bu sistemlerin hayata geçmesi için yeterli olduğu varsayılmaktadır. Oysa otonom sistemler, yalnızca teknik kapasiteyle açıklanamayacak kadar çok boyutlu bir dönüşümün ürünüdür. Bu nedenle olgunlaşma sürecini değerlendirirken sensör teknolojileri, yapay zekâ tabanlı karar alma altyapısı ve yazılım güvenilirliği kadar; fiziksel altyapının modernizasyonu, veri iletişim ağlarının kapasitesi, hukuki düzenlemelerin seviyesi, toplumsal kabul ve ulusal stratejik vizyon gibi unsurları da birlikte ele almak gerekir. Literatürde bu bütünsel yaklaşım giderek daha fazla "ekosistem olgunluğu" kavramı üzerinden tanımlanmaktadır (KPMG, 2020).

Bu çerçevede teknik olgunluk kuşkusuz sürecin merkezinde yer alır. Güncel otonom sürüş algoritmaları; Lidar, radar, kamera ve ultrasonik sensörlerden oluşan çoklu algılama setlerini

kullanarak çevrenin üç boyutlu bir dijital temsilini üretir. Ancak bu sistemlerin performansı sabit değildir; özellikle düşük ışık, yoğun yağmur, sis gibi zorlu hava koşullarında belirgin şekilde değişir. Lidar yoğun yağmurda sinyal kaybına uğrayabilir; kameralar parlama veya gölgelenme gibi optik bozulmalar nedeniyle yanlış sınıflandırmalar yapabilir. Algı sistemlerindeki bu kırılganlık, otonom araçların nadir ama yüksek riskli senaryolarda neden hâlâ beklenen güvenlik düzeyine ulaşamadığını açıklayan temel teknik gerekçelerden biridir (Waymo Safety Report, 2023).

Karar alma süreçlerinde kullanılan yapay zekâ modelleri de benzer şekilde kendi olgunluk sorunlarını barındırır. Son yıllarda yapılan çalışmalar, derin öğrenme tabanlı otonom sürüş yazılımlarının özellikle insan davranışının öngörülemez olduğu durumlarda tutarsız çıktılar üretebildiğini göstermektedir. Bir yayanın ani yön değiştirmesi, bisikletlinin beklenmedik bir manevra yapması ya da agresif sürücü davranışları karşısında sistemin verdiği tepkiler kimi zaman gecikmeli veya yetersiz kalabilmektedir. Literatürde, tam otonom sistemlerin geniş ölçekte ticarileştirilememesinin başlıca teknik nedenlerinden birinin bu belirsizlikler olduğu vurgulanmaktadır (NHTSA, 2022).

Teknik olgunluk yalnızca sensör performansı ya da algoritmik doğrulukla sınırlı değildir; siber güvenlik kapasitesiyle de doğrudan bağlantılıdır. Otonom araçlar sürekli veri alışverişi yaptıkları için siber saldırılara son derece açık bir yüzey oluşturur. GPS yanıltma (spoofing), radar sinyallerinin yanıltılması, telemetri verisinin manipüle edilmesi veya araca uzaktan yetkisiz erişim gibi riskler, sistemin güvenlik mimarisinin en kritik kırılma noktalarını oluşturur. Bu nedenle 2021 yılında yürürlüğe giren UNECE WP.29 Siber Güvenlik Düzenlemesi, üreticilere araçların tüm yaşam döngüsü boyunca zorunlu yazılım güncellemeleri ve tehdit izleme yükümlülükleri getirmiştir (UNECE, 2021). Bu yaklaşım, otonom sistemlerin artık yalnızca üretildikleri andaki güvenlik seviyeleriyle değil, kullanım süresi boyunca dinamik biçimde korunması gereken dijital varlıklar olarak görüldüğünü ortaya koymaktadır.

Olgunlaşma sürecinin bir diğer boyutu da fiziksel ve dijital altyapının yeterlilik düzeyidir. Otonom araçların altyapı ile etkin biçimde iletişim kurabilmesi için düşük gecikme sürelerine ve yüksek bant genişliğine sahip 5G/6G ağları, sensörize kavşaklar, dijital trafik işaretleri,

yüksek çözünürlüklü haritalar ve yol kenarı iletişim birimlerinin (RSU) yaygın biçimde kurulması gerekmektedir. Avrupa Birliği'nin 2030 Dijital Hedefleri kapsamında yürüttüğü "5G Koridorları" projesi, sınır ötesi kesintisiz bağlantı ihtiyacını karşılamaya dönük olması bakımından otonom sürüşün ölçeklenebilirliği için önemli bir örnek sunar (European Commission, 2023). Hollanda, kişi başına düşen şarj istasyonu sayısı, akıllı yol yatırımları ve dijitalleştirilmiş trafik sinyalizasyonu açısından öncü ülkeler arasında yer almakta; 2019 itibarıyla 60'tan fazla kavşakta araçlara gerçek zamanlı trafik sinyali iletimi yapılabilmektedir (KPMG AVRI, 2020).

ABD'de teknoloji şirketlerinin alandaki öncü konumu güçlü olmakla birlikte, ulusal ölçekte bütüncül bir altyapı stratejisinin eksikliği olgunlaşma sürecini yavaşlatan unsurlardan biridir. 5G altyapısı büyük metropollerde görece yeterliyken, kırsal bölgelerde ciddi boşluklar bulunmaktadır. Türkiye'de ise altyapı süreci daha erken aşamada olmakla birlikte, TOSB–İTÜ Sürücüsüz Araç Test Parkuru gibi girişimler yerli otonom yazılım ve donanım ekosistemlerinin gelişimi açısından önemli bir başlangıç noktasıdır. Bununla birlikte V2X standartlarının hayata geçirilmesi, yol dijitalleşmesi, sensörlerle donatılmış kavşak entegrasyonu ve veri paylaşım protokollerinin güçlendirilmesi gerekmektedir. 2024 tarihli yeni yönetmelik ile hukuki çerçeve şekillenmeye başlamış olsa da uygulamanın olgunlaşabilmesi için teknik, operasyonel ve kurumsal düzeyde ilave adımlara ihtiyaç vardır.

Hukuki ve kurumsal olgunluk, otonom teknolojilerin günlük yaşama entegre edilmesinde en az teknik unsurlar kadar belirleyici bir faktördür. Avrupa Birliği, otonom sistemlerde yeknesaklık ve denetim sağlamak amacıyla ALKS (Automated Lane Keeping System) gibi belirli fonksiyonlara onay verirken; Almanya, 2021'de kabul ettiği "Otonom Sürüş Yasası" ile Seviye 4 araçlara kamu yollarında operasyonel izin tanıyan ilk ülke olmuştur. İngiltere, Fransa, İsveç ve Norveç gibi ülkeler ise daha çok pilot bölge uygulamaları ve kademeli uyum politikaları üzerinden ilerlemektedir. ABD'de ise federal düzeyde bağlayıcı bir otonom sürüş yasasının bulunmaması, eyaletler arasındaki farklılıkları derinleştirmektedir. California, Arizona ve Nevada gibi eyaletler geniş test izinleri sunarken, bazı eyaletlerde otonom araç testlerinin kapsamı oldukça sınırlı kalmaktadır (NHTSA, 2022).

Olgunlaşmanın bir başka boyutu da toplumsal adaptasyondur. 2023 tarihli Pew Research verilerine göre, ABD'de tüketicilerin yalnızca yaklaşık dörtte biri tam otonom araçlara güven duyduğunu ifade etmektedir. Avrupa'da gerçekleştirilen Eurobarometer çalışmaları da sürücülerin önemli bir kısmının kontrol kaybı, siber güvenlik riskleri ve etik karar mekanizmalarına ilişkin kaygılar taşıdığını ortaya koymaktadır. Bu nedenle teknolojinin sosyo-kültürel kabul düzeyi, teknik ve hukuki olgunluk kadar önemlidir. Toplumsal şüphenin güçlü olduğu ortamlarda otonom araçların hukuken yetkilendirilmesi ve pratikte yaygınlaşması daha yavaş ilerleyecektir.

Tüm bu bileşenler birlikte değerlendirildiğinde, otonom araç teknolojisinin olgunlaşmasının doğrusal bir ilerleme değil; çok boyutlu, karşılıklı bağımlılık içeren "eşzamanlı bir sistem dönüşümü" olduğu görülmektedir. Literatürde de sıklıkla vurgulandığı üzere (SAE International, 2021; KPMG AVRI, 2020), otonom sistemlerin yaygınlaşabilmesi için teknik kapasite, altyapı düzeyi, hukuki çerçeve ve toplumsal kabulün aynı anda belirli bir eşiğin üzerine çıkması gerekmektedir. Bu nedenle küresel projeksiyonlarda Seviye 5 tam otonominin 2030–2035 döneminden önce geniş çaplı olarak ticarileşmesi pek olası görülmemekte; daha temkinli senaryolar 2040 sonrası döneme işaret etmektedir.

KPMG'nin 2020 tarihli Otonom Araç Hazırlık Endeksi, ülkeleri altyapı, düzenleme, inovasyon ve toplum boyutlarında karşılaştırmış; Singapur ve Hollanda'yı dünya liderleri olarak konumlandırmıştır. Avrupa'da ilk 10 içinde altı ülkenin yer aldığı endekste, ABD parçalı regülasyon yapısı nedeniyle son yıllarda dördüncü sıraya gerilemiştir. Türkiye endekste doğrudan yer almamakla birlikte, Tenet Consulting'in 2024 analizinde dokuzuncu sırada değerlendirilmiştir. Bu bulgu, Türkiye'nin stratejik adımlarının olumlu bir ivme yarattığını, ancak altyapı ve hukuki uyum konularında hâlen gelişmeye açık alanlar bulunduğunu göstermektedir.

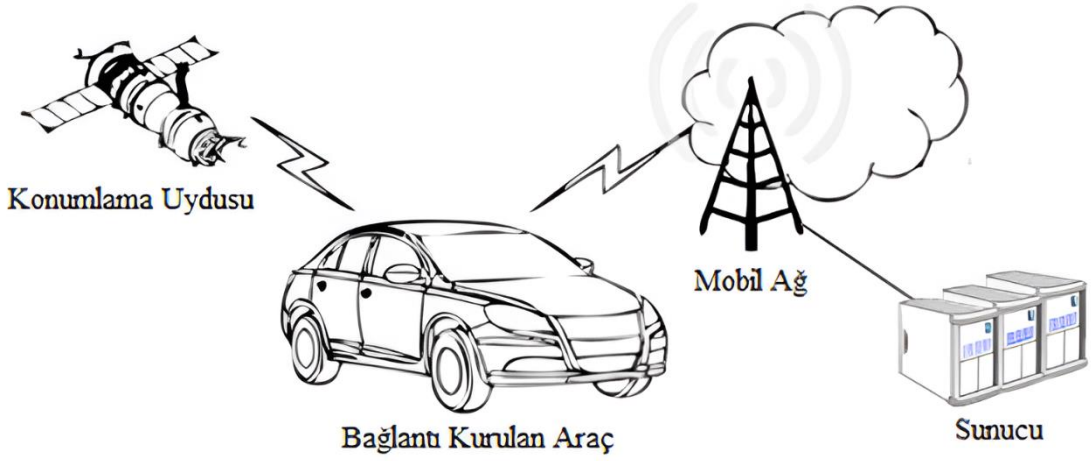
Genel tablo, otonom sürüş teknolojisinin olgunlaşmasının yalnızca mühendislik perspektifiyle açıklanamayacağını; hukukun, siyaset biliminin, şehir planlamasının, iletişim teknolojilerinin, toplumsal bilimlerin ve kamu politikalarının kesişiminde ele alınması gereken karmaşık bir süreç olduğunu ortaya koymaktadır. Sistem olgunlaştığında trafik güvenliği, lojistik maliyetleri, çevresel etkiler ve ulaşım verimliliği bakımından ciddi bir

dönüşüm potansiyeli taşımaktadır; ancak bu potansiyelin gerçeğe dönüşmesi, çok sayıda aktörün koordineli biçimde hareket etmesini zorunlu kılmaktadır.

1.5. Telematik Sistemlerin Rolü

Araç telematiği, kökenini telekomünikasyon ve enformatik kavramlarının birleşiminden alan bir terimdir. En basit hâliyle, bir aracın yerleşik elektronik sistemleri kullanılarak; konumu, hızı, rölanti süresi, ani hızlanma ve frenlemeleri, yakıt tüketimi ve benzeri kullanım özelliklerine ilişkin verilerin toplanmasını ifade eder. Toplanan bu veriler, çoğunlukla hücresel ağlar, uydu iletişimi veya Wi-Fi üzerinden bir merkezî sunucuya iletilir ve burada işlenerek analiz edilir, depolanır. Dolayısıyla telematik, tek başına yeni bir teknoloji olmaktan ziyade, farklı iletişim ve bilgi işlem teknolojilerinin araçlar özelinde bütünleşmiş hâlini temsil eder. Nitekim kavram, ilk kez Nora ve Minc (1978) tarafından telekomünikasyon ile bilgi işlemin birleşimini tanımlamak üzere kullanılmış; günümüzde ise ağırlıklı olarak kara taşıtlarına ilişkin bilgi ve iletişim teknolojilerini ifade eder hâle gelmiştir (Nora & Minc, 1978).

Telematik çerçevesinde filo yönetimi, kargo ve araç takibi, uzaktan tanılama, trafik işaret ve işaretçilerinin kontrolü, bu işaretler ile araçlar arasındaki etkileşim ve çarpışma kontrolü gibi pek çok işlev uygulama alanı bulmuştur. Uydu tabanlı navigasyon, sürücü destek sistemleri ve araç içi güvenlik elektroniği de bu kavramın kapsamına dâhil edilmektedir. Güncel bilgi işlem terminolojisi açısından bakıldığında telematik, en geniş anlamıyla, otomobil ile dış kaynaklar arasında kablosuz iletişim yoluyla verinin çift yönlü biçimde iletilmesini konu alan bir yapı olarak tanımlanabilir. Bu açıdan telematik sistemler, bilgisayar, haberleşme ve otomotiv teknolojilerinin kesişim kümesini temsil etmektedir.



Şekil 1. Ptolemus, UBI Study 2016, Gömülü Telematik Sistem

Şekil 1 incelendiğinde, araçtaki telematik donanım aracılığıyla toplanan verilerin, gerekirse GPS uydularından alınan konum bilgisiyle birleştirilerek GSM ağları üzerinden veri işleme sunucularına iletildiği görülmektedir. Sunucular bu verileri, kullanılan uygulamanın niteliğine göre işleyerek anlamlı bilgiye dönüştürür. Telematik teknolojisinin yapısı itibarıyla iki temel özelliği öne çıkmaktadır: İlki, kablosuz ortamda iki yönlü veri iletiminin sağlanması; ikincisi ise lokasyona duyarlı veri aktarımına imkân vermesidir. Bu donanıma sahip araçlarda çift yönlü iletişim, konum belirleme sensörleri ve aracın elektronik sistemini yöneten kontrol ünitesi bir arada bulunur. Söz konusu donanım, gömülü veya entegre hücresel telefon modülleri üzerinden; GPS (Global Positioning System) ya da gömülü telematik üniteleri aracılığıyla işletilebilir.

Kullanılan teknolojiye bağlı olarak telematik sistemler çok çeşitli verileri toplayabilse de, pratikte en yaygın kullanılan temel veri türleri şu şekilde sıralanabilir:

- Aracın kat ettiği toplam mesafe
- Hız bilgisi (maksimum, minimum, ortalama)
- Aracın kullanıldığı gün, saat ve süreye ilişkin veriler
- Aracın kullanıldığı güzergâh ve lokasyonlar

- Hızlanma ve yavaşlama süreleri ile mesafeleri
- Aracın savrulma değerleri
- Jiroskopik sensör verileri (devrilme, çarpışma vb.)

Bu tür veriler, önceden belirlenmiş aralıklarla (örneğin her 10 saniyede bir) toplanır ve sunuculara iletilir. Verilerin düzenli biçimde depolanması ve işlenmesi, zaman içerisinde hem aracın hem de sürüş tarzının daha net bir kullanım profilini çıkarmaya imkân verir; yeterli veri biriktiğinde istatistiksel olarak anlamlı bir veri havuzu oluşur ve farklı kategoriler altında sınıflandırma yapılabilir.

Telematik cihazlar genel olarak üç ana grupta ele alınmaktadır. İlk grup, araç üreticileri tarafından daha araç fabrikadan çıkmadan önce entegre edilen gömülü telematik donanımlarıdır. Bu donanımlar maliyet sebebiyle günümüzde daha çok orta ve üst segment araçlarda tercih edilmekle birlikte yaygınlıkları giderek artmaktadır. İkinci grup, satış sonrası araca takılan ve "tak-çalıştır" (plug-and-play) kara kutu cihazlarıdır. Üçüncü grup ise akıllı telefonlar üzerinde çalışan, cihazın sensör ve iletişim altyapısını kullanan yazılım tabanlı telematik uygulamalarıdır.

Teknik açıdan telematik donanıma bağlı kablosuz iletişim, araç ile sabit merkezî sistemler arasında kesintisiz veri akışını mümkün kılar. Günümüzde en yaygın kullanılan altyapı, geniş kapsama alanı ve nispeten düşük maliyeti nedeniyle GSM (Global System for Mobile Communications) ve GPRS (General Packet Radio Service) gibi hücresel iletişim standartlarıdır (Ptolemus Consulting Group, 2016). Öte yandan telematiğin en önemli kullanım alanlarından biri de araç konumunun belirlenmesi ve izlenmesidir. Konumlandırma sistemleri, araç sahipleri ve filo yöneticilerine araçların nerede olduğu, ne kadar mesafe kat ettiği, hangi hızlarla kullanıldığı ve hangi lokasyonlarda hangi fonksiyonların devreye girdiği gibi bilgiler sunar (Ippisch, 2010). Bu veriler araçta saklanabildiği gibi kablosuz olarak harici veri tabanlarına da aktarılabilir.

Günümüzde küresel konumlama için baskın standart olan GPS sistemi, uydu tabanlı bir yapı üzerine kuruludur. Sistem, GPS uydularından yayılan son derece hassas zamanlama sinyalleri

ve yörünge bilgilerinden yararlanır. Alıcılar, bu sinyallerin geliş süreleri ve içerdiği bilgiler üzerinden geometrik hesaplamalar yaparak noktaların mutlak ve göreli konumlarını belirler. Elde edilen konum doğruluğu, pek çok ticari uygulama için yeterli sayılabilecek düzeyde, yaklaşık 10 metre veya daha düşük sapma payına kadar ulaşabilmektedir (Bundesregierung, 2021).

Genellikle kara kutu olarak adlandırılan olay veri kayıt cihazları da telematik sistemlerin önemli bir bileşenidir. Bu cihazlar kazalara ilişkin verileri kayıt altına almak amacıyla araca entegre edilir. Yaygın kullanım biçimiyle hızlanma, direksiyon açısı, frenleme sıklığı ve şiddeti, fren mesafesi, emniyet kemeri kullanım bilgisi gibi çeşitli sürüş parametrelerini kaydederler.

Telematik sistemler yalnızca sürüşe ilişkin verileri toplamakla kalmaz; trafik ve yol koşulları gibi sürücü açısından kritik öneme sahip bilgileri de sunar. Günümüz kara araçlarında uzaktan fonksiyon kontrolü, otomatik arıza tanılama, otomatik çarpışma bildirimi, sesli ve yazılı haberleşme, rota belirleme, yer tespiti gibi pek çok işlev telematik altyapı üzerinden çalışmaktadır. Bu teknolojinin sunduğu hizmetler geniş bir yelpazeye yayılmakta; buna bağlı olarak kullanım alanları da çeşitlenmektedir. Öne çıkan işlev ve amaçlar şu şekilde özetlenebilir:

- Acil durum ikazı yapılması ve yardım ihtiyacında ilgili birimlerin bilgilendirilmesi
- Acil durumda servis operatörü ile sesli iletişim kurulması ve araç konumunun otomatik olarak iletilmesi
- Alan tarama, konum belirleme ve yön tayini ile sürücünün hedeflediği noktaya yönlendirilmesi, araç koordinatlarının tespiti
- Ateşleme, klima, kilit, cam, ses sistemi gibi araç fonksiyonlarının uzaktan kontrol edilebilmesi
- Aracın servis ihtiyacının ve arızalarının tespiti için elektronik kontrol ünitesine uzaktan erişim sağlanması

- Araç güvenliğinin artırılması ve çalınan araçların takibi
- Seyahat ve konum bilgilerine dayalı pazarlama imkânlarının kullanılması (konum bazlı teklifler, uçuş bilgileri vb.)
- Sesli ve yazılı iletişim hizmetleri
- Trafik yoğunluğu, alternatif güzergâhlar, yön bilgisi, otel, eczane, hava durumu gibi genel bilgilere erişim
- Müşteri ilişkileri yönetimi ve satış sonrası memnuniyeti artırmaya yönelik hizmetler

Bu işlevler bir arada değerlendirildiğinde telematik sistemlerin başlangıçta daha çok navigasyon ve konumlama amaçlı kullanıldığı, zaman içinde güvenlik, bilgi, iletişim ve ticaret odaklı uygulamalarla önem kazandığı görülmektedir.

Telematik sistemler, sürüş verilerinin kaydedilmesi, analiz edilmesi ve gerektiğinde üçüncü taraflarla paylaşılması işlevini üstlenir. Otonom sürüş bağlamında üç temel kritik rolü bulunmaktadır:

- **Veri kaydı ve olay tespiti:** Kaza öncesi ve sonrası tüm sürüş verilerinin kayıt altına alınması; sigorta taleplerinin doğrulanması için objektif veri sunulması.
- **Sürüş performansı analizi:** Sürücünün veya otonom sistemin hızlanma, frenleme ve manevra davranışlarının ölçülmesi; güvenlik ihlallerinin ve sistem hatalarının erken tespiti.
- **Dinamik risk modelleme:** Araç kullanım alışkanlıklarına göre anlık risk puanlaması yapılması ve sigorta primlerinin bu verilere göre dinamik biçimde belirlenmesi.

Bu sayede klasik sigortacılıkta temel referans, sürücünün beyanı veya geçmiş hasar kaydı iken, telematik uygulamalarıyla doğrudan aracın gerçek davranışı sigorta risk profilinin merkezine yerleşmektedir. Bu durum, geleneksel sigortacılık anlayışında köklü bir paradigma değişimini beraberinde getirir. Telematik tabanlı ve kullanıma dayalı sigorta modellerine ilişkin ampirik çalışmalar, bu uygulamaların sürücü davranışlarını iyileştirdiğini

ve özellikle genç sürücüler arasında hız ihlalleri ile diğer riskli manevraları anlamlı ölçüde azalttığını ortaya koymaktadır (Bolderdijk vd., 2011; Stevenson vd., 2018; Boylan vd., 2024). Buna karşılık veri güvenliği ve şeffaflık ilkelerine uyulmaması, bu sistemlere duyulan güveni hızla zedeleyebilecek önemli bir risk faktörüdür.

Hareket hâlindeki bir araca sürekli veri aktarımı sağlayan telematik altyapısının, otonom araç teknolojilerinin geleceğinde daha da kritik hâle gelmesi beklenmektedir. Bunun başlıca nedeni, otonom araçların güvenli biçimde çalışabilmesi için içinde bulundukları çevre koşullarını sürekli güncel tutmak zorunda olmalarıdır. Bu noktada, kullanıcı kaynaklı gerçek zamanlı veri toplayan sistemler dikkat çekmektedir. Örneğin Google'ın satın aldığı ve otonom sürüş tasarımlarına entegre edilmesi beklenen Waze platformu, trafiğe ilişkin bilgileri kullanıcı araçlarından toplayarak haritaları sürekli güncellemektedir. Böylelikle klasik, statik haritaların yol açtığı bazı sorunlar azaltılabilmektedir. Trafikte beklenmedik bir tanker sızıntısı veya yol kapanması gibi bir olay yaşandığında, bu sistemi kullanan araçlardan gelen veriler sayesinde söz konusu tıkanıklık kısa sürede tespit edilip diğer araçlarla paylaşılabilmektedir.

Telematiğin önemini artıran bir diğer husus da araçtan araca (V2V) ve araçtan altyapıya (V2I) iletişim uygulamalarıdır. ABD'de federal hükümet, bu amaçla elektromanyetik spektrumda bant tahsisi yaparak Atanmış Kısa Mesafe İletişimleri (DSRC) desteklemiş; böylece araçların birbirleriyle ve yol altyapısıyla doğrudan veri alışverişi yapabilmesinin önü açılmıştır. Bu sayede, internet bağlantısına gerek kalmaksızın araçlar birbirlerine ya da trafik kontrol sistemlerine bilgi iletebilecektir. Sensörlerinde arıza ortaya çıkan bir araç, geçici olarak çevresindeki diğer araçların sensör verilerinden yararlanarak manevralarını güvenli şekilde sürdürebilecektir. "Sensör sanallaştırma" olarak adlandırılan bu yaklaşım, sensör arızaları karşısında sistemin yedekli bir yapıya kavuşmasına imkân tanımaktadır.

Bu çalışmanın odaklandığı perspektiften bakıldığında telematiğin en kritik rolü, sigorta sektörünün sorumluluk ve risk belirleme süreçlerine doğrudan girdi sağlayan veri altyapısını oluşturmasıdır. Bu sayede sigorta şirketleri, fiyatlama politikalarını ve ürün stratejilerini, telematik sistemler aracılığıyla elde ettikleri büyük veri setlerine dayandırma imkânına kavuşmakta; risk primini daha nüanslı ve dinamik bir şekilde kurgulayabilmektedir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Otonom araç teknolojilerindeki ilerleme, sigortacılık sektörünün temel varsayımlarını doğrudan etkileyen bir dönüşüm alanı yaratmaktadır. Özellikle trafik kazalarının büyük bölümünde insan faktörünün rol oynadığına ilişkin ampirik bulgular, otomasyonun kaza sıklığı ve şiddeti üzerinde azaltıcı bir etkisi olabileceğini düşündürmektedir (NHTSA, 2015; Dingus vd., 2016; Benson vd., 2018). Bu olasılık, geleneksel oto sigortasında riskin sürücü davranışı üzerinden modellenmesi ve primlerin sürücü profilleri temelinde belirlenmesi yaklaşımını tartışmaya açmaktadır.

Ancak mesele yalnızca daha az kaza ihtimalinden ibaret değildir. Otonom sürüş kararlarının yazılım tarafından verilmesi, aracın sürekli bağlantılı sistemler üzerinden veri alıp göndermesi ve sensör, algoritma, altyapı etkileşimine dayanması, riskin niteliğini de değiştirmektedir. Bu dönüşüm, sigorta açısından iki sonuç doğurmaktadır.

- Hasar nedenlerinin kayda değer ağırlıktaki kısmı sürücü kusurundan sistem hatası, yazılım güncellemesi, veri bütünlüğü ve siber müdahale gibi alanlara kayacaktır.
- Kazalar meydana geldiğinde sorumluluğun hangi aktöre atfedileceği daha karmaşık hale gelecektir (Marchant & Lindor, 2012; Anderson vd., 2018; Lloyd's, 2017).

Dolayısıyla otonom araçlar, sigortacılık açısından bir ürün güncellemesinden çok, risk üretimi ve risk transferi zincirinin yeniden kurulmasını gerektiren bir kırılma noktasıdır. Bu ilişkiyi inceleyen literatür belirgin biçimde disiplinler arası çalışmalar içermektedir. Sigorta literatürü prim hacimleri, risk kabulü ve hasar yönetimi süreçleri ile ürün sorumluluğu teminatlarının rolüne odaklanırken (Gatzert & Osterrieder, 2020; Swiss Re, 2016), otomotiv ve mühendislik literatürü otonom sistemlerin güvenilirliği, kaza olasılığı ve güvenlik-kritik tasarım sorunlarını tartışmaktadır (Koopman & Wagner, 2017). Hukuk literatürü ise sorumluluk rejimindeki kaymaları, özellikle ürün sorumluluğu ve haksız fiil sorumluluğu bağlamında ele almakta; yeni düzenleme ihtiyacını ve mevcut rejimlerin sınırlarını tartışmaktadır (Geistfeld, 2017; Engelhard & Bruin, 2018; Law Commission of England and Wales & Scottish Law Commission. 2022). Risk yönetimi ve siber güvenlik çalışmaları da

bağlantılı araç mimarisinin getirdiği yeni tehditleri (ör. sistem bütünlüğü, siber saldırılar, veri güvenliği) sigorta açısından yeniden yorumlamaktadır (Calo, 2016; Conrad vd., 2023).

Bu literatür taraması, otonom araçların sigorta sektörüne etkilerini sigorta şirketleri perspektifinden ele almaktadır. Bu nedenle teknik standartların ayrıntılı mühendislik analizi veya doktrinel tartışmaların kapsamlı bir dökümü yerine, söz konusu gelişmelerin sigorta sektöründe risk algısını, operasyonel öncelikleri ve stratejik yönelimleri nasıl etkilediği üzerinde durulmaktadır. Başka bir ifadeyle, otonom araçların sigorta pazarına, sigorta iş operasyonlarına ve yeni risk türlerine (teknolojik/siber) yansımaları, sigorta şirketlerinin karar verme pratikleriyle bağlantılı şekilde incelenmektedir.

Otonom araç kavramı ve otomasyon seviyelerine ilişkin kavramsal çerçeve, çalışmanın izleyen bölümünde ayrıca ele alınmıştır. Bu bölümde ise literatür, önce otonom araç ile sigorta ilişkisini genel olarak tartışan çalışmalar üzerinden sınıflandırılmakta; ardından risk ve sorumluluğun yeniden dağılımına odaklanan hukuk ve politika literatürü sistematik biçimde incelenmektedir. Devamında sigorta şirketlerinin dönüşümü nasıl algıladığını ölçen ampirik, uzmanlık temelli çalışmalar tartışılmakta ve son olarak literatürdeki boşluklar ortaya konularak işbu çalışmanın konumlandırması yapılmaktadır.

2.1. Otonom Araçların Sigorta Sektörü Etkilerine İlişkin Genel Literatür

Otonom araçlar ile sigorta sektörü arasındaki ilişkiyi ele alan literatür, son on yıl içerisinde hızlı biçimde genişlemiş ve belirgin bir disiplinler arası yapı kazanmıştır. Bu literatür, otonom sürüş teknolojilerinin yalnızca teknik performansını veya trafik güvenliği üzerindeki etkilerini değil; aynı zamanda riskin ortaya çıkış biçimini, sorumluluğun dağılımını ve sigorta sisteminin işleyişini nasıl dönüştürdüğünü incelemektedir. Farklı disiplinlerden beslenmekle birlikte, bu çalışmaların ortak varsayımı, otonom araçların mevcut sigorta ve sorumluluk yapılarını zorlayan yapısal bir dönüşüm yarattığı yönündedir.

Literatür bütüncül olarak değerlendirildiğinde, otonom araçlar ve sigorta sektörü ilişkisini ele alan çalışmaların ağırlıklı olarak üç ana eksende yoğunlaştığı görülmektedir. Bu eksenler, hem literatürdeki tematik ayrımı ortaya koymakta hem de bu tezde izlenen analitik çerçevenin temelini oluşturmaktadır.

İlk eksen, otonom sürüş teknolojilerinin trafik güvenliği, kaza oranları ve risk azaltma potansiyeline odaklanan teknik ve ampirik çalışmalardan oluşmaktadır. Bu literatür, gelişmiş sürücü destek sistemleri (ADAS) ile kısmi veya yüksek seviyeli otomasyon fonksiyonlarının kaza sıklığı ve şiddeti üzerindeki etkilerini nicel verilerle incelemektedir. Benson vd. (2018), Cicchino (2017; 2018a; 2018b) ve Highway Loss Data Institute tarafından yayımlanan çalışmalar, çarpışma önleme, şerit takip ve kör nokta uyarı sistemlerinin hasar ve kaza oranlarını sigorta ve kaza verileri üzerinden analiz etmektedir. Benzer şekilde Dingus vd. (2016) ve Virginia Tech Transportation Institute (2016), doğal sürüş verilerine dayalı araştırmalarla insan hatasının trafik kazalarındaki belirleyici rolünü ortaya koymaktadır. Bu eksendeki çalışmalar, otonom sürüş teknolojilerinin sigorta sektörü açısından potansiyel olarak daha düşük hasar frekansı anlamına gelebileceğini ortaya koymaktadır. Ancak riskin tamamen ortadan kalkmadığı ve geçiş sürecinde karma trafik yapısının yeni belirsizlikler yarattığı da göz önünde tutulmaktadır.

İkinci eksen, otonom araçların sorumluluk rejimleri üzerindeki etkilerini ele alan normatif ve doktrinel çalışmalardan oluşmaktadır. Bu literatür, özellikle kusura dayalı sorumluluk anlayışının, sürücünün aktif karar verici olmadığı otonom sürüş senaryolarında ne ölçüde uygulanabilir olduğunu tartışmaktadır. Marchant ve Lindor (2012), Geistfeld (2017) ve Anderson vd. (2018), otonom araçların haksız fiil sorumluluğu ve ürün sorumluluğu hukuku bakımından yarattığı dönüşümü ayrıntılı biçimde ele almaktadır. Politika ve rapor temelli çalışmalar da bu ekseni desteklemektedir. Brookings Institution (2016), Avrupa Parlamentosu çalışmaları (Engelhard & Bruin, 2018) ve Law Commission of England and Wales & Scottish Law Commission (2022), mevcut sorumluluk rejimlerinin otonom araçlar karşısında yetersiz kalabileceğini ve özel düzenleme ihtiyacını vurgulamaktadır. Bu eksendeki literatür, sorumluluğun sürücüden üreticiye, yazılım geliştiricilere ve diğer sistem aktörlerine kayabileceğini; bunun da sigorta sisteminde ürün sorumluluğu teminatlarının ve yeni tazminat mekanizmalarının önemini artıracağını ortaya koymaktadır.

Üçüncü eksen ise otonom araçların sigorta sektörünün iş modelleri, ürün yapıları ve operasyonel süreçleri üzerindeki etkilerini inceleyen stratejik ve politika odaklı çalışmaları kapsamaktadır. Bu literatür, sigorta şirketlerinin risk kabulü, fiyatlama, hasar yönetimi ve

veri kullanımı pratiklerinin otonom araçlarla birlikte nasıl dönüşebileceğini tartışmaktadır. Gatzert ve Osterrieder (2020), KPMG (2016; 2020), Lloyd's (2017) ve Swiss Re (2016) gibi çalışmalar, otonom ve bağlantılı araçların sigorta sektöründe prim yapıları, risk transferi ve ürün çeşitliliği üzerinde yaratacağı etkileri senaryo temelli analizlerle ele almaktadır. Telematik ve kullanım bazlı sigorta literatürü (Bisker, 2014; NAIC, 2015; Ptolemus, 2016), veri temelli fiyatlama modellerinin sigorta operasyonlarını nasıl dönüştürdüğünü ortaya koyarken; otomotiv üreticisi destekli sigorta uygulamalarına ilişkin örnekler (örneğin Tesla ve GM) sigorta sektöründe üretici merkezli yeni iş modellerinin geliştiğini göstermektedir.

Bu üç eksen birlikte değerlendirildiğinde, literatürün otonom araçları sigorta sektörü açısından çok boyutlu bir dönüşüm alanı olarak ele aldığı görülmektedir. Teknik literatür riskin nicel boyutuna, hukuki literatür sorumluluğun yeniden dağılımına, stratejik ve sektörel literatür ise sigorta şirketlerinin bu dönüşüme nasıl uyum sağlayabileceğine odaklanmaktadır. Bununla birlikte, bu eksenler arasındaki etkileşimi, özellikle sigorta şirketlerinin algıları ve karar alma süreçleri üzerinden bütüncül biçimde ele alan çalışmaların sınırlı olduğu dikkat çekmektedir. Bu tespit, izleyen bölümlerde ele alınacak literatürün ve bu çalışmanın konumlandırılmasının temel çıkış noktasını oluşturmaktadır.

2.2. Risk ve Sorumluluğun Yeniden Dağılımını Ele Alan Literatür

Otonom araçların sigorta sektörü üzerindeki etkilerini inceleyen literatürün önemli bir bölümü, dönüşümün merkezine riskin ve hukuki sorumluluğun kime ait olduğu sorusunu yerleştirmektedir. Bu literatür, sürücü merkezli sorumluluk anlayışının, sürüş kararlarının algoritmalar tarafından verildiği otonom sistemler karşısında ne ölçüde sürdürülebileceğini sorgulamaktadır. Çalışmaların ortak çıkış noktası, geleneksel otomobil sigortasının dayandığı kusur temelli sorumluluk modelinin, otonom sürüş bağlamında yapısal gerilimler üretmeye başladığı yönündedir.

Bu eksendeki literatür; politika ve strateji odaklı kapsamlı raporlar, haksız fiil ve ürün sorumluluğu eksenli hukuk çalışmaları ve algoritmik karar alma, sistem karmaşıklığı ve siber riskler nedeniyle ortaya çıkan yeni sorumluluk alanlarını tartışan disiplinler arası

çalışmalardan oluşmaktadır. Bu çalışmalar, riskin yalnızca azalması veya artmasıyla değil, üretim ve dağıtım biçiminin değişmesiyle ilgilenmektedir.

Bu literatürün temel referanslarından biri Anderson, Kalra, Stanley ve Morikawa (2018) tarafından RAND Corporation bünyesinde hazırlanan çalışmadır. Çalışmanın amacı, otonom araçların yaygınlaşmasıyla birlikte kazalara ilişkin sorumluluk atfının sürücüden üreticiye, yazılım sağlayıcılarına ve diğer sistem aktörlerine kayma ihtimalini çok boyutlu biçimde değerlendirmek ve bu dönüşümün sigorta piyasası ile kamu politikası üzerindeki olası sonuçlarını ortaya koymaktır. Kapsam, Amerika Birleşik Devletleri bağlamında otomobil sigortası, haksız fiil sorumluluğu, ürün sorumluluğu ve düzenleyici seçenekleri birlikte içermektedir. Yöntem olarak çalışma, literatür sentezi ve politika analizine dayanmaktadır; farklı paydaşlar açısından sorumluluğun nasıl yeniden dağıtılabileceği senaryo temelli biçimde tartışılmaktadır. Bulgular, otonom araçların kazaları azaltma potansiyeline rağmen, kazalar gerçekleştiğinde sorumluluk zincirinin daha karmaşık hâle geleceğini ve geleneksel sürücü kusuruna dayalı yapıların bazı durumlarda yetersiz kalacağını göstermektedir. Çalışmanın sonucu, sigorta sisteminin yalnızca prim gelirleri ve hasar frekansı üzerinden değil, çok taraflı sorumluluk yapıları dikkate alınarak yeniden tasarlanması gerektiği yönündedir (Anderson, Kalra, Stanley, & Morikawa, 2018).

Geistfeld (2017), otonom araçlar bağlamında haksız fiil sorumluluğu, otomobil sigortası ve federal güvenlik düzenlemeleri arasındaki ilişkiyi yol haritası yaklaşımı ile ele almaktadır. Bu yaklaşım, mevcut durumu, geçiş sürecini ve olası gelecek aşamalarını zamansal ve yapısal bir bütünlük içinde analiz eden normatif bir yöntemdir. Çalışmanın amacı, otonom araçların yaygınlaşmasıyla mevcut sorumluluk sisteminin hangi noktalarda işlevsizleşebileceğini ve sigorta tasarımının bu boşlukları giderecek şekilde nasıl evrilebileceğini ortaya koymaktır. Yöntem olarak normatif hukuki analiz benimsenmiş; sorumluluk hukuku, sigorta mekanizmaları ve güvenlik regülasyonlarının birbirini nasıl tamamlayabileceği sistematik biçimde tartışılmıştır. Bulgular, otonom araçlarda sorumluluğun yalnızca sürücü davranışına indirgenemeyeceğini; yazılım hataları, sistem tasarımı ve güvenlik standartlarının kaza sonuçları üzerindeki etkisi nedeniyle üretici sorumluluğunun ağırlık kazanacağını göstermektedir. Çalışmanın sonucu, sigorta sisteminin hem hızlı tazminat sağlayacak hem de

sorumluluğu doğru aktöre yönlendirecek hibrit çözümler (örneğin rücu ve ürün sorumluluğu teminatları) geliştirmesi gerektiğidir (Geistfeld, 2017).

Brookings Institution (2016) tarafından yayımlanan çalışma, sürücüsüz ve otonom araçların ürün sorumluluğu rejimleriyle ilişkisini politika odaklı bir çerçevede ele almaktadır. Çalışmanın amacı, otonom araçların ürün kusuru ve tasarım kusuru kavramları bakımından nasıl konumlandırılabileceğini ve üretici sorumluluğu yaklaşımının sigorta sistemi üzerindeki etkilerini değerlendirmektir. Kapsam, akademik tartışmayı politika yapıcılar için anlaşılır kılmayı hedefleyecek biçimde sınırlı ve odaklı tutulmuştur. Yöntem olarak doktrinel değerlendirme ve politika analizi kullanılmaktadır. Bulgular, otonom araçlarda ürün sorumluluğu tartışmalarının yoğunlaşacağını ve bunun sigorta sektöründe ürün sorumluluğu teminatlarına olan talebi artırabileceğini ortaya koymaktadır. Sonuç olarak çalışma, sorumluluk rejimi netleşmeden sigorta fiyatlaması ve tazminat süreçlerinde belirsizliklerin devam edeceğini vurgulamaktadır (Brookings Institution, 2016).

Marchant ve Lindor (2012), otonom araç teknolojileri ile mevcut sorumluluk sistemi arasında yapısal bir çarpışma yaşanacağını ileri süren erken dönem çalışmalardandır. Çalışmanın amacı, mevcut sorumluluk dağıtım sisteminin otonom araçların doğuracağı kazalarda sorumluluğu etkin biçimde dağıtıp dağıtamayacağını sorgulamaktır. Yöntem olarak kavramsal ve hukuki analiz benimsenmiş; otonom araçlara özgü senaryolar üzerinden mevcut sistemin sınırları tartışılmıştır. Bulgular, sorumluluğun çok aktörlü bir yapıya dönüşmesiyle birlikte dava ve tazminat süreçlerinin uzayabileceğini ve bunun sigorta maliyetlerini artırabileceğini göstermektedir. Çalışmanın sonucu, daha açık ve öngörülebilir sorumluluk kuralları oluşturulmadıkça hem üreticiler hem de sigortacılar açısından belirsizliğin artacağı yönündedir (Marchant ve Lindor, 2012).

Sorumluluk tartışmalarının bir diğer boyutu, kararların algoritmalar tarafından verildiği sistemlerde şeffaflık ve hesap verebilirlik problemidir. Burrell (2016), makine öğrenmesi sistemlerindeki karar mekanizmalarının neden karmaşık ve öngörülemez hâle geldiğini sınıflandırarak, bu durumun sorumluluk ve denetim açısından yarattığı sorunları kavramsal düzeyde analiz etmektedir. Bulgular, algoritmik kararların gerekçelerinin açıklanamadığı durumlarda sorumluluk atfının güçleştiğini göstermektedir (Burrell, 2016). Benzer biçimde

Yeung (2018), algoritmik düzenleme yaklaşımlarını eleştirel bir perspektifle inceleyerek otomatik karar sistemlerinin hukuki güvenceler ve hesap verebilirlik bakımından yeni gerilimler yarattığını ortaya koymaktadır. Bu çalışmalar, otonom araç bağlamında sorumluluğun yalnızca "kim yaptı?" sorusuyla değil, "sistem nasıl karar verdi?" sorusuyla da yakından ilişkili olduğunu göstermektedir (Yeung, 2018).

Bu literatür kümesinin genel değerlendirmesi, otonom araçlarla birlikte sigortacılık açısından temel meselenin yalnızca hasar frekansı veya prim gelirleri olmadığı; riskin üretim ve dağıtım biçiminin değişmesi nedeniyle sorumluluğun yeniden tanımlanması olduğu yönündedir. Çalışmaların ortaklaştığı sonuç, çok aktörlü sorumluluk yapılarının tazminat süreçlerini karmaşıklaştıracağı, ürün sorumluluğu ve siber fiziksel risk teminatlarının önem kazanacağı ve sigorta sisteminin yeni hukuki mimariye uyum sağlamak zorunda kalacağıdır. Bu tespit, izleyen bölümde ele alınacak sigorta şirketleri perspektifine dayalı algı çalışmalarının teorik zeminini oluşturmaktadır.

2.3. Sigorta Şirketleri Perspektifi ve Algı Çalışmaları

Otonom araçların sigorta sektörü üzerindeki etkilerine ilişkin literatürün giderek gelişen bir bölümü, bu dönüşümün sigorta şirketleri tarafından nasıl algılandığını, hangi risk ve fırsat alanlarının ön plana çıkarıldığını ve sektör profesyonellerinin bu teknolojik değişime nasıl yaklaştığını incelemektedir. Bu çalışmalar, otonom araçların sigorta sistemine etkisinin yalnızca teorik veya hukuki düzeyde değil, doğrudan sigorta şirketlerinin stratejik karar alma süreçlerinde ve operasyonel önceliklerinde somutlaştığını göstermektedir. Literatürde sigorta şirketlerinin algılarını ölçmeye yönelik çalışmalar genellikle anket, uzman görüşü ve çok kriterli karar verme yöntemlerine dayanmaktadır.

Bu alandaki en kapsamlı ve güncel çalışmalardan biri Lin, Lee ve Fan (2025) tarafından gerçekleştirilen "Exploring the impacts of autonomous vehicles on the insurance industry and strategies for adaptation" başlıklı çalışmadır. Çalışmanın temel amacı, otonom araç teknolojilerinin sigorta sektöründe hangi alanlarda dönüşüm baskısı yarattığını sigorta şirketlerinin bakış açısıyla ortaya koymak ve sektörün bu dönüşüme nasıl uyum sağlayabileceğini analiz etmektir. Bu yönüyle çalışma, otonom araç literatüründe sıklıkla

teorik düzeyde ele alınan tartışmaları, işbu çalışmaya benzer biçimde doğrudan sektör algıları üzerinden değerlendirmesi bakımından önem taşımaktadır.

Çalışmanın kapsamı, Tayvan oto sigortası pazarında faaliyet gösteren ve yüksek pazar payına sahip üç büyük elementer sigorta şirketi ile otomotiv üretimi yatırımı veya sermaye bağlantısı bulunan bir elementer sigorta şirketini içermektedir. Bu seçim, hem geleneksel sigortacılık bakış açısını hem de üreticiyle ilişkili sigorta modellerinin algılarını karşılaştırmalı olarak değerlendirmeye imkân tanımaktadır. Araştırmada sigorta sektörünün algısı, genel kamuoyu veya tüketici görüşleri yerine, oto sigortası, risk kabulü, hasar ve risk yönetimi alanlarında uzman sigorta profesyonellerinin değerlendirmelerine dayandırılmıştır (Lin, Lee ve Fan, 2025).

Yöntemsel olarak çalışmada çok aşamalı bir yaklaşım benimsenmiştir. İlk aşamada kapsamlı bir literatür taraması yapılarak otonom araçların sigorta sektörüne olası etkileri sistematik biçimde sınıflandırılmıştır. Bu çerçevede etkiler üç ana kategori altında toplanmıştır: sigorta pazarında değişimler, sigorta iş operasyonlarında güncellemeler ve yeni risklerin ortaya çıkışı. Bu ana kategoriler altında toplam yirmi alt etki tanımlanmış ve değerlendirmeye alınmıştır. Bu sınıflandırma, sigorta sektöründe dönüşümün yalnızca prim gelirleri veya pazar büyüklüğü ile sınırlı olmadığını; operasyonel süreçler ve risk yapısı üzerinde de önemli etkiler yarattığını göstermektedir.

İkinci aşamada, sigorta şirketlerinin bu etkileri nasıl önceliklendirdiğini ölçmek amacıyla analitik hiyerarşi süreci kullanılmıştır. Uzman katılımcılardan, belirlenen ana ve alt etki kategorilerini ikili karşılaştırmalar yoluyla değerlendirmeleri istenmiş; karşılaştırmalar Saaty'nin 1–9 ölçeği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler üzerinden her bir etkinin göreli önem ağırlıkları hesaplanmış ve tutarlılık oranları kontrol edilerek uzman yargılarının güvenilirliği sağlanmıştır. Bu yöntem sayesinde, sigorta şirketlerinin otonom araçların hangi etkilerini daha kritik gördükleri nicel ağırlıklar aracılığıyla ortaya konmuştur.

Araştırmada ayrıca, sigorta şirketleri arasındaki algı benzerliklerini ve farklılıklarını test etmek amacıyla Spearman sıra korelasyon analizi uygulanmıştır. Her bir şirket için elde edilen önem sıralamaları karşılaştırılmış ve şirketlerin değerlendirmeleri arasındaki tutarlılık

istatistiksel olarak ölçülmüştür. Elde edilen yüksek ve anlamlı korelasyon katsayıları, farklı kurumsal arka planlara sahip sigorta şirketlerinin otonom araçların sigorta sektörüne etkileri konusunda genel olarak benzer bir algıya sahip olduğunu göstermektedir.

Çalışmanın bulguları, sigorta şirketlerinin otonom araçların etkisini en çok sigorta iş operasyonlarında güncellemeler ve yeni risklerin ortaya çıkışı alanlarında yoğunlaştığını düşündüklerini ortaya koymaktadır. Buna karşılık, sigorta pazarının tamamen daralması veya geleneksel oto sigortası iş modellerinin kısa vadede ortadan kalkması gibi etkiler görece daha düşük önem düzeyinde değerlendirilmiştir. Tüm şirketler açısından en kritik ortak endişe, otonom araç kazalarında üretici, yazılım sağlayıcı, ağ ve altyapı hizmet sağlayıcıları gibi çok sayıda aktörün devreye girmesi nedeniyle ortaya çıkan çok taraflı ürün sorumluluğu hasar taleplerinin yönetimindeki karmaşıklık olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca sistem arızaları, siber saldırılar ve hukuki düzenlemelerin teknolojik gelişmelere yetişememesi de yüksek öncelikli risk alanları arasında yer almaktadır.

Sigorta şirketleri perspektifini bireysel düzeyde ele alan çalışmalar arasında Xu ve Fan (2019) tarafından gerçekleştirilen anket temelli araştırma da dikkat çekmektedir. Çalışmanın amacı, otonom araçlara yönelik risk algısının sigorta talebi üzerindeki etkisini bireyler ve sigorta tüketicileri açısından incelemektir. Çin'de gerçekleştirilen geniş ölçekli anket çalışmasına dayanan araştırmada istatistiksel analiz ve yapısal modelleme yöntemleri kullanılmıştır. Bulgular, bireylerin otonom araçlara duyduğu güven düzeyinin sigorta talebini doğrudan etkilediğini; belirsizlik ve risk algısının yüksek olduğu durumlarda sigorta talebinin arttığını göstermektedir. Bu sonuçlar, sigorta şirketlerinin algıları ile tüketici algıları arasında dolaylı ancak önemli bir ilişki bulunduğunu ve risk iletişimi stratejilerinin giderek önem kazandığını ortaya koymaktadır (Xu ve Fan, 2019).

Algı literatürüne daha makro düzeyden katkı sunan çalışmalardan biri de Gatzert ve Osterrieder (2020)'dir. Bu çalışma, otonom ve bağlantılı mobilite sistemlerinin otomobil sigortası üzerindeki etkilerini sistematik bir çerçevede incelemeyi amaçlamaktadır. Yazarlar, otomobil sigortasını daha geniş bir mobilite ekosisteminin parçası olarak ele almakta ve riskin bireysel sürücüden sistem ve hizmet sağlayıcılara doğru kaydığı bir dönüşüm sürecini analiz etmektedir. Kavramsal analiz ve literatür sentezine dayanan çalışma, otonom araçların

sigorta sektöründe doğrudan bir risk azalmasından ziyade, riskin niteliğini ve dağılımını değiştirdiğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda ürün sorumluluğu, siber riskler ve üretici–sigortacı iş birlikleri, sigorta şirketlerinin stratejik gündeminde öne çıkan başlıca alanlar olarak tanımlanmaktadır (Gatzert, Osterrieder. 2020).

Bu literatür kümesinin genel değerlendirmesi, sigorta şirketlerinin otonom araçlara ilişkin riskleri büyük ölçüde fark ettiğini; ancak bu risklerin nasıl yönetileceğine ilişkin net ve yerleşik bir yol haritasının henüz oluşmadığını göstermektedir. Algı çalışmalarının ortak sonucu, sigorta sektöründe algı ile uygulama arasında bir boşluk bulunduğu yönündedir. Sigorta şirketleri dönüşümün kaçınılmaz olduğunun farkındadır; ancak hukuki belirsizlikler, veri erişimi sorunları ve yeni risk türlerinin sigortalanabilirliği konusundaki belirsizlikler, stratejik karar alma süreçlerini zorlaştırmaktadır. Bu tespit, izleyen bölümde ele alınacak literatür boşluğu ve tezin konumlandırılması açısından belirleyici bir önem taşımaktadır.

2.4. Literatürdeki Boşluk ve Tezin Konumlandırılması

Otonom araçlar ile sigorta sektörü arasındaki ilişkiyi ele alan literatür bütüncül olarak incelendiğinde, çalışmaların belirli tematik eksenler etrafında yoğunlaştığı; ancak bu eksenler arasındaki etkileşimin çoğu zaman parçalı biçimde ele alındığı görülmektedir. Teknik güvenlik ve kaza oranlarına ilişkin ampirik çalışmalar, hukuki sorumluluk rejimlerini tartışan normatif analizler ve sigorta sektörünün iş modellerine odaklanan stratejik değerlendirmeler literatürde geniş yer bulmasına rağmen, bu alanların sigorta şirketleri perspektifinden birlikte ve yapılandırılmış biçimde ele alındığı çalışmaların sayısı sınırlıdır.

Özellikle teknik ve mühendislik odaklı literatür, otonom sürüş sistemlerinin trafik güvenliği üzerindeki potansiyel etkilerini istatistiksel ve deneysel yöntemlerle ortaya koymakta; kaza sıklığı ve şiddetinde azalma beklentisine işaret etmektedir (Benson vd., 2018; Cicchino, 2017; Dingus vd., 2016). Ancak bu çalışmalar, söz konusu teknik kazanımların sigorta sektöründe risk kabulü, prim yapısı ve hasar süreçlerine nasıl yansıdığına dair doğrudan bir değerlendirme sunmamaktadır. Riskin nicel olarak azalmasının, sorumluluk zincirinin karmaşıklaşmasıyla birlikte sigortacılık açısından yeni belirsizlikler doğurabileceği hususu çoğu zaman ikincil düzeyde ele alınmaktadır.

Hukuk literatüründe ise otonom araçların mevcut haksız fiil ve ürün sorumluluğu rejimleriyle yarattığı uyumsuzluklar ayrıntılı biçimde tartışılmaktadır (Marchant & Lindor, 2012; Geistfeld, 2017; Anderson vd., 2018). Bu çalışmalar, sürücü merkezli sorumluluk anlayışının otonom sistemlerde sürdürülemez hale geldiğini güçlü biçimde ortaya koymakta; üretici, yazılım geliştirici ve sistem sağlayıcıların sorumluluğunun artacağını öngörmektedir. Bununla birlikte, bu normatif tartışmaların sigorta şirketleri tarafından nasıl algılandığı, bu algının risk kabulü politikalarına, ürün tasarımına ve tazminat stratejilerine nasıl yansıdığı çoğu zaman varsayım düzeyinde kalmaktadır.

Sigorta sektörüne odaklanan stratejik ve politika temelli literatür ise otonom araçların sigorta pazarında yaratacağı dönüşümü senaryo analizleri ve kavramsal çerçeveler üzerinden ele almaktadır (Gatzert & Osterrieder, 2020; KPMG, 2016; Lloyd's, 2017). Bu çalışmalar, prim baskısı, ürün sorumluluğu sigortalarının yükselişi, veri temelli fiyatlama ve üretici ile sigortacı iş birlikleri gibi önemli dönüşüm alanlarını ortaya koymaktadır. Ancak bu literatürün önemli bir kısmı, sigorta sektörünü homojen bir aktör olarak ele almakta; farklı kurumsal yapılara, pazar paylarına veya otomotiv sektörüyle ilişkilerine sahip sigorta şirketleri arasındaki algı ve öncelik farklılıklarını yeterince ayrıştırmamaktadır.

Bu bağlamda literatürde öne çıkan temel boşluk, otonom araçların sigorta sektörü üzerindeki etkilerinin sigorta şirketlerinin algıları, önceliklendirmeleri ve karar verme mantıkları üzerinden ampirik ve yapılandırılmış biçimde incelenmemiş olmasıdır. Mevcut çalışmaların büyük bir bölümü ya tüketici algısına odaklanmakta (Xu & Fan, 2019) ya da sigorta sektörünü teorik çıkarımlar üzerinden değerlendirmektedir. Sigorta şirketlerinin otonom araç kaynaklı riskleri nasıl sıraladığı, hangi riskleri daha kritik gördüğü ve bu algıların kurumsal stratejilere nasıl yansıdığı literatürde sınırlı sayıda çalışma tarafından ele alınmıştır.

Bu noktada Lin, Lee ve Fan (2025) tarafından gerçekleştirilen çalışma önemli bir istisna teşkil etmekle birlikte, belirli ülke pazarının çok kısıtlı sigortacı örnekleriyle sınırlı olması ve hukuki sorumluluk rejimleriyle sigorta algıları arasındaki ilişkiyi ikincil düzeyde ele alması nedeniyle genellenebilirlik ve bütüncüllük açısından sınırlılıklar taşımaktadır. Ayrıca mevcut algı çalışmalarının çoğu, risklerin göreli önemini nicel olarak ortaya koymakla yetinmekte;

bu algıların mevcut hukuki yapı ve sigorta uygulamalarıyla nasıl kesiştiğini derinlemesine irdelememektedir.

Bu çalışma, söz konusu literatür boşluğunu doldurmayı amaçlayarak, otonom araçların sigorta sektörü üzerindeki etkilerini sigorta şirketleri perspektifinden, algı temelli ve çok boyutlu bir analiz çerçevesi içinde ele almaktadır. Çalışma, risk ve sorumluluğun yeniden dağılımı literatürü ile sigorta şirketlerinin operasyonel ve stratejik algılarını bir arada değerlendirerek, bu iki alan arasındaki etkileşimi görünür kılmayı hedeflemektedir. Böylece otonom araçların sigorta sektörüne etkileri yalnızca "ne olabilir?" sorusu üzerinden değil, "sektör bu dönüşümü nasıl algılıyor ve önceliklendiriyor?" sorusu üzerinden ele alınmaktadır.

Sonuç olarak bu çalışma, literatüre üç temel katkı sunmayı amaçlamaktadır. İlk olarak, sigorta şirketlerinin otonom araçlara ilişkin algılarını yapılandırılmış ve ölçülebilir bir biçimde ortaya koyarak ampirik bir boşluğu doldurmaktadır. İkinci olarak, bu algıları hukuki sorumluluk ve risk dönüşümü literatürü ile ilişkilendirerek disiplinler arası bir değerlendirme sunmaktadır. Üçüncü olarak ise, elde edilen bulgular aracılığıyla sigorta sektörü ve politika yapıcılar için uygulanabilir çıkarımlar üretmeyi hedeflemektedir. Bu yönleriyle tez, otonom araçlar ve sigorta ilişkisine dair mevcut literatürü tamamlayıcı ve derinleştirici bir konumda yer almaktadır.

3. OTONOM ARAÇLAR ile MÜLKİYET ve SORUMLULUK İLİŞKİSİ

Mülkiyet kavramı, özellikle sanayi devrimi sonrasında motorlu taşıtların kitlesel üretimiyle birlikte, modern özel hukukun merkezi kategorilerinden biri hâline gelmiştir. Honoré'nin klasik çalışmasında ortaya koyduğu üzere, modern mülkiyet hakkı kullanım, yararlanma (semereden faydalanma) ve elden çıkarma gibi çekirdek yetkileri bünyesinde barındıran çok boyutlu bir hukuki konumdur (Honoré, 1961). Motorlu taşıtların geniş kitleler tarafından erişilebilir hale geldiği 20. yüzyıl boyunca, araç mülkiyeti yalnızca ekonomik bir yatırım değil, aynı zamanda sınıfsal konum, toplumsal statü ve bireysel özgürlüğün somut bir göstergesi olarak kavramsallaştırılmıştır (Featherstone, 2004). Özel otomobil sahibi olmak, hem mekânsal hareketlilik hem de sembolik sermaye bakımından bireye ayrıcalıklı bir konum sağlamış, bu nedenle araç mülkiyeti güçlü bir normatif ideal hâline gelmiştir.

Bununla birlikte, son yirmi yılda dijitalleşme, kentleşme ve paylaşım ekonomisinin yükselişi gibi dinamikler, geleneksel anlamda bir kişiye ait araç paradigmasını sarsmaya başlamıştır. Bu dönüşümün en görünür olduğu alanlardan biri, otonom (yüksek düzeyde otomasyonlu) araç teknolojileridir. Otonom sürüş sistemleri, bir yandan aracın kullanım biçimini ve trafik pratiklerini dönüştürürken, diğer yandan mülkiyet, zilyetlik, işletme ve risk dağılımı gibi temel hukuk kurumlarının yeniden düşünülmesini zorunlu kılmaktadır. Geleneksel modelde birey, kendi aracını satın alıp mülk edinmekte ve araç çoğu zaman kullanım dışı uzun süreler boyunca park hâlinde beklemektedir. Bu durum, büyük bir atıl kapasiteye ve kent mekânında otopark ihtiyacının ciddi ölçüde artmasına yol açmaktadır. Otonom araçların filolar halinde, paylaşım esaslı modellerle işletilmesi ise, araç sahipliğinin yerini giderek araç hizmetine erişim ilişkisine bırakabilecek potansiyele sahiptir.

Otonom araçların klasik taşıtlardan temel farkı, sadece fiziksel bir nesne olmaktan çıkıp, yazılım katmanları, sensör setleri, sürekli güncellenen algoritmalar ve büyük veri işleme altyapılarıyla bütünleşmiş "siber-fiziksel platformlar" hâline gelmeleridir (Conrad vd., 2023). Bu nedenle taşıt mülkiyeti, artık yalnızca araç gövdesi, motoru ve donanımı üzerinde kurulan aynî bir hak olarak düşünülemez hale gelmekte; aynı zamanda aracın işletilmesi için zorunlu olan yazılımların, güncellemelerin, telematik veri akışlarının ve yapay zekâ modellerinin kullanım ve kontrol haklarını da kapsayan katmanlı bir yapı kazanmaya

başlamıştır. Özellikle veri mülkiyeti ve veri üzerinde tasarruf yetkisi, otonom araçlarla birlikte hem özel hukuk hem de kamu hukuku bakımından yeni bir tartışma alanı yaratmaktadır (Koopman & Wagner, 2017). Otonom araç tarafından toplanan konum, hız, çevresel algı, kullanıcı profili ve sürüş davranışı gibi verilerin kime ait olduğu, bu verilerin hangi hukuki rejime bağlı olarak saklanacağı, hangi koşullarda üçüncü kişilere aktarılabileceği ve kaza sonrası delil teşkil eden veriye kimlerin erişebileceği gibi sorular, mevcut mülkiyet ve kişisel verilerin korunması rejimlerinin sınırlarını zorlamaktadır.

Bu bağlamda, Honoré'nin (1961) klasik mülkiyet yetkileri dizisinin, otonom araçlar karşısında tamamlayıcı yeni unsurlarla genişlediği söylenebilir. Artık mülkiyetin içeriği yalnızca kullanma, yararlanma ve tasarruf ile sınırlı değildir; bunlara ek olarak veri üzerinde kontrol, yazılımı güncelleme veya güncellemeyi reddetme, sistemi işletme ve kapatma gibi dijital nitelikli yetkiler de mülkiyetin içerdiği işlevsel unsurlar hâline gelmiştir. Bu da mülkiyetin salt niceliksel değil, niteliksel bir dönüşüm geçirdiğine işaret etmektedir.

Ampirik çalışmalar, otonom ve paylaşımlı araç sistemlerinin yaygınlaşmasının araç sahiplik oranlarını kayda değer biçimde azaltabileceğini ortaya koymaktadır. Singapur'da yürütülen bir pilot uygulamada, paylaşımlı otonom araç sisteminin devreye girmesiyle bireysel araç sahipliğinde çift haneli oranlarda bir azalma potansiyeli bulunduğu; bir otonom taksinin, gün içi kullanım döngüsü dikkate alındığında, yaklaşık 9–10 özel aracın yaptığı işi yerine getirebildiği yönünde projeksiyonlar bulunmaktadır (Spieser vd., 2014). Bu senaryoda, kent içi araç park ihtiyacının azalması, trafik sıkışıklığının hafiflemesi ve karbondioksit salımının düşmesi gibi ikincil faydalar da öne çıkmaktadır.

Araç mülkiyetindeki bu muhtemel azalma, sigorta hukuku bakımından da radikal sonuçlar doğurmaktadır. Geleneksel düzenek, bireysel araç sahibinin işleten sıfatına sahip olduğu ve bu nedenle zorunlu mali sorumluluk sigortasının birey üzerinden kurulduğu bir modele dayanır. Oysa otonom filoların ve hizmet olarak mobilite modellerinin yaygınlaşması halinde, araçların çoğunun mülkiyeti ve işletilmesi üreticiler, teknoloji şirketleri veya filo işletmecisi kurumsal aktörlerde toplanacak; birey ise sürücü/işleten değil, büyük ölçüde yolcu/hizmet kullanıcısı konumuna gerileyecektir. Bu durumda, kazalarda zarar gören üçüncü kişilere karşı sorumluluğun bireyden ziyade işletmeci şirketlere ve üreticilere

kayması, buna paralel olarak da sigorta poliçelerinin birey odaklı olmaktan çıkıp kurumsal filoları ve ürün sorumluluğunu kapsayacak biçimde yeniden yapılandırılması beklenmektedir. Nitekim sigorta piyasasına ilişkin bazı raporlar, 2040'lı yıllarda bireylerin klasik anlamda trafik sigortası yaptırma ihtiyacının önemli ölçüde azalabileceğini, sorumluluk yükünün büyük ölçüde üretici ve filo işletmecilerinin yaptırdığı sorumluluk ve ürün sigortalarına taşınacağını öngörmektedir.

Öte yandan literatürde, otonom araçların her koşulda araç sahipliğini azaltmayacağı yönünde uyarılar da mevcuttur. Özellikle yüksek gelirli kentli kesimlerde, bireysel araç sahipliğinin bir statü ve mahremiyet göstergesi olarak önemini koruyabileceği; otonom teknolojinin ise sürüş yükünü azaltarak özel araç kullanımını daha cazip hâle getirebileceği ileri sürülmektedir. Bazı ampirik çalışmalar, otomasyonun konforu artırarak bireyleri kamusal taşımacılık yerine özel araca yöneltebileceği ihtimaline dikkat çekmektedir. Dolayısıyla araç mülkiyetindeki dönüşüm, yalnızca teknolojik kapasiteyle değil, kültürel tercihler, gelir dağılımı ve şehircilik politikalarıyla da yakından bağlantılıdır. Buna rağmen, genel eğilimin araç sahipliğinden hizmete erişime doğru yöneldiği, Uber, Lyft, BlaBlaCar gibi platformlarla başlayan paylaşımcı mobilite modelinin, otonom filolarla birlikte daha kurumsal ve yerleşik hâle geleceği öngörülmektedir.

Tüm bu gelişmeler, mülkiyet ve sorumluluk rejimlerinin yeniden yorumlanmasını zorunlu kılmaktadır. Mevzuatta araç maliki ve işleten kavramları, halen ağırlıklı olarak insan sürücünün aktif olduğu senaryoları esas almaktadır. Oysa otonom filo modellerinde mülkiyet, kullanım ve işletme fonksiyonları birbirinden belirgin şekilde ayrışabilmektedir: Aracın maliki bir finans kuruluşu, fiili işleteni filo şirketi, sistemin teknik gözetimi ise yazılım sağlayıcı veya veri operatöründe olabilir. Bu karmaşık yapı, kazalardan doğan hukuki sorumluluğun kime atfedileceği ve sigorta yükümlülüğünün nasıl dağıtılacağı sorularını gündeme getirmektedir. İşte bu nedenle, aşağıdaki alt bölümlerde önce geleneksel taşıt mülkiyeti ve işleten kavramı ele alınacak; ardından otonom sistemlerle birlikte sorumluluğun sürücüden üretici ve yazılım geliştiriciye doğru kaydığı yeni rejim tartışılacak ve nihayet karşılaştırmalı hukukta gelişmiş ülke örnekleri ışığında ortaya çıkan modeller analiz edilecektir.

3.1. Geleneksel Taşıt Mülkiyeti ve İşleten Kavramı

Klasik motorlu taşıt hukukunda taşıt mülkiyeti ile taşıtın işletilmesi kavramları büyük ölçüde örtüşmektedir. Kural olarak, araç maliki aynı zamanda taşıtı fiilen işleten ve ondan ekonomik veya kişisel yarar sağlayan kişidir. Bu nedenle pek çok hukuk sisteminde, motorlu araçtan doğan zararlar bakımından malikin işleten sıfatıyla kusursuz sorumluluğu kabul edilmiştir. Türk hukukunda Karayolları Trafik Kanunu (KTK) m. 85, Alman hukukunda Straßenverkehrsgesetz (StVG) § 7 ve Fransız hukukunda Code de la Route ile bağlantılı hükümler, işletenin tehlike esasına dayalı sorumluluğunu düzenlemektedir (Zweigert & Kötz, 1998).

3.1.1. Taşıt Mülkiyeti ve İşleten Kavramının Tanımı

İşleten, motorlu bir araç üzerinde fiilî veya hukuki tasarruf yetkisini elinde bulunduran, aracın trafikte kullanılmasından doğan menfaatleri elde eden ve bu faaliyetin yaratacağı risklerin sonuçlarına katlanmakla yükümlü olan kişi olarak tanımlanır. Bu kişi, çoğu zaman araç maliki ile özdeş olmakla birlikte, her zaman malik olmak zorunda değildir. Aracı uzun süreli kira, leasing, rehin veya ödünç sözleşmeleri çerçevesinde fiilen kullanan; aracı kendi hesabına ve riski kendisine ait olmak üzere işletme organizasyonu içine katan kişi de, malik olmasa dahi işleten sayılabilir. Dolayısıyla işlerlik kazanmış doktrinde işleten kavramının, mülkiyet kavramından daha geniş bir fonksiyona sahip olduğu kabul edilmektedir. İşleten statüsünün belirlenmesinde doktrinde öne çıkan unsurlar şu şekilde özetlenebilir:

- **Araç üzerinde tasarruf ve hâkimiyet yetkisi:** Aracın hangi amaçla, hangi güzergahta, kim tarafından kullanılacağına fiilen ve/veya hukuken karar verme gücü.
- **Araçtan ekonomik veya kurumsal yarar sağlama:** Aracın kullanımından düzenli veya sistematik bir menfaat elde edilmesi (örneğin yolcu veya yük taşıma faaliyeti, şirket aracı kullanımı, hizmet sunumu).
- **Ulaşım organizasyonunu kurma ve sürdürme:** Aracı, bir işletme faaliyeti veya kurumsal yapı içerisinde düzenleyip yöneten taraf olma.

- **Risk ve sorumluluğu üstlenme iradesi:** Araçtan doğan zararlar bakımından, kanunen veya sözleşme gereği sorumluluğu üstlenmiş bulunma.

Bu çerçevede, işleten sıfatı aracın maliki, uzun süreli kiracı veya leasing alan ticari veya kamu hizmeti kapsamında çok sayıda araç işleten şirketler ve belediyeler, aracın fiili kullanımını ve yönetimini devralmış üçüncü kişilerce devralınabilmektedir.

Türk hukukunda KTK m. 3, işleteni ayrıntılı biçimde tanımlamaktadır. Buna göre işleten, aracın sahibi olan veya mülkiyeti muhafaza kaydıyla satışta alıcı sıfatıyla sicilde kayıtlı görülen ya da uzun süreli kiralama, ödünç veya rehin hâllerinde aracı kiralayan, ödünç alan veya rehin alan kişidir. Ayrıca hüküm, araç üzerinde fiili tasarrufu ve işletme hâkimiyetini elinde bulunduran başka bir kişinin varlığı hâlinde, bu kişinin de işleten sayılabileceğini kabul ederek mülkiyet ve işletme fonksiyonlarının ayrışmasını açıkça tanımaktadır. Bu yaklaşım, mülkiyet hakkının aynî niteliğini korurken, trafik kazalarından doğan sorumluluğun, fiilen riski yaratan ve ondan fayda sağlayan kişiye yöneltilmesini hedeflemektedir.

Benzer şekilde, Almanya'da işleten (halter), Fransa'da sorumlu kişi (gardien de la chose) kavramları, araç üzerindeki fiilî ve ekonomik hâkimiyetin kime ait olduğunu esas alır. Böylece, mülkiyet ve kullanımın farklı kişilere ait olduğu durumlarda, kazadan doğan hukuki sorumluluk malikten çok fiili işletene yüklenebilmektedir.

Otonom araçlar bağlamında ise, bu geleneksel çerçeve önemli ölçüde karmaşıklaşmaktadır. Zira otonom filolarda bir yandan yazılım geliştiriciler ve telematik veri operatörleri, diğer yandan uzaktan erişimle aracı izleyen veya durdurabilen kontrol merkezleri devreye girmektedir. Bu aktörlerin işleten tanımı içine girip girmeyeceği, klasik unsurların (tasarruf, yarar, organizasyon, sorumluluk) bu yeni yapıya nasıl uygulanacağı, mevzuat revizyonlarını zorunlu kılan temel sorunlardan biridir.

3.1.2. İşletenin Sorumluluğunun Hukuki Dayanakları

Türk hukukunda araç işleteninin sorumluluğu, KTK m. 85'te düzenlenen tehlike sorumluluğu rejimine dayanır. Bu hüküm, bir motorlu aracın işletilmesi bir kimsenin

ölümüne, yaralanmasına veya bir malın zarar görmesine sebep olursa, motorlu aracın işleteninin kusuru aranmaksızın zarardan sorumlu olacağını öngörür. Böylece klasik haksız fiil sorumluluğundan (Türk Borçlar Kanunu m. 49 vd.) farklı olarak kusur unsuru geri plana itilmekte, motorlu aracın "tehlikeli işletme" niteliği ön plana çıkmaktadır.

Bu sıkı sorumluluk rejiminin normatif dayanağı, motorlu araçların üçüncü kişiler bakımından yüksek risk yaratması ve trafik mağdurlarının korunması gereğidir. Yargıtay içtihatlarında da KTK m. 85 kapsamındaki sorumluluğun kusursuz sorumluluk niteliği vurgulanmakta; işletenin ancak mücbir sebep, zarar görenin ağır kusuru veya üçüncü kişinin ağır kusuru gibi istisnai hâllerin varlığını ispat ederek sorumluluktan kurtulabileceği kabul edilmektedir. Aynı zamanda işletenin sorumluluğu, zorunlu mali sorumluluk sigortası yoluyla sigorta sistemine bağlanmış; böylece tehlike sorumluluğu ile sigorta kurumları üzerinden risk dağılımı arasında işlevsel bir bağ kurulmuştur.

Avrupa Birliği hukukunda doğrudan işleten sorumluluğunu harmonize eden yeknesak bir maddi hukuk normu bulunmamakla birlikte, 2009/103/EC sayılı Motor Sigortası Direktifi, üye devletleri motorlu araçlardan doğan sorumluluğu sigorta ile teminat altına alma yükümlülüğüyle bağlamaktadır. Üye ülkelerin büyük çoğunluğu, ulusal hukuklarında işletenin kusursuz sorumluluğunu benimsemiş olup, Almanya'da StVG § 7 (tehlike sorumluluğu), Fransa'da Badinter Yasası (kusur aramayan, zarar göreni koruyan özel sorumluluk rejimi) gibi düzenlemeler bu yönüyle Türk hukukuna paralel bir yaklaşım sergilemektedir.

Amerikan hukukunda ise sistem daha dağınık ve eyalet bazlıdır. Genel kural, kazada kusurlu sürücünün (operator) ihmal sorumluluğuna dayanılmasıdır; ancak bazı eyaletlerde araç sahibinin, aracı rızasıyla kullandırdığı kişilerin kusurlarından dolayı vekalet sorumluluğu esasına göre sorumlu tutulduğu görülmektedir (örneğin New York Vehicle and Traffic Law § 388). Buna karşılık, 2005 tarihli Graves Amendment, araç kiralama ve leasing şirketlerini salt mülkiyet sıfatları nedeniyle sorumlu kılan eyalet düzenlemelerini federal düzeyde sınırlandırmıştır. Bu parçalı yapı, otonom araçlar bakımından da ABD'de yeknesak bir işleten sorumluluğu doktrininin oluşmasını güçleştirmektedir.

3.1.3. Mülkiyet Kavramının Motorlu Taşıt Sigortalarına Yansıması

Taşıt mülkiyeti ve işleten kavramının içeriği, motorlu taşıt sigortalarının kapsamını doğrudan belirlemektedir. Zorunlu mali sorumluluk sigortası (trafik sigortası), hukuken işleten sıfatını taşıyan kişinin üçüncü kişilere karşı sorumluluğunu teminat altına alan ve pek çok ülkede yasal zorunluluk teşkil eden bir sigorta türüdür. Buna karşılık kasko sigortası, aracın malikinin kendi malvarlığına ilişkin zararları (araçta oluşan hasarı) korumaya yönelik, isteğe bağlı bir sigortadır.

Türkiye'de KTK m. 91, trafiğe çıkan her motorlu araç için zorunlu mali sorumluluk sigortası yaptırılmasını zorunlu kılmakta; bu poliçenin sigortalısı olarak da işleteni (çoğu zaman maliki veya uzun süreli kiracıyı) esas almaktadır. Poliçeler genellikle, işletenin yanı sıra, onun izniyle aracı fiilen kullanan sürücüyü de sigorta korumasına dâhil eder. Böylece işletenin tehlike sorumluluğu, sigorta şirketi üzerinden zarar gören üçüncü kişiye karşı fiilen güvence altına alınmış olur. Buna karşılık kasko poliçesinde lehtar çoğu zaman maliktir; leasing veya uzun süreli kiralama hâllerinde ise malikin menfaati ayrıca korunur. Bu ayrım, mülkiyet ile işletmenin farklı kişilerde olduğu senaryolarda (örneğin operasyonel kiralama) sigorta ilişkisini belirlemede kritik önem taşımaktadır.

Avrupa'da da benzer bir tablo söz konusudur. Zorunlu trafik sigortası poliçeleri, aracın tescilli sahibi veya fiili işleteni adına düzenlenir; poliçede sürücünün adı tek tek belirtilmese bile, aracı izinli olarak kullanan sürücülerin verdiği zararlar da poliçe kapsamında değerlendirilir. Sigorta, dış ilişkide mağdurun tazminini garanti ederken, iç ilişkide kusur oranlarına göre sigortacının sigortalısına veya üçüncü kişilere rücu etmesi mümkün hale gelmektedir.

ABD'de oto sorumluluk sigortası, çoğu eyalette zorunlu olup, poliçe sigortalı kavramını geniş yorumlayarak, poliçe sahibinin (çoğunlukla malik) yanında onun hane halkını ve rızasıyla aracı kullanan üçüncü kişileri de kapsar. Kaza anında üçüncü kişinin zararı öncelikle aracın poliçesi üzerinden karşılanır; sürücünün kendi adına yaptırdığı poliçe çoğu zaman tali ya da ikincil/tamamlayıcı niteliktedir. Bu modelde de mülkiyet ve işletme, sigorta tasarımında iç içe geçmiş durumdadır.

3.1.4. Mülkiyet ve İşleten Ayrılığı

Mülkiyet ve fiili işletimin farklı kişilerde birleştiği durumlar, hem sorumluluk hem de sigorta hukuku bakımından özgül sorunlar doğurmaktadır. Finansal kiralama ve operasyonel kiralama bu durumun en tipik örnekleridir. Türk hukukunda KTK m. 3, uzun süreli kiralama veya finansal kiralama hâllerinde kiracıyı işleten olarak tanımlamaktadır. Dolayısıyla araç kiralama veya leasing ilişkilerinde, kazalardan doğan tehlike sorumluluğu kural olarak kiracıya yüklenmekte; araç maliki olan kiralama şirketi veya finans kuruluşu ise, ancak kendi kusurunun varlığı hâlinde (örneğin aracı ağır kusurlu bir teknik arıza ile teslim etmesi) genel hükümler çerçevesinde sorumlu tutulabilmektedir. Trafik sigortasının kiracı adına düzenlenmesi ve sigorta primlerinin sözleşmeyle kiracıya yüklenmesi, bu ayrımı sigorta tekniği düzeyinde de kurumsallaştırmaktadır.

Araç çalınması veya gasp edilmesi hâllerinde ise, KTK m. 107 özel bir düzenleme getirerek aracı rızası dışında elinde bulunduran kişiyi işleten gibi sorumlu tutmakta; aracın çalındığını bildiği hâlde araca binen kişi açısından da müşterek sorumluluk öngörmektedir. Bu hüküm, gerçek işletenin (malikin) ancak gerekli özen yükümlülüğünü yerine getirdiğini ispat etmesi hâlinde sorumluluktan kurtulabileceğini öngörerek, tehlike sorumluluğu ile kusur sorumluluğu arasında bir denge kurmaktadır. Uygulamada Yargıtay, yalnız araç çalınması beyanını yeterli görmemekte; malikten, hırsızlığı önlemek için makul tedbirleri alıp almadığını somut biçimde ortaya koymasını beklemektedir (Yargıtay HGK, 22.06.2011, E. 2011/17-398, K. 2011/434).

Avrupa Birliği ülkelerinde de kiralama ilişkilerinde benzer çözümler benimsenmiştir. Almanya'da halter kavramı, mülkiyetten bağımsız olarak araç üzerinde fiili ve ekonomik hâkimiyete sahip olan kişiyi ifade ettiği için, finansal kiralamalarda leasing alan kişi Halter kabul edilmekte; kiralama yapan finans kuruluşu ise trafik hukuku bakımından çoğu zaman sorumluluk dışı bırakılmaktadır. Fransa ve diğer bazı üye ülkelerde de kiracının sigorta yaptırması ve işleten sıfatıyla sorumluluğu üstlenmesi esastır.

ABD'de ise Graves Amendment sonrasında araç kiralama ve leasing şirketlerine, sadece maliki olmaları sebebiyle dolaylı sorumluluk yüklemek büyük ölçüde engellenmiştir. Bu

düzenleme, kazalardan doğan sorumluluğu ağırlıklı olarak kiracıya ve fiili sürücüye yönlendirmiş; kiralama şirketlerini ancak kendi ihmalleri (örneğin bakımsız ve tehlikeli araç tahsisi) hâlinde sorumlu tutmayı öngörmüştür. Bu ayrışma, sigorta şirketleri açısından da tazminat yükünün dağılımı ve rücu ilişkileri bakımından karmaşık yapılara yol açmaktadır. Zorunlu sigorta, zarar görene karşı dış ilişkide güvence sağlarken, iç ilişkide kusurlu aktörlere (alkollü sürücü, özen yükümlülüğünü ihlal eden malik, aracı çalan kişi vb.) rücu imkânı tanınmaktadır.

3.1.5. İşleten Kavramı ve Tazminat Sorumluluğunun Dağılımı

İşleten kavramı, zorunlu trafik sigortası poliçelerinin tasarımında sigortalı kimliğini belirleyen temel referans noktasını oluşturur. Zarar gören üçüncü kişi ile sigortacı arasındaki dış ilişkide, sigorta şirketi poliçe limitlerine kadar işletenin sorumluluğunu üzerine alır; bunun ötesinde kalan zararlar için işleten kendi malvarlığıyla sorumluluğunu sürdürür.

Bir kazada birden fazla araç veya birden fazla işletenin yer aldığı durumlarda, pek çok hukuk sistemi mağdurun korunmasını önceleyerek müteselsil sorumluluk ilişkisi kurmakta; daha sonra işletenler ve onların sigortacıları arasındaki iç ilişkide kusur oranlarına göre denkleştirme (rücu) yapma imkânı tanımaktadır. Örneğin çekici kamyon ile römorkun karıştığı kazalarda, bazı Avrupa ülkelerinde hem çekicinin hem römorkun işleteni üçüncü kişiye karşı müteselsil sorumludur; sigortacılar arası paylaşım ise özel anlaşmalar veya ulusal hukuk kurallarıyla düzenlenmektedir.

ABD'de ise poliçeler arasındaki ilişki birincil ve ikincil sigorta ayrımıyla belirlenmekte; bir kazada önce araç malikinin poliçesi devreye girmekte, bu limitin aşılması hâlinde sürücünün kendi poliçesi veya diğer sorumluların poliçeleri tali teminat olarak işletilmektedir. Böylece tazminat yükü, sigorta sözleşmelerinde yer alan diğer sigorta klozları uyarınca poliçeler arasında dağıtılmaktadır.

3.1.6. Rücu Hakkı, Süresiz/Sınırsız ve Objektif Sorumluluk

Rücu, işleten veya sigortacı gibi bir tazminat yükümlüsünün, ödediği tutar bakımından asıl kusurlu tarafa dönerek rücu hakkını kullanmasını ifade eder. Trafik kazaları bağlamında rücu,

hem sigortacının sigortalısına veya üçüncü kişilere karşı, hem de işletenin sürücüye veya diğer sorumlulara karşı başvurabileceği bir imkân olarak düzenlenmiştir.

Türk hukukunda zorunlu mali sorumluluk sigortası genel şartları, sigorta şirketine belirli poliçe ihlalleri (alkollü araç kullanımı, ehliyetsizlik, kast, aracın sözleşmeye aykırı kullanımı vb.) hâlinde rücu hakkı tanır. Sigortacı, zarar gören üçüncü kişiye tazminatı ödedikten sonra, bu ihlali gerçekleştiren sürücüye veya işletene dönerek ödediği miktarı talep edebilir. KTK m. 107 ve TBK m. 71–72 de, tehlike sorumluluğu ile kusur sorumluluğu arasındaki iç ilişkide rücu imkânını destekleyen hükümlerdir.

İşletenin sorumluluğu, miktar bakımından sigorta limitleriyle sınırlı değildir; sigorta yalnızca belirli bir tavanın altındaki zararları karşılar, limiti aşan kısımda işleten tüm malvarlığıyla sorumlu olmaya devam eder. Bu bakımdan doktrinde işletenin sınırsız (miktar bakımından) ve süresiz (zararın sonuçları ortaya çıktıkça talep edilebilir) bir sorumluluk taşıdığı ifade edilmektedir. Zamanaşımı süreleri saklı kalmak kaydıyla, kazadan yıllar sonra ortaya çıkan komplikasyonlar veya yeni zarar kalemleri de işletenin sorumluluğu kapsamına girebilmektedir.

Bütün bu yapı, motorlu taşıt işletiminin tehlike sorumluluğu rejimi içinde ele alınmasının bir sonucudur. Objektif sorumluluk, kusura dayanmayan, kanunla öngörülmüş bir sorumluluk türü olup, motorlu taşıt işleteninin sorumluluğu bunun tipik bir örneğidir. Tehlike sorumluluğunun normatif gerekçesi, riskten yararlananın riskin gerçekleşmesinin sonuçlarına da katlanması gerektiği düşüncesidir. Bu çerçevede, otonom araçlar bakımından da işleten sıfatının kime atanacağı ve bu kişiye yüklenen objektif sorumluluğun hangi sınırlar içinde işletileceği, sorumluluk hukukunun merkezî tartışma başlıklarından biri hâline gelmektedir.

3.2. Otonom Sistemlerle Birlikte Hukuki Çerçevenin Dönüşümü

Klasik karayolu trafik rejimi, ağırlıklı olarak insan sürücünün fiilî hâkimiyetini esas alan bir normatif çerçeveye dayanır. Mevcut sistemde, motorlu araçların işletilmesi sırasında üçüncü kişilere verilen zararlardan birincil olarak, işleten ile birlikte çoğu zaman kusurlu sürücü sorumludur; işleten, tehlike sorumluluğu çerçevesinde kusur aranmaksızın, sürücü ise kusuru

oranında tazminle yükümlü tutulur. Bu yapı, insan iradesinin taşıt üzerindeki belirleyici rolü üzerine kuruludur.

Oysa Seviye 4 ve Seviye 5 otonom araçlarda, araç kontrolü büyük ölçüde veya tamamen insan dışı sistemlere devredilmektedir (SAE International, 2021). Bu durumda, kazaya sebep olan fiilî kararların çoğu yazılım algoritmaları tarafından alınmakta; sürücü ya pasif bir yolcuya dönüşmekte ya da araçta hiç bulunmamaktadır. Böyle bir senaryoda klasik kusur analizinin, dikkatsizlik, özen eksikliği, hız sınırını aşma gibi insan davranışına dayalı kategorilerle yürütülmesi giderek imkânsız hâle gelmektedir.

Otonom araç kazalarının önemli bir kısmında, hata kaynağı insan sürücü değil, sistem bileşenleridir. Yazılım kodlama hataları, sensörlerin belirli koşullarda nesneleri algılayamaması, harita verisinin güncel olmaması, yapay zekâ modellerinin belirli trafik senaryolarında önyargılı veya yetersiz davranması gibi teknoloji kaynaklı kusurlar, kaza nedeni hâline gelebilmektedir (Koopman & Wagner, 2017). NHTSA ve diğer kurumların raporları, otonom veya ileri sürüş destek sistemleri devredeyken meydana gelen kazaların kayda değer bir bölümünde, insan unsurundan ziyade sensör veya yazılım kararlarına ilişkin sorunların rol oynadığını göstermektedir.

Bu tür kazalarda, sorumlu kavramının insan dışı sistemleri de kapsayacak şekilde genişlemesi, sorumluluk hukukunun temel varsayımlarını zorlamaktadır. Klasik model, fail olarak insanı merkez alırken; otonom sistemlerde kararları, iradeye sahip olmayan, belirli kodlanmış amaç ve kısıtlar içinde çalışan algoritmalar vermektedir. Bu algoritmaların etik ikilemler karşısındaki davranışları da ayrı bir tartışma alanı açmaktadır. Literatürde sıkça tartışılan örneklerde olduğu gibi, kaçınılmaz çarpışma durumlarında sistemin yolcunun mu yoksa yayaların mı güvenliğini önceleyeceği, çocuklar ile yetişkinler veya daha savunmasız kullanıcılar arasında nasıl bir tercih yapacağı soruları, klasik kusur–kast–ihmal üçlüsüyle açıklanamayacak denli normatif ağırlık taşımaktadır (Goodall, 2014). Bu nedenle, otonom sürüş sistemlerinin gelişimi, sorumluluk hukukunda üç temel sonucu beraberinde getirmektedir:

1. Taşıt işletimindeki insan müdahalesi ve dolayısıyla klasik sürücü kusurunun ağırlığı azalmaktadır.

2. Algoritmik kararlar, kusur analizini insan davranışı ekseninden sistem tasarımı ve işletimi eksenine kaydırmaktadır.

3. Kaza analizinde birden çok teknik aktörün (üretici, yazılım geliştirici, telematik veri sağlayıcı, filo operatörü) sorumluluğu birlikte değerlendirilmesi gereken çok aktörlü bir yapı ortaya çıkmaktadır.

Bu tablo karşısında, klasik sürücü sorumluluğuna dayalı tek merkezli modelin işlevsiz hâle geldiği; yerine sistem temelli ve ürün sorumluluğu eksenli bir rejimin ikame edilmesi gerektiği yönünde literatürde geniş bir uzlaşı oluşmuştur (Marchant & Lindor, 2012; Calo, 2016; Koopman & Wagner, 2017).

Bu durum, hukuki sorumluluk analizinde merkezî rolü sürücüden alarak, sistem tasarımcılarına ve üreticilere kaydırmaktadır. Hatalı bir kod satırı, eksik bir test senaryosu, yanlış kalibre edilmiş bir sensör veya yeterince doğrulanmamış bir makine öğrenmesi modeli, doğrudan kaza nedeni hâline gelebilir. Dolayısıyla sorumluluk artık, aracı virajda hızlı kullanan sürücüden çok virajı yanlış değerlendiren algoritmaya veya kaygan yolu doğru algılayamayan sensör sistemine odaklanmaktadır.

Bu noktada ürün sorumluluğu hukuku devreye girmektedir. Türk Borçlar Kanunu ve Tüketicinin Korunması Hakkında Kanun, ayıplı ürünün yol açtığı zararlardan üretici ve satıcının kusursuz sorumluluğunu öngörmektedir. Otonom araç, hem fiziksel yapı hem de yazılım bileşenleri itibarıyla ürün olarak kabul edildiğinde, yazılım hatası veya sistem kusuru sonucu meydana gelen kazalarda üreticinin sorumluluğunun da gündeme gelmesi kaçınılmazdır. Ancak uygulamada trafik kazaları çoğu zaman KTK çerçevesinde çözümlendiğinden, bu iki rejimin (tehlike sorumluluğu ve ürün sorumluluğu) otonom araç özelinde birbirine nasıl eklemleneceği hâlen önemli bir tartışma konusudur.

Nitekim otonom sistemlerin karıştığı ilk büyük kazalardan biri olarak literatüre giren 2018 tarihli Uber vakasında, ABD'de yürütülen soruşturma, aracın bir yayayı algıladığı hâlde

frenleme kararı vermemesinin yazılım tasarımına ilişkin sorunlarla bağlantılı olduğunu ortaya koymuştur (NTSB Report, 2019). Benzer biçimde Tesla'nın otopilot veya tam otonom sürüş fonksiyonları kullanılırken meydana gelen kazalarda, sistemin yeteneklerinin kullanıcılar tarafından abartıldığı, uyarıların yeterince açık olmadığı ve böylece sürücünün güvenli olmayan bir kullanım davranışına yönlendirildiği iddiaları gündeme gelmiştir. Bu örnekler, sorumluluk zincirinde sadece sürücünün değil, üreticinin, yazılım geliştiricinin ve platform sağlayıcının da yer aldığını çarpıcı biçimde göstermektedir (Oham, Kanhere, Jurdak & Jha, 2018). Bu bağlamda otonom sürüşle birlikte sorumluluk rejiminde sürücüden yazılım geliştiriciye doğru bir evrim yaşandığı ve bu evrimin, tehlike sorumluluğu ile ürün sorumluluğunu iç içe geçiren hibrit bir yapıyı zorunlu kıldığı görülmektedir.

3.2.1. Sürücü Merkezli Modelden Sistem Merkezli Modele Geçiş

Geleneksel trafik düzenlemelerinde sürücü, araç kontrolünü fiilen elinde bulunduran kişi olarak tanımlanmakta ve hukuki sorumluluk, sürücünün davranışı üzerinden kurulmaktadır. Bu yaklaşım, insanın karar verme mekanizmasını, algılama yetisini ve dikkat yükümlülüğünü hukukun normatif çerçevesine taşımaktadır. Oysa otonom sistemlerde kararlar, yazılım modelleri, sensör füzyonu, makine öğrenimi algoritmaları ve veri işleme zincirleri tarafından üretilmektedir. Bu nedenle davranış temelli sorumluluk yerini giderek performans temelli sorumluluk modeline bırakmaktadır (Calo, R. 2016).

Bu yeni modelde sistem performansı, insanların davranış standartlarıyla değil, teknik regülasyonlarla ölçülmektedir. Zira bir otonom aracın ani fren kararı, insan sürücünün özen borcuna göre değil, sensör doğruluğu, veri gecikmesi, CPU işleme hızı, haritalama hassasiyeti ve algoritmik risk analizi gibi teknik ölçütlere göre değerlendirilmektedir. Bu bağlamda sürücü, hukuki anlamda davranış sahibi kişi olmaktan çıkarak, dijital bir karar mekanizmasının sonucu hâline gelmektedir.

Bu dönüşüm, hukuk teorisinde algoritma ile işletim olarak adlandırılan süreçle paralel ilerler. Kurallarla işletim değil, kodlarla veya yazılımla işletim anlayışının yükselişi, hukuki normların giderek teknik sistemler tarafından uygulanması ve davranış kontrolünün

algoritmalara devredilmesi anlamına gelir (Yeung, 2018). Bu durum, sürücü kavramının yalnızca erozyona uğraması değil, fiilen ortadan kalkması anlamına gelmektedir.

Türk özel hukukunun temel referanslarından olan Eren, sorumluluğun temelinde zarar verici davranış üzerinde fiilî hâkimiyet olduğunu, özellikle tehlike sorumluluğu rejimlerinde sorumluluğun tehlikeyi yaratan veya kontrol eden kişiye yöneldiğini belirtir (Eren, 2023). Eren'e göre işleten kavramı, yalnızca mülkiyet ilişkisini değil, tehlikeyi fiilen yöneten kişinin belirlenmesini amaçlayan fonksiyonel bir düzenlemedir. Ancak otonom araçlarda fiilî hâkimiyetin algoritmik bir sistemde bulunması, Eren'in tanımını fiilen işlevsiz bırakmaktadır. Zira artık tehlikeyi fiilen yöneten insan değil, sensörler ve yapay zekâ sürecidir.

Benzer şekilde klasik Borçlar Hukuku Genel Hükümler eserinde, objektif sorumluluk rejimlerinin dayanağı olarak tehlikenin kaynağını elinde bulundurma ölçütü kabul edilir. Bu bakış açısına göre, riskin yaratılmasına neden olan kişi ile zararın yüklenmesi arasında adalet temelli bir denge kurulmalıdır. Ancak otonom sistemlerde riskin kaynağı dağıtılmıştır: yazılım geliştiricisi, yapay zekâ modelini eğiten veri sağlayıcısı, sensör üreticisi, harita sağlayıcısı ve filo operatörü sistemin bütünlüğüne katkı sağlayan aktörlerdir. Tekinay'ın (2009) klasik modeli, tekil bir tehlike kaynağı varsayar; oysa otonom araçlarda çok merkezli bir tehlike söz konusudur.

Eren (2023), sorumluluğun belirlenmesinde öngörülebilirlik (öngörülebilir zarar) ilkesine büyük önem verir. Ona göre, zarar verici davranışla sonuç arasında öngörülebilir bir bağ yoksa sorumluluğun yüklenmesi adil olmaz. Ancak yapay zekâ modellerinde algoritmanın karar süreçleri, eğitim verisi üzerindeki belirsizlik ve öngörülemez öğrenme davranışı, klasik anlamda bir öngörülebilirlik ölçütü uygulanmasını güçleştirir. Eren'in belirttiği gibi nedensellik bağının normatif olarak uygun olması gerekir; fakat algoritmanın neden belirli bir anda belirli bir karar aldığı teknik uzmanlık gerektirdiğinden, öngörülebilirlik tamamen teknik bir analiz alanına kaymaktadır. Bu durum, kusur hukukunun merkezî unsurlarından birinin otomasyonla birlikte çözülmesine yol açar.

Borçlar hukuku doktrininde, özellikle tehlike sorumluluğu rejimlerinin temelinde, riskin toplum içinde adil biçimde dağıtılması gerektiği kabul edilir. Eren, tehlike sorumluluğunun toplumsal yarar için yaratılan tehlikelerin sonuçlarına katlanmayı gerektirdiğini; riski yaratan veya faaliyetten ekonomik yarar sağlayanın zarara da katlanmasının sosyal adalet düşüncesinin bir gereği olduğunu belirtir. Benzer şekilde Tekinay–Akman–Burcuoğlu–Altop, tehlike sorumluluğunun gerekçesini, tehlike yaratan faaliyet üzerinde fiilî hâkimiyet ve yararlanma–risk dengesi olarak açıklar. Bu klasik yaklaşımlara göre, tehlikeyi kim yaratıyor ve kim kullanıyorsa, zararın da ona yüklenmesi adalet ilkesine uygundur.

Otonom araçlar, tam da bu noktada geleneksel modeli zorlar: sistem bütünlüğü birden çok aktör tarafından oluşturulmaktadır. Yazılım geliştiricisi kodu üretmekte, yapay zekâ modelini eğiten veri sağlayıcısı sonuçları etkilemekte, sensör üreticisi algı katmanını belirlemekte, harita sağlayıcısı çevresel girdiyi oluşturmaktadır; ekonomik yarar ise çoğu zaman filo operatörüne aittir. Riskin bu kadar dağıtılmış ve çok merkezli hâle geldiği bir sistemde, zararın tamamının sadece "işleten"e yüklenmesi, klasik tehlike sorumluluğunun dayandığı yarar–risk dengesi ile bağdaşmaz. Bu nedenle otonom teknolojiler, objektif sorumluluk rejiminin geleneksel adalet zeminini yeniden düşünmeyi zorunlu kılmaktadır.

Ürün sorumluluğu hukukunda genel kabul gören ölçüt, ürünün piyasaya sürüldüğü andaki makul güvenlik beklentilerini karşılaması gerektiğidir (85/374/EEC Ürün Sorumluluğu Direktifi; Markesinis & Deakin, 2019). Bu ilke, statik ürünler için geliştirilmiştir; zira üreticinin sorumluluğu, piyasaya sürülen ürünün o anda taşıdığı risklere göre değerlendirilir. Otonom araçlar ise bu modele meydan okumaktadır. Kablosuz güncellemeler nedeniyle araç, piyasaya sürüldüğü andaki hâlinden sürekli değişmekte; her yazılım güncellemesi aracın sürüş davranışını ve risk profilini yeniden şekillendirmektedir. Dolayısıyla klasik ürün sorumluluğu yaklaşımının öngördüğü statik ürün varsayımı, otonom araçlar gibi dinamik ürünler karşısında yetersiz kalmakta; Türk hukukunda da ürün sorumluluğu kavramının yeniden tanımlanmasını zorunlu kılmaktadır.

3.2.1.1. Otonom Araçların Karayolu Güvenliği Etkileri

Otonom araçlar güvenlik, hareketlilik, tıkanıklık, arazi kullanımı ve çevreyi büyük ölçüde etkileme potansiyeline sahiptir. Genel olarak, otonom araç teknolojisinin kişisel otomobil kullanımındaki mevcut olumsuz dışsallıkların çoğunu önemli ölçüde azaltma potansiyeline sahip olduğu ve hareketlilik ile verimliliğin artırılmasında kayda değer yararlar yarattığı tespit edilmektedir. Bununla birlikte, bir bütün olarak kamuoyunun sağladığı fayda ziyade aracın alıcısına tahakkuk eden spesifik fayda miktarı farklılık göstermektedir. Örneğin, bu teknolojinin trafik tıkanıklığını azaltma derecesi (bir sürücünün diğer faaliyetlere katılmasına izin vererek) sürücüye fayda sağlayacaktır. Öte yandan, teknolojinin genelde yol tıkanıklığını azaltma derecesi alıcıya değil, genel halka arz olunan bir faydadır.

Tablo 2. Kaza sebebi sorumluları.

Sorumluluk Atfedilen Taraf	Sayı	Tahmini Yüzde (% ± %95 Güven Aralığı)
Sürücüler	2.046.000	%94 ±2.2
Araçlar	44.000	%2 ±0.7
Çevre	52.000	%2 ±1.3
Bilinmeyen Kritik Nedenler	47.000	%2 ±1.4
Toplam	2.189.000	%100

Not. NHTSA (2018), "Critical Reasons for Crashes" raporundaki tablodan uyarlanmıştır.

Tablo 2'de ele alınan analize paralel biçimde 2015 yılında ABD yollarında vuku bulan trafik kazaları neticesinde 35.092 kişi hayatını kaybetmiştir. Dikkatsizlikten zehirlenme durumuna, hızdan uykusuzluğa, insan faktörü motorlu taşıtların neden olduğu tehlikelerin çoğundan sorumludur. Tablo 2'nin incelenmesinden görüleceği üzere ABD Ulusal Karayolu Trafik Güvenliği İdaresi tarafından yapılan araştırmaya göre motorlu taşıtların neden olduğu kazaların %94'ü insan hatasından kaynaklanmaktadır (NHTSA, 2015). İnsan hatasına dayanan bu kazaların ise %41'inin tanıma hatalarından, %33'ünün hatalı kararlardan ve %11'inin ise hata telafisinde orantısız eylemlerden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla geleneksel sorumluluk modellerinin merkezine insan davranışını almasının bu çok basit ve açık kabule dayandığı su götürmez bir gerçektir.

Diğer yandan otonom araçların insan merkezli sorumluluk modellerinin çözülmesine neden olacağına işaret eden araştırmalar da literatürde yerini bulmuştur. Örneğin Benson, Tefft, Svancara ve Horrey (2018) tarafından yapılan çalışmada, gelişmiş sürüş destek teknolojilerinin yaygınlaşması hâlinde, ABD'de kazaların yıllık yaklaşık %40, ölümlerin ise %30 seviyelerine kadar azaltılabileceğini ortaya koyulmuştur.

Tablo 3. Sürücü Destek Sistemleri ile Olarak Önlenebilecek Kaza, Yaralanma ve Ölüm Sayıları

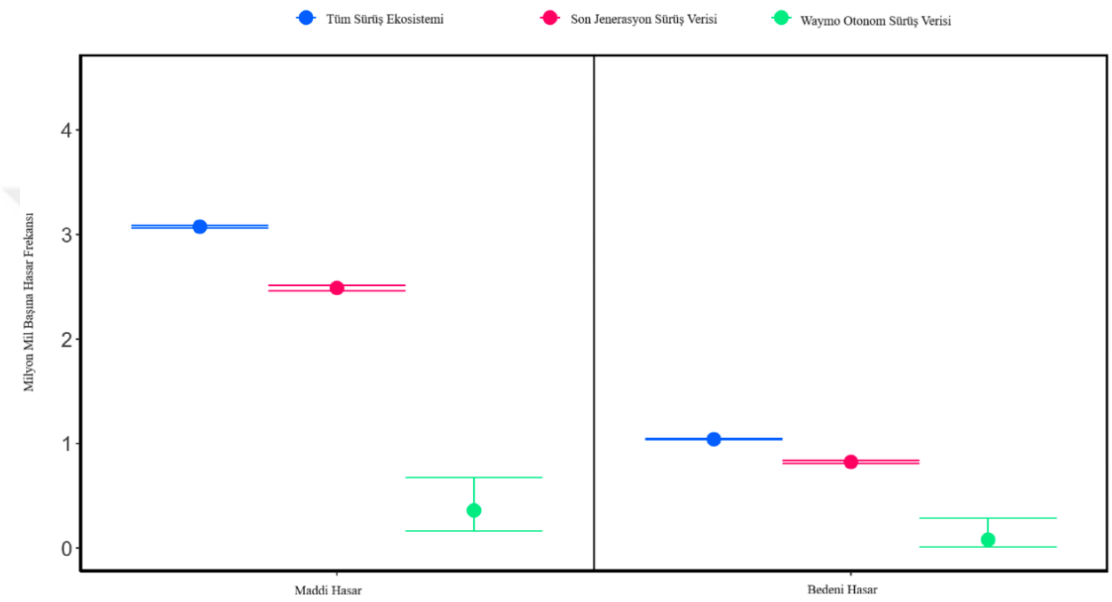
Kaza Türü	Kazalar	Yaralanmalar	Ölümler
Toplam Yolcu Aracı Kazaları	6.950.000	3.034.000	32.702
FCW/AEB ile Potansiyel Olarak Önlenebilir	1.994.000 (%29)	884.000 (%29)	4.738 (%14)
LDW/LKA ile Potansiyel Olarak Önlenebilir	519.000 (%7)	187.000 (%6)	4.654 (%14)
BSW ile Potansiyel Olarak Önlenebilir	318.000 (%5)	89.000 (%3)	274 (%1)
İncelenen Sistemlerle Önlenebilir Toplam Potansiyel	2.748.000 (%40)	1.128.000 (%37)	9.496 (%29)

Kaynak: Benson, Tefft, Svancara ve Horrey, (2018) (Türkçeleştirilmiştir.)

Tablo 3'teki sonuçlara ulaşılan analizde tüm sürüş destek teknolojilerinin, motorlu taşıtların karıştığı kazaların yaklaşık %40'ını, bu kazalarda ortaya çıkan yaralanmaların %37'sini ve ölümlerin %29'unu önleyebilecek potansiyele sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Söz konusu analizde ön çarpışma uyarı sistemi ve otonom acil frenleme sisteminin veya şerit terk uyarı sistemi ile şerit takip asistanı sistemlerinin birlikte kullanımı halinde ölümlerin yaklaşık %14'ünün azaltılabileceği ortaya koyulmuştur. Ancak ön çarpışma uyarı ve otonom acil frenleme sistemlerinin, şerit terk uyarı ve şerit takip asistanı sistemlerine kıyasla yaralamalara dört kattan daha kaza engel olma potansiyeline sahip olduğu görülmektedir. Bunun önemli ölçüde çarpışma ve frenleme destek sistemlerinin daha çok arkadan çarpma kazalarında devreye girmesi ve bu kazalarda ağırlıkla ölümlerin meydana gelmemesidir. Ancak şerit ihlali ile ilgili destek sistemleri daha ağır kazaları önleme potansiyeline sahiptir ve hafif şiddette kazalarla daha az ilişkilendirilmektedir. Ele alınan bulgulara da bağlı olarak insan sürücünün kazaların tek sorumlusu olarak görülmesinin artık gerçekçi olmadığı; riskin yeni bir kompozisyon ile dağıtımına ihtiyaç duyulduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Otonom araçların güvenlik etkisinin insan davranışı odaklı sorumluluk modeli ilişkisinin incelendiği bir diğer çalışmada Waymo'nun Swiss Re iş birliği ile gerçekleştirdiği analizlerde ortaya koyduğu kaza önleme istatistikleri ele alınmıştır (Başar, İşler 2025). Bu kapsamda otonom araçların kaza sıklığı bakımından geleneksel sürücülü araçlara karşı radikal bir

biçimde olumlu ayrıştığı görülmüş ve insan davranışı merkezli sorumluluk mimarisinin tamamıyla dönüşeceği, sistem temelli, orijinal araç, yazılım geliştiriciler ile veri operatörlerinin dahil olduğu bir sorumluluk çerçevesi oluşacağı sonucuna ulaşılmıştır (Başar, İşler, 2025).



Şekil 2. Swiss Re genel sürüş popülasyonu, yeni nesil araç karşılaştırma ölçütlerinin, Waymo otonom araçların maddi hasar (sol) ve bedeni zarar (sağ) sorumluluk sigortası talepleriyle karşılaştırılması.
Kaynak: Swiss Re & Waymo, (2024). (Türkçeleştirilmiştir.)

Şekil 2'de sonuçları yer alan Swiss Re ve Waymo iş birliği ile yapılan çalışmada 25 milyon mili aşan tam otonom taşıt gerçek kullanım verileri ile 200 milyon milin üzerinde gerçek kullanım verisine sahip genel sürüş verilerinin kıyaslanması mümkün olmuştur. Bu kıyaslama sonucunda şekilden incelenebileceği üzere otonom araçlarla yapılan sürüşlerde maddi hasarların %88, bedensel yaralanmaların ise %92 oranında azaldığı belirlenmiştir (Swiss Re & Waymo, 2024). Diğer yandan aynı çalışma kapsamında daha güvenli bir alt küme olması bakımından insan sürüşlü fakat yeni nesil ileri sürüş teknolojileri ile donatılan araçların sürüş istatistikleri de tam otonom araçlarla kıyaslanmıştır. Bu kümeye kıyasla otonom araçların kullanım sonuçlarında maddi hasarların %86, bedensel yaralanmaların ise %90 oranında azaldığı görülmektedir.

Bu çalışmalar bağlamında otonom araçlarda sorumluluk modelinin güvenlik unsuru ekseninde dönüşme zorlandığı, insan davranışıyla ilişkilendirilebilecek kazalardan söz edilemediğinde çalışmanın bilimsel sorusunun da işaret ettiği çerçevede sorumluluğun atfedileceği doğru tarafların tespit edilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır.

3.2.1.2. Dağıtık Sorumluluk: Tekil Sürücüden Kolektif Sisteme

Otonom araçlar, sorumluluğun tekil bir insanda toplanmasını mümkün kılmayan bir ekosistem üzerinde çalışır. Bu nedenle literatürde dağılmış sorumluluk kavramı tartışılmaktadır (Floridi & Taddeo, 2018). Aracın karar alma süreci:

- Sensör üreticileri,
- Algoritma geliştiricileri,
- Harita sağlayıcıları,
- Bulut veri operatörleri,
- Yazılım güncelleyicileri,
- Filo işletmecileri,
- Uzaktan gözetim operatörleri

gibi çok sayıda aktörün katkısının sonucudur. Bu nedenle bir trafik olayının kimin davranışıyla meydana geldiğini belirlemek, klasik kusur analizini işlevsiz hâle getirir. Sorumlu tek değildir; karar bir kolektif sistem davranışı olarak ortaya çıkmaktadır. Bu, Matthias'ın (2004) sorumluluk boşlukları teorisiyle doğrudan örtüşmektedir. Kararların öngörülemezliği ve algoritmaların öğrenme süreçlerinin şeffaf olmaması nedeniyle klasik sorumlu ve sonuç ilişkisi çökmektedir. Bu nedenle otonom araçlara yönelik olarak derinleşmek zorunda olan hukuki düzenlemeler, tek bir sorumluyu değil, aktör ekosistemini değerlendirmek zorunda kalmaktadır.

3.2.1.3. İşleten Dönüşümü: Mülkiyetten Sistem İşleticiliğine

Geleneksel sistemde işleten (halter), ekonomik yarar sağlayan ve aracın risklerini üstlenen kişidir. Ancak otonom araçlarda riskin kaynağı artık aracı kullanan kişi değil, aracın karar verme sistemidir. Bu nedenle mülkiyet temelli işleticilik, yerini işlev temelli işletim sorumluluğuna bırakmaktadır. Bu noktada Avrupa Birliği ve Almanya literatürü belirleyici bir yönelim ortaya koymaktadır. AB Komisyonu, 2022 Yapay Zekâ Sorumluluk Çerçevesi'nde, otonom sistemlerde işleticiliğin teknik işletici ve ticari işletici olarak ayrılması gerektiğini belirtmiştir. Bu, işleticiliğin mülkiyetten ziyade sistem üzerinde kontrol ve gözetim yetkisi ile belirleneceği anlamına gelmektedir.

Almanya ise 2021 Otonom Sürüş Yasası'nda teknik gözetim statüsünü getirerek işletici kavramını yeniden yorumlamıştır. Teknik gözetim, fiziksel olarak araçta olmasa da sistemin işleyişi üzerinde hukuken kabul edilen denetim ve müdahale yetkisine sahip kişiyi ifade eder (Bundesregierung, 2021). Böylece işleticilik, araç sahibi ile sınırlı olmaktan çıkarak, sistem yöneticisine doğru kaymıştır. Bu gelişmeler, işleticiliğin artık bir mülkiyet ilişkisi değil, sistem kontrolü ilişkisi olduğunu ortaya koymaktadır.

Seviye 4 araçların çoğu, kamu yollarında tam otonom olsa bile, bir operasyon merkezinde bulunan uzaktan operatörler tarafından gözetim altında tutulmaktadır. Bu, sorumluluk hukukunda benzersiz bir belirsizlik yaratmaktadır. Uzaktan operatör sürücü müdür, yoksa yalnızca gözetim yükümlülüğü taşıyan bir teknik aktör müdür?

İngiltere Yasa Komisyonu (2022) raporu, uzaktan operatörün sürücü olmadığı, ancak araç kontrolünü devralabileceği için "sorumlu sürücü" kategorisine girdiğini belirtmiştir. ABD'de ise birçok eyalet düzenlemesi, uzaktan operatörün sadece "izleme" fonksiyonu olduğunu ve sürücünün hukuki statüsünü taşımadığını kabul etmektedir. Bu belirsizlik, literatürde "çarpışma bölgeleri" olarak tanımlanan duruma yol açmaktadır (Elish, 2019). Bu teoriye göre, otonom sistemler hata yaptığında sorumluluk çoğu zaman insana (operatöre) yüklenmektedir; tıpkı aracın fiziksel çarpma anında enerjiyi emen kaza bölgesi gibi, insan sorumlu da sistemin hatalarını etik tampon olarak üzerine almaktadır. Bu, hukukta adil ve dengeli bir sorumluluk yapısı kurulması gerektiğini göstermektedir.

Klasik yaklaşıma göre sürücü, irade sahibi bir özne olarak kabul edilmektedir ve irade ise kast, ihmal, öngörülebilirlik ve kusur gibi normatif kavramların referans noktasını oluşturmaktadır. Ancak yapay zekâ sistemlerinde irade, karar ve eylem ilişkisi insan davranışındaki anlamını yitirmektedir. Bu nedenle, otonom araç hukuku insan-merkezli fail modelinden sistem-merkezli bir sorumlu modeline geçiş sürecindedir. Bu geçiş en net biçimiyle, karar veren varlığın doğasına ilişkin sorularda kendisini gösterir:

- Bir sensör yanlış veri ürettiğinde, bunun sorumluluğu kime atfedilir?
- Bir makine öğrenimi modeli istatistiksel bir örüntüyü yanlış genellediğinde, bu ihmal midir?
- Harita verisi güncellenmediği için kaza olduğunda, bu kimin davranışı sayılır?

Bu sorular yalnızca teknik bir tartışma değil; hukukun ontolojik varsayımlarını yeniden yazmayı gerektiren kuramsal bir kırılmadır. Çünkü hukukta fail veya sorumlu kavramı, karar veren bir insanı işaret ederken, otonom sistemlerde karar sürecini birden fazla yazılım bileşeni oluşturur. İnsan niyeti yerine algoritmik optimizasyon; dikkat yükümlülüğü yerine sensör doğruluğu; davranış yerine performans ölçütleri geçmektedir. Böylece fail, klasik anlamda özne olmaktan çıkıp, dağıtık bir teknik süreç hâline gelmektedir. Bu nedenle bazı hukuk teorisyenleri, otonom araç hukukunun klasik sorumluluk mantığını terk ederek hukuki kişiliği olmayan ancak davranışı hukuken sonuç doğuran aktör modeline yönelmesi gerektiğini savunmaktadır (Calo, 2016). Bu yaklaşımda aktör, insan olmak zorunda değildir; önemli olan, hukuken düzenlenmesi gereken karar etkisidir.

Otonom araçlar, derin sinir ağları, sensör füzyon sistemleri ve milyonlarca parametre içeren karar mekanizmalarıyla çalışmaktadır. Bu nedenle bir kazada neden-sonuç ilişkisinin belirlenmesi bilgi felsefesi bakımından önemli bir sorun yaratmaktadır. Literatürde bu sorun kara kutu epistemolojisi olarak adlandırılır (Burrell, 2016). Mahkemeler bir kazayı incelerken:

- Algoritmanın hangi veriyi nasıl işlediğini,
- Hangi sensorun hangi anda ne ölçtüğünü,

- Karar ağacının hangi düğümde hangi tercihi yaptığını,
- Modelin neyi riskli olarak sınıflandırdığını

çoğu zaman net bir şekilde görememektedir. Bu şeffaflık eksikliği, klasik kusur analizinin uygulanmasını imkânsız hâle getirmektedir.

Otonom sistemlerde nedensellik bağının kurulması güçlüğü, gerçek kazalar üzerinden de görülmektedir. NTSB'nin 2018 Tempe kazasına ilişkin resmî raporu, aracın sensörlerinin yayayı algıladığı hâlde sınıflandırma ve karar verme süreçlerinde meydana gelen algoritmik hatalar nedeniyle çarpışmanın önlenemediğini ortaya koymuştur. Raporda, sistemin hangi anda hangi parametreyi esas alarak frenlemeyi devre dışı bıraktığının tam olarak açıklanamaması, makine öğrenimi tabanlı otonom sürüş yazılımlarının doğal karmaşıklığı nedeniyle nedensellik analizinin sınırlarını göstermektedir. Bu durum, mahkemelerin bir kazanın oluşumuna ilişkin teknik karar zincirini aydınlatmasını zorlaştırmakta ve otonom araçlarda klasik nedensellik teorilerinin gözden geçirilmesini zorunlu kılmaktadır (NTSB, 2019).

Yargılama süreçlerinde, derin öğrenme modellerinin karar süreçlerini yorumlanamaması, hukuki değerlendirmeyi zorlaştırmaktadır. Bu nedenle AB, 2022 Yapay Zekâ Sorumluluk Rehberi'nde, otonom araç kazalarında tersine ispat kolaylığı ilkesini önermiş ve zararın belirli şartlarda üretici tarafından karşılanması gerektiğini belirtmiştir (İstanbul Barosu, 2022). Bu yaklaşım, hukukun teknik belirsizlik karşısında sorumluluğu sistem aktörlerine yönlendirerek çözüm üretmeye çalıştığını göstermektedir.

Otonom araçlar, literatürde geniş şekilde tartışılan sorumluluk boşlukları sorununu ortaya çıkarmaktadır (Matthias, 2004). Bu boşluklar üç düzlemde ortaya çıkar:

Nedensellik boşluğu: Kaza belirli bir modülün hatasından mı kaynaklandı, yoksa modüller arası etkileşimden mi? Tek bir fail bulmak çoğu zaman mümkün olmaktan çıkmaktadır.

Öngörülebilirlik boşluğu: Makine öğrenimi sistemleri kendi kendine parametre ayarladığı için üretici bile tüm sonuçları öngörememektedir.

Atıf boşluğu: Karar insan tarafından alınmamıştır; bu nedenle kusur atfı yapılması güçleşmektedir.

Bu üç boşluk, klasik sorumluluk hukukunu fiilen işlevsiz hâle getirir. Çünkü kusur, öngörülebilirlik ve nedensellik ilkeleri çökmüş olur. Bu nedenle birçok hukuk teorisyeni, otonom sistem sorumluluğunu klasik sistemle çözmenin mümkün olmadığını savunmakta ve risk temelli modellerin öne çıkması gerektiğini belirtmektedir.

3.2.1.4. Sistem Sorumluluğunun Yükselişi

Bugünün hukuki düzenlemeleri hâlâ çoğu durumda ürün sorumluluğu mimarisine dayanır. Ancak bu yaklaşım, otonom sistemler için sınırlıdır. Çünkü araç artık tek bir üründen ibaret değildir; sürekli güncellenen, veri akışıyla kendini optimize eden, bulut sistemleriyle senkron çalışan bir canlı yazılım ekosistemidir. Bu nedenle literatürde yeni bir kavram öne çıkmaktadır: Ekosistem sorumluluğu. Bu yaklaşımda sorumluluk üretici, yazılım geliştirici, veri sağlayıcı, sensör tedarikçisi, filo işletmecisi, güncelleme sağlayıcısı ve uzaktan operatör gibi tüm aktörler arasında bölüştürülmektedir. Bu model ilk kez 2020 Avrupa Komisyonu raporunda sistematik biçimde önerilmiştir. Böylece kusurun tek bir kişide toplanmadığı, tüm sistemin riskli kararlarının kolektif olarak üstlenildiği yeni bir sorumluluk teorisi oluşmaya başlamıştır.

Otonom araçlar yalnızca teknik sistemler değil, aynı zamanda hukukun düzenlediği davranış alanlarıdır. Bu nedenle otonom araç hukuku, insan davranışını düzenleyen normları sistem davranışına uygulamak zorunda kalmaktadır. Ancak insan davranışı ile algoritmik davranış arasındaki farklar, hukukun kavramsal çerçevesini beklentilerin ötesinde zorlamaktadır. İnsan davranışında niyet, hata, özensizlik ve tedbirsizlik gibi kategoriler bulunmaktadır. Algoritmik davranışta ise veri yanlılığı, model optimizasyon hatası, çevresel algı zayıflığı ve/veya algoritmik yanlış sınıflandırma gibi teknik riskler gündeme gelmektedir. Bu iki alan arasında doğrudan alıntı ya da transfer yapılması hukuki açıdan yetersiz analiz ve yanlış sonuç anlamına gelecektir. Bu nedenle otonom araçlar, hukuka yeni bir soru yöneltmektedir. Davranışı olmayan bir sorumlunun kararları nasıl ele alınacak ve nasıl analiz edilecektir.

Otonom araç ekosisteminin karmaşıklığı, farklı ülkelerin sürücü kavramını dönüştürme hızına doğrudan yansımaktadır. Ancak burada amaç, önceki bölümlerde yapılan düzenleyici özetleri tekrarlamak değildir; aksine, farklı hukuk sistemlerinin sürücü işleten kavramlarını nasıl yeniden anlamlandırdığını analiz etmektir.

ABD düzenlemeleri insan sürücüyü bir anda tasfiye etmek yerine, kavramı bölerek fiili sorumluluk analizi içerisinde tabana yaymaktadır. Buna göre sürücü kavramı aşağıdaki unsurları içermektedir.

- Sürücü (fiziksel kişi)
- Uzaktan sürücü
- İzleyen ve müdahaleye hazır sürücü
- Tam otonom sürüş

Bu çok katmanlı yaklaşım, insanın tamamen devreden çıkmasını geciktiren, piyasa dinamiklerini önceleyen ve sorumluluk tespiti, tazmin yükümlülüğü gibi kritik alanları geçici bir çözümle de olsa rahatlatan bir model olarak ortaya konmaktadır. Ancak bu da sorumluluğu parçalamakta ve mahkemelerin bütüncül veya net bir sorumlu bulmasını zorlaştırmaktadır.

AB düzenlemeleri, otonom sürüşte insan sürücünün sürekli kontrolü esasına dayanan geleneksel yaklaşımı aşarak, sistemin bağımsız davranışını hukuken dikkate alan bir modele yönelmektedir. General Safety Regulation (EU) 2019/2144 ile otonom sürüş sistemi kavramı mevzuata dâhil edilmiş; AI Liability Directive taslağı ise zarar sorumluluğunun belirlenmesinde insan sürücü davranışı yerine yapay zekâ sisteminin davranışının değerlendirilmesine imkân tanıyan ispat düzenlemeleri getirmiştir. Bu gelişmeler, AB hukukunda sürüş görevinin fiilen sistem tarafından üstlenilebileceğinin kabul edildiğini göstermektedir. Özünde birey davranışı odaklı değil, sistemin performansını temel alan bir düzenlemeler bütününe doğru evrimleşme söz konusudur. Bu gelişim, sürücü kavramını hızla soyutlayarak sistem merkezli bir sorumluluk modelinin inşa edilmesini sağlamaktadır.

Almanya, sürücüyü teknik gözetim kavramıyla yeniden tanımlamaktadır. Burada sürücü araç içinde olmayan, ancak sistem üzerinde sonuç doğuran karar verebilen ve telematik veri akışını izleyen yeni bir aktör hâline gelmiştir. Bu yaklaşım, işleteni de sistemin arka planındaki kurumsal aktöre kaydırmaktadır. Böylece hem sürücü hem işleten kavramı davranış sahipliği değil, operasyonel yetkisi üzerinden yeniden ele alınmakta ve inşa edilmektedir.

İngiltere'de Automated and Electric Vehicles Act 2018, otonom modda meydana gelen kazalarda sorumluluğu insan sürücüden alarak sigorta şirketini birincil muhatap hâline getirmiştir. Bu modelde sürücü, aracın dinamik sürüş görevini üstlenmediği ölçüde hukuken tali bir konuma geriler. Sigortacı, mağdura tazminatı ödedikten sonra kazanın ADS kaynaklı olması hâlinde üretici veya yazılım sağlayıcısına rücu edebilir. Böylece işletici sorumluluğu fiilen sigorta sistemi ile bütünleşmekte; teknik kusurun belirlenmesi ve nihai sorumluluk dağılımı tazminat ödemesinden sonra paydaş aktörlere bırakılmaktadır. Bu model, geniş kapsamlı bir sorumluluk reformundan ziyade mağdur odaklı, hızlı ve etkin bir tazmin yaklaşımını benimsemekte; klasik sürücü sorumluluğunu otonom modda büyük ölçüde işlevsiz hâle getirmektedir.

Her model birbirinden farklılık gösterse de hepsinin çok benzer bir ortak yönelime sahip olduğu söylenebilecektir. Sürücü ve işleten kavramları, insan merkezli bir hukuki figür olmaktan çıkıp teknik ve kurumsal aktörlere dağıtılan işlevsel kategorilere dönüşmektedir. Bu bağlamda otonom araçların klasik fail-sorumluluk ilişkisinin parçalanmasına neden olduğu kavramsal ve pratik boşlukta dünya genelinde üç temel model öne çıkmaktadır (Marchant & Lindor, 2012; Geistfeld, 2017; Engelhard & Bruin, 2018).

Sistem Sorumluluğu Modeli: Bu modelde sorumluluk algoritmanın karar performansına dayanmaktadır. İnsan sürücü kavramı devre dışı kabul edilmektedir. Avrupa Birliği'nin 2022 taslaklarında bu modelin temelleri atılmıştır (European Commission, 2022). Bu yaklaşım, sürücü kavramını tamamen ortadan kaldırmaktadır.

İşleticinin Kolektif Sorumluluğu: ABD ve Almanya'da görülen hibrit model işleticinin kolektif sorumluluğu temelinde inşa edilmektedir (DeArman, 2019; Law Commission of

England and Wales & Scottish Law Commission. 2022). Bu yaklaşımda filo işletmecisi, teknik gözetimci, uzaktan operatör ve yazılım sağlayıcı kolektif sorumluluk taşımaktadır.

Üretici Ağı Sorumluluğu: Tesla, Waymo ve Cruise vakalarında tecrübe edildiği gibi üretici, yazılım güncelleyicisi ve veri sağlayıcısı riskin ana taşıyıcısı haline gelmiştir.

Bu üç modelin ortak noktası sürücü işleten kavramı sınırlarını aşarak sorumluluğu aktör ekosistemine dağıtmalarıdır. Hukuk literatüründe ise otonom araçlar için dört yeni fail kategorisi önerilmektedir:

Algoritmik Sorumlu: Kast veya ihmal yetisi olmasa bile hukuken davranışı değerlendirilen teknik sistemi ifade etmektedir (Matthias, 2004; Burrell, 2016).

Dağıtık Sorumluluk: Bir kararın tek bir özneye atfedilemediği durumlarda sistem bütününün sorumluluğunun kabul edilmesi üzerine inşa edilmektedir (Elish, 2019).

Teknik İşletici / Teknik Gözetici: Aracı fiziksel olarak kullanmasa bile sistemin işleyişi üzerinde hukuki yetkisi olan kişiyi temel almaktadır (Engelhard & Bruin, 2018).

Mobilite Sağlayıcı: Uber, Waymo, Cruise gibi otonom mobilite şirketleri için yeni bir hukuki kategori olarak ortaya çıkmıştır.

Bu kategoriler, sürücü ve işleten kavramlarının yerini alması öngörülen yeni terminolojinin yapıtaşlarıdır. Bu bağlamda günümüzde sürücü kavramı yalnızca teknik olarak değil, hukuken de sürdürülemez hâle gelmektedir. Bunun dört normatif nedeni vardır:

- Kusur doktrini otonom sistemlerde uygulanabilirliğini yitirmektedir. Zira hata insan davranışından değil algoritmik süreçlerden doğmaktadır.
- Nedensellik ilişkisi çökme eğilimindedir. Bir kazanın hangi modülden kaynaklandığını belirlemek çoğu zaman imkânsız hale gelmektedir.
- Davranış normları performans normlarına dönüşmektedir. Zira hukuk insan davranışını değil teknik çıktı performansını denetlemek zorunda kalmaktadır.
- Sürücüyü merkeze almak, sistem aktörlerini sorumluluktan kurtarmakta ve bu da toplum için risk yaratarak ve adaletsiz sonuçlar doğmasının önünü açmaktadır.

Bu nedenle otonom araç hukukunun geleceği, insan sürücüyü merkezden çıkaran, çok aktörlü ve sistem odaklı bir modele geçişi zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda otonom araçların hukuk tarihinde insan davranışı üzerine kurulu en geniş düzenleme alanlarından birini kökten dönüştürdüğü ve çok aktörlü bir düzlemde mülkiyet, kusur ve sorumluluk değerlendirmelerinin hem kavramsal olarak hem de uygulamada yeniden yapılmasını zorunlu kıldığı görülmektedir.

Bu dönüşüm sürücü kavramını davranıştan performansa, insandan sisteme kaydırmıştır. İşleten kavramı artık salt mülkiyet bağlamından kopmuş ve kontrol ile gözetim yetkisine dönüşmüştür. Buna bağlı olarak sorumlu kavramı ise tekil özneden dağıtık teknik ekosisteme genişlemiştir. Şimdiye dek ele alınan basit kusursuz sorumluluk ve takip eden rücu süreçlerindeki kusur sorumluluğu kavramlarının yerini risk temelli sorumluluk modellerinin alması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Hukuki düzenlemeler ve yargı pratiği bu bağlamda mevcut felsefi ve teknik kapasitesini zorlayarak yeni ispat rejimlerini ortaya çıkarmak zorunda kalmaktadır. Yalnız yapay zekâ sistemlerinin hukuki sorumluluğundan söz etmek dahi yetersiz hale gelmiş ve kolektif aktör mimarisinin ele alınması otonom araç teknolojilerinin gelişimi ile kaçınımaz hale gelmiştir. Bu nedenle sürücü ve işleten kavramlarının geleceği, klasik karayolu hukukunun kavramsal çerçevesinin ötesine geçmekte ve hukuk, insan-merkezli düzenleme paradigmalarından sistem-merkezli sorumluluk teorilerine yönelmektedir. Bu bağlamda otonom araçların geliştirdiği hukuki sorunların teknik inovasyonlardan çok daha derin olduğu söylenebilecektir. Bu alanda hukukun kavramsal temellerinin yeniden inşasını gerektiren bir dönüşüm yaşanmakta ve bu nedenle otonom araç hukuku, trafik hukukundan çok daha geniş bir normatif dönüşümün öncüsü haline gelmektedir. Bu dönüşüm insan sürücü sonrasında gelişen çok aktörlü sürüş düzeninin hukuki temellerinin atılması gereken bir çağı beraberinde getirmiştir.

3.2.2. Gelişmiş Ülke Örnekleri: Otonomi, Sorumluluk ve Sigorta

Otonom araç teknolojileri, klasik karayolu trafik hukukunun merkezinde yer alan insan davranışına dayalı sorumluluk paradigmasını köklü biçimde dönüştürmekte; kaza, kusur, özen yükümlülüğü, fail, işleten ve hatta araç gibi yerleşik kavramların işlevsel sınırlarını zorlamaktadır. Bu dönüşüm yalnızca teknik ilerlemenin bir sonucu değildir; aynı zamanda

modern hukuk sistemlerinin karşı karşıya kaldığı daha geniş bir normatif sorunlar kümesinin yansımasıdır. Teknoloji, hukuk ve sigorta ekonomisi arasındaki bu etkileşim, gelişmiş ülke düzenlemelerinin değerlendirilmesinde çok katmanlı bir teorik çerçeve gerektirmektedir.

Klasik trafik hukuku, kazanın değerlendirilmesinde insan algısına, insan muhakemesine ve insan davranışına ilişkin bilgi kaynaklarını temel alır. Sürücünün hızı, manevrası, fren tepkisi, dikkat durumu gibi değişkenler, kusur analizinin temelini oluşturur. Otonom araçlarda bilgi üretimi insanın öznel değerlendirmesinden uzaklaşarak sensör füzyonu, lidar-radar sistemleri, konum ve çevre algılama algoritmaları ile makine öğrenmesi modellerine dayanan hesaplamalı bir epistemolojiye dönüşmüştür.

Sensör verisinin doğruluğu, harita güncelliği, yapay zekânın karar süreçleri ve yazılımın irade dışı hataları, kazanın nedenini açıklamada insan davranışı temelli klasik kategorileri yetersiz kılmaktadır. Koopman ve Wagner (2017), otonom sistemlerde karar süreçlerinin yüksek derecede karmaşık, veri odaklı ve belirsizlik içeren yapılarla üretildiğini; bu nedenle geleneksel güvenlik ve sorumluluk analizlerinin genişletilmesi gerektiğini savunmaktadır. Aynı zamanda bu sistemlerin kara kutu niteliği taşıması, kaza sonrası nedensellik analizini güçleştirmekte ve hukuk düzenini teknik şeffaflık sorunlarıyla karşı karşıya bırakmaktadır. Bu nedenle gelişmiş ülkelerdeki düzenlemeler, yalnızca teknik güvenlik standartlarını değil, aynı zamanda bu yeni epistemik yapının hukuki sonuçlarını da düzenlemeye yönelmiştir.

Geleneksel trafik kazalarında sorumlu tekil bir insandır. Otonom araç paradigması ise sorumlu kavramını dağıtmaktadır. Bu modelde sorumluluk zinciri üretici, sensör tedarikçisi, yazılım geliştiricisi, veri sağlayıcısı, telekom operatörü, harita platformu, siber güvenlik hizmeti sunucusu ve filo işletmecisi gibi çok sayıda kurumsal aktöre yayılmaktadır. Bu kavram literatürde dağıtık sorumluluk olarak tanımlanır (Floridi, 2012).

Bir başka ifadeyle, artık kazanın sorumlunun kim olduğu değil, hangi teknik ve kurumsal aktörlerin zincir içinde rol oynadığı önem kazanmaktadır. Bu durum ABD, AB, Almanya ve İngiltere düzenlemelerinin ayrışma noktalarından biridir. ABD modeli piyasa merkezli bir dağıtık sorumluluk yapısına yönelirken; AB modeli veri sorumluluğunu merkezî bir yapı

altında toplamayı amaçlamaktadır. Almanya ise teknik gözetim ve veri kaydı zorunlulukları ile dağıtık yapıyı hukuken görünür kılmaktadır.

Gelişmiş ülke düzenlemelerinin temel sorunlarından biri, otonom araçlarda kusurun niteliğini tanımlamaktır. Yazılım hatası, sensör gecikmesi, güncel olmayan harita verisi veya makine öğrenmesi modelinin belirli gruplar üzerinde önyargılı davranması gibi teknik unsurlar, klasik kusur tanımının kapsamı dışında kalmaktadır. Bu nedenle literatürde, Citron & Pasquale (2014) ile Calo'nun (2016) çalışmalarından hareketle algoritmik kusur olarak adlandırılabilecek yeni bir kavramsallaştırma ortaya çıkmıştır. Bu yaklaşım, algoritmik sistemlerde sorumluluğun üç temel risk alanından kaynaklanabileceğini kabul eder:

- Kodlama veya tasarım hataları,
- Veri setlerinin kalitesizliği veya önyargısı,
- Makine öğrenmesi modellerinin öngörülemez davranışları.

Gelişmiş ülkelerdeki hukuki modeller bu üç kusur türünü farklı biçimlerde düzenlemiştir. ABD ağırlıklı olarak mahkemeler kanalıyla içtihat gelişimi yolunu benimsemişken, AB ürün kusurunun yazılım ve veri hatalarını kapsayacak şekilde genişletilmesi yolunda gelişim kaydetmektedir. Özel olarak Almanya teknik standartlara dayalı açık tanımların yapılması yönünde adımlar atarken, İngiltere halihazırda sigortacıya rücu yoluyla sorumluluğun dağıtılması sorumluluğunu devretmiş görünmektedir.

Diğer yandan teknoloji hızla gelişirken hukukun daha yavaş ilerlediği gerçeği, otonom sürüşte çok belirgindir. Bu durum literatürde normatif gecikme olarak adlandırılır (Marchant & Wallach, 2015). Otonom sistemlerde yazılım haftalık güncellenebilir, makine öğrenmesi modelleri sürekli evrilir, sensörler yenilenir ve telematik altyapı değişir. Ancak kanunlar yıllar içinde güncellenir. Bu nedenle gelişmiş ülkelerin bir kısmı rehberler, bir kısmı tam bağlayıcı normlar, bir kısmı ise sigorta temelli tazminat modelleri geliştirmiştir.

Regülasyon yaklaşımının farklılaşması bu nedenle kaçınılmaz hale gelmektedir. ABD esnek, inovasyonu kayıran, yumuşak düzenlemeler ağırlıklı bir yaklaşım benimserken, AB hukuki

kesinlik ve veri koruma odaklı, bağlayıcı normlar yoğun bir gelişim göstermektedir. Almanya ise teknik gereklilikleri normatif düzleme taşıyan katı model bir model benimsemeye daha yakın görünmekteyken İngiltere tazminatın sürekliliğini esas alan sigorta modeline yoğunlaşmıştır.

Gelişmiş ülke uygulamalarında ortaklaşılan temel nokta, verinin otonom sürüş hukukunun merkezinde olduğudur. Sensörlerden, kameradan, lidar sistemlerinden, V2X iletişiminden, konum hizmetlerinden ve telematik altyapıdan toplanan veri, hem güvenli sürüşün hem de sorumluluk zincirinin temelini oluşturur. Bu nedenle konu gelişmiş ülkelerde veri yönetimi veri mülkiyeti, veri koruma ve veri şeffaflığı olmak üzere üç düzeyde ele alınmaktadır.

Düzenlemeler yalnızca teknik düzeyde farklılaşmakla kalmamakta; ulusal hukuk kültürü ve kamu yaklaşımı da bu düzlemde büyük rol oynamaktadır. Zira ABD serbest piyasa ekseninde, yeniliklere ve inovasyona öncelik veren bir yaklaşımla, bireysel dava odaklı sorumluluk tespitine ortam yaratırken, AB toplum yararını önceleyen, güvenlik ve veri koruma odaklı katı normatif çerçeveye yaklaşmaktadır. Spesifik olarak Almanya teknolojik risklerin güvenlik odaklı yönetimi konusunda adımlar atarken İngiltere sigorta sektörü aracılığıyla mağduru koruma odaklı bir model benimsemektedir. Bu farklılıklar, karşılaştırmalı analizde temel ekseni oluşturmaktadır.

ABD, AB, Almanya ve İngiltere modellerini kıyaslarken kullanılacak ortak teorik eksen sorumluluk zincirinin çok aktörlü hale gelmesi, veri odaklı yeni hukuki epistemoloji, algoritmik kusur, normatif gecikme ve teknik–hukuki entegrasyon gibi kavramları karşılaştırmalı hukuki analizde temel yapı taşları olarak kullanmaktadır.

3.2.2.1. ABD Modeli: Federal ve Eyalet İkilemi

Amerika Birleşik Devletleri, otonom araç düzenlemelerinde küresel ölçekte en çok tartışılan, en dinamik ve aynı zamanda en parçalı hukuki modele sahiptir. ABD'nin düzenleyici mimarisi, federal düzeyde bağlayıcı bir otonom araç yasasının bulunmaması, buna karşılık ulusal güvenlik otoritesi (NHTSA) tarafından yayımlanan bir dizi rehber ve politika dokümanı ile eyaletlerin kendi iç düzenlemeleri arasındaki keskin fark nedeniyle, literatürde sıkça parçalı yönetişim ve çok katmanlı sorumluluk mimarisi olarak adlandırılmaktadır

(Gurney, 2017; Cummings, 2021). Bu parçalı yapı, hem düzenleyici politika hem de sorumluluk hukuku bakımından önemli sonuçlar doğurmakta; otonom sürüş sistemlerinin teknik doğası ile ABD'nin federalizm yapısı arasındaki gerilimi belirgin biçimde ortaya koymaktadır.

Federal düzeyde NHTSA'nın rolü, hukuki bağlayıcılığı olmayan fakat teknik yönlendirme niteliği taşıyan rehberlikler üzerinden şekillenmiştir. 2016 tarihli *Federal Automated Vehicles Policy*, ABD'de otonom sürüş konusunda geliştirilen ilk ulusal çerçeve olma niteliğini taşır ve üreticilere yönelik güvenlik değerlendirme programları, veri kaydı, siber güvenlik, etik değerler ve sistem sınırlarının tanımlanması gibi alanlarda standartlar sunar. Ancak bu doküman, hukuken tavsiye karakteri taşır ve uyum gönüllülük esasına dayanır. NHTSA'nın daha sonra yayımladığı *Automated Driving Systems 2.0: A Vision for Safety* (2017) ile başlayan sürecin 4.0 sürümüne (2020) kadar devam eden metinleri, otonom sistemlerin işleyişi için temel ilkeleri ortaya koymakla birlikte, yine bağlayıcı normlar yaratmaktan uzaktır. ABD'de federal düzeyde bağlayıcı bir otonom araç yasası bulunmaması, düzenlemelerin eyaletlere bırakılması ve ulusal otoritelerin yalnızca gönüllü rehberler yayımlaması, regülasyonda ciddi bir parçalanmaya yol açmıştır. Bu durum, bağımsız akademik çalışmalarca düzenleyici boşluk ve parçalı sorumluluk mimarisi olarak tanımlanmıştır (Roth, 2020; Taeihagh & Lim, 2018).

ABD'nin federal yapısında esas belirleyici olan düzenlemeler eyalet hukukundan kaynaklanır. Kaliforniya, Nevada, Arizona, Florida, Michigan gibi eyaletler otonom araç testlerine izin veren öncü bölgeler olmuş; her biri farklı koşullar, raporlama yükümlülükleri ve veri paylaşımı kriterleri belirlemiştir. Kaliforniya Motorlu Taşıtlar Dairesi'nin sürücüsüz test izni için koyduğu şartlar, ABD'deki en sıkı ve en ayrıntılı düzenlemeler arasında yer alır. Bu şartlar arasında teknik yeterlilik belgeleri, gerçek zamanlı telematik veri erişimi, sürücü müdahalesi raporlaması, kazaların 10 gün içinde bildirilmesi ve belirli güvenlik kriterlerinin sağlanması gibi sıkı yükümlülükler bulunmaktadır. Buna karşılık Arizona, Uber'in 2018'de Tempe'de karıştığı ölümcül kazaya kadar, literatürde sıklıkla "liberal test ortamı" olarak nitelenen bir politika benimsemiş; test izinlerini diğer eyaletlere kıyasla daha hızlı, daha düşük idari yükümlülüklerle ve daha sınırlı düzenleyici gözetim altında vermiştir (DeArman,

2019; Bloomberg, 2018). Bu durum, Arizona'nın otonom araç şirketleri için bir zemin sağlamasına yol açmış, ancak kaza sonrasında verilen izinler askıya alınmış ve düzenleyici yaklaşım yeniden değerlendirilmiştir (NTSB, 2019). Eyaletler arası bu düzenleyici farklılıklar, yalnızca güvenlik seviyesi bakımından değil, otonom araçlara ilişkin sorumluluk rejimlerinin uygulanmasında da belirgin eşitsizlikler ve belirsizlikler yaratmaktadır (Stanford Law School, 2018).

Otonom araç kazalarının hukuki niteliği ABD'de özellikle ürün sorumluluğu hukuku üzerinden değerlendirilme eğilimindedir. Ürün sorumluluğu, üreticinin kusursuz sorumluluğunu öngören, özellikle tüketici zararlarını telafi etmeyi amaçlayan bir rejimdir. Ancak otonom araçlarda ürünün kusurlu olup olmadığının tespit edilmesi klasik biçimine kıyasla çok daha güçtür. Yazılım hatasının tespiti, sensör-donanım uyumsuzluğu, veri akışındaki bozulmalar veya makine öğrenmesi modellerindeki önyargılar, salt fiziksel bileşen hataları kadar kolay tespit edilemez. Bir kazanın nedeninin kodlama hatası mı, sensör kör noktası mı, verinin gecikmesi mi yoksa modelin yanlış karar vermesi mi olduğu genellikle ancak derin teknik analizlerle anlaşılabilir. Koopman ve Wagner (2017), otonom araçlardaki bu teknik karmaşıklığın, kusur ispatını dramatik biçimde zorlaştırdığını ve ABD ürün sorumluluğu sisteminin mevcut haliyle bu karmaşıklıkla başa çıkmakta zorlandığını belirtir.

Bu zorluk, özellikle Uber'in 2018'de Arizona'da karıştığı ölümcül kaza sonrası yapılan NTSB soruşturmasında net biçimde görülmüştür. Rapora göre sistem, yayayı algılamış fakat hedef sınıflandırma modülü engeli doğru nitelendiremediği için fren kararı almamıştır (NTSB, 2019). Bu olayda insan sürücünün dikkatsizliği kadar sistem tasarımına ilişkin sorunların da kazaya katkıda bulunduğu ortaya çıkmıştır. ABD hukuku, böyle hibrit hatalarda hangi aktörün ne ölçüde sorumlu olduğu konusunda henüz tutarlı bir içtihat geliştirememiştir.

Telematik veri yönetimi de ABD'de önemli bir tartışma alanıdır. Federal düzeyde kapsamlı bir veri koruma yasası bulunmadığı için telematik verinin kime ait olduğu, ne kadar süreyle saklanacağı, kimlerle paylaşılacağı ve kaza sonrası delil olarak nasıl kullanılacağı hususunda belirsizlikler devam etmektedir. AB'deki GDPR benzeri katı bir rejimin yokluğu, veri erişimini kolaylaştırsa da bireylerin gizliliği ve sigorta şirketlerinin veri talepleri arasında çatışmalara yol açmaktadır. Sigorta şirketlerinin kaza analizleri için telematik veriye erişim

talepleri eyalet bazında farklılık göstermekte; bazı eyaletlerde bu talepler sınırlanmakta, bazılarında ise serbest bırakılmaktadır.

ABD'nin sigorta modeli, büyük ölçüde eyalet hukukuna bağlıdır. Zorunlu trafik sigortasının kapsamı ve tazminat hesaplama yöntemleri eyaletler arasında farklılık gösterdiğinden, otonom araçların neden olduğu zararlarda sigorta hukuku da parçalı bir yapı sergiler. Bazı eyaletler üretici sorumluluğunu sigorta tazminatına entegre eden modeller üzerinde çalışsa da, İngiltere'deki AEVA benzeri ulusal bir sigorta sistemi mevcut değildir. Bu nedenle, zarar gören tarafın üreticiye mi, yazılım geliştiren şirkete mi, sensör tedarikçisine mi yoksa test operatörüne mi dava açacağı konusu hem karmaşık hem de öngörülemez hâle gelmektedir.

ABD modelinin en çok eleştirilen yönü, güvenlik, veri koruması ve sorumluluk standartlarında ulusal düzeyde bir yeknesaklık eksikliği olmasıdır. Bu eksiklik, hem üreticiler hem kullanıcılar hem de sigorta sistemi açısından belirsizlik yaratır. Buna rağmen ABD, inovasyonu teşvik eden, sektörün hızlı gelişmesine izin veren ve otonom araç testlerinin en yoğun şekilde yapıldığı ülke olma özelliğini korumaktadır. Waymo, Cruise, Tesla, Zoox gibi şirketlerin geniş ölçekli test faaliyetleri ABD'nin teknolojik liderliğini göstermekte; ancak bu liderlik düzenleyici standartların gerisinde kalması nedeniyle zaman zaman güvenlik tartışmalarına da yol açmaktadır.

Sonuç olarak ABD modeli, otonom araç düzenlemelerinde inovasyon, güvenlik, sorumluluk üçgeninde dengesi tam oturmamış, parçalı ve çok aktörlü bir sistem sunmaktadır. Sert bir hukuki çerçeveden ziyade piyasa dinamikleri, içtihat hukuku ve eyalet yasalarının birleşimiyle şekillenen bu model, küresel karşılaştırmalı analizlerde liberal ve piyasa odaklı yaklaşım kategorisinin en tipik örneği olarak kabul edilmektedir.

3.2.2.2. Avrupa Birliği Modeli: Veri Odaklı Normatif Regülasyon

Avrupa Birliği, otonom araç teknolojilerinin hukuki çerçevesini tasarlarken uluslararası karşılaştırmalarda en bütüncül, en normatif yoğun ve en temkinli yaklaşımı benimseyen düzenleyici alan olarak görülmektedir. AB'nin yaklaşımı üç temel eksen üzerinden şekillenmektedir: güvenlik standardizasyonu, veri ve algoritma şeffaflığının merkezîleştirilmesi ve ürün sorumluluğu rejiminin yapay zekâ çağının gerekliliklerine uygun

şekilde yenilenmesi. Bu üç eksen, Birliğin sadece teknik uyumu değil, aynı zamanda temel hakların korunmasını da esas aldığı bir düzenleyici strateji ortaya koymaktadır. AB düzenlemelerinin karakteristik niteliği, inovasyonun teşvik edilmesini güvenlik ve kamusal denetimden asla bağımsız düşünmemesi; böylece teknolojiyi piyasa sürükleyicisi olarak değil, toplumsal uyum ve güvenlik nesnesi olarak konumlandırmasıdır.

Avrupa Birliği'nin otonom sürüş politikası, 2018'den itibaren hız kazanan bir normatif dönüşüm süreci içinde değer kazanmıştır. 2019 yılında kabul edilen *General Safety Regulation* (EU 2019/2144), Birlik içinde satılan tüm yeni araçlarda belirli gelişmiş sürücü destek sistemlerinin zorunlu hâle getirilmesini öngören ilk kapsamlı düzenlemedir. Acil frenleme, şerit takip uyarısı, sürücü dikkat izleme sistemleri ve kara kutu veri kaydedicilerinin zorunlu unsurlar hâline gelmesi, otomasyonun kademeli olarak Seviye 2'den Seviye 3'e ilerlemesini teşvik eden bir altyapı oluşturmuştur. Avrupa Komisyonu, bu zorunlulukların getiriliş amacının yalnızca güvenliği artırmak değil, otonom sürüşün ön koşulu olan algılama tutarlılığı ve karar alma uyumluluğu için teknik eşiği tüm araçlarda standardize etmek olduğunu açıkça belirtmiştir ((European Parliament & Council, 2019). Böylece AB, altyapı odaklı ve sistemik bir yaklaşımla otomasyonun temelini piyasaya bırakmadan, düzenleme yoluyla kendisi kurmuştur.

Bu altyapısal standardizasyonun tamamlayıcı ayağı, ürün sorumluluğu rejiminin yapay zekâ sistemlerine uyumlu hâle getirilmesidir. 1985 tarihli *Product Liability Directive* uzun yıllar boyunca fiziksel ürün kusurlarının tazmininde etkili bir çerçeve sunmuş olsa da modern otonom araçların yazılım bileşenlerini, algoritmalarını, güncellemelerini ve telematik veri akışlarını kapsamaktan uzaktır. İşte bu nedenle Avrupa Komisyonu 2022'de kapsamlı bir revizyon önerisi yayımlamış ve yazılımı, yazılım güncellemelerini, yapay zekâ modellerindeki hataları ve veri kaynaklı kusurları açıkça ürün sorumluluğu rejimine dahil etmiştir (European Commission, 2022-PLD Revision Proposal). Bu öneri, zarar görenin kusur ispatındaki güçlüklerini dikkate alarak belirli durumlarda kusur karinesi öngörmekte; örneğin üreticinin kara kutu verilerine erişimi engellemesi veya yapay zekâ modelinin açıklanamayan bir davranış sergilemesi hâlinde, üreticinin kusurlu sayılması gerektiğini

belirtmektedir. Koopman ve Wagner'ın (2017) algoritmik sorumluluk karanlığı olarak tanımladığı problem, bu şekilde düzenleyici araçlarla aydınlatılmak istenmektedir.

Otonom araç verisi söz konusu olduğunda AB'nin GDPR ile oluşturduğu veri koruma paradigması, diğer tüm ülke modellerinden ayrılmaktadır. GDPR'ın veri minimizasyonu, amaçla sınırlılık, hak sahipliği ve hesap verebilirlik ilkeleri, otonom araçların sürekli veri üretimi yapan nesneler hâline gelmesiyle daha da kritik bir nitelik kazanmıştır. Araç sensör verilerinin, konum bilgilerinin, telematik kayıtların ve kamera görüntülerinin büyük bölümü kişisel veri niteliğindedir. Bu nedenle AB, otonom sürüşün teknik işleyişini veri koruma hukuku ile birlikte değerlendiren ender blok düzenlemelerden biridir. 2023 tarihli *Data Act*, otonom araç tarafından üretilen verinin kime ait olduğuna, bu verinin nasıl paylaşılabileceğine ve kullanıcıların veri üzerindeki kontrol hakkına ilişkin kapsamlı düzenlemeler getirmiştir. Bu düzenleme yalnızca veri mülkiyetini değil, aynı zamanda sorumluluk rejiminde delile erişim meselesini de doğrudan etkilemektedir. Çünkü veri üzerinde fiili hâkimiyet sahibi olan üreticinin, olası bir kazada veriye erişimi engelleme yoluyla sorumluluktan kaçınmasının önüne geçilmek istenmektedir.

AB'nin veri şeffaflığına verdiği önem, aynı zamanda algoritmik açıklanabilirlik ilkesini de kapsamaktadır. AI Act taslağı, otonom sürüş sistemlerini yüksek riskli yapay zekâ kategorisine dahil ederek belirli güvenlik testleri, doğrulama prosedürleri ve risk değerlendirme yöntemlerinin uygulanmasını zorunlu kılmaktadır. Bu çerçevede üreticilerin, modelin hangi verilerle eğitildiğini, hangi karar kurallarını kullandığını ve performans limitlerinin ne olduğunu açıkça bildirmesi gerekmektedir. Bu yaklaşım ABD ile kıyaslandığında oldukça farklıdır; çünkü ABD düzenlemeleri algoritmik şeffaflık veya veri yönetimi konularında bağlayıcı standartlar öngörmemekte, bu alanı büyük ölçüde piyasaya bırakmaktadır.

Avrupa Birliği'nin sorumluluk rejimi, teknik güvenlik standartları ile ürün sorumluluğu arasında güçlü bir bağ kurmakla birlikte, tam otonom sürüşün hukuki niteliği konusunda henüz nihai bir çerçeve sunmamaktadır. Seviye 4 ve Seviye 5 otonomiye ilişkin Birlik düzeyinde bağlayıcı normlar sınırlı olup, bazı unsurlar hâlâ UNECE WP.29 çerçevesinde uluslararası müzakere aşamasındadır. Yine de AB, Almanya gibi üye devletlerin ulusal

düzeyde daha ileri modeller oluşturmasına zemin hazırlamış; böylece Birlik içinde çerçeve ve ulusal detay şeklinde iki katmanlı bir regülasyon mimarisi ortaya çıkmıştır.

Bu mimarinin en çarpıcı yönlerinden biri, AB'nin otonom sürüşü yalnızca taşıt güvenliği meselesi olarak değil, aynı zamanda temel haklar, veri egemenliği, algoritmik hesap verebilirlik ve tüketici korunması eksenlerinde eş zamanlı bir hukuki nesne olarak ele almasıdır (European Commission, 2017; Yeung, 2018). Bu bütüncül yaklaşım, AB'yi küresel düzenleyici rekabet içinde benzersiz kılmaktadır. Henüz tam sürücüsüz araçlara yönelik eksiksiz bir norm seti ortaya çıkmamış olsa da, AB'nin veri merkezli ve normatif yoğun modeli, sistem tasarımcılarına ve üreticilere ABD'ye kıyasla daha sıkı, İngiltere'ye kıyasla daha kapsamlı, Almanya'ya kıyasla ise daha üst-çatı niteliğinde bir sorumluluk yapısı sunmaktadır. Bu durum, AB'nin sektörel düzenlemeleri yatay temel hak normlarıyla bütünleştiren yaklaşımının doğal bir sonucu olarak değerlendirilmektedir (Engelhard & Bruin, 2018; European Parliament & Council, 2019).

Sonuç olarak Avrupa Birliği modeli, otonom sürüş alanında güvenlik, veri koruma, ürün sorumluluğu ve algoritma şeffaflığı unsurlarını bir araya getiren en bütüncül ve normatif yoğun yaklaşım olarak değerlendirilebilir. Bu modelin nihai amacı, teknolojinin doğru ve güvenli biçimde kullanılmasını teşvik etmekle birlikte, üreticilerin hesap verebilirliğini artırmak, veri sahiplerinin haklarını güçlendirmek ve inovasyonu toplumsal değerlerle uyumlu hâle getirmektir. Bu nedenle AB modeli, küresel hukukta giderek artan biçimde regülasyon standardı ihraç eden model olarak tanımlanmaktadır.

3.2.2.3. Almanya Modeli: Pozitif Hukuk Sistemi

Almanya, otonom sürüşün hukuki altyapısını pozitif hukuk düzeyinde en erken kuran ve en teknik detaylı biçimde tasarlayan ülke olarak uluslararası literatürde özel bir yere sahiptir. ABD'deki parçalı eyalet rejimlerinin ve Avrupa Birliği'nin üst-çatı niteliğindeki genel düzenlemelerinin aksine, Almanya ulusal düzeyde doğrudan otonom sürüşe özgü, uygulanabilir ve bağlayıcı hükümler içeren kapsamlı bir hukuk rejimi oluşturmuştur. Bu rejim, 2017 tarihli StVG (Straßenverkehrsgesetz) değişikliği ile başlamış, 2021 tarihli Otonom Sürüş Yasası (*Gesetz zum autonomen Fahren)* ile olgunlaşmış ve 2023 yılı itibarıyla

tam otonom (SAE Level 4) araçların belirli bölgelerde sürücüsüz işletilmesine izin veren ilk pozitif düzenleme sistemi hâline gelmiştir. Alman hukuk modelini özgün ve küresel ölçekte etkili kılan temel nitelik, hukuki düzenlemeyi yalnızca yasak, izin ekseninde değil, teknik güvenlik, operasyonel sınırlar, veri yönetimi, sorumluluk zinciri ve hesap verebilirlik unsurlarının tamamını kapsayan bütünleşik bir otonom sürüş mimarisi olarak tasarlamış olmasıdır.

2017 StVG değişikliği, yüksek otomasyonlu araçların (SAE Level 3) hukuki statüsüne ilişkin ilk çerçeveyi oluşturmuştur. Bu düzenleme ile, belirli koşullarda aracın sürüş görevini kendi kendine yerine getirdiği durumlarda sürücünün dikkatini yoldan geçici olarak ayırabileceği kabul edilmiştir. Ancak sistem limitine ulaşıldığında veya sistem bir müdahale talebinde bulunduğunda, sürücünün kontrolü derhâl devralma yükümlülüğü korunmuştur. Bu yaklaşım, insan, makine hibrit sorumluluk modelinin ilk hukuki örneklerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca, araçtaki olay verisi kaydedicinin müdahale taleplerini ve sistemin durumunu kaydetmesi zorunlu kılınmış; böylece hem sorumluluk hem de denetim süreçleri için kritik bir kanıt temelinin yaratılması hedeflenmiştir.

Almanya'nın küresel dikkati üzerine çeken asıl askı ise 2021 yılında yürürlüğe giren "Otonom Sürüş Yasası"dır (*Gesetz zum autonomen Fahren*). Bu yasa, Seviye 4 araçların belirlenmiş işletim alanlarında tamamen sürücüsüz olarak faaliyet göstermesine izin veren dünyanın ilk kapsamlı pozitif hukuk düzenlemesidir. Bu işletim alanları, coğrafi olarak sınırlandırılmış, teknik koşulları belirlenmiş ve trafik yoğunluğu, altyapı özellikleri, çevresel parametreler gibi risk unsurları bakımından önceden analiz edilmiş bölgelerden oluşmaktadır. Bu yaklaşım, otonom sürüşün kontrollü ortamlarda güvenli şekilde devreye alınmasını sağlayan realist bir yöntem olarak değerlendirilmiştir.

Yasanın en dikkat çekici yeniliklerinden biri, teknik gözetim (Technische Aufsicht) kavramıdır. Teknik gözetim, araçta fiziksel olarak bulunmayan ancak operasyon sırasında sistemi uzaktan izleyerek gerektiğinde müdahale edebilen kişi veya kurumsal aktörü ifade eder. Bu kavram, sorumluluk hukukunda sürücü yerine işletimsel denetçinin geçirilmesi anlamına gelen paradigmatik bir dönüşümün ifadesidir. Teknik gözetim, aracın yanlış karara yönelmesi, sistemin arıza tespit etmesi veya dış müdahale ihtimali gibi durumlarda aracı

durdurabilen ve güvenli hâle geçirebilen tek otoritedir. Bu mekanizma, insan faktörünün sürüşten değil, sistem üst denetiminden sorumlu olduğu yeni bir hukuki aktörlük türünün şekillenmesine yol açmaktadır.

Almanya modelinin ikinci temel özelliği, veri kaydı ve telematik yönetim konusundaki ileri düzey düzenlemelerdir. Otonom araçlarda kara kutu zorunluluğu sadece kaza sonrası analiz için değil, düzenleyici kurumların sistem güvenliğini denetlemesi için de merkezi bir rol oynamaktadır. Kara kutu, sistemin hangi modda bulunduğunu, sensör girdilerini, karar algoritmalarının çıktısını ve teknik gözetim müdahalelerini ayrıntılı biçimde kaydetmek zorundadır. Bu yaklaşım, algoritmik şeffaflığın pozitif hukuka en açık biçimde yansıdığı örneklerden biridir. Almanya, kara kutu verilerinin bağımsız denetim kurumlarınca incelenebilmesini, üreticinin bu verilere erişimi engellememesini ve veri manipülasyonunun ağır idari yaptırımlarla cezalandırılmasını şart koşmaktadır. Bu çerçeve, sorumluluk hukukunda nedensellik zincirinin kanıtlanabilirliğini güçlendirmekte ve kara kutu şeffaflığı sayesinde zarar görenin ispat yükünü fiilen hafifletmektedir (Connected Automated Driving, 2025).

Almanya modeli ayrıca, tehlike sorumluluğu (Gefährdungshaftung) ile ürün sorumluluğunu (Produkthaftung) birlikte uygulayan hibrit bir yapı sunmaktadır. Klasik Alman hukukunda işleten, aracın işletilmesinin doğurduğu tüm tehlikelerden kusursuz sorumlu kabul edilmiştir. Otonom sürüş rejimi bu kuralı korumakla birlikte, üreticinin teknik kusurlardan doğan sorumluluğunu genişletmiştir. Yazılım hataları, sensör arızaları, güncelleme sırasında ortaya çıkan beklenmeyen davranışlar ve V2X iletişimindeki kesintiler, açıkça üretici kusuru kapsamında değerlendirilmektedir. Bu yaklaşım, sürücünün sistem üzerindeki etkisinin azaldığı veya tamamen ortadan kalktığı bir dönemde sorumluluğun üreticiye ve sistem tasarımcılarına kaydırılmasını kolaylaştırmaktadır.

Bununla birlikte Almanya'da sigorta sistemi de bu yeniden dağılımı destekleyecek şekilde yapılandırılmıştır. Zorunlu motorlu taşıt sigortası aynen devam etmekle birlikte, sigorta şirketleri otonom sistem bileşenlerine ilişkin rücu haklarını kullanabilmektedir. Almanya Sigorta Birliği (GDV), otonom sürüş verilerinin sigorta hasar analizlerinde nasıl kullanılacağına ilişkin teknik standartlar oluşturmuş; böylece kaza sonrası teşhis süreci veri

odaklı bir yapıya kavuşturulmuştur. Bu standartlar, Avrupa Birliği'nin Data Act ve AI Act taslaklarıyla da uyumludur.

Almanya'nın modelinin küresel düzeyde en çok övgü alan yönü, hukuki düzenlemeyi teknik gerçekliklerle uyumlu bir biçimde kurgulaması ve otonom sürüşün sınırlarını ideal değil, operasyonel bağlamda çizmesidir. ABD'deki piyasa temelli yaklaşımın aksine, Almanya otonom sürüş teknolojisini denetim ve sorumluluk temelinde kontrollü bir inovasyon sistemi olarak kavramsallaştırmıştır. İngiltere'nin sigorta merkezli modelinden farklı olarak Almanya, sorumluluğun dağılımını yalnızca tazminat akışları üzerinden değil, teknik sistemlerin güvenli tasarımı üzerinden belirlemektedir. Bu nedenle literatürde Almanya modeli, teknik gerçekliği hukuki kategoriye dönüştüren model veya mühendislik-temelli hukuk olarak anılmaktadır.

Sonuç itibarıyla Almanya, otonom sürüşün pozitif hukukta somut kurallarla düzenlendiği, teknik gözetim kavramıyla insan faktörünün konumunu yeniden tanımlayan, kara kutu şeffaflığıyla hesap verebilirlik sağlayan ve hibrit sorumluluk rejimiyle üretici–işleten–sistem üçgenini bütünleştiren dünyadaki en gelişmiş düzenleme örneklerinden birini sunmaktadır. Bu model, Türkiye dâhil birçok ülkenin otonom sürüş hukuku tasarımında referans aldığı en güçlü şablonlardan biri olmaya devam etmektedir.

3.2.2.4. İngiltere Modeli: Sigorta Merkezli, Mağdur Odaklı

İngiltere, otonom araçlara ilişkin hukuki düzenleme mimarisinde, Almanya'nın teknik odaklı ve Avrupa Birliği'nin veri merkezli yaklaşımından belirgin biçimde ayrılarak, sigorta temelli mağdur koruması ilkesini merkezine alan özgün bir model geliştirmiştir. İngiliz hukuku, otonom sürüşün doğurduğu yeni sorumluluk sorunlarını öncelikle *tazminat akışının etkinleştirilmesi* ve *mağdurun zararının hızla ve kesin biçimde karşılanması* bakımından ele almakta; bu nedenle düzenlemenin odak noktası kimin kusurlu olduğu sorusundan ziyade, zararın kime karşı ileri sürüleceği ve nasıl tazmin edileceğidir. Bu yaklaşım, teknolojik belirsizliğin yüksek olduğu bir dönemde, toplumsal güven ve sigorta sisteminin istikrarı açısından işlevsel bir hukuki strateji olarak değerlendirilmiştir.

İngiltere'nin bu özgün modeli, 2018 tarihli *Automated and Electric Vehicles Act* (AEVA) ile kurumsallaşmıştır. AEVA, dünyada ilk kez, otonom modda hareket eden bir aracın neden olduğu zararlarda mağdurun doğrudan araç sigortacısına başvurma hakkını tanıyan bir kanun olarak önem taşımaktadır. Buna göre, araç onaylı otonom modda seyir hâlindeyken bir kazaya karıştığında, kusurun sürücüde, yazılımda veya üreticide olup olmadığına bakılmaksızın ilk tazmin sorumluluğu sigorta şirketine aittir. Bu mekanizma, klasik kusur hukukunun karmaşık teknik tartışmalarından bağımsız olarak mağdurun hızlı biçimde tazmin edilmesini sağlamaktadır (AEVA, 2018, s. 12).

AEVA'nın getirdiği bu sigorta merkezli düzenleme, İngiltere'nin uzun yıllardır uyguladığı *Compulsory Motor Insurance* yapısıyla uyumludur. İngiliz motorlu taşıt sigortası modeli, tarihsel olarak sürücünün kim olduğu, kusurun niteliği veya aracın işletilmesindeki teknik unsurlardan önce, trafik kazalarının mağdurlara yaratacağı ekonomik sonuçların azaltılmasını amaçlayan bir sistematik geliştirmiştir. Otonom araçlar bu geleneğin içine sorunsuz biçimde eklemlenmiş, ancak yapay zekâ destekli sürüşün doğurduğu teknik sorumluluk tartışmaları sigorta şirketlerinin rücu hakları aracılığıyla ikinci aşamaya itilmiştir.

AEVA, mağdurun sigorta şirketine yönelmesinden sonra sigortacının kusurlu gördüğü üreticiye, yazılım geliştiriciye veya sistem sağlayıcıya rücu edebilmesini açıkça düzenlemektedir. Bu rücu mekanizması, sorumluluğun nihai olarak teknolojik riskleri kontrol eden aktörlere yönlendirilmesini sağlamaktadır. Böylece İngiltere modeli iki aşamalı bir tazminat sistemi ortaya koymaktadır:

1. Birinci aşama: mağdurun zararının sigorta şirketi tarafından derhâl karşılanması.

2. İkinci aşama: sigorta şirketinin teknik kusur veya güncelleme hatası tespit etmesi hâlinde üreticiye veya diğer sistem aktörlerine başvurması.

Bu yapı, Almanya'daki tehlike sorumluluğu modelinden farklı olarak, teknik analiz yükünü başlangıç aşamasında mağdura değil sigortacıya yüklemekte; böylece tazminat sürecindeki gecikmelerin ve ispat güçlüklerinin mağdurun aleyhine sonuçlar doğurmasını engellemektedir (Law Commission of England and Wales, Scottish Law Commission.2022).

İngiltere'nin yaklaşımını karakterize eden bir diğer önemli unsur, otonom sürüş sistemlerinin hukuki sınıflandırmasına ilişkin yapılan kavramsal yeniliklerdir. Law Commission tarafından 2022 yılında yayımlanan kapsamlı raporlar, otonom sürüş teknolojilerinin klasik araç kategorileriyle uyumlu olmadığını belirterek, otonom araç adlı yeni bir hukuki statü önermiştir. Bu statü, aracın sürüş kararlarının insandan bağımsız biçimde üretildiği durumlarda yasal sorumluluğun sürücüden sistem işletimcisine doğru kaydırılması gerektiği fikrini temel almaktadır. Law Commission bu yaklaşımı, sistemin kontrolü ele aldığı anda sürücülük yükümlülüğünün ortadan kalkması ilkesi üzerinden temellendirmiştir. Bu, Anglo-Sakson hukukunda köklü bir değişimdir; çünkü sürücülük sorumluluğu tarihsel olarak insan davranışına bağlı bir hukuki kategori olarak kabul edilmiştir (Law Commission of England and Wales & Scottish Law Commission. 2022).

İngiltere'nin modeli aynı zamanda, algoritmik şeffaflık ve teknik güvenlik şartlarını Almanya kadar detaylandırmamakla birlikte, veri şeffaflığının tazminat akışındaki rolünü vurgulayan bir sistemdir. AEVA'da kara kutu verilerinin saklanması ve paylaşılması zorunlulukları açıkça düzenlenmemiştir; ancak sigorta sektörünün talebiyle bu veri paylaşımı uygulamada fiilî bir standart hâline gelmiştir. İngiliz Sigorta Birliği (ABI), otonom araçlardan elde edilen verilerin asgari hangi formatta kaydedileceğine ve sigortacılar tarafından nasıl talep edileceğine ilişkin teknik ilkeler yayımlamıştır. Böylece hukuki metinlerde yer almayan veri standardizasyonu, sektör içi normlarla desteklenmiştir (ABI & Thatcham Research, 2020).

İngiltere modelinin dikkat çekici bir yönü, teknik denetimin devlet kurumları tarafından değil, bağımsız ekspertiz ve sigorta sektörünün ortak mekanizmaları tarafından yürütülmesidir. Bu durum, otonom sistemlerdeki hataların tespitinin doğrudan tazminat süreçlerine bağlanmasını kolaylaştırmakta, ancak üretici hatalarının sistemsel olarak tespit edilmesinde Almanya'daki kadar güçlü bir yetki ağı oluşturmamaktadır. Dolayısıyla İngiltere'nin modeli, tazminat odaklı bir yaklaşımın doğal sonucu olarak sistem güvenliğinin düzenleyici kurumlar tarafından değil, piyasa aktörlerince (sigorta şirketleri, eksperler, üreticiler) kolektif bir çabayla sağlandığı daha dağınık bir mimaridir.

Bu yönü itibarıyla İngiltere'nin modelinin avantajı mağdurun korunması iken; dezavantajı, teknik güvenliğe ilişkin sistematik bir devlet denetiminin Almanya'ya kıyasla daha zayıf

olmasıdır. Nitekim bazı araştırmacılar, sigorta şirketlerinin rücu hakları yoluyla teknik kusurların üreticiler üzerinde yeterli baskıyı yaratamayabileceğini ve bu durumun uzun vadede güvenlik standardizasyonu açısından eksiklik teşkil edebileceğini belirtmektedir (Stanley vd., 2020). Buna karşılık İngiliz yürütmesi, inovasyon hızını korumak amacıyla teknik denetimi katı bir şekilde merkezîleştirmemeyi tercih etmektedir.

Sonuç olarak İngiltere modeli, otonom sürüşün sorumluluk boyutunu tazminat akışları temelinde yeniden yapılandırarak benzersiz bir çözüm teklif etmektedir. Bu model, mağdurun hızlı korunması, sigorta piyasasının istikrarı ve teknolojik belirsizliğin azaltılması bakımından güçlüdür; ancak teknik güvenlik, veri yönetimi ve algoritmik şeffaflık konusunda Almanya veya AB kadar kapsamlı bir çerçeve sunmamaktadır. Bu nedenle İngiltere örneği, özellikle sorumluluk rejiminin yeniden dağılımı ve mağdur merkezli tazminat mekanizmaları bakımından Türkiye açısından değerli bir karşılaştırma modeli oluşturmakta; fakat teknik güvenlik standartlarının geliştirilmesi bağlamında daha tamamlayıcı bir yaklaşıma ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.

3.2.2.5. Karşılaştırmalı Analiz: ABD - AB - Almanya - İngiltere

Otonom sürüş teknolojilerinin küresel gelişim seyrine bakıldığında, düzenleyici mimariler arasında keskin ve anlamlı ayrımlar bulunduğu görülmektedir. ABD, Avrupa Birliği, Almanya ve İngiltere modelleri, yalnızca farklı hukuk geleneklerini değil, aynı zamanda devletin inovasyon karşısındaki rolüne dair farklı normatif tercihler anlatmaktadır. Bu nedenle karşılaştırmalı hukuk perspektifi, otonom sürüş gibi çok aktörlü, teknik olarak karmaşık ve toplumsal etkisi yüksek bir alanda hukuk politikalarının nasıl şekillendiğini anlamak bakımından vazgeçilmezdir.

ABD modelinin en karakteristik özelliği, düzenleme yaklaşımının piyasa dinamiklerine büyük ölçüde bırakılmış olmasıdır. Federal düzeyde bağlayıcı bir çerçeve norm yoktur; NHTSA'nın otonom sürüş rehberleri üreticileri yönlendiren, ancak hukuken zorunlu olmayan tavsiye niteliğindeki metinlerdir. Bu durum, teknoloji şirketlerine deneysel alan sağlar; ancak eyaletler arasında oluşan düzenleme farklılıkları hem hukuki öngörülebilirliği azaltır hem de ulusal uyumu zayıflatır. ABD modeli teknik inovasyonu hızlandıran esnek bir ortam sunsa

da, sorumluluk hukukunun karmaşıklaşmasına yol açmaktadır. Ürün sorumluluğu yaklaşımı teoride güçlü olsa da yazılım hataları veya sensör uyumsuzluklarının nedensellik zincirinin kurulması son derece güçtür. Federal bir veri koruma yasasının bulunmaması, telematik verinin mülkiyeti ve kaza sonrası erişimi konusunda hukuki boşluklar yaratmaktadır. Bu nedenle ABD modeli, inovasyon odaklı yaklaşımın yanında güçlü bir belirsizlik maliyeti barındırmaktadır.

Avrupa Birliği ise ABD'nin tam zıttı sayılabilecek şekilde normatif yoğunluğu yüksek ve bütüncül bir strateji benimsemektedir. AB modeli, hem teknolojik hem de hukuki süreçleri birlikte planlayan çatı düzenlemelere dayanır. Genel Güvenlik Düzenlemesi, tüm yeni araçlarda gelişmiş sürücü destek sistemlerini zorunlu hâle getirerek otomasyonun tabanını standartlaştırmıştır. 2022 Ürün Sorumluluğu Direktifi revizyon teklifi ise yazılımı, yapay zekâ sistemlerini ve güncelleme hatalarını ürün kusuru kapsamına alarak teknolojik riskleri hukuken görünür kılma çabasındadır. AB'nin Data Act ve AI Act girişimleri, otonom araç verisinin mülkiyetini, paylaşım şartlarını ve şeffaflık ölçütlerini normatif bir çerçeveye oturtur. Bu yaklaşım, sistem güvenliğini yalnızca teknik bir sorun olarak değil, aynı zamanda veri koruma, algoritmik yönetişim ve tüketici güvenliği sorunu olarak ele alan geniş bir perspektif sunar. Ancak AB modelinin en temel dezavantajı, sürücüsüz sürüşe (Level 4–5) dair bağlayıcı teknik mevzuatın yavaş ilerlemesidir; inovasyon hızının gerisinde kalan normatif süreçler, üreticilerin test ve ticari kullanım planlarını yavaşlatabilmektedir.

Almanya modeli, AB çerçevesini ulusal düzeyde somutlaştırarak dünyanın en ayrıntılı teknik-hukuki otomasyon rejimlerinden birini oluşturmuştur. Almanya, hem 2017 StVG değişikliği hem 2021 Otonom Sürüş Yasası ile otonom sistemlerin hukuki statüsünü pozitif hukukta tanımlayan ilk ülke olmuştur. Almanya'nın ayırt edici yönü, hukuku teknik mimariyle uyumlu şekilde kurgulamasıdır. Belirlenmiş işletim alanları, teknik gözetim, kara kutu veri kayıt zorunluluğu, güvenli duruş (safe state) gibi kavramlar, otonom sürüşün teknik gerçekliğini doğrudan hukuki kategoriye dönüştürmektedir. Almanya'da işletenin tehlike sorumluluğu aynen devam ederken, yazılım hatası ve sensör kusurlarında üreticinin ürün sorumluluğu güçlü biçimde devreye girmektedir. Bu hibrit model, sorumluluğu insan davranışından çok sistem tasarımına ve teknik işletime kaydırmaktadır. Almanya modeli,

güvenlik ve hesap verebilirlik bakımından en gelişmiş örnek olup, aynı zamanda düzenleyici denetimin teknik derinlikte kurulduğu ender sistemlerden biridir.

İngiltere modeli ise diğer üç ülkeden keskin biçimde ayrılarak tazminat akışını merkez alan sigorta temelli bir çözüm sunmaktadır. 2018 Automated and Electric Vehicles Act (Otonom ve Elektrikli Araçlar Yasası, 2018), dünyada ilk kez otonom modda meydana gelen kazalarda mağdurun doğrudan sigortacıya başvurma hakkını tanımıştır. Böylece teknik sorumluluk tartışmaları ikinci aşamaya itilmiş, sigorta sektörü rücu mekanizması yoluyla üretici ve yazılım geliştiricilere yönelmektedir. Law Commission'ın 2022 raporları, insanın sürüş görevi üstlenmediği durumlarda sürüş yükümlülüğünün sistem işletmecisine geçtiği yeni bir hukuki kategori önermektedir. İngiltere'nin modeli, mağdurun korunması bakımından en hızlı ve en güvenli yöntem kabul edilirken, Almanya'da olduğu gibi derin bir teknik denetim sistemi kurmamaktadır. Bu nedenle İngiltere modeli, sorumluluk zincirini sigorta üzerinden düzenleyen bir yaklaşım sunar; fakat algoritmik şeffaflık, veri standardizasyonu ve teknik güvenlik alanlarında Almanya kadar güçlü değildir.

Bu dört model birlikte değerlendirildiğinde, düzenleme türlerinin dört farklı normatif arketipe karşılık geldiği görülmektedir: ABD, piyasa aktörlerine geniş hareket alanı tanıyan liberal bir inovasyon modeli sunarken; AB, hem veri koruması hem güvenlik standartları bakımından yoğun bir normatif çerçeve üretmektedir. Almanya teknik gerçeklikler ile hukuku entegre ederek sistem güvenliğini merkezileştiren mühendislik-tabanlı bir rejim geliştirmekte; İngiltere ise sorumluluğu tazminat akışı üzerinden yeniden yapılandıran mağdur merkezli sigorta hukukunu tercih etmektedir. Model farklılıkları, her ülkenin hukuk geleneğini, otomotiv sanayisinin yapısını ve devletin piyasa üzerindeki yönetişim kapasitesine ilişkin derin normatif tercihler içerir.

Bu farklar karşılaştırmalı hukuk açısından yalnızca teknik ayrıntıların değil, hukukun otomasyona verdiği cevabın niteliğinin de farklı olduğunu göstermektedir. ABD modeli inovasyonu koruma; AB hak ve güvenliği dengede tutma; Almanya teknik hesap verebilirliği pozitif hukukla birleştirme; İngiltere ise mağduru tazmin etme kapasitesini maksimize etme hedeflerini yansıtmaktadır. Bu nedenle otonom araç hukuku, ulusal sistemlerin teknoloji, güvenlik, piyasa ve toplumsal beklenti algoritmaları arasındaki farklı normatif tercihlerinin

aynası niteliğindedir. Aşağıdaki tablo, dört modelin temel karakteristiklerini kavramsal düzeyde karşılaştırmaktadır:

Tablo 4. Otonom sürüşte uluslararası düzenleme modellerinin karşılaştırılması

Boyut	ABD	AB	Almanya	İngiltere
Düzenleme Yaklaşımı	Federal bağlayıcı yasa yok	Çatı düzenlemeleri (GSR, PLD, AI Act)	Kapsamlı teknik ve hukuki düzenleme	Sigorta merkezli tazminat sistemi
Sürücü/İşleten Statüsü	İnsan dışı sistemler tam tanımlı değil	Kademeli entegrasyon; statü muğlak	Teknik gözetim modeli; sistem merkezîleşti	Sürücü yerine sistem işletmecisi sorumlu
Sorumluluk Temeli	Ürün sorumluluğu ve haksız fiil	Ürün sorumluluğu güçlendirilmiş	Tehlike ve ürün sorumluluğu hibriti	Sigorta ile rücu mekanizması
Veri Yönetimi	Federal düzenleme yok	Data Act ile güçlü çerçeve	Kara kutu zorunlu, yüksek şeffaflık	Veri standardı çoğunlukla sektörde
Denetim	Minimal federal denetim	Normatif yönlendirme	Merkezi teknik denetim	Piyasa odaklı – sigorta denetimi
Avantaj	İnovasyon hızı çok yüksek	Hak/güvenlik dengesi güçlü	Teknik güvenlik ve şeffaflık; güçlü model	Mağdur koruması en hızlı
Dezavantaj	Hukuki belirsizlik yüksek	İnovasyon hızı yavaşlayabilir	Esneklik düşük	Teknik güvenlik denetimi zayıf

Tablo 4'teki karşılaştırmalı analiz bir bütün hâlinde incelendiğinde, Türkiye'nin düzenleme mimarisi bakımından en çok Almanya ve AB modelleriyle yapısal benzerlik taşıdığı; ancak tazminat mekanizması bakımından İngiltere'nin sigorta merkezli yaklaşımının da önemli uyarlama potansiyeli sunduğu görülmektedir. ABD modelinin esnek yapısı ise büyük ölçüde teknoloji geliştiren şirketlere avantaj sağlamakla birlikte, riskin toplumsal maliyetini artırdığı için Türkiye bakımından doğrudan uyarlanabilir görünmemektedir. Bu nedenle Türkiye için melez ve kademeli bir model kaçınılmaz görünmektedir.

3.2.3.Türkiye'de Mevcut Hukuki Çerçevenin Değerlendirilmesi

Önceki bölümlerde ele alındığı Türkiye'de otonom araçlara ilişkin bir *özel kanun* bulunmamaktadır. Dolayısıyla mevcut hukuki yapı dört ana eksen üzerinde işlemektedir:

- **Karayolları Trafik Kanunu (KTK)**: işletenin tehlike sorumluluğu
- **Türk Borçlar Kanunu (TBK)**: kusura dayalı haksız fiil ve ürün sorumluluğu hükümleri

- **Tüketicinin Korunması Hakkında Kanun (TKHK)**: ayıplı mal–ayıplı hizmet rejimi

- **Kişisel Verilerin Korunması Kanunu (KVKK)**: telematik veri yönetimi

Bu yapı, insan sürücünün fiilî hâkimiyetini esas alan klasik trafik hukukunun tipik özelliklerini taşır. Ancak Seviye 4–5 otonom sistemlerde fiilî kontrolü algoritmaların üstlendiği durumlarda bu çerçevenin yeterli olmayacağı açıktır.

Karayolları Trafik Kanunu (KTK) m. 85 ve devamında yer alan düzenleme, işleteni kusursuz sorumluluk rejimi altına yerleştirirken, bu statünün belirlenmesinde araç üzerinde fiilî hakimiyet, ekonomik yararlanma ve kaza üzerinde belirleyici kontrol gibi ölçütleri temel alır. Yargıtay da yerleşik içtihadında, işletenin tespitinde şekli ölçüden ziyade maddi ölçüte ağırlık vererek araç üzerindeki fiilî hâkimiyet, ekonomik yararlanma ve risklere katlanma unsurlarının birlikte değerlendirilmesi gerektiğini kabul etmektedir (Yarg. 17. HD, 2015/493 E., 2017/7803 K.; Yarg. 17. HD, 2020/1376 E., 2021/3247 K.). Ancak bu ölçütlerin tümü, araç kullanımının merkezine insan davranışını yerleştirmektedir. Seviye 4–5 otonom araçlarda ise araç üzerinde fiilî hakimiyet algoritmik sisteme kaymakta; insan unsurunun dikkatsizlik, özen eksikliği veya kural ihlali gibi klasik kusur biçimleriyle ilişkilendirilemeyeceği yeni bir sorumluluk zemini oluşmaktadır.

Doktrinde ortaya koyulan, işletenin tehlike sorumluluğunun araç işletilmesinin yarattığı tipik tehlikenin dışsallaştırılması ilkesine dayandığı görüşü otonom araçlarda daha da belirginleşmektedir. Çünkü riskin kaynağı artık yalnızca mekanik değil; yazılım, sensör füzyonu, veri akışı ve karar algoritmalarıdır. Dolayısıyla tehlikenin niteliği değiştiği için işleten statüsünün sınırlarının da yeniden yorumlanması gerekmektedir.

Bu noktada kusursuz sorumluluk rejimlerinin sosyal riskin kim tarafından taşınacağı sorusuna verdiği cevap, teknolojik değişimle birlikte yeniden ele alınmalıdır. Araç, OTA güncellemelerle sürekli değişen bir ürün hâline geldiğinde, tehlikenin kaynağının önemli bir kısmı üretici veya yazılım sağlayıcısına kaymakta; bu nedenle klasik işleten tanımı tek başına yeterli olmamaktadır.

Yargıtay'ın otonom araç kazalarına ilişkin doğrudan bir içtihadı henüz bulunmamaktadır; ancak teknik sistem hataları içeren ürün sorumluluğu kararları, otonom araçlara uygulanacak sorumluluk rejimi açısından önemli bir referans işlevi görmektedir. Nitekim Yargıtay, teknik veya elektronik bileşenlerdeki görünmeyen yazılımsal ve donanımsal hataları da ayıp kapsamında değerlendirerek üreticiyi geniş yorumlanan kusursuz sorumluluk rejimine tabi tutmaktadır (örneğin Yarg. 11. HD, 2013/9760 E., 2014/13121 K.; Yarg. 13. HD, 2015/32167 E., 2017/7016 K.). Yargıtay'ın yaklaşımı, ürünün görünmeyen teknik hataları dahi ayıp kapsamında değerlendirerek üretici sorumluluğunu geniş yorumladığını göstermektedir. Bu içtihat, otonom araçlarda yazılım hatalarının da aynı rejime tabi olabileceğine işaret eder. Zira otonom sürüş kararlarının önemli bir kısmı, yapay zekâ modellerinin çıktılarıdır. Buradaki algoritmik davranış kusursuz işlemiyorsa, TBK m. 49'daki genel sorumluluk ölçütleri değil, TBK m. 219–229'da düzenlenen ayıplı ürün sorumluluğu devreye girer. Modern ürün sorumluluğunda kontrol edilemez teknik risk bile kusursuz sorumluluğu ortadan kaldırmaz; bu nedenle otonom sistemlerde algoritmik risklerin üretici tarafından taşınması doğal bir sonuçtur.

KTK m. 2 ve m. 3'te sürücü, aracı sevk ve idare eden kişi olarak tanımlanmıştır. Oysa Seviye 4–5 araçlarda sevk ve idare tamamen sistemde olup araçta fiziksel bir kişinin bulunması zorunlu değildir. Bu durum Türk hukukunda sürücünün olmadığı durumlarda trafik suç ve kabahatlerinin kime isnat edileceği belirsizdir. Bununla birlikte sürücüye ilişkin kusur temelli sorumluluk kategorileri (özen, dikkat, hız uyumu) hukuken uygulanamaz hâle gelmektedir. Sorumluluk kavramının insan iradesine sıkı bağlılığı, otonom araçların cezai ve idari sorumluluk alanında ciddi bir boşluk doğurduğuna işaret etmektedir. Bu noktada, Almanya'da olduğu gibi teknik işletici veya uzaktan operatör gibi yeni statüler Türk hukukunda henüz tanımlı değildir. Dolayısıyla otonom araçların karıştığı bir kaza senaryosunda Türk hukukunun, faili tanımlama kapasitesi oldukça sınırlıdır.

Türk hukuku, kaza sonrası veri analizinin hukuki niteliği konusunda henüz düzenleme içermemektedir. Oysa otonom araçların karar süreçlerinin büyük bölümü sensör ve yazılım verilerinin teknik incelemesiyle anlaşılabilir. Bu bağlamda iki temel mesele ortaya çıkar:

1. **Veri mülkiyeti:** KVKK, aracın ürettiği tüm verileri kişisel veri kabul ettiği için üreticinin tam denetim sağlamasını zorlaştırmaktadır.

2. **Delil niteliği:** Elektronik delillerde aranan değiştirilemezlik ve özgünlük ilkeleri telematik veriler açısından sorunlu olabilir.

Sensör verisi, yazılım güncellemesi veya bulut senkronizasyonu sırasında değişmişse, bu verinin mahkemeye sunulması ispat yükü tartışmalarında ciddi bir sorun yaratmaktadır. Ayrıca teknik verinin delil fonksiyonu ancak doğrulanabilirlik ile mümkün olacaktır.

Türk sigorta hukukunda otonom moddaki bir aracın vereceği zararın kapsamına ilişkin açık bir düzenleme bulunmamaktadır. Zorunlu Mali Sorumluluk Sigortası (ZMSS), sürücünün veya işletenin kusurlu/tehlikeye dayalı sorumluluğunu teminat altına alır; fakat otonom modda sürücü yoktur, işletenin tehlike sorumluluğu bile tartışmalıdır ve yazılım hatası ürün sorumluluğu kapsamına girmektedir. Bu durumda sigorta korumasının neyi kapsadığı belirsizdir. Risk dağılımında öngörülebilirliğin sağlanması adına, otonom modun ZMSS kapsamına alınıp alınmayacağı, eğer alınacaksa hangi risk profiline göre prim belirleneceği tanımlanmalıdır.

2024 yılında yayımlanan otonom araç testlerine ilişkin yönetmelik, Türkiye'de ilk kez sistematik bir çerçeve getirmiş olsa da sorumluluk dağılımı, veri saklama yükümlülükleri, sistem hatasının hukuki karşılığı, uzaktan operatör veya teknik işletici kavramı ve sigortacılık uyum modeli konularında henüz bütüncül bir düzenleme sunmamaktadır. Bu nedenle yönetmelik, daha çok test sürecini yöneten idari bir norm niteliğindedir; mülkiyet ve sorumluluk ilişkisini kapsamlı biçimde düzenleyen bir çerçeve değildir.

Türk hukuku açısından temel sorun, mevcut normatif sistemin insan merkezli, mekanik ağırlıklı ve statik ürün anlayışına dayalı olmasıdır. Oysa otonom araçlar; dinamik yazılım güncellemeleri, veri odaklı karar algoritmaları, çok aktörlü üretim–işletim süreçleri ve sürekli öğrenen sistemleriyle mevcut hukuki şemalara sığmamaktadır. Bu çerçevede ele alındığında Türkiye'nin mevcut hukuki mevzuatı beş temel sorunla karşı karşıyadır.

(a) Sürücü ve işleten kavramlarının insan merkezli olması: Türk hukukunda sürücü, aracın sevk ve idare eden kişidir. Otonom modda araç kendi kendine karar aldığında bu tanım işlevsiz hale gelmektedir.

(b) İşletenin kusursuz sorumluluğunun sınırları: KTK m. 85 uyarınca işleten, aracın işletilmesinden doğan tehlikeden kusursuz sorumludur. Ancak yazılım hatası mı, sensör arızası mı, telematik veri kesintisi mi? Bu belirsizlik hakime çok geniş takdir yetkisi bırakmaktadır.

(c) Ürün sorumluluğu ile trafik sorumluluğunun çatışması: Üreticinin yazılım hatası yüzünden meydana gelen kazalarda TBK m. 49 ve ürün sorumluluğu hükümleri işletilebilir. Ancak KTK'daki tehlike sorumluluğu ile bu rejimin kesişimi belirsizdir.

(d) Telematik verinin hukuki statüsü: KVKK, kişisel veri işleme süreçlerini sıkı şekilde düzenlemektedir. Otonom araçlarda kaza analizi için gereken lidar, kamera, GPS ve davranışsal verilerin nasıl saklanacağı konusunda özel düzenleme bulunmamaktadır.

(e) Sigorta sisteminin otonom sürüşe hazırlıksız olması: Zorunlu trafik sigortası (ZTS) hâlen sürücünün ihlalleri üzerine kurulu bir fiyatlandırma mantığına sahiptir. Oysa Level 4–5 araçlarda sürücü ve dolayısıyla ihlal, bu bağlamda da cezalandırılabilir davranış söz konusu olmamaktadır. Bu bağlamda sigorta, teknik sistemin riskini üstlenmeye hazır değildir.

Türkiye modeli ele alındığında hukuki gelenek bakımından AB ve Almanya düzenlemelerine daha yakın bir gelişim kaydedildiği görülmektedir. Sigorta sektörü ise İngiltere'ye benzer şekilde mağdur ve tazmin yükümlülüğünün yerine getirilmesi, yani zararın karşılanmasını öncelikleyen, daha güvenli alanda kalmayı yeğleyen bir içtihada sahiptir. Bu bağlamda ele alınan örnekler çerçevesinde Türkiye'de hibrit bir işleyiş olduğu söylenebilecektir.

Diğer yandan Türkiye'de kara kutu zorunluluğu bulunmamaktadır. Ancak Almanya modelinde üreticinin sorumsuz davranışının kısıtlanması amacıyla algoritmanın kararlarının kayıt altına alınmasının zorunluluğu söz konusudur. Zira kaza sonrası veriler evrensel bir standartla incelenebilmesi ve çoklu sorumluluk ekosistemi çerçevesinde asli ve tali

sorumlular, dolayısıyla tazmin yükümlüleri veya rücu muhatapları belirlenebilmelidir. Türkiye'de ise KVKK, verilerin saklanmasına ciddi sınırlamalar getirmektedir. Bu nedenle özel bir "Otonom Araçlarda Veri Yönetimi Yasası" çıkarılmaması halinde Almanya'da öngörüldüğü gibi şeffaf ve açık bir sorumlu ayıklaması analizi söz konusu dahi olmayacaktır. İyi uygulama örneklerine dayanarak bu tür düzenlemelerin kaza verisi saklama süresi, veriye kimlerin erişeceği ve veri manipülasyonuna getirilecek ağır yaptırımları içermesi gerektiği görülmektedir.

Türkiye'nin mevcut sistemi işleten sorumluluğunu içeren tek merkezli bir yapıya sahiptir. Oysa otonom sürüşte ise çok merkezli sorumluluk esastır. Algoritmayı tasarlayan, sensörü kalibre eden, telematik ağı işleten, yazılımı güncelleyen, aracın sahibi (filo) ve/veya yol altyapısını kuran tüm taraflar aracın hareketlerinin doğurduğu sorumlulukların paydaşı durumundadır. Bu nedenle sorumluluğun yeniden dağılımı gerekmektedir. Bu dağılımı yapmak üzere oluşturulmuş düzenlemeler Sistem işletmecisi, yazılım sorumlusu (güncellemeler dâhil), veri yöneticisi, filo sahibinin sorumluluğu (ticari mobilite modelleri için) ve tam otonom modda sürücü sıfatının kaldırılması tanımlamalarını içermektedir. Türkiye'nin mevcut insan merkezli sürücü tanımı değiştirilmeden bu unsurların hukuk işleyişine ve sorumluluk, dolayısıyla sigorta pratiğine dahil edilebilmesi çok güç görünmektedir.

Zorunlu Trafik Sigortası (ZTS) bugün sürücünün kusur oranına, ihlal geçmişine ve riskli kullanıcı profiline dayanır. Oysa Level 4 bir sistemde bunların hiçbiri yoktur. Bu nedenle Türkiye'nin sigorta sisteminin İngiltere'deki işleyişe benzer biçimde mağdurun zararını doğrudan sigortacıdan tazmin ettiği ve sigortacının kusurlu üreticiye rücu ederek gerekli araştırmaları yaptığı veya yaptırdığı bir modeli benimsemesi mümkün görünmektedir. Zira bu model, Türkiye'nin zarar tazminine ilişkin hızlı işleyen sigorta altyapısıyla uyumlu olmakla birlikte yine de sigortacılara büyük araç üreticisi firmalarla aynı düzlemde başlatacakları uzun bir mücadelede yepyeni bir cephe açması bakımından milat niteliği taşıyacaktır.

Genel eğilim, zorunlu trafik sigortasının mağdur tazminindeki birincil konumunu korurken; arka planda ürün sorumluluğu ve rücu mekanizmaları aracılığıyla otonom sistem aktörlerine

doğru mali yük aktarımı yapılması yönündedir. Bu eğilim, hem AB raporlarında hem de sigorta sektörü analizlerinde vurgulanmakta; otonom araçlar için ayrı ve dar kapsamlı bir zorunlu sigorta türü yaratılmasındansa, mevcut zorunlu sigorta rejiminin geniş yorumlanarak kapsamlı bir otonom risk yönetimine dönüştürülmesi önerilmektedir.

Diğer yandan gerek AB'de gerek ABD'de, otonom araçların yaygınlaşmasıyla birlikte, ürün sorumluluğu davalarının ve üreticiye yöneltilen tazmin taleplerinin artacağı; sigorta sektörünün de bu yeni risk profiline uyum sağlamak üzere ürün sorumluluk sigortası ile motorlu araç sorumluluk sigortası arasındaki ilişkiyi yeniden kurgulayacağı öngörülmektedir.

3.2.4. Ürün Sorumluluğu ve Zorunlu Sigorta Rejimi Dönüşümü

Türk hukukunda işletenin sorumluluğunu tehlike ilkesi üzerine inşa edilmektedir. Bu bakımdan işletenin sorumluluğu motorlu aracın işletilmesinden doğan tehlikenin sonucu olarak ortaya çıkan zararlar bakımından, kusurdan bağımsız, objektif ve geniş kapsamlıdır. Bu içtihat çizgisi, motorlu araçların toplumsal risk yaratma kapasitesine dayanan klasik modelin güçlü bir örneğidir. Ne var ki otonom araçlarda ortaya çıkan teknik kusur, sensör arızası, yapay zekâ karar hatası ya da iletişim kesintisi gibi riskler, artık işletenin, özellikle de fizikî olarak araçta bulunmayan bir işletenin, kontrol alanıyla doğrudan ilişkilendirilemeyecek niteliktedir.

Yargıtay'ın işleten sorumluluğuna dair çizdiği çerçeve, insan davranışının belirleyici olduğu bir ulaşım sistemine özgüdür. Oysa SAE International'ın 4 ve 5 seviyeleri itibarıyla araç, sürüş kontrolünü tamamen kendi otonom yazılımı üzerinden yürütmekte; sürücünün fiili etki alanı sıfırlanmaktadır. Bu noktada klasik tehlike sorumluluğunun kapsamı, "kimin tehlikesi?" sorusunda takılır. Zira sürüşün belirleyicisi artık ne insan sürücüdür ne de araç maliki. Karar mekanizması sensör, veri işleme, yazılım üçlüsünden oluşan bir siber-fiziksel sistemdir. Dolayısıyla zarar verici karar, hukuken insan iradesiyle açıklanabilir olmaktan çıkar. Bu durum işletenin fiilî hakimiyeti ölçütünü işlevsiz hale getirir.

Karşılaştırmalı hukuk da benzer bir kırılmaya işaret etmektedir. Almanya'nın 2021 Otonom Sürüş Yasası'nda sürücünün yerine teknik gözetim makamının tanımlanması, sorumluluğun

giderek sistem işleticisine kaydığını göstermektedir. İngiltere Law Commission'ın 2022 raporları da, otonom modda sorumluluğa ilişkin olarak "Authorised Self-Driving Entity" kavramını öne çıkararak üretici–sistem sağlayıcısı–filo operatörü üçlüsünü sorumluluğun merkezine yerleştirmektedir. AB'nin Ürün Sorumluluğu Direktifi revizyonu ise yazılımların, güncelleme süreçlerinin ve veri işleme bileşenlerinin açıkça ürün sorumluluğu kapsamında olduğunu ilan ederek, otonom araçta zarar veren unsurun salt fiziksel parçalardan ibaret olmadığını teyit etmektedir. Uber'in 2018 kazasına ilişkin NTSB raporu, ölümün bir sensör sınıflandırma hatasından kaynaklandığını tespit etmiş; bu bulgu algoritmik kusurların doğrudan insan hayatı üzerinde sonuç doğurabildiğini göstermiştir.

Türk hukukunda bu dönüşümün en kritik yansıması, zorunlu trafik sigortasının kapsamı bakımından ortaya çıkmaktadır. ZMSS Genel Şartları, teminatın çoğu durumda sürücü kusuruna veya sürücünün aracın işletilmesine etkisine bağlı olduğunu varsayar. Ancak yüksek otomasyon seviyelerinde sürücü artık fiilen yoktur; aracın sürüş profilini belirleyen yapay zekâdır. Böylece sigorta hukukunda "kimin rizikosu?" sorusu yeniden gündeme gelir. İngiltere AEVA'nın (2018) yaptığı gibi, zararın doğrudan sigortacı tarafından hızla karşılanıp daha sonra üreticiye rücu edilmesi anlamına gelen model, Türk hukukunda da uygulanabilir bir örnek teşkil etmektedir. Nitekim sigortacının rücu hakkının geniş yorumlanması bunun bir sonucu niteliğindedir. Otonom araçlarda hata çoğu zaman teknik kusur olacaksa, sigortacının teknik bileşen üreticilerine veya sistem işleticilerine rücu etmesi sistemsel bir gereklilik hâline gelecektir.

Bu sistem işleticisinin kim olduğu sorusu da önemlidir. Geleneksel işleten tanımı (KTK m. 3), aracı fiilen sevk ve idare eden ya da kullanımından ekonomik yarar sağlayan kişiyi esas alır. Ancak otonom bir robotaksinin trafikte seyrettiği bir durumda ne fiili sevk ve idare eden bir insan vardır ne de ekonomik yarar tek bir kişiye aittir. Yazılım geliştiricisi, veri sağlayıcısı, telematik altyapı işletmecisi ve filo operatörü ayrı aktörlerdir. Yargıtay'ın klasik içtihadında birden fazla işleten kabul edilebilmekle birlikte bu, aracın kullanımından ekonomik yarar sağlayanların ortaklığı gibi durumlara yöneliktir; algoritmik karar sürecinin kolektif yapısını kapsamaktan uzaktır. Bu nedenle Türk hukukunda işleten kavramının genişletilmesi ya da yeniden tanımlanması kaçınılmaz görünmektedir.

Ürün sorumluluğu, otonom sürüş teknolojilerinde giderek daha merkezi bir rol oynamaktadır. Türk Borçlar Kanunu ve Tüketicinin Korunması Hakkında Kanun çerçevesinde ayıplı ürün sorumluluğu esasen kusursuz sorumluluk niteliğindedir; ancak geleneksel uygulama fiziksel ürün kusurlarına yöneliktir. Yazılım güncellemesinden kaynaklanan bir hata veya yapay zekâ modelinin yanlış sınıflandırma yapması gibi durumların ayıplı ürün kapsamında değerlendirilip değerlendirilemeyeceği açık değildir. Buna karşılık Avrupa Birliği'nin PLD revizyonu bu tür yazılım ve algoritma kusurlarını açıkça ayıplı ürün saymakta ve ispat yükünü zarar gören lehine hafifletmektedir. Bu yaklaşım, geleceğin Türk hukuk reformları açısından da güçlü bir referans oluşturmaktadır.

Otonom araç teknolojilerinin doğası gereği sorumluluk artık tek bir aktörde yoğunlaştırılamamaktadır. Hukuki rejimin kaçınılmaz olarak çok aktörlü bir modele evrilmesi, Yargıtay'ın tehlike sorumluluğuna ilişkin içtihadının ötesine geçen yeni bir normatif altyapıyı gerekli kılmaktadır. Otonom araçlarda zarar verici olay, sensör tedarik zinciri, veri işleme hataları, makine öğrenmesi modellerinin önyargıları, telematik kesintiler ve kullanıcı arayüzü tasarımının eksiklikleri gibi birden çok faktörün birleşiminden doğabilir. Dolayısıyla kusur kavramı insan davranışından bağımsız, sistemsel bir kusur olarak yeniden tanımlanmalıdır. "Kimin kusuru?" değil, "hangi bileşenin kusuru?" sorusu dönem belirleyici olacaktır.

Bu çerçevede Türk hukukunda geleceğe yönelik düzenlemelerin, hem işletenin tehlike sorumluluğunu koruyan hem de üretici ve sistem işleticilerine ürün kusuru ve sistem kusuru bağlamında geniş sorumluluk yükleyen *hibrit bir sorumluluk modeline* evrilmesi beklenmektedir. Bu model, hem zarar görenin korunmasını hem de teknolojik gelişmeye engel olmayacak esnekliği sağlayacaktır. Sigorta hukukunun da bu modele uyum sağlayarak algoritmik kusur teminatı, otonom mod teminatı ve veri temelli rücu mekanizmaları gibi yenilikleri içermesi kaçınılmazdır.

4. OTONOM ARAÇLAR ve SİGORTA SEKTÖRÜ BEKLENTİLERİ: NİTEL ANALİZ

4.1. Tematik Analiz Yöntemi ve Araştırmadaki Uygulanması

Braun ve Clarke (2006) tarafından tematik analiz kavramı verideki kalıpları (temaları) belirleyerek analiz etme ve raporlama yöntemi olarak tanımlamaktadır. Bu yaklaşım, datanın işlenmemiş halini ayrıntılı olarak işleyerek betimlenmesine, aynı zamanda inceleme konusunun muhtelif yönlerinin yorumlanmasına da imkan vermektedir. Tematik analiz kuramsal olarak esnek ve uygulanması nispeten kolay bir yöntemdir ve birçok farklı disiplinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Braun & Clarke, 2006). Bu esneklik sayesinde çeşitli büyüklükteki veri setlerine uygulanabilmektedir. Bu çalışma yaklaşımında verideki temaların salt sıklığı değil taşıdıkları niteliksel anlam önemlidir. Nitel araştırmalarda, özellikle bireylerin görüş, yaklaşım, yorum, deneyim ve tutumlarını anlamayı amaçlayan çalışmalarda tematik analiz çokça tercih edilmektedir. Mülakat veya odak grup verilerinde, katılımcıların ortak bakış açılarını, tekrar eden görüş veya yorumlarını ya da vurguladıkları noktaları belirlemede bu yöntem oldukça etkilidir.

Tematik analiz çalışması yapılandırılmış bir çerçevede ele alınmaktadır. Braun ve Clarke (2006) çalışmalarında nitel verinin tematik analiz çalışması için altı aşamalı bir çerçeve sunmuştur oluşturmuştur.

- Veriye aşinalık: Tüm verilerin (mülakat transkriptlerinin) bir çok defa okunması, dinlenmesi veya incelenmesi ile içeriğe hakim olunması, gereği halinde yazıya dökülerek incelenmesi sürecini ifade etmektedir.

- İlk kodların oluşturulması: Veri kapsamındaki anlamlı görülen kavram, ifade ve olayların temel seviyede etiketlenerek kodlanmasını ifade etmektedir. Etiketleme bazen doğrudan alıntı, bazen araştırmacı tarafından verilmiş açıklayıcı bir betimleme ile yapılabilmektedir. Bu bağlamda etiketleme, verinin ilgi çekici ya da çalışma açısından anlamlı bir yönünü tanımlayan ve işaretleyen bir nitelendirme olarak tanımlanabilecektir.

- Temaların belirlenmesi: Benzer veya ilişkili kodların bir araya getirilip daha soyut düzeyde tema adayları altında gruplandırılmasını ifade etmektedir.

- Temaların gözden geçirilmesi: Oluşturulan tema adaylarının veri kümesi bakımından tutarlılığının ve kapsayıcılığının değerlendirilmesi; gereği halinde temaların ayrıştırılması, birleştirilmesi veya elenmesi işlemleridir.

- Temaların tanımlanması ve adlandırılması: Bu aşamada her bir temanın özü tanımlanarak sınırları netleştirilir ve araştırma bağlamına uygun biçimde isimlendirilir.

- Bulguların raporlaştırılması: Temaların son halinin, ilgili alıntılarla birlikte araştırma sorularına yanıt olacak açıklamalar halinde yazılmasını ifade etmektedir.

Sürecin tamamen doğrusal olmaması nedeniyle, analiz esnasında gereği halinde ihtiyaç duyulan aşamaya dönülerek kodların veya temaların yenilenmesi mümkün ve olağandır. Tema gözden geçirme safhasında, kodlamaların verinin anlam farklarını veya derinliğini yeterince tam yansıtmadığının fark edilmesi halinde kodlama aşamasına dönülerek yeni kodlar oluşturulabilmekte veya mevcut kodlar yeniden düzenlenebilmektedir. Bu bağlamda tematik analiz, oldukça esnek ve iteratif bir yaklaşımla derinlemesine ve tutarlı bir sonuca ulaşma imkanını sağlamaktadır.

Tematik analizde temalar belirlendikten sonra en önemli aşama, temaların ne anlama geldiğinin ve çalışmanın temel sorusu ya da sorularını ne çerçevede yanıtlayabildiğinin yorumlanmasıdır. Çalışma açısından doyurucu ve yeterli bir tematik analiz verinin özetlenmesinin yanında veriye anlam katılması ve yorumlanmasını içermektedir. Temaları destekleyen örnek katılımcı alıntıları da çalışma kapsamına alınarak temaların temellendiği kanıtlar tespit edilmekte ve temaların ortaya çıkarılma nedeni ile temsil ettikleri unsurlar anlaşılır hale getirilmektedir. Bulguların ortaya koyulması aşamasında temalar araştırmanın cevaplamayı amaçladığı soru ile ilişkilendirilmekte ve gereği halinde literatürdeki bulgularla birlikte ele alınmaktadır. Bu bağlamda temalar daha derinlemesine yorumlanabilmektedir. Nitel yorumlamalarda her halükarda tek doğru olmayacağından hareketle araştırmacıların

öznelliğin farkındalığıyla değerlendirme yapması önemli hale gelmektedir. Nihai olarak temalar çerçevesinde oluşturulan çalışma bütüncül bir şekilde çalışmanın bilimsel sorusuna cevap bulmaya çalışacak şekilde sunulmaktadır.

Çalışma kapsamında nitel veri çözümleme yöntemi olarak tematik analiz tercih edilmiştir. Zira çalışmanın temel sorusu otonom sürüş teknolojilerinin sigorta sektörünü nasıl etkileyeceğine odaklanmaktadır. Bu odak noktasının, otonomi alanındaki radikal dönüşüm hızına rağmen sigorta sektörünün adapte olmak adına kayda değer adımlar atmamasının, yine sigorta sektörü bakış açısıyla karşılaşılacak gelişme ve sonuçların da göz önünde bulundurularak incelenmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda sigorta sektöründe otonom araç teknolojisi hususunda fikir geliştirebilecek ve değerlendirme yapabilecek bilgi ve tecrübeye sahip bir profesyonel kitle ile dönüşümün bu çalışma kapsamında getirdikleri bağlamında mülakatlar gerçekleştirilmiştir. Sigorta sektöründe farklı alanlarda tecrübe ve bilgi sahibi 50 sigorta profesyoneliyle gerçekleştirilen mülakatlardan elde edilen kapsamlı değerlendirme verisini sistematik biçimde inceleyebilmek adına da tematik analiz yöntemi uygulanmıştır. Otonom teknolojilerin sigortacılık alanındaki etkileri uygulayıcılar bakımından beklenenin üzerinde bir hızla hissedilirken literatürde henüz yeni sayılabilecektir. Veri kümesinden tümevarım yoluyla yeni içgörüler elde edilmesi sağlanarak yöntemin esnekliği sayesinde inceleme aşamasında yeni temalar ve nüanslar tespit edilmiştir. Bununla birlikte ön kabullerle yönlendirilen bir kodlama sayesinde de tümdengelim yoluyla analizler yapılması amaçlanmıştır.

Uygulama kapsamında, mülakat kayıtları kelimesi kelime deşifre edilerek okunmuş ve veriye aşinalık sağlanmıştır. Ardından başlangıç kodları çalışma odağı ekseninde oluşturulmuş ve benzer kodlar gruplanarak temalar meydana getirilmiştir. Bu temalar, tutarlı olması adına gereği halinde birleştirilmiş veya alt temalara ayrılmıştır. Son olarak temalar, katılımcı alıntılarıyla desteklenmiştir.

4.2. Çalışmanın Amacı ve Hipotez

Araştırma "Otonom araçlarda insan davranışına bağlı sorumluluğun ortadan kalkması sigorta sektöründeki sorumluluk yaklaşımına bağlı süreçleri nasıl dönüştürmektedir?" sorusu temel alınarak, otonom sürüş teknolojilerinin mülkiyet ve sorumluluk rejimlerinde bağlamında neden olduğu dönüşümün sigorta sektörüne etkilerinin incelenmesi amacıyla oluşturulmuştur. Söz konusu araştırma sorusu temelinde otonom sürüş teknolojilerinin, insan davranışına dayalı mevcut sigortacılık modelini geçersiz kıldığı ve sigorta sektörünü birçok bakımdan yeniden yapılanmaya zorladığı hipotezi çalışmanın omurgasını oluşturmuştur. Otonom teknolojilerin sigorta sektörü ve paydaşları açısından yaratacağı etkiler henüz yeterli veya diğer deyişle geleneksel modellerin analizi adına sahip olunan derinlikte istatistiki verilerle benzer çerçevede ölçümlenebilir seviyeye erişmemiştir. Bu çalışmayla literatürde otonom teknolojilere dair ele alınan bazı veri setlerine ilişkin bulguların yorumlanmasının yanı sıra sektörün tecrübe ve bilgi sahibi profesyonellerinin öngörü ve deneyimleri kullanılarak içgörüler oluşturulmasını, durum tespiti yapılarak geleceğe dair önerilerde bulunulması amaçlanmıştır.

Araştırma, yukarıda belirtilen temel soru ve hipotez doğrultusunda aşağıdaki alt araştırma sorularına yanıt aramaktadır.

- Otonom sürüş teknolojileri, klasik mülkiyet modelini nasıl dönüştürmektedir?
- Otonom araçlarda kaza sorumluluğu hangi aktörler arasında nasıl dağılmaktadır?
- Otonom araçların sorumluluk modelindeki dönüşümün sigorta sektörüne etkileri nelerdir?
- Düzenleyici çerçeveler, otonom sürüş teknolojilerindeki gelişimi nasıl ele almaktadır?
- Sektör paydaşlarının algıları ve beklentileri otonom sürüşün sigortacılık ilişkisini nasıl şekillendirmektedir?

Bu sorular bağlamında ana hipotezi ve altında aşağıdaki alt hipotezler de çalışmanın çerçevesinin oluşturulmasında kullanılmıştır.

H_0: Otonom sürüş teknolojilerinin, insan davranışına dayalı mevcut sigortacılık modelini geçersiz kılmakta ve sigorta sektörünü birçok bakımdan yeniden yapılanmaya zorlamaktadır.

H_1a: Otonom araçlarda kaza sorumluluğu insan davranışından sistem, üretici ve yazılım geliştiriciye kaymaktadır.

H_1b: Otonom sürüş, sigorta sektöründeki insan odaklı risk fiyatlamasını sistem davranışı gibi veri odaklı modellere dönüştürmektedir.

H_1c: Otonom sürüş teknolojileri, hasar yönetimi süreçlerinde işletilen fiziksel inceleme ve tutanak odaklı yapıyı geçersiz kılarak sensör verisi, dijital olay kayıtları, kalibrasyon doğrulaması ve yazılım log analizi gibi öngörülemez teknik veri analizi süreçlerine dayalı dijital bir yapıya dönüştürmektedir.

H_1d: Otonom araçlar, müşteri beklentilerini sigorta ürünlerini bireysel olarak satın alma davranışından bütünleşik mobilite hizmetleri kapsamında kullanmaya yöneltmektedir.

Otonom araç teknolojileri araçların sevk ve idaresine dair işlemleri büyük ölçüde insandan alarak bildiğimiz anlamda motorlu taşıtlara dair risk ve sorumluluk anlayışını temelden değiştirmektedir. Bu bağlamda çalışmada, özellikle motorlu taşıtın kullanımı ve araç üzerindeki malik ya da işleten sıfatlarıyla tasarruf yetkisi bağlamında sorumluluk dağılımının dönüşümüne odaklanılmıştır. Bu çok katmanlı radikal dönüşümün neden olacağı hukuki ve kurumsal boşluk ve belirsizliklerin tespiti ve sigorta sektörü açısından öneriler sunulması hedeflenmiştir. Ayrıca bu teknolojilerle ortaya çıkacak yeni sigortacılık uygulama ve ihtiyaçlarının ortaya koyulması amaçlanmıştır.

4.3. Çalışmanın Varsayımları ve Sınırlılıkları

Çalışma aşağıdaki temel varsayımlar üzerine inşa edilmiştir. Bu varsayımlar, mevcut literatür ve sektör raporları çerçevesinde desteklenen unsurlardır ve araştırmanın analiz çerçevesinin şekillendirilmesinde rol oynamıştır.

- Otonom araçlar önümüzdeki dönemde kullanımdaki araç kümesinin ağırlıklı bölümünü teşkil edecektir ve bu yaygınlaşma kaçınılmazdır. Bu varsayım çerçevesinde otonom sürüş hayatın vazgeçilmez bir parçası haline gelecektir.

- Tam otonomiye (Seviye 5) geçiş kademeli olacaktır. Kısa vadede ilk iki seviyedeki otonom araçlar yeni nesil sürüş dinamiklerinde belirleyici ağırlığa sahip olsa da orta vadede 3. ve 4. Seviye otonom sistemlerin kullanım kümesinde zamanla ağırlığa sahip olacağı öngörülmektedir. Bu varsayıma göre tam yaygınlaşma zaman alacak, araç kümesinin karma yapısı uzun bir süre devam edecektir.

- Yasal düzenleme ve kurumsal sistemler için dönüşüm ihtiyaç ve zaruridir. Dönüşümün bir sonucu olarak insan faktörünün ortadan kalkması halinde sorumluluğa bağlı hukuki düzlem geçerliliğini ve bağlayıcılığını yitirecektir. Üretici, yazılım geliştirici ve araç sahibi paydaşlarının sorumluluklarının regüle edilmesi yadsınamaz bir ihtiyaçtır.

- Sigorta sektörü bu dönüşüme uyum sağlamaya mecburdur. Sürücüsüz araçlarda sorumluluğun insan dışı unsurlara devri geleneksel kasko ürünlerinin üreticiyi muhatap alan bir sigorta yapısına evrilmesine neden olacaktır.

- Otonom araç teknolojileri ekosistemi veri merkezlidir. Tüm mobilite altyapısının olağanüstü boyutlarda veri ile beslenen ve bu veriyi üreten yapay zekâ ile algoritmalara dayanacağı öngörülmektedir. Bu bağlamda otonom araçlarda her aşamada verinin kaydı, depolanması ve paylaşımı önemli rol oynayacaktır.

Araştırma, kapsamı dâhilinde bazı metodolojik ve yapısal sınırlılıklar bulunmaktadır.

- Örneklem ve verinin toplanması sınırı: Nitel veriler, Türkiye sigorta sektöründe muhtelif uzmanlık alanlarında faaliyet gösteren 50 sektör profesyoneliyle gerçekleştirilen mülakatlardan elde edilmiştir. Bu bağlamda çalışma bulguları ülke kapsamında coğrafi olarak sınırlıdır ve çıktıların global bir karşılaştırması yapılmamıştır. Türkiye dışındaki ülkelerdeki sektör uzmanlarından bilgi alınması araştırma kapsamı dışında bırakılmıştır.

- Teknik derinlik sınırı: Çalışma kapsamında otonom araç teknolojileri ve ileri sürüş destek sistemlerinin mühendislik ve teknik altyapısı ile yasal ve teknik güvenlik testleri analize dahil edilmemiştir. Mekanik ya da yazılım mühendisliği ilişkili teknik hususlar inceleme kapsamı dışında tutulmuştur. Teknik konulara hukuki ve sigortacılık ilişkileri itibarıyla kısıtlı olarak değinilmiştir.

- Nicel veri analizi sınırı: Sigorta sektörü inceleme konusu itibarıyla veri temelli risk modellemeleri ve aktüeryal projeksiyonlar bakımından incelemeye açık olsa da nicel bir analiz veya simülasyon yapılmamıştır. Zira bu noktada sektörde otonom araçlar için ayırt edilebilecek data seti bulunmamakla birlikte, homojen bir veri kümesine ulaşılması da hem kişisel verilere ilişkin koruyucu düzenlemeler hem de şirketlerin ticari kaygıları nedeniyle mümkün olmamıştır.

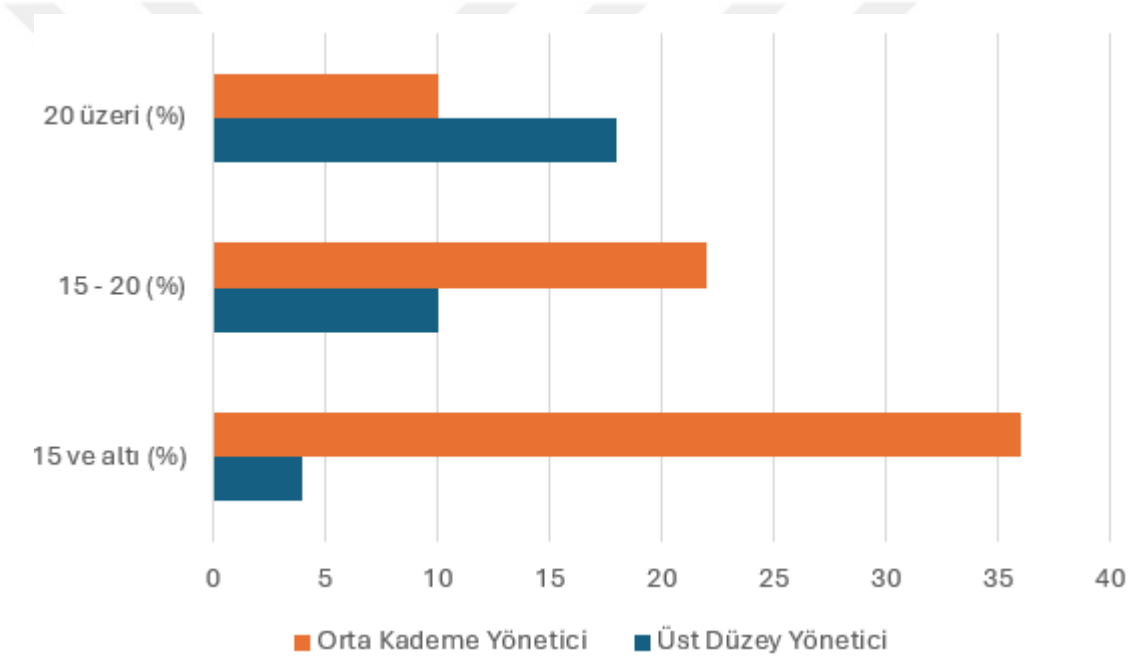
- Regülasyon sınırı**:** Mevzuata ilişkin analizlerde ele alınan ülkelerin yasal düzenlemeleri geniş bir kapsamla incelenmemiş; otonom sürüş ile ilişkilendirilen önemli prensip ve düzenlemeler kapsama dahil edilmiştir.

- Ekonomik analiz sınırı**:** Otonom araç teknolojilerinin sigorta sektörü üzerindeki etkileri, makroekonomik göstergeler bakımından değil, sektörel olarak araştırma konusuna paralel düzeyde ele alınmıştır.

Söz konusu sınırlılıklar, çalışmanın daha odaklı ve tutarlı bir kapsama sahip olmasını sağlamıştır. Bu bağlamda, belirlenen araştırma sorularına odaklanılarak derinlemesine bütünlüğün korunması hedeflenmiştir.

4.4. Çalışma Grubu

Araştırmanın çalışma grubu, amaçlı örnekleme yöntemlerinden ölçüt örnekleme ve azami çeşitlilik örneklemesi kullanılarak belirlenen 50 sektör çalışanından oluşmaktadır. Katılımcıların seçiminde; sigorta sektöründe deneyim sahibi olma, oto ve sorumluluk sigortalarında risk kabulü, fiyatlandırma hususlarında yetkili ve tecrübeli, otonom araç teknolojileri, hukuk, aktüerya veya hasar yönetimi konularında karar verici veya uygulayıcı pozisyonda bulunma ölçütleri esas alınmıştır.



Şekil 3. Tecrübe süreleri ve kademelerine göre katılımcı ağırlıkları.

Şekil 3 çerçevesinde katılımcı profili incelendiğinde, grubun %18'ini (9 kişi), 20 yıl ve üzeri deneyime sahip, stratejik karar alma mekanizmalarında yer alan üst düzey yöneticiler (Genel Müdür, Genel Müdür Yardımcısı, Direktör) oluşturmaktadır. Bu üst düzey katılımcıların toplamdan aldığı pay ise 16 kişi ile %32 seviyesindedir. Grubun geri kalanı ise orta kademe yöneticiler (Müdür, Koordinatör) ve teknik uzmanlardan teşekkül etmektedir. Araştırmanın geçerliliği ve kapsamı açısından çalışma grubu; sigorta şirketleri, Türkiye Sigorta Birliği (TSB), reasürans şirketleri, acente ve brokerler olmak üzere ekosistemin kritik paydaşlarını kapsayacak şekilde çeşitlendirilmiştir. Katılımcıların uzmanlık alanları risk kabulü, fiyatlama, hasar, aktüerya, hukuk, bilgi teknolojileri ve pazarlama gibi dikey disiplinlere yayılarak verinin çok boyutluluğu sağlanmıştır.

4.5. Veri Toplama ve Analiz Süreci Adımları

Araştırmanın verileri, araştırmacı tarafından geliştirilen ve uzman görüşü alınarak son hali verilen yarı yapılandırılmış görüşme formu aracılığıyla toplanmıştır. Veri toplama süreci 01.03.2025 ile 01.09.2025 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir.

Görüşmeler, katılımcıların farklı kurumlarda ve lokasyonlarda bulunması, ayrıca zaman yönetimi verimliliği gözetilerek dijital iletişim platformları (Zoom, Teams vb.) üzerinden çevrim içi olarak veya yüz yüze ve formun katılımcılar tarafından detaylı olarak doldurulması gerçekleştirilmiştir. Her bir mülakat, katılımcının görüşlerini detaylıca ifade edebilmesi ve derinlemesine veri elde edilebilmesi amacıyla ortalama 30 ile 45 dakika arasında sürmüştür.

Görüşme formunda katılımcılara; otonom araçların sorumluluk hukukunda yaratacağı değişimler, risk kabul ve fiyatlama (underwriting) süreçlerindeki teknolojik dönüşüm, hasar yönetimindeki dijitalleşme ve geleceğin sigorta ürünlerine (siber risk, ürün sorumluluğu vb.) yönelik bakış açılarını irdeleyen sorular yöneltilmiştir. Tüm görüşmeler, katılımcıların izni dahilinde yazılı olarak kayıt altına alınmış ve analiz öncesinde ham veri setini oluşturmak üzere kelimesi kelimesine (verbatim) deşifre edilmiştir.

Elde edilen nitel verilerin analizinde tematik analiz yöntemi kullanılmıştır. Deşifre edilen görüşme dökümleri, Excel ve MAXQDA nitel veri analiz programı kullanılarak sistematik bir şekilde işlenmiş ve draw.io çizim programı ile haritalandırılmıştır. Analiz süreci şu aşamaları izlemiştir:

1. Veri Kodlama: Ham veriler satır satır okunarak, katılımcıların ifadelerinden anlamlı bütünler oluşturan açık kodlama (open coding) işlemi yapılmıştır. (Örn: "Sorumluluğu Üreticiye Devretme", "Telematik Skorlama Kullanma").

2. Kategorileştirme (Alt Temalar): Birbiriyle ilişkili kodlar bir araya getirilerek alt temalar oluşturulmuştur (Örn: "Risk Modelleme ve Fiyatlama Metotları", "Regülasyon ve Bilgi Yönetişimi İhtiyaçları").

3. Temaların Belirlenmesi (Ana Temalar): Alt temaların kuramsal bir çerçeveye oturtulmasıyla araştırmanın üç ana teması belirlenmiştir: (1) Hukuki ve Yapısal

Sorumluluk Mimarisi, (2) Aktüeryal ve Operasyonel Yeniden Kalibrasyon, (3) Pazar ve Paydaş Dinamikleri.

Araştırma etiği gereği, katılımcıların kimlik bilgileri gizli tutulmuş ve her bir katılımcıya "K1, K2... K50" şeklinde kodlar verilmiştir. Bulguların sunumunda, temaları desteklemek ve analizin inandırıcılığını artırmak amacıyla katılımcı görüşlerinden doğrudan alıntılara yer verilmiştir. Analiz sürecinde kod frekansları ve katılımcı profillerine göre tematik odaklanma matrisleri oluşturularak, nitel veriler nicel göstergelerle de desteklenmiştir.

4.6. Araştırmaya İlişkin Ulaşılan Bulgular

Bu bölümde öncelikle çalışmanın ham datası kullanılarak söylemsel yoğunluk analizi yapılmış ve genel olarak söylemlerin işaret ettiği kavram ve unsurlar belirlenmiştir. Ardından çalışma grubu, kodlar, alt temalar, ana temalar şemsiyesi altında ele alınarak bulgular sıralanmıştır.

4.6.1. Söylemsel Yoğunluk Analizi: Kelime Bulutu

Nitel araştırmalarda tüm metin detaylarının görsel ve basit analizi için kullanılan özel bir teknik olan kelime bulutu, analiz edilen mülakat metinlerinde tekrar eden kelimelerin görselleştirerek hızlı ve kolay çıkarım yapılmasını sağlamaktadır. Çalışma kapsamında nitel analizdeki ağırlığı yüksek ve sıkça tekrar eden temaların ilk bakışta fark edilmesini kolaylaştırmak amaçlanmıştır. Bu bağlamda 50 katılımcının mülakat sorularına verdiği cevaplar analiz edilerek kelime bulutu oluşturulmuş ve söz konusu analiz çıktılarına aşağıdaki şekilde yer verilmiştir.



Şekil 4. Söylemsel yoğunluk analizi görseli, kelime bulutu.

Şekil 4'teki katılımcılarla yapılan mülakat verileri kullanılarak oluşturulan kelime bulutu görseli, Türkiye sigortacılık sektöründen 50 çalışanın otonom sürüş teknolojileriyle ilgili görüş ve değerlendirmelerinde en sık tekrarlanan odaklı kavramları özetlemektedir. Söz konusu görsel, söylemsel yoğunluğun hangi unsurlar etrafında yoğunlaştığını ortaya koyarak araştırmanın temel tematik alanlarını da vurgulamaktadır. Kelime bulutunda "ölçülebilir", "kanıta dayalı", "risk", "veri", "yazılım", "aşamalı geçiş", "hasar", "sorumluluk", "teknik" ve "çözüm" gibi unsurların bulunması, sektörde ele alınan dönüşümde teknik ve veri temelli yaklaşım, sorumluluk dağılımı, riskin yeniden tanımı ve adaptasyon süreçlerine odaklanıldığını işaret etmektedir. Kavramların ağırlığı kullanım sıklığının yanında bu unsurların belirsizlik, ihtiyaç ve çözüm alanı olarak ortaya çıktığını göstermektedir. Bu yoğunluk, otonom teknolojilerin sigorta sektöründe hasar ya da teminat süreçleri dışında veri yönetişimi, algoritmik şeffaflık, yeni risk bileşenleri, müşteri beklentileri ve hukuki reform gereksinimlerini de çağıran bir dönüşümü haber verdiğini işaret etmektedir.

"Kanıta dayalı", "ölçülebilir", "veri" ve "teknik" kavramlarının dikkat çeken konumu, sigorta işlevlerinin giderek daha fazla veri odaklı ve sayısallaşmış modeller üzerinde işletileceğini, "sorumluluk", "üretici", "yazılım" ve "risk" unsurlarının ağırlığı ise

sorumluluk dağıtım modelinin ve risk transfer mekanizmalarının teknoloji temelli bir yeniden inşaya ihtiyaç duyduğunu vurgulamaktadır.

Aşağıdaki tablo, kelime bulutunda öne çıkan anahtar kavramların, tematik analizde tanımlanan alt temalarla yapısal eşleşmesini göstermektedir. Bu matris, söylemsel yoğunluğun hangi alt temalarda daha fazla toplandığına ilişkin görsel bir yönlendirme sağlamaktadır.

Tablo 5. Kelime Bulutu Kavramlarının Alt Temalar ile Eşleşme Matrisi

Kelime Bulutu Kavramı	Alt Tema 1 Sorumluluk Rejimi ve Risk Transferi	Alt Tema 2 Risk Modelleme ve Fiyatlama	Alt Tema 3 Hasar Yönetimi ve Dijital Kanıt	Alt Tema 4 Yeni Risk ve Ürün Geliştirme	Alt Tema 5 Regülasyon ve Bilgi Yönetişimi	Alt Tema 6 Müşteri Beklentileri
Sorumluluk	●●●●				●	
Üretici / OEM	●●●●			●	●	
Rücu	●●●●				●	
Risk	●●●	●●●●	●●	●●●		
Veri	●	●●●●	●●●●	●●	●●●●	●
Ölçülebilir	●	●●●	●●●●	●	●●●	
Kalibrasyon	●	●●	●●●●		●●	
Yazılım / Versiyon	●●●	●●●●	●●	●●●	●●	
Dijital Kanıt	●		●●●●		●●●	
Siber				●●●●	●	
Paylaşımlı Mobilite		●		●●●●	●	●●●
Adil Fiyatlandırma		●●●●		●		●●●●
Asistans / Hizmet			●	●		●●●●

Kelime bulutu kapsamında yer alan ifadelerin temalarla ilişkilendirildiği Tablo 5, çalışmanın nitel analizinde ortaya çıkan tematik yapının hangi kavramlardan beslendiğinin görülmesi açısından faydalıdır. Tablodaki işaretlemeler, ifadelerin temalarla ve kodlarıyla olan içerik ve odak uyumuna göre oluşturulmuş ilişki seviyesini yansıtmaktadır. Buna bağlamda "sorumluluk", "üretici/OEM", "yazılım" ve "rücu" ifadelerinin alt tema 1 ile yüksek ağırlıkla ilişkili görünmesi, bu temanın özünde yer alan kusur izafesi, tazmin sorumluluğu ve rücu işletiminin bu kavramlarla şekillenmesinden kaynaklanmaktadır. Benzer biçimde "ölçülebilirlik", "veri", "yazılım/versiyon" ve "dijital kanıt" gibi ifadelerin 2. ve 3. alt temalarda yoğunlaşması, risk modellerinin veri eksenli yapısını ve hasar süreçlerinde dijital kanıt ve teknik doğrulamanın önemini vurgulamaktadır. "Kalibrasyon" ve "dijital kanıt" gibi

teknik ifadelerin özellikle alt tema 3 ile ilişkilenmiş olması otonom araçların hasar süreçlerinin teknik yoğun yapısına işaret etmektedir. “Siber güvenlik”, “paylaşımlı mobilite”, “kullanım bazlı sigorta” gibi ifadelerin alt tema 4 ile ilişkilendirilmesi, otonom teknolojiler nedeniyle ortaya çıkan yeni risk ve teminat yapılarını hatırlatmaktadır. Regülasyon ve bilgi yönetişimine ilişkin ifadeler ise alt tema 5 kapsamında kümelenmekle birlikte birçok unsurun da bu alanla ilişkilendirildiği görülmektedir. Bu ele alınan teknolojilerin yarattığı etkiler veya kesiştiği her alanda regülasyon ihtiyacı olduğunu göstermektedir. Son olarak “adil fiyatlandırma”, “asistans”, “paylaşımlı mobilite” ve “gömülü sigorta” gibi ifadelerin alt tema 6 ile eşleşmesi, kullanıcı beklentilerinin de otonom sürüş etkisiyle değiştiğine işaret etmektedir.

4.6.2. Araştırma Grubuna İlişkin Bulgular

Bu bölümde, otonom sürüş teknolojilerinin sigorta sektöründe yaratacağı dönüşümün incelenmesi amacıyla gerçekleştirilen nitel araştırmanın gelişme ve sonuçlarına yer verilmiştir. Araştırma kapsamında, sigorta sektörünün farklı alanlarında görev yapan 50 sektör temsilcisi ile gerçekleştirilen yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilen veriler, tematik analiz yöntemiyle incelenmiştir. Analiz neticesinde katılımcıların görüşleri; demografik özellikler, kurumsal aidiyet ve profesyonel deneyim süreleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

Çalışmadaki katılımcı örneklemi, Türkiye sigorta sektörünün farklı sorumluluk alanlarını temsil eden ve yüksek düzeyde uzmanlaşmış bir yapıya sahiptir. Katılımcıların deneyim süreleri 7 ila 28 yıl arasında değişmekte ve büyük bölümü 14 ila 22 yıl aralığında deneyime sahiptir. Bu durum, verilerin ağırlıkla sektörde uzun deneyime sahip, karar alma süreçlerine doğrudan katkıda bulunan, orta ve üst düzey yöneticilerden oluştuğunu göstermektedir. Bu bağlamda katılımcı kümesinin birikimi, otonom sürüş teknolojilerinin sigortacılığa etkilerini düzenlemeler ve uygulama pratiklerini göz önünde bulundurarak değerlendirebilecek niteliktedir.

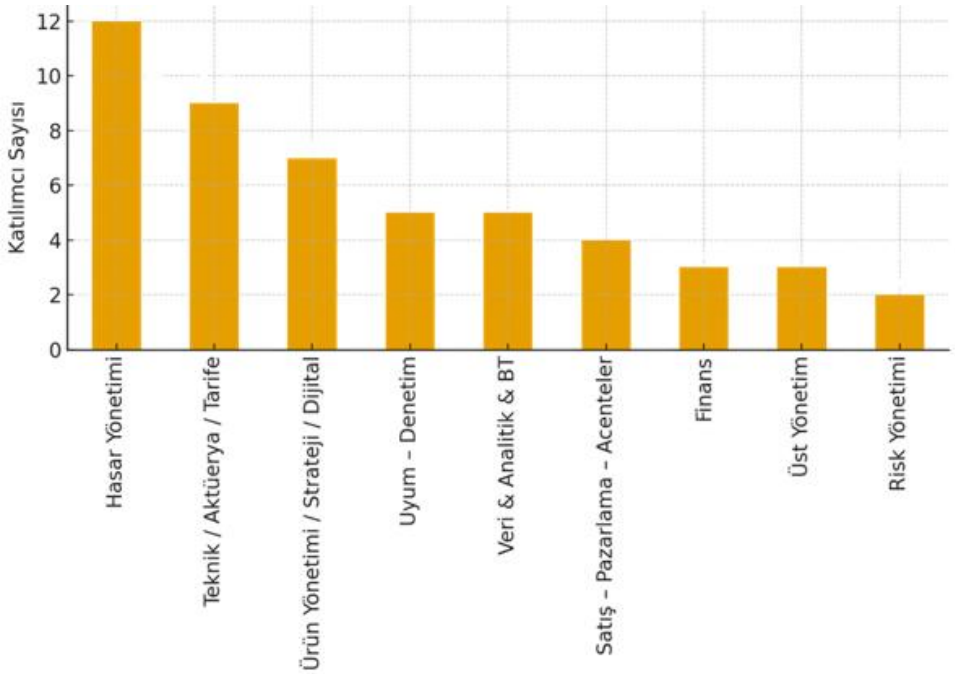
Tablo 6. Araştırma Katılımcılarına Ait Demografik ve Mesleki Dağılım

Kodu	Unvan / Pozisyon	Tecrübe (Yıl)	Kurum Tipi	Uzmanlık Alanı / Odağı
K1	Oto Hasar Direktörü	22	Sigorta Şirketi	Hasar süreçleri, maliyet kontrol
K2	Aktüerya Koordinatörü	23	TSB	Risk primi, tarife hesaplama
K3	Teknik Müdür	25	Sigorta Şirketi	Ürün yönetimi
K4	Dijital Sigorta Yöneticisi	8	Sigorta Şirketi	Dijital platformlar, ürün
K5	Genel Müdür Yardımcısı	28	Sigorta Şirketi	Teknik branşlar, hasar, analiz
K6	Ürün Geliştirme Müdürü	14	Sigorta Şirketi	Yeni oto ürünleri, kasko
K7	Hasar Yöneticisi	11	Sigorta Şirketi	Oto ürünleri, hasar süreçleri
K8	Hasar Yöneticisi	10	Sigorta Şirketi	Oto ürünleri, hasar süreçleri
K9	İç Denetim Müdürü	16	Sigorta Şirketi	Süreç denetimi, analiz
K10	Risk Yönetimi Müdürü	15	Sigorta Şirketi	Risk ölçüm, ERM, oto riskleri
K11	Sigorta Denetim Müdürü	12	Sigorta Şirketi	İç denetim, oto poliçeleri
K12	Veri Analitiği Müdürü	12	Sigorta Şirketi	Veri analizi, modelleme
K13	Hukuk Müşaviri	19	Sigorta Şirketi	Sorumluluk davaları
K14	Hasar Yönetimi Müdürü	18	Sigorta Şirketi	Hasar politikaları, süreç tasarımı
K15	Operasyon Direktörü	24	Sigorta Şirketi	Poliçe ve müşteri operasyonları
K16	Uyum Müdürü	13	Sigorta Şirketi	Mevzuat, regülasyon, uyum
K17	Satış Pazarlama Müdürü	16	Sigorta Şirketi	Prim hesaplama, hasar frekansı
K18	Hasar Denetim Müdürü	18	Sigorta Şirketi	Hasar analiz, suiistimal
K19	Asistans Birim Müdürü	15	Sigorta Şirketi	Asistans hizmetler
K20	Sigorta Birlik Koordinatör	15	TSB	Reasürans, risk transferi
K21	Veri Bilimi Müdürü	14	TSB	Veri bilimi, analiz
K22	Kaza Araştırma Müdürü	25	Sigorta Şirketi	Kaza analizi, hasar süreçleri
K23	Finans Direktörü	21	Sigorta Şirketi	Teknik analiz, mali tablo, kârlılık
K24	Tarife Uzmanı	7	Sigorta Şirketi	Tarife, fiyatlama, ürün yönetimi
K25	İş Geliştirme Müdürü	19	Sigorta Şirketi	Stratejik planlama, iş geliştirme
K26	Dijital Sigorta Müdürü	13	Sigorta Şirketi	Online satış, ürün yönetimi
K27	Finans ve Strateji M.	17	Sigorta Acentesi	Finans, teknik analiz, strateji
K28	Genel Müdür	15	Brokerlik şirketi	Ürün yönetimi, pazarlama
K29	Ürün Yönetimi Direktörü	20	Sigorta Şirketi	Ürün yönetimi, fiyatlama, tarife
K30	Risk Ölçüm Yöneticisi	14	Sigorta Şirketi	Risk istatistikleri
K31	Acente Genel Müdürü	26	Sigorta Acentesi	Satış ve pazarlama, oto branşı
K32	Hasar Koordinatörü	19	Sigorta Şirketi	Hasar lojistiği, eksper ilişkileri
K41	Hasar Analiz Müdürü	17	Sigorta Şirketi	Hasar verileri, analiz
K45	Hasar Müdürü	22	Sigorta Şirketi	Hasar tazmin organizasyonu
K49	Hasar Koordinatörü	17	Sigorta Şirketi	Teknik analiz, hasar süreçleri
K33	Pazarlama Direktörü	18	Sigorta Şirketi	Pazarlama, dijital ürün
K34	Bilgi Tek. Direktörü	20	Sigorta Şirketi	Bilgi teknolojileri, analiz
K35	Ürün ve Fiyat Yöneticisi	12	Sigorta Şirketi	Analiz, tarife, ürün yönetimi
K36	Strateji Müdürü	15	Sigorta Şirketi	Strateji, planlama, bütçe
K37	Acente Genel Müdürü	22	Sigorta Acentesi	Satış, pazarlama, fiyatlama
K38	Sorumluluk Yöneticisi	22	Sigorta Şirketi	Ürün tasarımı, risk, fiyatlama

(Tablo 6. Devam)

Kodu	Unvan / Pozisyon	Tecrübe (Yıl)	Kurum Tipi	Uzmanlık Alanı / Odağı
K39	Hasar Yönetimi Müdürü	22	Sigorta Şirketi	Hasar, tedarik, lojistik
K40	Sorumluluk Müdürü	13	Sigorta Şirketi	Teknik ürün yönetimi
K42	Hasar Analiz Yöneticisi	10	Sigorta Şirketi	Risk modelleme, hasar analiz
K43	Oto Ürün Yöneticisi	15	Sigorta Şirketi	Ürün yönetimi, satış, pazarlama
K44	Veri Bilimi Müdürü	16	Sigorta Şirketi	Veri bilimi, analiz, modelleme
K46	Oto Sigortaları Müdürü	16	Sigorta Şirketi	Tarife, fiyatlama, ürün yönetimi
K47	Oto Sorumluluk Müdürü	17	Sigorta Şirketi	Tarife, fiyatlama, ürün yönetimi
K48	Finans Direktörü	22	Sigorta Şirketi	Finans, fiyatlama
K50	Genel Müdür Yardımcısı	22	Sigorta Şirketi	Oto branşı, tarife, aktüerya

Tablo 6’daki veriler bütüncül olarak değerlendirildiğinde, örneklem grubunun otonom sürüş teknolojilerinin sigorta sektörüne etkilerini hem 'stratejik' (üst yönetim) hem de 'operasyonel' (orta kademe ve teknik birimler) düzeyde analiz edebilecek yetkinliğe sahip olduğu görülmektedir. Kurum tipleri bakımından ağırlıkla sigorta şirketlerinden katılımcıların bulunduğu, buna ek olarak TSB (Türkiye Sigorta Birliği), sigorta acenteleri ve brokerlik şirketlerinden de katılım sağlandığı görülmektedir. Bu bakımdan, fiyatlama, ürün tasarımı, hasar yönetimi, pazarlama ve teknik değerlendirme gibi farklı sorumluluk alanlarının aynı araştırma içerisinde de temsil edilmesi sağlanarak tek boyutluluğun önüne geçilmiştir. Katılımcılar, farklı disiplinlerden içgörü sunmaktadır.



Şekil 5. Katılımcıların ana fonksiyonlar bakımından dağılımı.

Şekil 5'e göre unvan ve pozisyonlar bakımından katılımcı kümesi çok katmanlı bir uzmanlık deseni sunmaktadır. Teknik birimler (aktüerya, fiyatlama, veri bilimi, teknik analiz sorumluları), hasar yönetimi (hasar direktörleri, hasar denetim ve operasyon yöneticileri), sorumluluk ve hukuk birimleri, operasyon ve uyum yönetimi, stratejik planlama, dijital sigortacılık, ürün tasarımı ve pazarlama gibi görev ve faaliyet alanları güçlü bir biçimde analiz kümesinde yer almıştır. Bu bakımdan, otonom sürüş teknolojilerinin etkileri birçok boyut ve bakış açısıyla analize dahil edilmiştir. Katılımcıların en yoğun kümesini hasar süreçleriyle ilgili sorumluluk alan 13 katılımcı oluşturmaktadır. Bunu, sigorta sektörünün analiz ve fiyatlama fonksiyonlarını işleten teknik, aktüerya, tarife alanı 9 katılımcıyla izlemekte ve aynı sayıda katılımcı ile ürün yönetimi ve dijital sigortacılık alanı 2. sırayı paylaşmaktadır. Veri analitiği ve teknoloji fonksiyonu ise örnekleme 6 temsilci ile dahil olmuştur.

Katılımcıların ağırlıkla üst düzey unvanlara sahip olması (direktör, müdür, koordinatör, genel müdür yardımcısı vb.) tecrübe ve yetkinlikle paralel derin bilgi ve değerlendirmeler alınabilmesini sağlamıştır. Bu durum, analizde oluşan temaların sektörel pratik açısından

temsil kabiliyetinin yüksek olduğunu göstermekle birlikte, örneklem kümesinin sağladığı bilgilerin güvenilirliğini artırdığı söylenebilecektir.

4.6.3. Tematik Analiz Sonuçları ve Genel Görünüm

Elde edilen verilerin kodlanması ve kategorize edilmesi neticesinde, otonom sürüş teknolojilerinin sigorta sektörüne etkilerini açıklayan üç ana tema ve bunlara bağlı alt temalar belirlenmiştir. Veri setinin derinlemesine analizi sonucunda ortaya çıkan kodlar ve kategoriler, araştırmanın kavramsal çatısını oluşturan hiyerarşik bir yapıya kavuşturulmuştur. Otonom sürüş teknolojilerinin sigorta ekosistemindeki çok boyutlu etkilerini özetleyen ve çalışmanın bulgularına rehberlik eden tematik harita aşağıda Tablo 7'de sunulmuştur.

Tablo 7. Kod, Tema ve Alt Tema Matrisi.

Kod Adı	Tanım	Ait Olduğu Alt Tema	Ait Olduğu Ana Tema	Temsilci Örnek Alıntı
Sorumluluğu Üreticiye Devretme	Kaza durumunda hukuki ve mali sorumluluğun sürücüden araç üreticisine (OEM) geçiş sürecini ifade eder.	Sorumluluk Rejiminin Evrimi ve Risk Transferi	Hukuki ve Yapısal Sorumluluk Mimarisi	"İşleten/sürücü merkezli sorumluluk mimarisi kademeli olarak OEM ve yazılım tedarikçilerine devrolacak; poliçe mimarisi bireyselden üretici sorumluluğuna evrilecektir."
Rücu Haklarını Sözleşmesel Yazma	Sigorta şirketinin ödediği tazminatı üreticiden geri talep etme hakkının sözleşmelerle netleştirilmesidir.			"Kritik algoritma bileşenleri için üretici garantileri ve sigortacının regres hakları sözleşmesel düzeyde açık yazılmalıdır."
Risk Doğasını Değiştirme	Kaza sıklığının azalması ancak teknolojik hatalar nedeniyle kaza maliyetlerinin (şiddetin) artması durumudur.			"Otonom penetrasyon arttıkça hasar frekansı anlamlı biçimde düşerken, şiddet yazılım ve sensör kaynaklı kuyruk risklerine kayacaktır..."
Reasürans Yapılarını Kalibre Etme	Düşük frekanslı ancak yüksek maliyetli yeni risk senaryolarına uygun reasürans anlaşmalarının düzenlenmesidir.			"Reasürans yapıları, nadir fakat yüksek maliyetli yazılım/algoritma kusuru senaryolarına göre yeniden kalibre edilmelidir."
Çoklu Risk Transferini Dengeleme	Birden fazla paydaşın (OEM, yazılımcı, parça üreticisi) olduğu ortamda risk paylaşımının panel reasürans vb. ile yönetilmesidir.			"Çok taraflı ekosistemde panel reasürans ve çoklu trigger klozları risk transferini dengeleyebilir."
Sorumluluk Sınırlarını Netleştirme	Regülasyonlarda işleten, kullanıcı ve üretici arasındaki yasal sorumluluk çizgilerinin kesinleştirilmesi ihtiyacıdır.	Regülasyon ve Bilgi Yönetişimi İhtiyaçları		"İşleten, kullanıcı ve üretici sorumluluklarının sınırları, regres hakları ve ispat yükü netleştirilmelidir."
Veri Standardı Tanımlama	EDR gibi araç içi veri kayıt sistemlerinin formatının ve saklama koşullarının yasal olarak standartlaşmasıdır.			"EDR veri standardı, saklama süreleri ve paylaşım protokolleri teknik ayrıntılarıyla yönetmelik düzeyinde tanımlanmalıdır."

Kod Adı	Tanım	Ait Olduğu Alt Tema	Ait Olduğu Ana Tema	Temsilci Örnek Alıntı
Algoritma Şeffaflığını Hükme Bağlama	Otonom karar mekanizmalarının nasıl çalıştığının hukuki olarak şeffaf ve izlenebilir kılınması gerekliliğidir.			"Veri gizliliği ve işleme amaçları, algoritma şeffaflığı ve karar izlenebilirliği açık hükümler içermelidir."
Teknik İncelemeyi Standartlaştırma	Hasar sonrası yapılacak teknik analizlerin yöntem ve protokollerinin kurum içinde veya sektörde standart hale getirilmesidir.			"Hasar dosyalarında teknik inceleme zorunluluğu, bağımsız uzman görüşü ve karşı tarafla veri paylaşım protokolünü standartlaştırdık."
Veri Erişimi ve Paylaşımı Eksikliği	Mevcut yasaların sigorta şirketlerinin kaza verilerine erişimini tam olarak güvence altına almaması sorunudur.			"Mevzuatın terminoloji ve tanım düzeyinde ilerleme kaydettiğini ancak sorumluluk paylaşımı ve veri erişimi konularında eksik kaldığını düşünüyorum."
Telematik Skorlama Kullanma	Araçtan gelen sürüş verilerinin (hız, frenleme vb.) risk değerlendirmesinde birincil kriter olarak kullanılmasıdır.	Risk Modelleme ve Fiyatlama Metotları	Aktüeryal ve Operasyonel Yeniden Kalibrasyon	"Risk değerlendirmesinde telematik skor, algılayıcı kalibrasyon kayıtları ve yazılım stabilite metriklerini temel göstergeler olarak kullanıyoruz."
Veriyle Dinamik Fiyatlama	Sabit primler yerine, anlık veri akışına dayalı olarak değişebilen rekabetçi fiyatlama stratejisidir.			"Telematik ve araçtan akan gerçek zamanlı loglar, dinamik fiyatlama ve bağlam temelli teminat yönetimi için ana rekabet alanı olacaktır."
Model Şeffaflığı ve Denetlenebilirliği	Kullanılan yapay zeka ve fiyatlama algoritmalarının kararlarının açıklanabilir ve denetlenebilir olması zorunluluğudur.			"Model yönetiminde çıkarılabilirlik ve denetlenebilirlik ilkelerine dikkat ediyor, karar izlerini log bazlı kanıtlarla destekliyoruz."
Kullanım Desenini Analiz Etme	Aracın nerede, ne zaman ve ne kadar kullanıldığına dair verilerin risk primini belirlemede kullanılmasıdır.			"Kullanım deseni (kilometre, rota tipi, yoğun saat) ve çevresel koşullar risk primini açıklamada etkindir."
Yazılım Versiyonunu Kriter Yapma	Aracın sahip olduğu otonom yazılımın güncelliği ve sürümünün poliçe kapsamı ve fiyatlamasında dikkate alınmasıdır.			"Teminat kapsamına olay esnasındaki yazılım versiyonu, sensör konfigürasyonu ve OTA geçmişi gibi teknik bileşenlerin dâhil edilmesi gerektiğini düşünüyoruz."

(Tablo 7. Devam)

Kod Adı	Tanım	Ait Olduğu Alt Tema	Ait Olduğu Ana Tema	Temsilci Örnek Alıntı
Veriyle Olay Kronolojisi Kurma	Kaza anının yeniden canlandırılması için EDR, kamera ve sensör verilerinin kullanılarak olay akışının çıkarılmasıdır.	Hasar Yönetiminde Dijital Kanıt ve Uzmanlık		"Hasar sürecinde EDR/SDR verisi, kamera kayıtları ve yazılım loglarıyla olayın kronolojisini kuruyoruz..."
Kalibrasyon Yetkinliğini Kriter Yapma	Hasar onarımında servislerin sensör ve kamera kalibrasyonu yapabilme yeteneğinin zorunlu tutulmasıdır.			"Parça bulunurluğu ve kalibrasyon süreçleri dosya sürelerini etkilediğinden, network servislerinde kalibrasyon yetkinliği bir seçim kriteri haline geldi."
Geçici Ödeme Mekanizmaları Tanımlama	Teknik inceleme uzun süreceğinden, mağduriyet yaratmamak adına yapılan ön ödeme prosedürleridir.			"Tazmin süreçlerinde teknik kusurun kanıtlanması zaman alacağından hızlı ödeme için geçici ödeme mekanizmaları tanımlanmalıdır."
Veri Bütünlüğünü Şart Koşma	Sorumluluk belirlenirken kullanılan dijital verilerin değiştirilmediğinin ve güvenilirliğinin garanti edilmesidir.			"EDR verisinin bütünlüğü ve zincirleme doğrulaması sağlanmadan sorumluluk tayini yapılmamalı..."
Hata Tiplerine Göre Değerlendirme	Kazanın yazılım hatası mı, donanım arızası mı yoksa insan kusuru mu olduğuna göre farklı hasar süreçlerinin işletilmesidir.			"Algoritma tasarım kusuru, sensör arızası ve insan müdahalesi için ayrı değerlendirme akışları oluşturmak gerekir."
Siber Teminat Paketleri Geliştirme	Otonom araçların siber saldırılara karşı korunması için özel ek sigorta ürünlerinin tasarlanmasıdır.	Yeni Risk ve Ürün Geliştirme Odakları		"Algoritma güvenliği ve siber dayanıklılık için ek teminat paketleri müşteri ilgisi çekiyor."
Üretici Sorumluluğu İçin Limit Yapılandırma	Üreticilere yönelik poliçelerde, tazminat limitlerinin katmanlı ve kusur oranına göre ayarlanmasıdır.			"Üretici sorumluluk poliçeleri için katmanlı limit yapıları ve kusur

				oranına bağlı regres mekanizmaları geliştirdik."
UBI ve Versiyon Duyarlı Fiyatlama	Kullanıma dayalı sigorta (UBI) ile yazılım sürümünü birleştiren hibrit fiyatlama modellerinin denenmesidir.			"Kullanım bazlı kasko (UBI) ile otonomi seviyesi ve yazılım versiyonuna duyarlı fiyatlama kombinasyonlarını deniyoruz."
Siber Riski Ayrıştırma	Siber risklerin, geleneksel kasko risklerinden ayrılarak kendi başına bir risk sınıfı olarak yönetilmesidir.			"Siber risk, veri bütünlüğü ve yazılım tedarik zinciri risklerini ayrı risk sınıfları olarak ele alıyoruz."
Senaryo Bazlı Stres Testleri Uygulama	Otonom sistemlerin karşılaşabileceği ekstrem durumların simülasyonlarla test edilerek riskin ölçülmesidir.			"Senaryo bazlı stres testlerinde algılama hatası, sensör körleşmesi ve yanlış sınıflandırma durumlarını çalışıyoruz."
Adil Fiyatlandırma Talep Etme	Müşterilerin, ödedikleri primin aracın güvenlik özelliklerini ve kendi kullanımlarını yansıtması beklentisidir.	Müşteri Beklentileri ve Hizmet Farklılaşması	Pazar ve Paydaş Dinamikleri	"Fiyatın kullanım ve güvenlik performansıyla adil biçimde ilişkilendirilmesini talep ediyorlar."
Hizmet Seviyesine Odaklanma	Müşteri odak noktasının kapsamdan ziyade, sorunsuz ve kesintisiz hizmet deneyimine kaymasıdır.			"Güven arttıkça teminat kapsamından ziyade hizmet seviyesine ve kesintisizliğe odaklanacaklar."
Gömülü Sigortaya Yönelme	Müşterilerin sigortayı ayrı bir ürün yerine araç satın alımına veya aboneliğine dahil (embedded) olarak tercih etmesidir.			"Zamanla kullanıcılar gömülü sigorta ve abonelik benzeri paketleri tercih edecek, bireysel poliçe yönetimi geri planda kalacaktır."
Asistansı Güncellemelerle Entegre Etme	Yol yardım hizmetlerinin, aracın yazılım güncellemeleri ve bakım süreçleriyle bütünleşik çalışması isteğidir.			"Asistans hizmetlerinin yazılım güncellemeleri ve kalibrasyon randevularıyla entegre olmasını istiyorlar."

Tablo 7'de görselleştirilen bu yapı, dönüşümün sadece teknik bir süreç olmadığını; hukuki altyapı, operasyonel süreçler ve pazar dinamiklerinin eş zamanlı olarak yeniden tanımlanmasını gerektiren bütüncül bir olgu olduğunu ortaya koymaktadır. Belirlenen bu üç ana eksen, sektörün mevcut kusur odaklı yapısından veri ve ürün odaklı yeni bir ekosisteme geçişinin temel yapı taşlarını oluşturmaktadır. İlgili şemada katılımcı cevapları ile elde edilen ham alıntılar içerikte tekrar eden kavram ve ifadeleri temsilen kodlara dönüştürülmüş, bu kodlar da alt temaları oluşturmuştur. Analitik inceleme ile alt temalar kümelenmiş ve çalışmanın amacı doğrultusunda ana temalarla ilişkilendirilmiştir. Bu bağlamda şema çerçevesinde tema kümelerinin hem sektör uygulama ve beklentileriyle hem de teknik gereksinimlerle uyumlu olduğu görülmüş ve çalışma gelişiminin izlenebilirliğini artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Yukarıdaki şemadan da incelenebilecek olan ana temalar, aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

4.6.4. Kodların Yoğunluğuna İlişkin Bulgular

Katılımcıların mülakatlar boyunca dile getirdikleri görüşlerin yoğunluğunu ve sektörel öncelikleri somutlaştırmak adına, belirlenen kodların veri seti içerisindeki tekrar sayıları analiz edilmiştir. Araştırma sahasındaki tartışmaların hangi odak noktalarında kümelendiğini

sayısal bir perspektifle ortaya koyan kod frekans dağılımları, yüzdesel ağırlıklarıyla birlikte aşağıda Tablo 8'de detaylandırılmıştır.

Tablo 8. Kod Frekans Tablosu

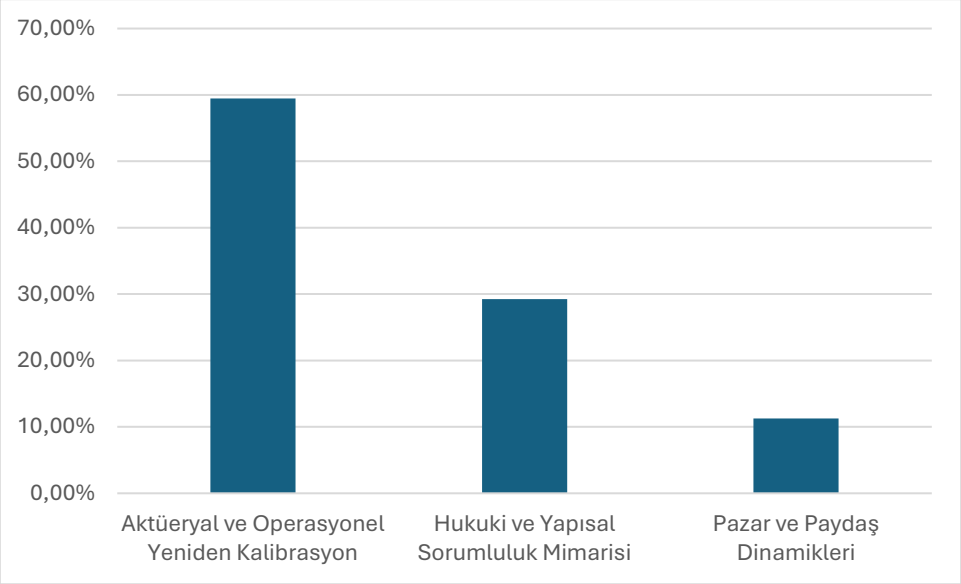
Kod Adı	Ait Olduğu Alt Tema	Frekans	Yüzde (%)
Telematik Skorlama Kullanma	Risk Modelleme ve Fiyatlama Metotları	50	5,00%
Model Şeffaflığı ve Denetlenebilirliği		50	5,00%
Kullanım Deseninin Analizi		50	5,00%
Hata Tiplerine Göre Değerlendirme	Hasar Yönetiminde Dijital Kanıt ve Uzmanlık	45	4,50%
Veri Bütünlüğünü Şart Koşma		39	3,90%
Siber Teminat Paketleri Geliştirme	Yeni Risk ve Ürün Geliştirme Odakları	39	3,90%
Üretici Sorumluluğu Limit Geliştirme		39	3,90%
UBI ve Versiyon Duyarlı Fiyatlama		39	3,90%
Geçici Ödeme Mekanizmaları	Hasar Yönetiminde Dijital Kanıt	38	3,80%
Yazılım Versiyonunu Kriter Yapma	Risk Modelleme ve Fiyatlama	38	3,80%
Veriyle Olay Kronolojisi Kurma	Hasar Yönetiminde Dijital Kanıt ve Uzmanlık	37	3,70%
Kalibrasyon Yetkinliğini Kriter Yapma		37	3,70%
Teknik İncelemeyi Standartlaştırma	Regülasyon Yönetişim İhtiyaçları	37	3,70%
Rücu Haklarını Sözleşmesel Yazma	Sorumluluk Rejiminin Evrimi	33	3,30%
Siber Riski Ayrıştırma	Yeni Risk ve Ürün Geliştirme Odakları	33	3,30%
Senaryo Bazlı Stres Testleri		33	3,30%
Sorumluluk Sınırlarını Netleştirme	Regülasyon ve Bilgi Yönetişimi	33	3,30%

(Tablo 8. Devam)

Kod Adı	Ait Olduğu Alt Tema	Frekans	Yüzde (%)
Adil Fiyatlandırma Talep Etme	Müşteri Beklentileri ve Hizmet Farklılaşması	33	3,30%
Gömülü Sigortaya Yönelme		33	3,30%
Veri Standardı Tanımlama (EDR)	Regülasyon ve Bilgi Yönetişimi İhtiyaçları	32	3,20%
Algoritma Şeffaflığını Hükme Bağlama		30	3,00%
Veri Erişimi ve Paylaşımı Eksikliği		30	3,00%
Hizmet Seviyesine Odaklanma	Müşteri Beklentileri ve Hizmet	30	3,00%
Sorumluluğu Üreticiye Devretme	Sorumluluk Rejiminin Evrimi; Risk Transferi	29	2,90%
Risk Doğasını Değiştirme		28	2,80%
Veriyle Dinamik Fiyatlama / Telematik	Risk Modelleme ve Fiyatlama	28	2,80%
Reasürans Yapılarını Kalibre Etme	Sorumluluk Rejiminin Evrimi; Risk Transferi	27	2,70%
Çoklu Risk Transferini Dengeleme		14	1,40%
Asistansı Entegre Etme İsteği	Müşteri Beklentileri ve Hizmet	17	1,70%
Toplam Kod Kullanımı		**1001**	**100**

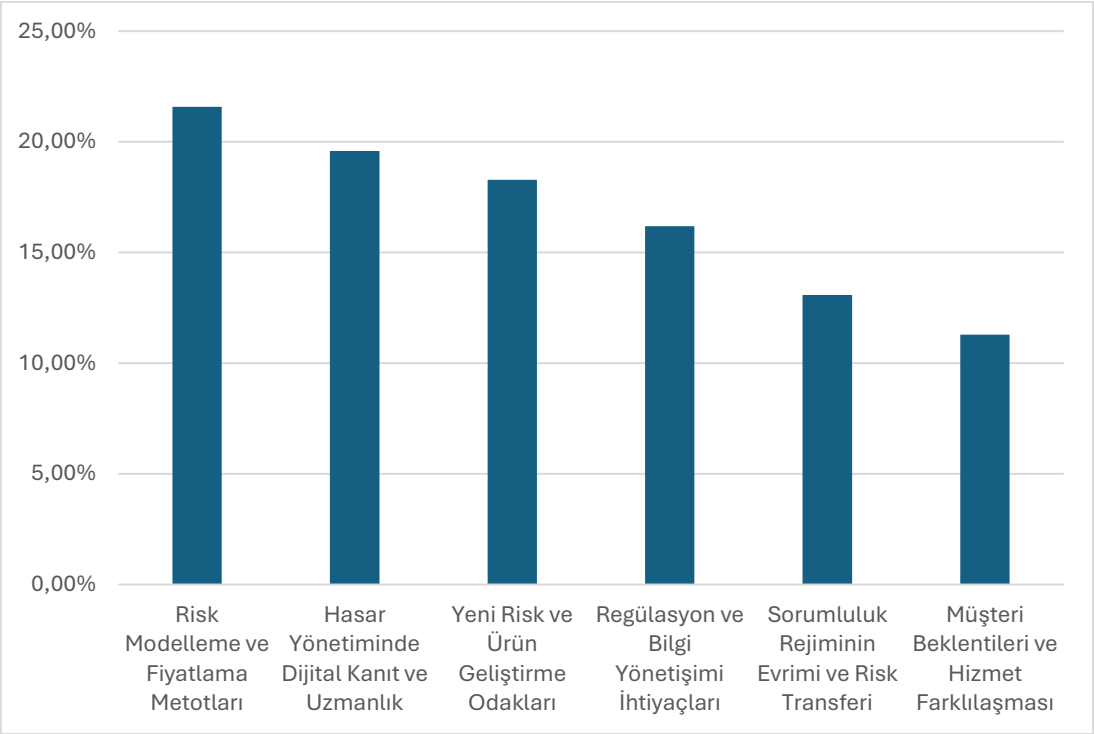
Tablo 8'de kod kullanımının sıklık analiziyle, mülakat verilerindeki yoğunlukların görünür hale getirilmesi ve otonom sürüş teknolojilerinin sigorta sektöründe yaratacağı hangi değişikliklere odaklanıldığını anlamayı amaçlanmaktadır. Tabloda yer verilen kod

tekrarlarının dağılımı, otonom sürüşün sigortacılık sektöründe tekil bir fonksiyonu değil, çok yönlü bir yapının dönüşümüne neden olduğuna işaret etmektedir.



Şekil 6. Ana temalardaki frekans payları.

Şekil 6'nın incelenmesinden görüleceği üzere en yüksek pay ile tekrar eden kodlar aktüeryal ve operasyonel kalibrasyon ana teması kapsamında tespit edilmiştir. Bu doğal sonucun en önemli nedeni, üretim ve hasar gibi yapısal bir dönüşümle en yoğun etkilenecek en önemli iki temel sigortacılık fonksiyonunu içeren alt temaların bu grupta kümelenmesidir. Hukuki ve yapısal sorumluluk mimarisi sorumluluk modelindeki radikal el değiştirme konusunda olduğu gibi çalışmanın omurgasını temsil eden kodları barındırması itibarıyla ikinci sırada en yoğun atıf yapılan kodlara sahiptir. Pazar ve paydaş dinamikleri ise bu yapısal dönüşümden radikal biçimde etkilenecek ancak sektör profesyonellerinin bakış açısı itibarıyla daha düşük önceliğe sahip olan unsurları içermesi itibarıyla son sırada yer almıştır.



Şekil 7. Alt temaların frekans payları.

Şekil 7'deki kod frekanslarının en çok yoğunlaştığı kümenin risk modelleme ve fiyatlamaya ilişkin olması katılımcıların, yeni risk yapısının sigortanın omurgasını oluşturan risk kabulü ve fiyatlandırma fonksiyonlarını temelden değişime mecbur bırakacağı öngörüsünden kaynaklanmaktadır. Bu başlık altında yer alan telematik skorlama, model şeffaflığı, kullanım örüntüsü analizi ve yazılım versiyonunun bir kriter olarak ele alınması gibi kavramlar sigortacılığın ana fonksiyonu olan risk kabulü, yani teminat altına alma çerçevesiyle yeni risk bileşenlerinin izlenebilmesi ve anlaşılabilmesi gereğine işaret etmektedir. Yeni risk değişkenleri seti fiyatlamanın da sistem performansı odağında revize edilmesini, geleneksel modelin insan davranışı temelli geçmiş dataya odaklanan yapısının yetersiz kaldığını göstermektedir. Sektör katılımcıları veri temelli daha esnek bir modelleme arayışındadır. Ancak özellikle telematik skorlama kavramının çok yüksek tekrarı sektörün bu konudaki son 7 yılda gerçekleştirdiği girişimlere ve bu kavramın hizmet sağlayıcılara da bağlı olarak dönem dönem gündemdeki yerini korumasından kaynaklanmaktadır. Diğer yandan otonom sürüş teknolojilerinin bir kesişim kümesi olan telematik kavramı, otonom sürüşten çok daha evvel uygulayıcıların ilgi alanına girmiş ve sigortacılık ürünleri ile yüksek bir kavramsal uyumluluk göstermiştir. Şeffaflık ise halihazırda sigortacıların statik veri kümelerinde bile

karşı karşıya kaldıkları bir engelin, daha fazla paydaşla çok daha büyük veri kümelerinde daha kötü tecrübelere yol açabileceği ihtimalini temsil etmektedir. Zira veri merkezli bir süreçte, paydaşların şeffaflığı sağlayamaması muhakkak taraflardan en az birisini mağdur edecektir. Şeffaflığın genellikle ihlal edenin lehine sonuçlar vereceğinden ve verilerin ele alınan modelde üretici ve yazılım geliştirici zilyedinde olacağından hareketle sigorta sektörü bu ihtimale bir reaksiyon geliştirmiştir.

Benzer şekilde, hasar süreçlerine ilişkin kodların ikinci büyük ağırlığı oluşturması, otonom sürüş teknolojilerinin en erken etkilerinin operasyonel süreçlerde belirgin bir yeniden yapılanmayı zorunlu kıldığını ortaya koymaktadır. Hata tiplerinin ayrıştırılması, veriyle olay kronolojisi oluşturma, sensör kalibrasyon yetkinliği ve veri bütünlüğünün doğrulanması gibi kodların sıklığı, hasar süreçlerinde teknik inceleme esaslarının kökten değiştiğini göstermektedir. Geleneksel eksperlik faaliyetlerinin yerini veri merkezli, uzmanlık gerektiren, çok disiplinli bir yapıya bırakacağı ortaya koyulmaktadır. Ayrıca geçici ödeme mekanizmaları kodunun frekansı, müşteri mağduriyetini azaltmaya yönelik olarak kusur tespiti tamamlanmadan önce işletilecek eylem planlarının geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu durum, operasyonel dönüşümün teknik doğruluğun yanında müşteri beklentileri de gözetilerek hayata geçmesi gerektiğini göstermektedir.

Yeni risk ve ürün geliştirme alanına ilişkin kodların payı, otonom araçlara ilişkin sigorta ürünlerinin ortaya çıkan yeni risk bileşenlerine paralel biçimde yepyeni bir ürün mimarisi ile ele alınması gerektiğini göstermektedir. Siber teminat paketleri, versiyon duyarlı fiyatlama, senaryo bazlı stres testleri ve siber riskin ayrı sınıf olarak tanımlanması gibi kodlar, geleneksel kasko ürünü kapsamının yetersiz kaldığını işaret etmektedir. Bu bulgular, sigorta şirketlerinin ürün stratejilerini donanım risklerinden çok yazılım temelli sistemsel risklere göre kurgulama eğiliminde olduklarını göstermektedir.

Regülasyon ve bilgi yönetişimine ilişkin kodların sıklığı teknolojik dönüşümün hukuki ve kurumsal çerçeveye de yüksek ölçüde ihtiyaç duyduğunu göstermektedir. Özellikle EDR veri standardı, algoritma şeffaflığı, teknik incelemenin standardizasyonu ve veri erişimi/paylaşımı eksikliği gibi kodların görünürlüğü, kazaların analizinde veri temelli kanıtların zorunlu olacağı bir geleceğe işaret etmektedir. Bu durum, düzenleyici

mekanizmalardaki yeterliliğin ve netliğin en az operasyonel süreçler kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

Müşteri beklentilerine ilişkin kodların toplamdaki payı ise, sigortanın değer önerisinin değişmekte olduğunu göstermektedir. Adil fiyatlandırma, gömülü sigorta ve hizmet seviyesi beklentisi gibi kodlar, müşterinin sigortayı araç sahipliğiyle bütünleşik bir hizmet bileşeni olarak gördüğünü ya da görme eğiliminde olduğunu göstermektedir. Nitekim son dönemde özellikle Tesla ile başlayan akımda, araç üreticileri ürünlerini bir motorlu taşıttan ziyade mobilite ekosistemi olarak konumlandırmaya başlamıştır. Bu gelişmeler rekabet avantajının yalnızca fiyat hassasiyetiyle değil, hizmet seviyesi, teknik yeterlilik ve müşteri deneyimi tasarımı gibi faktörlerle belirleneceğine işaret etmektedir.

Son olarak, sorumluluk rejimine ve risk transferine ilişkin kodların frekansı, araştırmanın da temelinde yer aldığı üzere otonom sürüşün sigortacılığı en temelden etkileyen alanın kusur ve sorumluluk dönüşümü olduğunu göstermektedir. Sorumluluğun üreticiye kayması, rücu haklarının yeniden yazılması ve risk doğasının değişimi gibi kodların görünürlüğü, sigortacılıkta sorumluluğunun artık sürücü odaklı değil, üretici, yazılım geliştirici ve veri sağlayıcıların da dahil olduğu kompleks bir kümede değerlendirileceğini göstermektedir. Bu bulgu, paydaş ilişkilerinin zinciri boyunca sorumluluk paylaşımını yeniden kurgulayacak sözleşmesel yapıların zorunlu hale geldiğini göstermektedir.

4.6.5. Temalara İlişkin Bulgular

4.6.5.1. Hukuki ve Yapısal Sorumluluk Mimarisi

Çalışmanın ve araştırma sorusunun en önemli unsuru olan ilk ana tema sorumluluk rejiminin insan kusurundan algoritmalara ve ürüne evrilmesi ile regülatif ihtiyaçlara odaklanmaktadır. Sorumluluk dağıtım modelindeki dönüşüm ve düzenleme ihtiyaçlarına ilişkin katılımcı ifadelerinden türetilen alt temalar ve bunlara mesnet oluşturan kodlar aşağıda sunulmuştur. Bu tema özünde otonom araç teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla sigorta sektörünün karşılaşacağı temel değişimi ifade etmektedir.

Tablo 9. Ana Tema 1: Hukuki ve Yapısal Sorumluluk Mimarisi

Alt Tema	Kodlar
Sorumluluk Rejiminin Evrimi ve Risk Transferi	• Sorumluluğu Üreticiye Devretme

	• Rücu Haklarını Sözleşmesel Yazma • Risk Doğasını Değiştirme • Reasürans Yapılarını Kalibre Etme • Çoklu Risk Transferini Dengeleme
Regülasyon ve Bilgi Yönetişimi İhtiyaçları	• Sorumluluk Sınırlarını Çizme/Netleştirme • Veri Standardı Tanımlama • Algoritma Şeffaflığını Hükme Bağlama • Teknik İncelemeyi Standartlaştırma • Veri Erişimi ve Paylaşımı Eksikliği (Regülasyon)

Tablo 9'daki kodlar ele alındığında, sektörün en temel gündeminin insan sürücü kusuru odaklı yapıdan, ürün sorumluluğu ve veri yönetişimi eksenli yeni bir düzleme kaydığı görülmektedir. Özellikle sorumluluğu üreticiye devretme ve veri standardı tanımlama kodlarının ilgili tema altında yer alması, sorumluluk dağıtımına ilişkin dönüşümün veri altyapısının standardize edilmesi ile tamamlanabileceği yansıtmaktadır. Katılımcıların %92'si tarafından vurgulanan bu alan, riskin insan hatasından teknik hataya kayması ve teknik hatanın incelenebilir kılınması için standart ve bütünleştirilmiş verilere erişimin sağlanması gereğinden temel almaktadır. Ana temanın alt tema ve kodlar bakımından incelenmesi araştırma sorusunun sigorta sektörü temsilcileri bakımından da kayda değer ağırlıkla tartışma konusu olduğunu göstermektedir. Bu tartışma insandan sisteme sorumluluk devrinin sigortacılıktaki geleneksel risk algısının doğasını değiştireceği ve sorumluluk dağıtımı için veri standardizasyonu, şeffaflık ve süreçlerin netleştirilmesine ihtiyaç duyulacağı, rücu işlevinin önem kazanacağı ve tüm bu dönüşümün reasürans anlaşmalarının da yeniden düzenlenmesini gerektireceği ekseninde geliştiği anlaşılmaktadır. Bu ana tema, iki alt tema altında ele alınmıştır.

4.6.5.1.1. Sorumluluk Rejiminin Evrimi ve Risk Transferi

Analizde elde edilen bulguları, otonom sürüş teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla sorumluluğun insan kusurundan sistem kusuruna kaydığına ilişkin güçlü bir ortak kanaat bulunduğunu göstermektedir. Bu alt temanın ağırlıkla tespit edildiği katılımcı cevapları incelendiğinde, söz konusu temanın en yüksek seviyede hasar süreçlerinden sorumlu temsilcilerin cevaplarında işlendiği görülmüştür. Bu grubun ardından temaya ilişkin kodların en fazla ele alındığı alanın sektörün teknik sorumluluk alanlarında, tarife düzenleyici katılımcıların ikinci sırada olduğu belirlenmiştir. İncelemede sorumluluğu üreticiye

devretme (29) ve risk doğasını değiştirme (29) kodlarının ağırlıkla tekrar ettiği görülmüş, bunun araştırmanın sorumluluk modelinin dönüşeceği odağı ile uyumlu bulunmuştur. Bu konuda K50, dönüşümün kademeli doğasını şu şekilde ifade etmiştir:

> İşleten/sürücü merkezli sorumluluk mimarisi kademeli olarak OEM ve yazılım tedarikçilerine devrolacak; poliçe mimarisi bireyselden üretici sorumluluğuna evrilecektir.

Sorumluluk dağıtım modelinin değişimindeki temel unsur olan sigorta şirketi ile üretici ve tedarikçi arasındaki risk paylaşımı katılımcıların özellikle orijinal araç üreticileri ve yazılım/algoritma tedarikçilerini sorumluluk mekanizmasının merkezine yerleştirdiğini göstermektedir. Bu bakımdan, en çok da paylaşımlı araç kullanımı durumlarında işleten sıfatı geçerliliğini yitirecektir. Sektör temsilcileri diğer kodlar kadar sıkça olmasa da çoklu risk transferini dengeleme ifadelerini bundan böyle sorumlunun yalnızca araç sahibi değil; veri ve güncelleme kontrolünü elinde bulunduran paydaşı kapsayacak şekilde yorumlanması gerektiğine işaret etmektedir. Bu yanım da doğal olarak reasürans mekanizması ile yapılan risk transferini yeniden modelleme ihtiyacını beraberinde getirecektir.

Sorumluluk değişiminin getirdiği bir diğer dönüşüm ise riskin doğasındaki ve dağılımındaki değişimdir. Sektör temsilcileri otonom araç teknolojileriyle birlikte kaza sıklığının azalacağını, bununla birlikte bu teknolojinin donanım ve yazılım altyapılarına bağlı olarak kazaların ortalama maliyetinin kayda değer biçimde artacağını beklemektedir. Bu durum, sigortacılık terminolojisinde kuyruk riski (tail risk) olarak yer bulan düşük ihtimale ancak yüksek maliyete sahip hasarları daha fazla gündeme getirmektedir. K37, bu durumu reasürans perspektifinden şöyle değerlendirmiştir:

> Otonom penetrasyon arttıkça hasar frekansı anlamlı biçimde düşerken, şiddet yazılım ve sensör kaynaklı kuyruk risklerine kayacaktır; reasürans yapıları nadir fakat yüksek maliyetli senaryolara göre yeniden kalibre edilmelidir.

Bu ifade, riskin kompozisyonunun değiştiğini, sık ve düşük maliyetli hasarlardan, daha az karşılaşılan ama finansal açıdan çok daha maliyetli kazalara doğru bir kayma beklentisini vurgulamaktadır. Bu bakımdan, reasürans koruması koşullarının ve teminat limitlerinin bu yeni risk dağılımını kapsayacak şekilde yeniden ele alınarak inşa edilmesi gerektirdiği belirtilmektedir.

Diğer yandan daha dikkat çekici biçimde rücu haklarını sözleşmesel yazma kodunun (33) çok yüksek frekansla veride yer aldığı belirlenmiştir. Bu bağlamda katılımcıların otonom sistemlerin neden olacağı risk ve sorumluluk model dönüşümünde rücu süreçlerinin netleştirilmesini çokça önemsedikleri sonucuna varılmıştır. Bu vurgu sigorta sektörünün teminat ve hasar sürecinde yapısal dönüşümü gecikmeli olarak hayata geçireceği beklentisiyle, mevcut poliçe ve tazmin süreçlerinin bir süre daha korunacağı ve bu süreçte pratik çözümün rücu işleyişini paydaş ilişkileriyle çözüme kavuşturmanın en acil ve öncelikli çözüm olacağı kanaatine işaret etmektedir. İncelenen ekosistemdeki sigortacı paydaşların üstlendikleri tazminat yükünü araç üreticileri veya yazılım geliştiricilerine rücu edebilmesi hususu tartışmada ağırlıkla yerini almıştır. Rücu işleyişinin sözleşmesel olarak ele alınmasına ilişkin kodun bu denli tekrarı, bu alandaki hukuki belirsizliğin katılımcılar bakımından ne kadar önemsendiğini göstermektedir. K13, rücu süreçlerinin netleştirilmesi gerekliliğini şu sözlerle aktarmıştır:

> Kritik algoritma bileşenleri için üretici garantileri ve sigortacının rücu hakları sözleşmesel düzeyde açık yazılmalıdır.

Bulgular incelendiğinde, katılımcıların ağırlıkla otonom sürüş teknolojilerinin işleten ve insan odaklı sorumluluk yaklaşımını ürün ve veri odaklı sorumluluk modeline dönüşümün kaçınılmaz olduğunu düşündükleri sonucuna ulaşılmaktadır. Çok sayıda katılımcı risk kabul bakış açısının ve sorumluluk izafe edilmesi yolunun artık orijinal araç ve yazılım üreticilere

yöneltilmesi gerektiğini, bu dönüşüme kadar da muhakkak rücu işleyişinin paydaşlar arasında netleştirilerek sözleşmesel olarak ele alınmasının elzem olduğunu işaret etmektedir.

4.6.5.1.2. Regülasyon ve Bilgi Yönetişimi İhtiyaçları

Sorumluluk rejiminin değişimi, beraberinde kapsamlı bir regülatif altyapı ihtiyacını getirmektedir. Bu alt tema altında en yoğun tartışma; sorumluluk sınırlarını netleştirme ve veri standardı tanımlama kodları ekseninde gelişmiştir. Katılımcılar, özellikle kaza anındaki verilerin mülkiyeti, erişimi ve standartları konusunda yasal boşluklar bulunduğunu ifade etmişlerdir. Özellikle hukuk ve uyum nosyonu ile değerlendirme yapan katılımcılar, mevcut mevzuatın işleten tanımı ile üretici sorumluluğu arasındaki gri alanları gidermede yetersiz kaldığını savunmaktadır. Bu bakımdan K16, bu eksikliği şu şekilde dile getirmiştir:

> Mevzuatın terminoloji ve tanım düzeyinde ilerleme kaydettiğini ancak sorumluluk paylaşımı ve veri erişimi konularında eksik kaldığını düşünüyorum.

Teknolojik gelişimin geometrik olarak artan hızına da bağlı olarak trafik kazaları ya da motorlu araçların tehlike potansiyeline yönelik sorumlulukların yasal düzenlemeler ve mevzuat kapsamında ele alınması hızının yetersiz olduğu hususunda değerlendirmeler ortaklaşmıştır. Bir tazminat sürecinde sorumluluk paylaşımının netleştirilmesi için veri erişimi, veri mülkiyeti ve verinin analiz edilebilmesi en kritik gereksinimler olarak öne çıkmaktadır. Ancak verinin sahipliği ve erişimi konusunda yasal düzenlemeler bakımından oldukça büyük boşluklar bulunması katılımcılar arasında gündemde olan bir tartışma noktasıdır. Örneğin K34, durumu şu sözlerle özetlemektedir:

> İşleten tanımı ile üretici sorumluluğu arasındaki sınırlar netleşmeden ürün tasarımı gri bölgede kalıyor; veri standardı ve paylaşım protokolleri netleşmedikçe uyuşmazlıklar artacaktır.

Bu ifadeler, otonom araçların dahil olduğu kazalarda olayın incelenmesi, analizi ve sorumlulukların bunun yanında zararın boyutunun da tespiti için kullanılacak verilerin (EDR/SDR kayıtları, sensör logları, kamera kayıtları vb.) çok kritik öneme haiz olduğunu, fakat bu veriye kimin, hangi koşullarda, ne kadar süreyle ve hangi standartta erişebileceğine dair yasal ve pratik çerçevenin henüz tanımlanmadığını ortaya koymaktadır. Kod kümesinde yer alan algoritma şeffaflığını hükme bağlama ve veri standardı tanımlama gibi ifadeler, katılımcıların verilerin temini ve erişiminin yanında algoritmaların karar süreçlerinin izlenebilirliği ve denetlenebilirliği konusunda netlik arayışında olduğunu göstermektedir. Kazanın nedeninin bir insan hatası mı yoksa bir algoritma kusuru mu olduğunun tespiti için algoritma şeffaflığının hükme bağlanması gerektiği, katılımcıların %3.20'si tarafından vurgulanan bir diğer önemli düzenleme alanıdır. Zira K25, regülasyon ihtiyacını şu şekilde ifade etmektedir:

> EDR veri standardı, saklama süreleri ve paylaşım protokolleri teknik ayrıntılarıyla yönetmelik düzeyinde tanımlanmalı; algoritma şeffaflığı ve karar izlenebilirliği ise açık hükümlerle güvence altına alınmalıdır.

Diğer yandan aracın teknolojik altyapısının yazılım ve donanımlarının karmaşıklığı, ürettiği verinin büyüklüğü ve kompleks yapısı sigorta sektörü temsilcileri veya onların iş ortaklarınca yapılacak tazmin sürecindeki incelemenin nasıl yapılacağı sorusuna cevap aranmasına neden olmaktadır. Bu bağlamda ilgili alt temada en yoğun temsil edilen grup hasar süreçlerinin yönetimi ve işletiminde görev alan sektör temsilcileri olmuştur. Bu bakımdan teknik incelemeyi standartlaştırma kodu, hasar dosyalarında bundan böyle derin uzmanlık ve veri erişim prosedürlerine uyum yetkinliği gerektirecek süreçlerin işletilmesinin zorunluluk haline geleceğine ve bağımsız uzman görüşü ile veri paylaşım prosedürlerinin standartlaştırılması gereğine dair değerlendirmeleri içeren bir kümeye dönüşmüştür. Bu bağlamda K17 konuyu aşağıdaki ifadelerle özetlemiştir.

Hasar dosyalarında teknik inceleme zorunluluğu, bağımsız uzman görüşü ve karşı tarafla veri paylaşım protokolleri standartlaştırılmalıdır.

4.6.5.2. Aktüeryal ve Operasyonel Yeniden Kalibrasyon

Araştırmanın ikinci ana teması, sigorta sektörünün bir nevi mutfağını oluşturan aktüerya, risk kabul ve hasar yönetimi süreçlerinin dijital çağın gerekliliklerine göre nasıl yeniden yapılandırılması gerektiğine odaklanmaktadır. Sigortacılık faaliyetlerinin teknik omurgasını oluşturan aktüeryal hesaplama ve operasyonel süreçlerdeki dönüşüm ihtiyacı, katılımcı görüşleri doğrultusunda alt temalar ve ilgili kodlar bazında tasnif edilmiştir.

Tablo 10. Ana Tema 2, Aktüeryal ve Operasyonel Yeniden Kalibrasyon

Alt Tema	Kodlar
Risk Modelleme ve Fiyatlama Metotları	• Telematik Skorlama Kullanma • Veriyle Dinamik Fiyatlama • Model Şeffaflığı ve Denetlenebilirliği Şart Koşma • Kullanım Desenini Analiz Etme • Yazılım Versiyonunu Kriter Yapma
Hasar Yönetiminde Dijital Kanıt ve Uzmanlık	• Veriyle Olay Kronolojisi Kurma • Kalibrasyon Yetkinliğini Kriter Yapma • Geçici Ödeme Mekanizmaları Tanımlama • Veri Bütünlüğünü Şart Koşma • Hata Tiplerine Göre Değerlendirme Akışı Ayırma
Yeni Risk ve Ürün Geliştirme Odakları	• Siber Teminat Paketleri Geliştirme • Üretici Sorumluluğu İçin Limit Yapılandırma / Geliştirme • UBI ve Versiyon Duyarlı Fiyatlama Deneme • Siber Riski Ayrıştırma (Ayrı Risk Sınıfları) • Senaryo Bazlı Stres Testleri Uygulama

Tablo 10'da yer alan kodların dağılımı incelendiğinde, dönüşümün sadece yeni bir sigorta ürünü çıkarmaktan ibaret olmadığı; aksine fiyatlama algoritmalarından (Telematik/UBI) hasar yönetimindeki ispat yükümlülüğüne (dijital kanıt) kadar uzanan teknik bir yetkinlik artışını zorunlu kıldığı anlaşılmaktadır. Özellikle siber risk ve yazılım versiyonu gibi geleneksel olmayan parametrelerin bu tema altında yoğunlaşması, aktüeryal modellerin teknoloji odaklı parametrelerle yeniden kalibre inşa edilmesi gerekliliğini somutlaştırmaktadır.

Katılımcılara göre otonom araçların başat aktör olmaya başlamasıyla birlikte sigortacılığın statik veriden dinamik veriye ve hasar geçmişi istatistiklerinden gerçek zamanlı sürüş verisine odaklanacak şekilde radikal biçimde dönüşeceğini vurgulamaktadır. Analiz içeriğinde yer alan telematik skorlama kullanma, model şeffaflığı, yazılım versiyonunu kriter yapma, kullanım desenini analiz etme, veriyle olay kronolojisi kurma, kalibrasyon yetkinliğini kriter yapma, geçici ödeme mekanizmaları, siber teminat paketleri geliştirme, kullanım bazlı teminat fiyatlama kodları bu dönüşümün neredeyse baştan sona hikayesini ortaya koymaktadır. En sık tekrar edilen kodlar arasında yer alan telematik skorlama ve kullanım desenini analiz etme, sektörün statik veri setlerinden (yaş, cinsiyet, araç yaşı, geçmiş hasar istatistikleri) dinamik ve gerçek zamanlı veri setlerine geçiş ihtiyacını ortaya koymaktadır. Bu tema altında; risk modelleme, hasar yönetiminde dijitalleşme ve yeni ürün geliştirme odakları alt başlıklar halinde incelenmiştir.

4.6.5.2.1. Risk Modelleme ve Fiyatlama Metodu Dönüşümü

Geleneksel insan davranışı odaklı modelin çalışmanın temel hipotezine uyumlu biçimde dönüştüğü algısı sigortacılık açısından kullanılan veri evreninin teminat verme ve fiyatlama alanlarında neredeyse tamamen değişeceği görüşünden kaynaklanmaktadır. Zira bu alt tema kapsamında katılımcılar en çok otonom aracın kullanım deseninin analizi, bu analiz verileriyle dinamik fiyatlama ve dolayısıyla bu işleyişi mümkün kılacak çerçevede telematik skorlama kodlarını temsil eden değerlendirmeler yapmıştır. Öyle ki risk kabulü ve fiyatlama, dolayısıyla riziko değerlendirmesinde yazılım versiyonlarının dahi etken olacağı görüşü vurgulanmaktadır. K3 bu dönüşümün niteliğini şöyle ifade etmiştir:

> Telematik ve araçtan akan gerçek zamanlı loglar, dinamik fiyatlama ve bağlam temelli teminat yönetimi için ana rekabet alanı olacaktır.

Bu çerçeve, statik değişkenlere dayalı bir bağımlı değişkeni (örneğin *hasar miktarı, hasar olasılığı, prim*) çeşitli bağımsız değişkenlere (örneğin *yaş, araç yaşı, kullanım amacı, bölge, sürücü profili*) dayanarak tahmin eden genel doğrusal modelin yerini araç sensörlerinin

doğruluk düzeyi, yazılım versiyonu, yazılım kusuru, otonomluk seviyesi, sürüş senaryoları ve trafik dışsallığı ilişkisi gibi unsurlarını içeren yepyeni bir risk değerlendirme mekanizmasına bıraktığını işaret etmektedir. Yazılım versiyonunu kriter yapma kodu 38 kez vurgulanarak, aracın güncellenme durumunun (OTA - Over the Air updates) risk primini doğrudan etkileyen bir faktör olarak modele girmesi gerektiği saptanmıştır. K24 modele girecek yeni kriterleri şöyle somutlaştırmaktadır:

> Risk değerlendirmesinde telematik skor, algılayıcı kalibrasyon kayıtları ve yazılım stabilite metrikleri temel göstergeler olacaktır.

Katılımcıların bir kısmı ise bu dönüşümün yakın vadede adil fiyatlama için risk teşkil edebileceğini, erken dönemde veriye ulaşım ve veri işleme imkanlarındaki eksiklikler ve teknik uzmanlık ihtiyacı nedeniyle yanlış fiyatlama kararları verilebileceğini ifade etmiştir. K9 bunun yaratacağı riski şöyle tarif etmiştir:

> Veri paylaşımı standart değilken bu kadar fazla değişkenle model kurmak kaotik sonuç verebilir; erken dönemde agresif dinamik fiyatlama riskli olacaktır.

Bu değerlendirmeler dönüşümü teknik boyutu yanında risk yönetimi açısından da ihtiyatlı olmayı gerektirdiğini göstermektedir.

4.6.5.2.2. Hasar Yönetiminde Dijital Kanıt ve Uzmanlık

Otonom araçlar devreye girdiğinde hasar yönetimi sürecinin ana unsurlarından olan hasarın tespiti ve hesaplanması katılımcıların bakış açısıyla geleneksel ekspertizden dijital adli bilişime evrilmektedir. Otonom araç kazalarında kusurun tespiti, geleneksel yöntemlerden ayrışarak dijital verilerin (EDR kayıtları, sensör logları) teknik analizine dayalı bir bilişim sürecine dönüşmektedir. Kod setinde yoğun tekrar eden veriyle olay kronolojisi kurma, hata

tipine göre değerlendirme akışı ayırma, kalibrasyon yetkinliği, veri bütünlüğünü, geçici ödeme mekanizmaları gibi ifadeler, otonom araç hasarlarının dijital kanıta dayalı, çok katmanlı teknik analiz gerektirdiğini göstermektedir. Analiz kapsamında bu alt teme ile ilişkili kodların %4 seviyesi etrafında sıralanan oranlarda temsil edildiği ve bu temsilde hasar süreçlerinde görev alan sektör temsilcilerinin en yüksek yoğunlaşma ile dikkat çektiği görülmüştür. Bu kapsamdaki temel tartışma hasarın donanım kaynaklı mı yoksa yazılım veya algoritma kaynaklı mı olduğunun ayrıştırılması konusu etrafında kümelenmiştir.

Katılımcılar dönüşen hasar analiz ve tespit süreçleri kapsamında zararın oluşumundaki nedenselliğin, bu bağlamda poliçe teminatı çerçevesindeki ödeme yükümlülüğünün yönü ve boyutunun belirlenmesi adına sorumluların ve tabii zararın maddi boyutunun belirlenebilmesi adına ortaya çıkan gereklilikleri veriyle olay kronolojisi kurulması kodunu sıkça tekrarı ile ifade etmişlerdir. Bu bağlamda dijital kanıt yeni dönemin ekspertiz süreçlerinin başat girdisi olacaktır. K39 bu hususu şöyle özetlemiştir:

> Hasar sürecinde sensör verileri, kamera kayıtları ve yazılım loglarıyla olayın kronolojisinin oluşturulması gerekmektedir zira bu kanıtlar sorumluluk ayrımını netleştirmeye yarar.

Ayrıca yine hasar süreçlerinin işletilmesinde algortimik veya yazılım kusuru söz konusu olduğunda dijital kanıtların erişimi ve işlenebilmesi adına otonom araç üreticilerinin veri bütünlüğünü sağlaması hususunda bazı protokoller oluşturulmasına da sıklıkla değinilmiştir. Bu aynı zamanda işleyişin temelinde olan veri kavramının anıldığı her alanda bir ihtiyaç olarak açık ya da tali başlıklarla atıfta bulunulan bir gereksinim olmuştur. Hasar süreçleri ile ilgili sorumluluk alan K7 konuyla ilgili şu değerlendirmeyi yapmıştır:

> Algoritmik hata iddialarında üreticiyle ortak inceleme protokolü işletilmesi, üçüncü taraf bağımsız denetim raporlarına başvurulması gerekir. Teknik ön ekspertiz ve triyaj ile onarım kararları verilebilir.

Ayrıca hasar operasyonlarını yöneten katılımcılar, servis ağlarının yetkinliği konusundaki kaygı ve değerlendirmelerini de dile getirmişlerdir. Zira bu noktada otonom teknolojilerin gelişimi ile paralel bir hızla önemi artan kalibrasyon ihtiyacı devreye girmektedir. Kendi kendine ortamı algılayarak, hedefi doğrultusunda yine kendi kararları ile hareket gerçekleştiren araçların yazılım ve donanımları arasındaki ilişki ve iletişimin sağlığı kalibrasyonun ehil ellerce gerektiği gibi gerçekleştirilmesine bağlıdır. Bu yüzden de hasar yönetim süreçlerinde anlaşmalı servis ağını ağırlıklı olarak maliyet ve müşteri tercihi odağında belirleyen sigorta şirketleri bundan böyle otonom araçlar için kriter listesinin başına kalibrasyon yetkinliğini koymak zorunda kalacaktır. K45 süreci şöyle özetlemiştir:

> Parça bulunurluğu ve kalibrasyon süreçleri dosya sürelerini etkiliyor; servis seçiminde artık kalibrasyon yetkinliği birinci kriter.

Bu değerlendirmeler de özellikle sensörler ve kamera hizalama süreçleri ile yazılımların güncellenmesi ve ayarlanmasının kazalar ve dolayısıyla sigorta şirketine yöneltilecek tazmin taleplerinde belirleyici hâle geldiğini göstermektedir.

Ayrıca katılımcıların kaza anında sorumluluğun insan mı sistem mi olduğunun belirlenemediği durumlarda olası mağduriyetlerin önüne geçmek adına geçici ödeme mekanizmaları kurulması gerektiğini sıkça (38 tekrar) vurguladıkları görülmüştür. Bu yepyeni bir analiz ekosisteminde, veri erişimi, işlenmesi, donanım, yazılım ve algoritma ilişkisinin incelenmesi gibi karmaşık teknik yetkinlik gerektiren yeni gereksinimlerin hasar tazmin sürecine dayattığı bir yeni sorumluluktan kaynaklanmaktadır. Zira bu aşamada sorumlunun tespiti verilerin incelenmesi ve kusurun muhatabının bulunmasıyla gerçekleştirilebilecektir ve bu oldukça yoğun teknik analiz gerektirmektedir. Bu nedenlerle katılımcıların bir kısmı geçici ödeme mekanizmaları oluşturarak ardından sigorta şirketlerinin tamamladığı analizler ile rücu mekanizmaları işleterek zararın sorumlularından

tazmin sürecini dizayn etmesi gerektiğini düşünmektedir. Zira dijital kanıta dayalı analiz ve ekspertiz süreçleri sistemlerin teknik karmaşıklığı ve müşteri beklentileri nedenleriyle her durumda uygulanabilir olmayabilecektir. Sektör temsilcilerinin bu noktadaki değerlendirmeleri aşağıdaki çerçevede ifade edilmiştir:

> EDR ve sensör verisi teknik olarak alınabilir ama her servis bu veriyi doğru okuyamaz; dijital ispat sürecinin yaygınlaşması zaman alacak.
>
> İşleten, kullanıcı ve üretici sorumluluklarının sınırları, rücu hakları ve ispat yükü netleştirilmelidir.

Bu görüşler, hasar yönetimindeki dönüşümün kurumsal kapasite ve servis altyapısı ile doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir.

4.6.5.2.3. Yeni Riskler ve Ürün Geliştirme Odakları

Sektör temsilcileri, geleneksel kasko poliçelerinin kapsamının genişletilerek siber risk, yazılım hatası ve ürün sorumluluğu gibi yeni teminatlarla zenginleştirilmesi gerektiği konusunda ekseri bir mutabakat sergilemiştir. Özellikle üretici sorumluluğu için teminat yapısı oluşturma, siber teminat paketleri geliştirme ve kullanım bazlı sigorta kavramları, ürün inovasyonunun merkezinde yer almaktadır.

Katılımcıların tamamına yakınının değerlendirmelerinde sorumluluğun insandan sisteme kaymasıyla üretici paydaşlığı odaklı teminat mimarisinin oluşturulması gerektiği yer almıştır. Zira halihazırda motorlu taşıt sahipleri kendi araçlarının uğrayabilecekleri zararları, araç ile neden olabilecekleri üçüncü taraflara ait zararları geleneksel kasko ve trafik poliçeleri ile teminat altına almaktadır. Üreticiler ise ürettikleri araçları ürün sorumluluk paket sigorta poliçeleri ile teminat altına almaktadır. Ancak bu iki ana eksende şekillenen teminat mimarisi her halükarda insan sürücünün merkeze alındığı sorumluluk dağıtım modeli ile şekillenmiş ve tüm yasal zemini ile pratik işleyişini bu temelde inşa etmiştir. Dolayısıyla mevcut hali ile üreticilerin sahip oldukları teminat kapsamını kullanmak hem adil olmayacaktır, hem de

standart bir süreç oluşturmak yerine her analizde öznel ve farklı sonuçlara ulaşılmasını mümkün kılacaktır. K36 bu hususa aşağıdaki çerçevede işaret etmiştir:

> Üretici sorumluluk poliçeleri için katmanlı limit yapıları ve kusur oranına bağlı rücu mekanizmaları geliştirilmelidir.

K32 ise mevcut teminat çerçevesinin dönüşmesi gerekliliğine işaret etmiştir.

> Mevcut kasko temel ihtiyaçları karşılasa da üretici sorumluluğuyla entegre hibrit modellere evrilmesi gerekecektir.

Diğer yandan katılımcılar, otonom araçlarla birlikte siber risk, yazılım hatası, sensör arızası, karar algoritması hataları gibi mevcut poliçelerde bulunmayan yeni risk türlerinin ortaya çıktığını vurgulamaktadır. Bu bakımdan sektör ortaya çıkan yeni risk modelini benimseyen yeni kabul ve prim hesaplama mekanizmaları geliştirmek zorundadır. K26 bu ihtiyacı şöyle dile getirmiştir:

> Kullanım bazlı kasko ile otonomi seviyesi ve yazılım versiyonuna duyarlı fiyatlama kombinasyonlarını test ediyoruz.

Bu noktada risk modelinin yeni bileşenlerinin mevcut teminat yapısını ve dolayısıyla fiyatlamayı nasıl dönüştüreceğinin analiz edilmesi ihtiyacı da katılımcılarca ele alınmıştır. Bu değerlendirmelerden yeni risk kategorilerinin senaryo analizleriyle ele alınması ve teminat/fiyat kurgusunun olgunlaşan analiz bulgularına göre yeniden tasarlanması gerektiği anlaşılmaktadır. K11 bu durumu şöyle dile getirmiştir:

> Senaryo bazlı stres testlerinde algılama hatası, sensör körleşmesi ve yanlış sınıflandırma durumlarını çalışıyoruz.

Ayrıca birçok katılımcı siber risk kavramını ele almış ve bu riskin tamamıyla ayrı bir teminat yapısı olarak ele alınmasını, alt kategorileri itibarıyla ayrıştırılarak sınıflandırılması ve yeni ürün modelindeki tüm paydaşların üstleneceği sorumluluklarla politikaların dizayn edilmesi gerektiğini savunmuştur. K38 siber riskin ayrı bir başlık olarak ele alınması gerektiğini şu çerçevede belirtmiştir:

> Siber risk artık pasif bir ek teminat değil; kendi başına ayrı bir risk sınıfı olarak modellenmeli.

Bazı katılımcılar ise yeni ürünler konusunda talep belirsizliği ve düzenleme eksiklikleri nedeniyle temkinli bir yaklaşım sergilemektedir. Bu görüş, inovasyonun yalnız teknik doğrulukla değil, pazar olgunluğu ve düzenleyici netlik ile de ilişkili olduğuna işaret etmektedir (K31).

> Müşteri tarafında farkındalık düşük; düzenlemeler netleşmeden yeni ürünleri piyasaya sürmek ticari risk oluşturur.

Diğer yandan kulanım bazlı sigorta ve versiyon bazlı fiyatlama denemelerinin sektörde hem dönüşümün hem de mevcut bireysel ve kurumsal sigortalı beklentilerinin bir sonucu olduğuna işret edilmektedir. Buna göre yeni risk modellemesinde, kullanım bazlı teminat ve fiyatlama eskiye nazaran çok daha kolay uygulama alanı bulacaktır. Zira yeni modelde,

eskiden bilinmez olan kullanım süresi, menzili, alışkanlıkları gibi birçok unsur artık beklenenden daha derin bir veri kümesi ile kayıt altındadır. Sürüşün sorumlusu olan otonom yazılım, artık kabiliyetlerini versiyon güncellemeleri ile geliştirmektedir. Bu bağlamda yeni tarife sistemlerinde versiyon ve güncelleme bilgileri de yerini almak zorunda kalacaktır (K41).

> Versiyon ve kalibrasyon parametrelerinin tarife sistemine entegrasyonu fiyat doğruluğunu artırır.

Aktüeryal ve operasyonel yeniden kalibrasyon teması, otonom araçların sigorta sektöründe aktüeryal modelleri, veri entegrasyonu ve işleme süreçlerini, tarife modellerini ve ürün tasarımı yaklaşımını temelden dönüştürdüğünü göstermektedir. Katılımcı görüşleri bu dönüşümü ortaya çıkarmış olsa da özellikle veri standardizasyonu, teknik kapasite, servis yetkinliği ve ticari riskler konusunda itidalli yaklaşımlar ortaya koymaktadır.

4.6.5.4.3. Pazar ve Paydaş Dinamikleri

Araştırmanın üçüncü ve son ana teması, otonom araç teknolojilerinin sigorta müşterisinin beklentilerini nasıl değiştirdiği ve dağıtım kanallarını nasıl dönüştürdüğü üzerinedir. Teknolojik dönüşümün sigorta pazarındaki yansımalarını ile müşteri ve sigortacı ilişkisindeki eksen kaymasını temsil eden üçüncü ana temanın yapısal bileşenleri Tablo 10'da özetlenmiştir. Tüketici davranışlarındaki değişim ve yeni hizmet modellerine yönelik taleplerden türetilen kodlar ve ilgili alt tema aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 11. Ana Tema 3, Pazar ve Paydaş Dinamikleri

Alt Tema	Kodlar

Müşteri Beklentileri ve Hizmet Farklılaşması	• Adil Fiyatlandırma Talep Etme • Hizmet Seviyesine Odaklanma • Gömülü Sigortaya Yönelme (Abonelik Paketleri) • Asistansı Güncellemelerle Entegre Etme İsteği

Tablo 11'de ele alınan söz konusu tema, otonom sürüş teknolojilerinin sigorta sektöründeki müşteri davranışlarını ile ürün, pazar ve paydaş etkileşimini nasıl değiştirdiğine dair içgörüleri ortaya çıkarmaktadır. Katılımcıların çoğu, otonom teknolojilerin sigorta ürünlerini mobilite deneyimi ile entegre bir hizmet kümesine dönüştüreceği beklentilerini ifade etmektedir. Otonom araç kullanıcılarının sigorta ürününden beklentisinin salt tazminat güvencesinden çıkarak, adil fiyatlama ve entegre hizmet noktasına evrileceği öngörüsü ortaya çıkmaktadır. Özellikle gömülü sigorta kodunun bu tema altında bir ağırlığa sahip olması, sigortanın gelecekte ayrı satılan bir üründen ziyade, mobilite ekosisteminin içine yerleştirilmiş (embedded) ve sürüş deneyimiyle bütünleşik bir hizmet çerçevesine dönüşeceğini işaret etmektedir. Bu tema, sigortacılığın hizmet boyutundaki evrimi de kapsamaktadır. Bu ana tema tek alt tema altında yapılandırılmıştır.

5.6.5.3.1. Müşteri Beklentileri ve Hizmet Farklılaşması

Otonom araç kullanıcıları, araçlarının güvenlik donanımlarının kaza riskini azalttığı varsayımıyla, sigorta primlerinde adil fiyatlandırma (33 tekrar) talep etmektedir. Müşteriler, kullanmadıkları risklerin primini ödemek istememekte, bunun yerine kullandıkları kadar ödeyecekleri esnek modeller beklemektedir. Bu beklentiyi, (K19 şu şekilde yorumlamıştır:

> Fiyatın kullanım ve güvenlik performansıyla adil biçimde ilişkilendirilmesini talep ediyorlar.

Bu görüş kullanıcıların genel tarife yapıları kapsamında oluşan primler yerine, bireyselleştirilmiş ve veri temelli fiyatlama modellerini talep ettiğini göstermektedir. Bu doğrultuda daha önce ele alınan kullanım bazlı sigorta ve dinamik fiyatlama modelleri müşteri tarafından talep edilir hale gelmektedir.

Katılımcılar, ele alınan dönüşümle müşterilerin sigortayı bir poliçe yerine araç kullanım deneyiminin bir parçası olarak konumlandıracağı beklentilerini vurgulamaktadır. Bu durum veri setinde hizmet seviyesine odaklanma ve asistansı güncellemelerle entegre etme kodlarıyla görülmektedir. K19 bu dönüşümü şu şekilde açıklamıştır:

> Araç güncelleme aldığında asistans da buna entegre olsun istiyorlar; sigorta artık bağımsız bir ürün değil, mobilite hizmetinin parçası.

Bu ifade de asistans hizmetlerinin kullanıcı talebiyle tetiklenmekten çıkıp araç yazılımı ve telematik verilerle senkronize çalışan bir işleyiş kazanacağını göstermektedir. Şimdiden orijinal araç üreticiler yeni model araçlara ekledikleri entegre telematik cihaz ve iletişim donanımlarıyla ani fren, çarpma, salınım vs veriler marifetiyle kullanıcıya anında destek ve acil müdahale sunmaya başlamışlardır. Bu arz müşteri kitlesinin talebi ile yayılım gösterecektir.

Veri kümesinde gömülü sigorta (embedded insurance) kavramının tekrarlı biçimde vurgulanması sigortanın araç abonelik modellerinin ve paylaşımlı mobilitenin entegre bir unsuru olabileceğini ortaya koymaktadır. K13 bu trendi şöyle ifade etmiştir:

> Zamanla kullanıcılar gömülü sigorta paketlerini tercih edecek; bireysel poliçe yönetimi çok daha geri planda kalacak.

Bu bağlamda en azından belirli ürünlerde, pazarda yerleşik dağıtım kanalları dahi yerini orijinal araç üreticilerinin satış kanallarına bırakabileceği ihtimali gündeme gelmektedir.

4.6.6. Katılımcı Profillerine İlişkin Bulgular

Araştırma bulgularının derinlemesine yorumlanabilmesi adına, katılımcıların hiyerarşik pozisyonları, deneyim süreleri ve kurum tiplerine göre hangi temalara öncelik verdikleri karşılaştırmalı olarak incelenmiş; bakış açılarındaki ayrımları ve odak noktalarını özetleyen matris aşağıda Tablo 12'de sunulmuştur.

Tablo 12. Katılımcı Profillerine Göre Tematik Odaklanma Matrisi

Öne Çıkan Kodlar	Üst Yönetim (Dir/GMY/GM)	Orta Kademe (Yönetici)	Yüksek Tecrübe (20+ Yıl)	Düşük/Orta Tecrübe (<15 Yıl)	Sigorta Şirketi	Aracı/ Diğer Kurumlar
Ana Tema 1: Hukuki ve Yapısal Sorumluluk						
Alt Tema 1: Sorumluluk Rejiminin Evrimi						
Sorumluluğu Üreticiye Devretme, *Risk Doğasını Değiştirme*, *Reasürans Kalibrasyonu*	(Yoğun) Stratejik bakış açısı; risk transferi vurgusu.	(Orta) Daha çok operasyonel etkilere odaklılar.	(Yoğun) Geleneksel yapının değişim endişesi yüksek.	(Orta) Daha çok teknolojik değişime odaklılar.	(Yoğun) Ana risk taşıyıcı oldukları için kritik.	(Orta) Müşteri tarafındaki belirsizliğe odaklılar.
Alt Tema 2: Regülasyon ve Bilgi Yönetişimi						
Veri Standardı Tanımlama, *Sorumluluk Sınırlarını Çizme*, *Veri Erişimi Eksikliği*	(Orta) Uyum ve yasal çerçeve beklentisi.	(Yoğun) Günlük iş akışındaki belirsizlikleri çözme isteği.	(Yoğun) Geçmiş tecrübeyle yasal boşlukları görüyorlar.	(Düşük) Regülasyondan ziyade inovasyona odaklılar.	(Yoğun) Yasal departmanlar aktif.	(Düşük)
Ana Tema 2: Aktüeryal ve Operasyonel Kalibrasyon						
Alt Tema 3: Risk Modelleme ve Fiyatlama						
Telematik Skorlama, *Veriyle Dinamik Fiyatlama*, *Kullanım Desenini Analiz Etme*	(Orta) Karlılık üzerindeki etki önemseniyor.	(Yoğun) Modeli kuracak ve yönetecek ekip.	(Orta) Geleneksel modelden geçiş zorluğu vurgulanır.	(Yoğun) Yeni teknolojilere (AI/ML) hakimiyet yüksek.	(Yoğun) Aktüerya/teknik birimlerin ana gündemi.	(Düşük)
Alt Tema 4: Hasar Yönetiminde Dijitalleşme						
Veriyle Olay Kronolojisi, *Kalibrasyon Yetkinliği*, *Geçici Ödeme*	(Düşük)	(Yoğun) Operasyonu yönetenler için hayati.	(Yoğun) Hasar süreçlerinde uzmanlaşma.	(Orta) Dijital triyaj süreçlerine ilgi.	(Yoğun) Hasar maliyeti kontrol çabası.	(Orta) Müşteri memnuniyeti açısından bakış.

(Tablo 12. Devam)

Öne Çıkan Kodlar	Üst Yönetim (Dir/GMY/ GM)	Orta Kademe (Yönetici)	Yüksek Tecrübe (20+ Yıl)	Düşük/Orta Tecrübe (<15 Yıl)	Sigorta Şirketi	Aracı/ Diğer Kurumlar
Alt Tema 5: Yeni Risk ve Ürün Geliştirme						
Siber Teminatlar, *Gömülü Sigorta*, *UBI Fiyatlama*	(Yoğun) Pazar payı ve yeni gelir kalemleri.	(Yoğun) Ürün tasarımı ve entegrasyon.	(Orta)	(Yoğun) İnovatif ürünlere yüksek ilgi.	(Yoğun) Rekabet avantajı sağlama.	(Yoğun) Müşteriye yeni ürün sunma potansiyeli.
Ana Tema 3: Pazar ve Paydaş Dinamikleri						
Alt Tema 6: Müşteri Beklentileri ve Hizmet						
Adil Fiyatlandırma, *Hizmet Seviyesi*, *Asistans Entegrasyonu*	(Yoğun) Marka imajı ve müşteri sadakati.	(Orta) Operasyonel müşteri yönetimi.	(Yoğun) Müşteri ilişkilerindeki dönüşümü görüyorlar.	(Orta) Kullanıcı deneyimi (UX) odaklılar.	(Orta)	(Yoğun) Doğrudan müşteri teması olanlar.

Tablo 12'deki veriler incelendiğinde, organizasyonel hiyerarşi ve deneyim süresinin, katılımcıların risk algısını şekillendiren temel faktörler olduğu görülmektedir. Üst yönetim grubu konuyu daha çok hukuki sorumluluk ve finansal sürdürülebilirlik ekseninde stratejik bir tehdit/fırsat olarak değerlendirirken; orta kademe yöneticilerin ve teknik uzmanların odak noktasının uygulanabilirlik, veri entegrasyonu ve operasyonel süreçler üzerinde yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Bu ayrışma, sektördeki dönüşümün tek boyutlu algılanmadığını, stratejik vizyon ile operasyonel gerçeklikler arasında farklılaşan ancak birbirini tamamlayan önceliklerin bulunduğunu ortaya koymaktadır.

Tabloda yer alan tematik odaklanma matrisi, otonom sürüş teknolojilerinin sigorta sektöründeki etkilerine ilişkin değerlendirmelerin hiyerarşik pozisyon, tecrübe süresi ve kurumsal rol ile farklılaştığını göstermektedir. Bu açıdan bakıldığında, tematik dağılım yalnız neye odaklanıldığını değil, kimlerin neden hangi unsurları önceliklendirdiğini de görünür kılmaktadır.

4.6.6.1. Hukuki ve Yapısal Sorumluluk: Strateji ve Operasyon

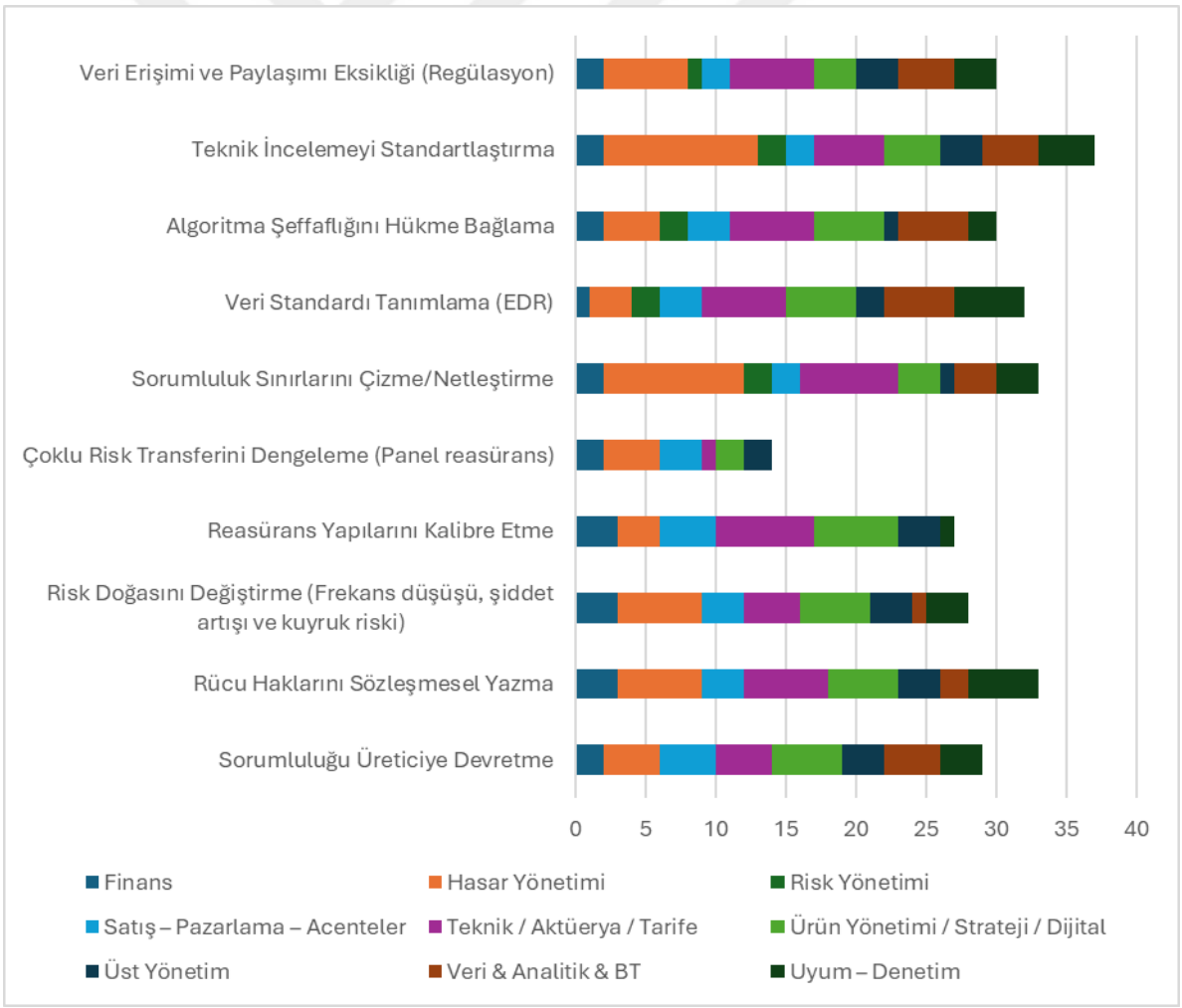
Sorumluluk rejiminin evrimi alt teması, özellikle yönetimin üst kademelerinde bulunan ve yüksek tecrübe sahibi katılımcılarda grubunda yoğunlaşmaktadır. Genel Müdür, Genel Müdür Yardımcısı ve Direktör düzeyindeki katılımcılar (örneğin K5, K23, K50), sorumluluğun sürücüden üreticiye kaymasını stratejik bir risk transferi meselesi olarak algılamaktadır. Bu grup reasürans korumalarının ayarlanması ve çoklu risk transferi mekanizmalarını da bu çerçevenin parçası olarak görmektedir. Bu grup için otonom sürüşün yarattığı dönüşüm, operasyon pratiğinden çok, reasürans programlarını ve uzun vadeli kârlılığını etkileyen bir yeniden yapılanma zorunluluğu olarak konumlanmaktadır.

Orta kademe yöneticiler (örneğin K1, K14) bakımından söz konusu tema daha ziyade operasyonel etkiler ve uygulanabilirlik açısından önem arz etmektedir. Bu grubun değerlendirmeleri, sorumluluk dağıtımındaki değişimin operasyonel süreçlere nasıl yansıyacağı; hasar dosyalarında kusur ayrımının ve rücu süreçlerinin işletileceği etrafında yoğunlaşmaktadır. Dolayısıyla hiyerarşik düzey yükseldikçe yaklaşım stratejik, orta kademeye inildikçe ise somut ve süreç odaklı bir hale gelmektedir.

Deneyim süresi açısından bakıldığında, 20 yıl ve üzerinde tecrübe süresine sahip katılımcılar (K1, K3, K5 vb.) geleneksel yapının bozulması ve alışılagelmiş sorumluluk paradigmasının dağılması ihtimaline karşı daha fazla endişe taşımaktadır. Buna karşılık nispeten düşük ve orta seviyede deneyime sahip katılımcılar (K24, K42), aynı dönüşümü teknolojik değişim fırsatı olarak görmekte ve teknik sistemlerin işleyişine odaklanmaktadırlar. Bu asimetri, deneyim arttıkça mevcut düzenin kaybedilmesi riskinin, deneyim azaldıkça ise yenilik ve teknolojik gelişim fırsatlarının daha baskın hale geldiğini göstermektedir.

Kurum tipi bazında bakıldığında, sigorta şirketi çalışanları bu temaya risk taşıyıcı bakış açısıyla yaklaşırken (örneğin K13, K16), aracılar ve diğer paydaşlar (K27, K28) daha çok müşteri tarafındaki belirsizliklere ve bunun satış süreçlerine yansımasına odaklanmaktadır. Bu durum, ele alınan tartışmalarının doğrudan riski taşıyan paydaş için daha kritik; müşteriyle temas eden aracı kurumlar içinse daha çok iletişim problemi olarak değerlendirildiğini göstermektedir.

Regülasyon ve bilgi yönetişimi alt teması söz konusu olduğunda ise durum kısmen tersine dönmektedir. Uyum, hukuk ve iç denetim fonksiyonlarını temsil eden orta kademe yöneticiler (özellikle K16, K11) bu alanda yoğun bir odaklanma gösterirken, üst yönetim seviyelerindeki katılımcıların görece daha düşük seviyede odaklandığı görülmektedir. Bu durum, yasal boşluklar ve veri erişimindeki belirsizliklerle operasyonel iş akışında birebir mücadele eden grupların, düzenleme ihtiyacını daha öncelikli ve önemli bir problem olarak değerlendirdiklerini göstermektedir. Bununla birlikte düşük ve orta deneyime sahip, dijital ve teknoloji unsurlarını içeren sorumluluk alanlarında çalışan katılımcıların (K4, K26) regülasyon konusundan ziyade ürün, kanal ve inovasyona odaklandıkları görülmektedir. Bu ayrışma, yenilikçi bakış açısı ile güvence ihtiyacı arasındaki doğal gerilimi gösterir.



Şekil 8. Sektör fonksiyonları bazında birinci ana tema kodlarının ağırlıkları.

Şekil 8'in incelenmesinden sigorta sektöründeki ana faaliyet alanlarından katılımcıların ilgili ana tema kapsamındaki kodları tekrarlama sıklıkları görülmektedir. Buna göre teknik incelemeyi standartlaştırma ve sorumluluk sınırlarını netleştirme kodlarının en yoğun ele alındığı kümenin hasar süreçlerinde görev alan katılımcılar olduğu göze çarpmaktadır. Reasürans yapılarını kalibre etme kodunun ise çok yüksek ağırlıkla teknik ve ürün yönetimi alanlarında çalışan katılımcılarca tekrarlandığı görülmektedir. Sorumluluğu üreticiye devretme kodu ile, veri ve algoritma standardizasyonuna işaret eden kodlarda ise inceleme konusunun çok merkezi bir noktasında yer almaları ve sektör katılımcılarınca genel bir mutabakatla önem atfedilen konular olmaları sebepleriyle dengeli bir dağılımla tekrar gözlemlenmiştir. Diğer yandan reasürans panelleri gibi teknik bir husus görece daha az sıklıkla ve daha çok teknik birim çalışanları tarafından tekrar edilmiştir. Bu ana tema kapsamında rücu haklarının sözleşmesel olarak netleştirilmesini ifade eden kodun neredeyse tüm fonksiyonların belirli oranda etkisiyle en yüksek seviyede tekrar eden kod olması dikkat çekici bulunmuştur. Bu bulgunun sektörün gelişime ayak uydurmadaki gecikmesini rücu mekanizması ile bertaraf etmeye çalışacağına işaret ettiği kanaati oluşmuştur.

4.6.6.2.Aktüeryal ve Operasyonel Kalibrasyon

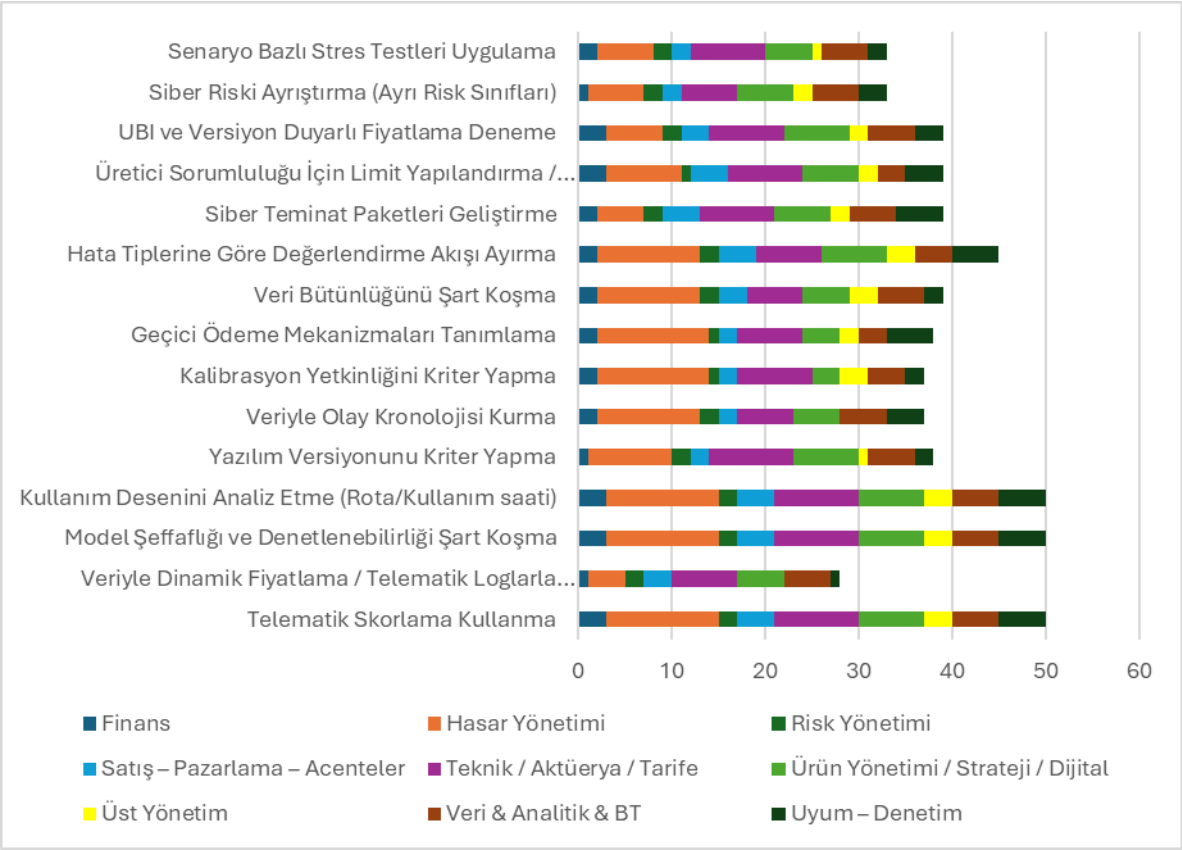
Risk modelleme ve fiyatlama alt teması, matrisin en açık teknik kümelenmelerinden birini yansıtmaktadır. Aktüerya, veri bilimi ve teknik fiyatlama birimlerinde çalışan orta kademe katılımcılar (K2, K12, K44) bu temaya yoğun biçimde odaklanmakta; üst yönetim seviyelerindeki katılımcılar (K48, K29) ise bu alanı daha çok kârlılık, sermaye yeterliliği ve rekabet gücü bakış açısından daha düşük düzeyde önemsemektedir. Bu sonuç modelin kendisini inşa etme ve işletme sorumluluğunun teknik ekiplerde; sonuçlarının yönetilmesi sorumluluğunun ise üst yönetime ait olduğu geleneksel rol paylaşımına dayanmaktadır.

Tecrübe seviyesi açısından bakıldığında, yüksek seviyede tecrübeli teknik katılımcılar (örneğin K2, K34), geleneksel modelden yeni modellere geçişin zorluklarını, veri kalitesi, model riskleri ve regülasyon uyumu gibi endişeler üzerinden ele almaktadır. Bununla birlikte daha az tecrübeli ve teknoloji odaklı görev alanlarında faaliyet gösteren katılımcılar (K12, K44, K21), yapay zekâ, makine öğrenmesi ve gerçek zamanlı veri kullanımına ilişkin yüksek bir isteklilik sergilemektedir. Sigorta şirketlerinin teknik birimleri (K35, K46) açısından bu

tema, neredeyse gündelik işin omurgasıyken, aracı ve diğer kurum temsilcileri nezdinde nispeten daha düşük önem ve önceliğe sahiptir. Zira bu grup fiyatlama modelini üreten değil, sonuçlarını sahada kullanan paydaşlar konumundadır.

Hasar yönetiminde dijitalleşme alt teması, üst yönetim için görece düşük, operasyonu işleten orta kademe hasar yöneticileri açısından yoğun bir gündem maddesidir (K1, K14, K32). Bu durum, otonom araç hasarlarının teknik karmaşıklığının tazmin süreçlerinin başından sonuna görev alan ekipler tarafından daha yakıcı biçimde hissedileceğini göstermektedir. Yüksek tecrübe grubunda, hasar süreçlerinde uzmanlaşmış katılımcıların (K1, K15, K45) bu temaya daha fazla başvurması, bu grubun geleneksel hasar pratiği ile yeni dijital kanıt mekanizmalarının çatışma ve uyum alanlarına görece yüksek hakimiyetini ifade etmektedir. Buna karşılık, daha düşük deneyim grubunda dijital ve yenilikçi süreçlere merak ve ilgi daha ön plandadır (K49, K41). Sigorta şirketi hasar birimleri bu temaya hasar maliyetlerinin kontrolü perspektifinden yaklaşırken (K18, K39), müşteri ilişkilerini yöneten katılımcılar (K7, K8) dijitalleşmenin müşteri memnuniyeti ve dosya süreleri üzerindeki etkisine odaklanmaktadır.

Yeni risk ve ürün geliştirme alt teması hem üst yönetim hem de orta kademe için sıklıkla kullanılan bir alan olmuştur. Üst yönetim, siber teminatlar, gömülü sigorta ve kullanım bazlı sigorta gibi ürünleri pazar payı ve yeni gelir kalemleri açısından fırsat olarak görmektedir (K6, K29, K33). Bununla birlikte ürün yönetimi ve dijital ekipler (K35, K43, K26, K4) konuya entegrasyon, ve kullanıcı deneyimi açılarından yoğunlaşmaktadır. Aracı kurum temsilcileri (K28, K31) bu temaya müşteriye yeni ürün sunma potansiyeli ve çapraz satış imkanı motivasyonu ile yaklaşmaktadır.



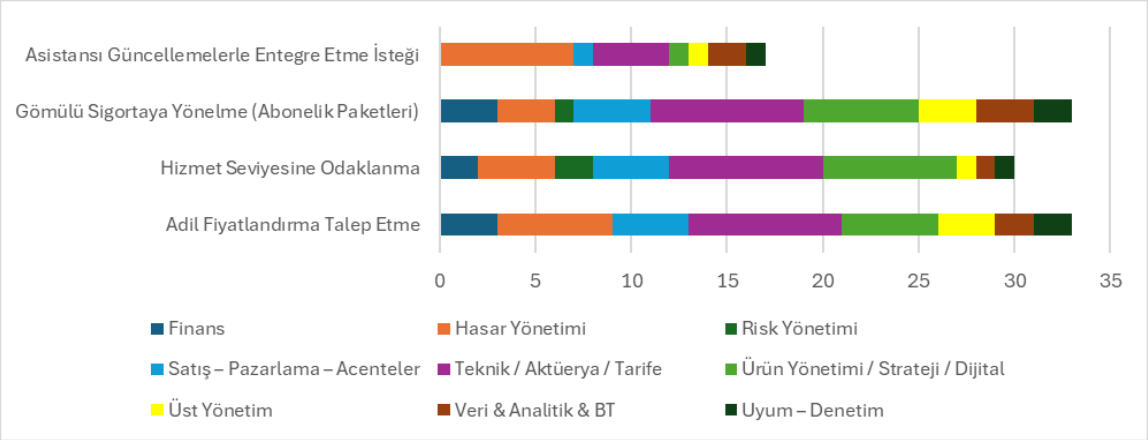
Şekil 9. Sektör fonksiyonları bazında ikinci ana tema kodlarının ağırlıkları.

Şekil 9'un incelenmesinden görüleceği ve beklendiği üzere veriyle olay kronolojisi kurma, hata tiplerinin ayrıştırılması, kalibrasyon yetkinliği, geçici ödeme mekanizmaları gibi kodlar hasar fonksiyonlarında görev alan katılımcıların ağırlıkla tekrar ettiği kodlar arasında yer almıştır. Bununla birlikte hasar süreçlerinde görevli katılımcıların telematik skorlama, kullanım deseni analizi, yazılım versiyonunun kriter yapılması ve veri bütünlüğü ile model şeffaflığı konusunda da teknik ve ürün yönetimi süreçlerinden katılımcılarla yarışan ağırlıklarda kod tekrarı yaptığı görülmektedir. Bu bir anlamda dönüşümün ilk ve en yoğun çarpışmayla karşılanacağı safın hasar süreçleri cephesi olmasından kaynaklanmaktadır. Zira bu fonksiyon setinde görevli katılımcılar, kendi sorumluluk alanlarının dışında çok daha öncelikli ve kayda değer adımlar atılmasını beklemektedir. Siber teminat katmanı ve veriye dayalı dinamik fiyatlama gibi kodlar ise beklendiği üzere teknik, ürün ve veri analizi ilişkili görev alanlarındaki katılımcılarca tekrar edilmiştir. Son olarak bir diğer dikkat çekici nokta veriyle olay kronolojisi kurma ve veriyle dinamik fiyatlama gibi hasar ve üretim alanlarını en temelden ilgilendiren iki hususa üst yönetim cephesinden hiç atıfta bulunulmamasıdır.

4.6.6.3. Pazar ve Paydaş Dinamikleri: Müşteri Deneyimi

Müşteri beklentileri ve hizmet alt teması, müşteriyle temas halindeki pozisyonlar açısından yoğun bir odak noktasıdır. Müşteri deneyimi odaklı çalışan üst düzey yöneticiler (K15, K33), bu temayı müşteri sadakati ve rekabet avantajı çerçevesinde ele almaktadır. Orta kademe katılımcılar (K19, K40) ise operasyonel müşteri yönetimi, şikâyetler, asistans süreçleri ve hizmet seviyesi göstergeleri üzerinden daha somut bir odaklanma göstermektedir.

Aracı kurum temsilcileri (K31, K37) açısından bu tema, matrisin en belirgin alanlarından birisidir. Direkt müşterilerle çalışan bu küme, adil fiyatlandırma beklentisi, otonom sistemlere güven düzeyi ve gömülü sigorta modellerinin anlaşılabilirliği gibi konuları öncelikli değerlendirmektedir. Görece düşük deneyim seviyesine sahip dijital teknolojilerle ilişkili alanlarda görev alan katılımcılar (K26) ise kullanıcı deneyimini merkeze alan bir yaklaşımla, sigortanın mobilite ekosistemine entegrasyonunu ve müşteri yolculuğu tasarımını önemsemektedir. Bu bakımdan pazar ve paydaş dinamiklerine ilişkin hassasiyetin özellikle müşterilerle temas noktalarında yoğunlaştığını, teknik sorumlularda ise ikincil bir gündem olarak konumlandığını göstermektedir.



Şekil 10. Sektör fonksiyonları bazında üçüncü ana tema kodlarının ağırlıkları.

Şekil 10'da kodlara sektör fonksiyonlarından atıfların yoğunluğu incelendiğinde üst yönetim kademesinin görece en fazla ağırlıkla ele aldığı kodların bu bölümde yer alması dikkat çekici bulunmuştur. Asistans hizmetlerin doğal olarak hasar süreçleriyle ilişkisi en çok bu alandan katılımcı tarafından tekrarlanmasına neden olmuştur. Abonelik modeli ve adil fiyatlandırma ise ürün ve tarife yönetimi alanlarınca en fazla ele alınmıştır.

Tematik odaklanma matrisi, otonom sürüş teknolojilerinin sigorta sektöründeki etkilerine ilişkin değerlendirmelerin homojen değil, role ve tecrübeye duyarlı olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Üst yönetim düzeyinde sorumluluk rejimi, reasürans yapıları ve yeni ürün stratejileri daha baskın gündem maddeleri iken; orta kademede regülasyonun günlük iş akışına etkisi, hasar süreçlerinin dijitalleşmesi ve modellerin yenilenmesinin operasyonel zorlukları öne çıkmaktadır. Yüksek tecrübeye sahip katılımcılar daha fazla geleneksel yapıların çözülmesi ve hukuki boşluklarla ilgili kaygıları vurgularken; orta seviyede tecrübeli ve teknoloji odaklı katılımcılar inovasyon ve kullanıcı deneyimi gibi alanlara ilgi göstermektedir. Sigorta şirketleri, risk taşıyıcı rolleri gereği özellikle hukuki sorumluluk, aktüeryal dönüşüm ve hasar maliyetleri ekseninde yoğunlaşırken; aracı kurumlar ve diğer paydaşlar müşteri algısı ve talep belirsizliği gibi pazar odaklı konulara odaklanmaktadır.

Bu farklılaşmalar çelişkiden ziyade otonom sürüş teknolojilerinin başlattığı dönüşümün çok katmanlı yapısını yansıtan tamamlayıcı yaklaşımlar olarak yorumlanmıştır. Matris, aynı temaya ilişkin farklı profesyonel grupların farklı açılarla baktığını; bu nedenle dönüşümün yönetilmesinin yalnız teknik veya hukuki bir çaba yerine kurum içindeki tüm paydaşların birlikte ele almasını gerektiren karmaşık bir adaptasyon süreci olduğunu göstermektedir.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında “Otonom araçlarda insan davranışına bağlı sorumluluğun ortadan kalkması sigorta sektöründeki sorumluluk yaklaşımına bağlı süreçleri nasıl dönüştürmektedir?” temel sorusundan hareketle, otonom sürüş teknolojilerinin mülkiyet ve sorumluluk rejimleri bağlamında sigorta sektöründe nasıl etkilere neden olduğu incelenmiştir. Araştırmanın temel hipotezi, insan davranışına dayalı mevcut sigortacılık modelinin otonom sürüşle birlikte giderek geçerliliğini yitirdiği ve sektörün hem hukuki hem de teknik ve operasyonel düzeyde köklü bir dönüşüme zorlandığıdır. Elde edilen bulgular bütüncül çerçevede değerlendirildiğinde, otonom teknolojilerin sigorta sektörünü sorumluluk hukukundan risk modellemesine ve hasar yönetiminden müşteri ilişkilerine kadar birçok temel fonksiyon bakımından dönüşüme zorladığının sigorta sektöründe hakim görüş olarak kabul gördüğü sonucuna ulaşılmıştır. Bu bakımdan kullanılan analiz yöntemi neticesinde araştırmanın hipotezi büyük ölçüde desteklenmiştir.

Çalışmanın nitel analiz bölümünde Türkiye sigorta sektöründe farklı uzmanlık alanlarında faaliyet gösteren 50 sektör profesyoneliyle gerçekleştirilen mülakatlardan elde edilmiştir. Sigorta sektörünün tüketici ve diğer paydaşları yerine, ürün, hasar, risk kabulü, fiyatlama gibi teknik konularda bilgi sahibi ve bu alanlarda yetki ve sorumluluk üstlenen profesyonellerin tespit, değerlendirme ve algıları ekseninde araştırma sorularına yanıt aranması amaçlanmıştır. Analizin araştırma soruları ve temel hipotez ile alt hipotezler bakımından somut bulgulara ulaşabilmesi adına sigorta sektöründeki dönüşüm, poliçe, risk paylaşımı ve tazmin süreçleri, sorumluluk ve tazminat ilişkileri, risk yönetimi ve yeni riskler, regülasyon ve mevzuat, sahiplik ve sorumluluk rejimleri, kullanıcı beklentileri ile sigorta primleri ve veri kullanımı kategorilerinde toplam 28 soru katılımcılara yöneltilerek cevapları yazılı kayıt altına alınmıştır. Soru setinin araştırma konusu çerçevesinde gerekli birçok kategoride ve bazı durumlarda kesişen hususları içermesi ile katılımcıların ağırlıkla yüksek tecrübeli ve orta üst düzey yetki ve sorumluluk sahibi profesyonellerden seçilmiş olmasının etkisi ile yanıtlar ağırlıklı olarak uzun anlatılar içermiştir. Yanıtların kapsam ve ayrıntı düzeyi katılımcılar arasında farklılık göstermekle birlikte, görüşmelerin büyük bölümünde araştırma sorularıyla doğrudan ilişkili anlatıların yer aldığı belirlenmiştir. Ayrıca katılımcılar zaman zaman örneklere başvursa da yanıtları ağırlıklı olarak tecrübeye dayalı bilgi, kişisel ve kurumsal algı, değerlendirme ve yorumları içeren anlatılar şekillendirmiştir. Yanıtların ortak dili kısmen kişisel bilgi ve tecrübe seviyesine dayanan proaktif girişimlere değinse de sektörün otonom araçların getireceği etkiler ve dönüşüm bağlamında hazırlıklı olmadığı ve bu yönde kayda değer çalışmaların yapılmadığına işaret etmektedir.

Araştırmada mülakat verileri nitel içerik analiziyle kodlanmış; kodlar alt temalar altında toplanmış ve her bir kodun metin içinde tekrar edilme sıklığı (frekans) ile toplam kod kullanımı içindeki yüzdesi hesaplanmıştır. Toplam 29 farklı kodun kullanım sıklığı 1001 adet olup, bulgular üç ana tema ve altı alt tema çerçevesinde kümelenmektedir. Kodların yüzdesel dağılımı, katılımcıların hangi ihtiyaç, risk ve yönetişim başlıklarını daha yoğun vurguladığını göstermesi açısından betimleyici bir ölçüt sunmaktadır. Buradaki frekans ve yüzdeler, katılımcı sayısından ziyade ifade yoğunluğunu / vurgu sıklığını yansıtmaktadır; dolayısıyla bulgular “ne kadar çok konuşuldu” düzeyinde betimsel bir okuma sağlar, “kaç kişi böyle düşünüyor” gibi nicel genelleme iddiası taşımaz.

Risk modelleme ve fiyatlama metotları alt teması, veri temelli fiyatlama ve model yönetişimi beklentilerinin öne çıktığı bir küme olarak görünmektedir. Bu temada özellikle %5 frekans sıklığı ile telematik skorlama kullanma, model şeffaflığı ve denetlenebilirliği şart koşma ve kullanım deseninin analizi kodları her katılımcının cevapları arasında değinilen kodlar olarak öne çıkmıştır. Bu kodları takiben %3,8 frekans payı ile yazılım versiyonunu kriter yapma kodu sektörün otonom araçlarda yazılım versiyonuna ne derece önem atfettiğini gösterir niteliktedir. Ayrıca en yüksek frekansa sahip telematik skorlama koduna paralel biçimde %2,8 frekans payı ile veriyle dinamik fiyatlama / telematik loglarla rekabet etme kodu da otonom teknolojilerin veri merkezli doğasının ancak veri kullanılarak risk kabulü ve fiyatlamaya tabi tutulabileceği algısını yansıtmaktadır.

Bu dağılım, katılımcıların fiyatlamada mevcut geleneksel risk kabulü ve fiyatlama tarife kapsamının barındırdığı statik parametrelerden çok davranış/kullanım verisi, versiyon temelli risk farklılaştırması ve modelin açıklanabilirliği üzerinden işletilecek bir çerçeveyi önemli gördüklerine işaret etmektedir. Bu noktada davranış ve kullanım verisi artık insan sürücü yerine sigortacı perspektifiyle öngörülemeyecek algoritmalarla karar veren ve eyleme geçen otonom araç ve alt bileşenlerinin ürettiği büyük datayı ifade etmektedir.

Hasar yönetiminde dijital kanıt ve uzmanlık alt teması, özellikle dijital kanıtın kalitesi, olayın kronolojisinin kurulması ve teknik incelemenin nasıl yapılandırılacağı etrafında yoğunlaşmaktadır. Hata tiplerine göre değerlendirme akışı ayırma kodu %4,5 frekans payı ile bu alt temada en sık vurgulanan kod olmuştur. Veri bütünlüğünü şart koşma ve veriyle olay kronolojisi kurma kodları ise sırasıyla %3,9 ve %3,7 frekans payı ile hasar yönetiminde otonom sistemlerin veri temelli doğasının bu veriye erişim ve bütüncül ele alma kabiliyeti ile anlaşılabileceğine işaret etmektedir. Geçici ödeme mekanizmaları tanımlama ve kalibrasyon yetkinliğini kriter yapma kodları yine sırasıyla %3,8 ve %3,7 frekans payları ile sıralamada yer almıştır.

Bu bulgular, hasar süreçlerinde tek tip değerlendirme yerine olağanüstü büyük hacimde bir veri üretimi ile işletilen otonom araçların konu olduğu hasarlarda, kaza/hasara neden olan ve hataların türüne göre ayrışan hasar süreç akışlarına ihtiyaç duyulacağına işaret etmektedir. Zira donanım, yazılım algoritması, insan sürücü, üretici, veri operatörü gibi unsurların dahli

ile oluşan hataların, geleneksel ve tek tip hasar elleçleme süreçleri ile ele alınmasıyla tazminat sürecinin sonuçlanmasına imkan kalmadığı kanaati bulunmaktadır. Veri bütünlüğünün şart koşulması hasar süreçlerindeki bu çok girdi ve paydaşlı yeni sistematiğin işletilmesi için mecburi görülmektedir ki, tazminat değerlendirme sürecinde veri kronolojisi kurularak işlemler sonuçlanabilsin. Ayrıca sektörün araştırma konusu olan dönüşümü geriden takip ederek geç reaksiyon vereceği kanaatine dayanılarak geçici ödeme mekanizmalarına ihtiyaç olacağına işaret edilmiştir. Geçici ödeme mekanizmaları vurgusu, belirsizlik devam ederken müşteri deneyimini yönetmeye dönük pratik bir çözüm arayışını göstermektedir.

Yeni risk ve ürün geliştirme teması; %3,9 tekrar payı ile siber risk teminatı geliştirme, %3,3 pay ile siber risk ayrıştırması, %3,9 pay ile üretici sorumluluğu bakımından limit yapılandırma gibi başlıklarla şekillenmektedir. Ayrıca bu alt tema kapsamında senaryo bazlı stres testleri uygulanması kodu %3,3 ve kullanıma bağlı sigorta kodu ise %3,9 sıklık payı ile yer almıştır. Bu sonuç, ürün tarafında hem yeni risk türlerinin (özellikle siber) sigortalanabilir hâle getirilmesi, hem de kullanım bazlı sigorta modelleri gibi araçlarla ürün ve fiyat uyumunun dinamikleştirilmesi gerektiğine yönelik güçlü bir beklentiye işaret etmektedir. Ayrıca otonom araçların getirdiği çok paydaşlı ve çok girdili sürece bağlı olarak mevcut sigorta ve teminat modellerinde de yer alan üretici sorumluluğu unsuruna ilişkin yeni bir yapılandırma ve geliştirme ihtiyacı duyulacağı da ortaklaşan sonuçlar arasındadır.

Regülasyon ve bilgi yönetişimi teması, standardizasyon, veri erişimi ve şeffaflık çerçevesinde yoğunlaşmaktadır. Bu temada %3,7 frekans payı ile teknik incelemeyi standartlaştırma, %3,3 frekans payı ile sorumluluk sınırlarını netleştirme kodları öne çıkmaktadır. Bunu takiben veri standardı tanımlama, algoritma şeffaflığını hükme bağlama ile veri erişimi ve paylaşımı eksikliği kodları sırasıyla %3,2; %3,0 ve %3,0 frekans sıklıkları ile otonom teknolojilerin veri merkezli doğasının anlaşılmasında veri odaklı bakış açısı ve regülasyon eksiği algısını ortaya koymaktadır. Bulgular, teknik/operasyonel süreçlerin (inceleme) yanında, veri standardı, algoritmik şeffaflık ve veriye erişim gibi konuların kurumsal kapasiteyle çözülemeyecek ölçüde yönetişim unsuruna dayandığını göstermektedir.

Sorumluluk rejiminin evrimi ve risk transferi teması; riskin üretici, kullanıcı ve sigortacı arasında nasıl paylaştırılacağı, rücu ve reasürans düzeneklerinin nasıl kurgulanacağı etrafında şekillenmektedir. Bu kapsamda rücu haklarının sözleşmesel yazılması ve sorumluluğun üreticiye devredilmesi kodları sırasıyla %3,3 ve %2,9 pay ile en çok vurgulanan kodlar arasında ilk sırada yer almıştır. Bu kodların tekrarının neredeyse doğan bir sonucu olarak riskin doğasını değiştirme, reasürans yapılarını kalibre etme ve çoklu risk transferi dengeleme kodları sırasıyla %2,8; %2,7 ve %1,4 frekans payı ile alt tema kapsamını oluşturmuştur. Burada öne çıkan vurgu, sorumluluğun yeniden tanımlandığı bir bağlamda sigorta sözleşmelerinin rücu, sorumluluk devri ve reasürans ile birlikte yeniden tasarlanması gerektiğidir.

Müşteri beklentileri ve hizmet farklılaşması başlığı altında ise fiyat adaleti ve hizmet seviyesine dayalı farklılaşma vurgusu dikkat çekmektedir. Bu alt tema kapsamında adil fiyatlandırma talep etme ile abonelik paketleri/gömülü sigorta kodları %3,3, hizmet seviyesinde odaklanma ve asistansı entegre etme isteği kodları ise sırasıyla %3,0 ve %1,7 frekans payları ile öne çıkmıştır. Alt tema kapsamında katılımcılar, ürünün yalnızca teminat seti değil, aynı zamanda hizmet seviyesi, abonelik modeli ve asistans entegrasyonu gibi deneyim boyutlarıyla rekabet edeceğini vurgulamaktadır. Ayrıca bu dönüşümün sigortalılar bakımından mutlaka kendilerine yansıyacak maliyeti düşürmesi adına sonuçlar vermesinin bekleneceği de işaret edilen beklentiler arasında öne çıkmıştır.

Genel dağılım, bulguların veri temelli risk yönetimi ve operasyon ile yönetişim ve yeniden yapılanma eksenlerinde toplandığını göstermektedir. Buna göre risk modelleme/fiyatlama ile hasar süreçlerinde dijital kanıt ve uzmanlık ihtiyacı birlikte ilerlemektedir. Veri standardı, algoritma şeffaflığı, sorumluluk sınırları ve risk transferi unsurları ise teknik çözümlerden daha öncelikli olarak regülasyon, sözleşme, kurumsal tasarım gerektiren bir dönüşüme işaret etmektedir. Alt temalara göre sunulan bulgular birlikte değerlendirildiğinde, katılımcı ifadelerinin belirli odak noktaları etrafında yoğunlaştığı görülmektedir. Bulgular, özellikle veri temelli risk değerlendirmesi ve fiyatlama yaklaşımları ile bu yaklaşımların hasar yönetimi, ürün tasarımı ve sorumluluk paylaşımı süreçlerine yansımaları etrafında kümelenmektedir. Bu çerçevede çalışma kapsamında elde edilen temalar ve kodların,

hipotezlerin işaret ettiği dönüşüm alanlarıyla örtüşen bir görünüm sunduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Literatür araştırması neticesinde çalışmanın bulgularının, otonom araçların sigorta sektörü üzerindeki etkisini ele alan disiplinler arası literatürle genel çerçevede uyumlu olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte, bu dönüşümün sigorta şirketleri perspektifinden nasıl algılandığını ve hangi süreçler üzerinden anlamlandırıldığını görünür kılması bakımından literatüre tamamlayıcı bir katkı sunmaktadır. Sorumluluğun sürücü merkezli yapıdan uzaklaşarak üretici, yazılım geliştirici ve sistem sağlayıcılar arasında yeniden dağıldığı yönündeki bulgular, otonom araçlar bağlamında kusura dayalı sorumluluk rejiminin sınırlarını tartışan hukuk ve politika literatürüyle uyumludur (Marchant & Lindor, 2012; Geistfeld, 2017; Anderson vd., 2018). Bununla birlikte bu çalışma, söz konusu sorumluluk kaymasının sigorta sektörü açısından rücu mekanizmalarının tasarımı, limit yapılandırmaları ve çok aktörlü risk transferinin yönetimi gibi somut operasyonel sorunlar doğurduğunu göstermektedir. Literatürde çoğu zaman soyut düzeyde ele alınan sorumluluk dönüşümü, bu çalışmada sigorta şirketlerinin karar verme pratikleri üzerinden daha uygulamaya yakın bir çerçevede görünür hâle gelmektedir.

Algoritmik karar alma ve sistem karmaşıklığı bağlamında literatürde tartışılan şeffaflık ve hesap verebilirlik sorunları (Burrell, 2016; Yeung, 2018), bu çalışmanın bulgularında sigortacılık açısından model riskinin yönetimi ve kanıtın kabul edilebilirliği boyutlarıyla ilişkilendirilmektedir. Bu durum, algoritmik şeffaflığın sigorta sektörü için etik veya düzenleyici bir idealden ziyade, fiyatlama ve hasar süreçlerinin işletilebilirliği açısından operasyonel bir zorunluluk olarak algılandığını göstermektedir. Böylece çalışma, algoritmik yönetişim literatüründe tartışılan soyut sorunları, sigorta uygulamalarında karşılık bulan karar kriterleriyle ilişkilendirerek literatürler arası bir bağ kurmaktadır.

Risk fiyatlamasına ilişkin bulgular, telematik ve kullanım bazlı sigorta literatürünün (NAIC, 2015; Ptolemus, 2016) otonom sürüş bağlamında yeniden yorumlanması gerektiğine işaret etmektedir. Literatürde sürücü davranışının veriyle ölçümlenmesine dayanan fiyatlama modelleri öne çıkarken, bu çalışma otonom araçlarda fiyatlamanın giderek sistem davranışı, kullanım deseni, yazılım versiyonu ve veri bütünlüğü gibi parametrelere kaydığını ortaya

koymaktadır. Bu bulgu, riskin bireysel davranıştan teknik sistem performansına doğru evrildiğini savunan stratejik literatürü (Swiss Re, 2016; Gatzert & Osterrieder, 2020) tamamlayıcı niteliktedir ve veri temelli fiyatlamanın içeriğinin nasıl değiştiğine dair daha ayrıntılı bir perspektif sunmaktadır.

Hasar yönetimi süreçlerine ilişkin bulgular, otonom ve bağlantılı araçların sigorta operasyonlarını dijitalleştireceğini öngören sektör raporlarıyla (Lloyd's, 2017) uyumludur. Bununla birlikte çalışma, bu dönüşümü genel bir dijitalleşme söyleminin ötesine taşıyarak; sensör verileri, olay kronolojisi, kalibrasyon doğrulaması ve yazılım log analizi gibi unsurların hasar değerlendirmesinde merkezi kanıt rejimleri hâline geldiğini göstermektedir. Bu yönüyle tez, literatürde çoğu zaman genel hatlarıyla ele alınan hasar süreçlerindeki dönüşümü, sigorta şirketlerinin fiilî değerlendirme pratikleri üzerinden ayrıntılandırmaktadır.

Düzenleyici çerçevelere ilişkin literatürde sıklıkla vurgulanan belirsizlik ve yetersizlik tartışmaları (Brookings Institution, 2016; Engelhard & Bruin, 2018; Law Commission, 2022), bu çalışmanın bulgularında sigorta sektörü açısından veri standardı, veri erişimi ve algoritmik denetlenebilirlik talepleri şeklinde somutlaşmaktadır. Bu durum, regülasyon tartışmalarının sigorta şirketleri nezdinde soyut bir hukuki problem olmaktan ziyade, operasyonel süreçlerin sürdürülebilirliğiyle doğrudan ilişkili bir gereklilik olarak algılandığını göstermektedir.

Son olarak, müşteri beklentileri ve iş modeli dönüşümüne ilişkin bulgular, otonom mobilite ekosistemlerinde sigortanın bireysel bir ürün olmaktan çıkarak bütünleşik hizmet yapıları içinde konumlanabileceğini savunan stratejik literatürle uyumludur (Gatzert & Osterrieder, 2020). Ancak bu çalışma, gömülü sigorta ve abonelik temelli modellerin yalnızca dağıtım kanalı veya pazarlama stratejisi değil, aynı zamanda sorumluluk kayması ve risk paylaşımı ile yakından ilişkili bir dönüşüm alanı olduğunu ortaya koyarak literatürdeki tartışmayı derinleştirmektedir.

Literatürde belirlenen ana boşluk, sigorta şirketlerinin otonom araç kaynaklı dönüşümü nasıl önceliklendirdiğini ve bunu hangi yaklaşımlar üzerinden ele aldığını yapılandırılmış biçimde ortaya koyan ampirik çalışmaların sınırlılığıdır. Literatürde sigorta şirketleri perspektifini

doğrudan ele alan yegane çalışma, Lin, Lee ve Fan (2025) tarafından gerçekleştirilen ve Tayvan oto sigortası pazarında faaliyet gösteren üç büyük sigorta şirketine odaklanan algı temelli çalışmadır. Söz konusu çalışma, sigorta profesyonellerinin otonom araçların sigorta sektörüne etkilerini genel hatlarıyla nasıl önceliklendirdiğini ortaya koyması bakımından önemli bir referans teşkil etmektedir. Bununla birlikte, çalışmanın tek bir ülke bağlamıyla ve sınırlı sayıda sigorta şirketiyle yürütülmüş olması, bulguların farklı hukuki ve kurumsal yapılara genellenebilirliği açısından sınırlılıklar taşımaktadır. Bu çalışma, Lin vd. (2025) tarafından açılan bu tartışma hattını, daha geniş bir sigorta şirketi örneklemi ve farklı kurumsal yapıların dâhil edildiği bir bağlamda, sigorta sektörü süreçleri ekseninde ele alarak derinleştirmektedir. Ayrıca mevcut algı çalışmalarının çoğunda risklerin göreli önemi genel kategoriler altında değerlendirilirken, bu çalışma algıları sorumluluk rejimi, risk fiyatlaması, hasar yönetimi ve müşteri/ürün ilişkisi gibi sigorta operasyonlarının temel süreçleriyle ilişkilendirerek daha ayrıntılı ve süreç odaklı bir analiz sunmaktadır. Bu yönüyle çalışma, sigorta şirketleri çalışanlarının otonom sürüşe ilişkin algılarını yalnızca "hangi riskler önemli?" sorusu üzerinden değil, "bu algılar sigorta süreçlerini nasıl dönüştürmektedir?" sorusu üzerinden ele alarak literatüre özgün bir katkı sağlamaktadır.

Literatüre özgün katkıları ele alındığında çalışma risk azalması tartışmasını, riskin "niteliğinin değişmesi" ve "kanıt rejiminin dönüşmesi" ile birlikte ele alarak sigorta odaklı bir dönüşüm şeması ihtiyacını ortaya koymaktadır. Ayrıca sorumluluk kayması, şeffaflık, veri standardı, hasar akışları gibi başlıkların "sigorta operasyonunda neye karşılık gelir?" sorusuyla somutlaştırılması amaçlanmıştır. Bu bakımdan literatürde ele alınan genel kavramların uygulama parametrelerine çevrilmesi hedeflenmiştir. Son olarak hukukun ve algoritmik yönetişim literatürünün tartıştığı belirsizlikler, sigortacılıkta fiyatlama, hasar, reasürans ve rücu gibi süreçlerle ilişkilendirilerek literatürler arası kopukluk ortaya koyulmuştur. Bu çerçevede çalışma, "otonom araçlar sigortayı nasıl etkiler?" sorusuna yalnızca olası senaryolar üzerinden değil, sigorta sektörünün risk ve sorumluluk dönüşümünü hangi mekanizmalarla yönetmeye çalıştığı üzerinden yanıt vererek literatürü tamamlayıcı bir konum elde etmeyi hedeflemiştir.

Bu bölümün önceki kısmında, mülakat verilerinden türetilen kodlar ve alt temalar üzerinden elde edilen bulgular, mümkün olduğunca betimleyici bir yaklaşımla sunulmuştur. İzleyen kısımda ise bulgular yeniden özetlenmeksizin, her bir tematik eksenin sigorta sektöründe sorumluluk mimarisi, risk fiyatlaması, hasar yönetimi, veri yönetişimi ve pazar dinamikleri bakımından ne tür yapısal sonuçlar doğurduğu ve bu sonuçların hangi önlemlerle ele alınması gerektiği tartışılmaktadır.

Hukuki ve yapısal sorumluluk mimarisi açısından nitel bulgular, sigorta sektörü temsilcilerinin otonom sürüşle birlikte işleten/sürücü merkezli klasik sorumluluk modelinin sürdürülebilirliğini yitirdiği konusunda hemfikir olduğunu göstermektedir. Sorumluluğun insan davranışından ürün ve sistem kusuruna doğru kaydığı açıkça görülmektedir. Bu çerçevede, katılımcıların değerlendirmeleri sorumluluk rejimi bakımından üç temel dönüşüm alanına işaret etmektedir. Türkiye sigorta sektörünün pratik beklenti ve kaygıları paydaşlar arası sorumluluk matrisinin, rücu işleyişinin ve veri iletişiminin yeniden inşasının beklendiğini ortaya koymuştur.

Kusur dağıtım yaklaşımının orijinal araç üreticileri, yazılım geliştirici ve veri operatörlerini kapsayan çok paydaşlı bir temele kavuşacak şekilde yeniden yapılandırılması gerekmektedir. Bu noktada sigorta sektörünün sektör adına lobi faaliyetleri yürüten Türkiye Sigorta Birliği nezdinde organize olarak orijinal araç üreticileri ve yazılım geliştiricilerin de dahil olacağı ortak platformlarda konunun gündeme alınmasını, Avrupa ve ABD nezdinde kaydedilen gelişmelerin küresel aktörlerce ülkemizde de ele alınmasını sağlaması çok faydalı olacaktır. Bu adımlar atılmadığı taktirde söz konusu parçalı sorumluluk yapısı ideal ve standart olmaktan uzak ve muhakkak bir veya birkaç paydaş aleyhine yorumlanabilecek şekilde işletilme riskine sahip olacaktır.

Pratikte sigorta sektörünün kısa ve orta vadede tazmin yükünü üstlendikten sonra üretici ve teknik paydaşlara rücu edeceği beklentisine dayalı bir geçiş modeli öngörülmesinden hareketle rücu mekanizmalarının sözleşmesel olarak tasarlanması, rücu ilişkilerinin sözleşme düzeyinde açıkça tanımlanması ve risk paylaşımı çerçevesinin netleştirilmesi zaruri hale gelmiştir. Sigorta sektöründe rücu mekanizması şirketler arasında yapılan ve tabiri caizse centilmenlik ilkeleri ile şekillenen rücu protokolleri ile işletilmektedir. Ancak otonom

araçlarla ortaya çıkan parçalı yapı ve geçiş döneminde karşılaşılacak belirsizlikler bu protokoller ile çerçevelenen ilkelerin dışında sonuçlar verecektir. Bu bakımdan sektör otonom araçların kaza durumlarında işletilecek rücu girişimlerini koordineli biçimde yürütmek adına birlikte hareket etmeli, orijinal araç üreticileri ve ürün sorumluluğu pencerelerini birlikte açarak ortaklaşa çözümler geliştirmelidir.

Otonom araca ve sürüşe dair tüm kayıtlarının standart hale getirilmesi, saklama ve erişim kriterlerinin paydaşların faaliyetlerini düzenleyecek çerçeveyle tanımlanması dönüşümün getireceği yeni süreçlerin inşası için muhakkak gereklidir. Avrupa Birliği'nin yürürlüğe aldığı Data Act, otonom araçlardan üretilen verinin erişimi, paylaşımı ve yeniden kullanımına ilişkin kapsamlı bir yönetişim çerçevesi sunarak, mobilite ekosisteminde veri standardizasyonunun sigorta sektörü de dâhil olmak üzere tüm aktörler için kritik bir gereklilik olduğunu ortaya koymaktadır. Otonom araçların sensörler ve yazılımlar aracılığıyla ürettiği yüksek hacimli verinin yalnızca üreticinin tekeline bırakılması; risk değerlendirmesi, fiyatlama, hasar analizi ve sorumluluk tespiti gibi temel sigortacılık fonksiyonlarında asimetrik bilgi ve rekabet dengesizliği yaratma potansiyeli taşımaktadır. Data Act'in öngördüğü şekilde, veri paylaşımına ilişkin açık formatlar, teknik protokoller ve erişim hakları belirlenmediği sürece, Türkiye'de sigorta sektörünün otonom araç kaynaklı riskleri doğru ve karşılaştırılabilir biçimde değerlendirmesi mümkün olmayacaktır. Bu nedenle Türkiye'de, AB Data Act'i ile uyumlu olacak biçimde; araç ile üretilen verinin kimler tarafından, hangi koşullarda, hangi standartlarla işlenebileceğini belirleyen, veri bütünlüğünü ve güvenilirliğini güvence altına alan, anonimleştirme, siber güvenlik ve şeffaflık ilkelerini içeren ulusal bir veri standardizasyonu çerçevesinin oluşturulması zorunluluk hâline gelmiştir. Böyle bir düzenleme, hem sigorta şirketlerinin teknik yeterliliğini destekleyecek hem de tüketici koruması ve adil piyasa işleyişi açısından otonom mobilite ekosisteminin sürdürülebilirliğini sağlamada kilit rol oynayacaktır.

Aktüeryal ve operasyonel yeniden kalibrasyon ihtiyacı açısından bulgular, otonom araçlarla birlikte risk ve fiyatlama mekanizmasının esaslı biçimde yeniden tesis edilmesini gerektirdiğini göstermektedir. Sigorta sektörünün artık klasik değişkenler (yaş, araç yaşı,

geçmiş hasar) yerine gerçek zamanlı sürüş verileri, algılama performansı, yazılım stabilitesi, kalibrasyon ve güncelleme kayıtları gibi parametrelerle çalışmak zorunda olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, geleneksel modellerin, otonom araçlar için yeterli olmayacağına işaret etmektedir. Yukarıda ele alınan ulusal veri standardizasyonu çerçevesinin genel risk kabul ve fiyatlama modelinin yerine otonom araçların gerçek zamanlı sürüş verilerini kullanarak yapılabilmesini sağlaması çok büyük önem taşımaktadır. Bu gibi bir netliğin sağlanamaması halinde sektörün elinde yalnız araç ve işletene dair genel modelde kullanılan statik bilgiler bulunacaktır ki otonom araçların tamamen değiştirdiği bir doğada bu verilerin neredeyse hiçbir önemi kalmamıştır.

Riskin doğası ve bileşenleri değişirken hasar dağılımının sık ve düşük maliyetli olaylardan, nadir fakat yüksek maliyetli olaylara kayması beklenmektedir. Bu bakımdan reasürans korumalarının yeniden tasarlanması gerekmektedir. Bu gelişimin gözlenmesi kayda değer bir zaman alacaktır. Ancak sigorta sektörünün mevcut istatistiki metotlarla kurguladığı tarife ve fiyatlama doygunluğuna otonom araçlar için erişebilmesi yıllar alabilecektir. Bu zaman kaybını önlemek adına sektörün farklı teknoloji, düzenleme ve kullanım düzeylerinde risklerin nasıl evrileceğini görmek adına senaryo analizleri, kırılgan risk bileşenlerini tespit edebilmek adına stres testleri, algoritma hataları ve donanım performansını öngörebilmek için Monte Carlo simülasyonları ve yapay zeka destekli öngörü analizlerine başvurması elzemdir.

Hasar süreçleri açısından bakıldığında ise bulgular ekspertiz fonksiyonunun klasik fiziki incelemeden dijital adli bilişim karakterli bir yapıya evrildiğini göstermektedir. Hasar dosyasının çözümünde sensör ve kamera verilerinin, yazılım loglarının, kalibrasyon kayıtlarının ve ortak inceleme protokollerinin merkezi bir rol üstleneceği ortaya koyulmuştur. Bu bağlamda sigorta şirketlerinin teknik kapasiteleri sadece aktüeryal modelleme bakımından değil, veri bilimi, yazılım denetimi ve donanım kalibrasyonu bilgisi gibi uzmanlık alanları ile de güçlendirilmek zorundadır. Sektörün içsel kapasite ve yetkinliklerini Türkiye özelinde bu alanlarda arttırabilmesi kolay görünmemektedir. Bu bakımdan şimdiden bu yetkinliklere sahip iş ortakları ile iş akışları oluşturulmalı ve iş ortaklıkları tasarlanmalıdır.

Diğer yandan çalışma sonuçları geçici ödeme mekanizmaları yaklaşımına bağlı olarak müşteri mağduriyetini önlemeye yönelik ara mekanizmaların tasarlanması gerektiğini göstermektedir. Hukuki belirsizliklerle operasyonel gereklilikler arasındaki gerilimi azaltmak, iş akışlarını kolaylaştırmak adına; sektörün kısa vadede önce ödeme yapıp ardından sorumluya rücu ettiği bir akışı oluşturması gerekecektir. Bu bir gereklilikten çok yapısal reform ve regülasyonların teknolojik gelişmenin hızına yetişememesine bağlı olarak hayatın doğal akışında gerçekleşecek bir senaryo niteliğindedir. Ancak bu senaryonun gerçekleşmesi halinde rücu süreçlerinin oldukça aksak ve pürüzlü olması, uzun zamana yayılması, zaman zaman yargı yoluna gidilmesi gibi nedenlerle sigorta sektörünün bu zaman diliminde büyük ek mali külfete maruz kalacağı düşünülmektedir. Zira otomotiv sektörü üreticilerinin ve sigorta sektörü paydaşlarının ortaklaşa bir biçimde veri standardizasyonu ve inceleme süreçlerinin basitleştirilmesi bakımından işlevsel çerçeveler geliştirmemesi durumunda, uzun bir süre sigorta sektörü aslında sistem veya yazılım kaynaklı tazminatları mevcut teminat yapıları içerisinde ödemek ve bu yükü seneden seneye devrederek taşımak zorunda kalacaktır.

Siber risk, yazılım hatası, sensör arızası, algoritma hatası ve paylaşımlı mobilite gibi unsurlar geleneksel poliçe ve teminat kurgusunun kapsayamadığı yeni risk sınıfları ortaya çıkartmaktadır. Sigorta sektörü üretici sorumluluğu için katmanlı limit yapıları oluşturulması gerektiğini öngörmekte, bu yapılar içerisinde otonomi seviyesi ve yazılım versiyonuna duyarlı risk kabulü ve fiyatlamanın ihtiyaç olacağını ileri sürmektedir. Mevcut ürün sorumluluk teminat yapıları tamamıyla yeniden inşa edilmese bile katmanlı limitlerin bu denli çeşitli ve fazla yeni risk bileşeni ile gelişen bir sistemde kaçınılmaz olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Ancak bu katmanlar dahi belirli uygulama örneklerinin doygunluğa ulaşması, yargı yolu ile bazı içtihatların oluşması gibi gelişmelere paralel olarak çokça değişime uğrayacaktır. Önemli olan nihai bir tasarıma erişmekten ziyade mevcut aşamada bu kaçınılmaz dönüşümün temellerini atabilmek ve sigortacı ile sistem, yazılım ve donanım sağlayıcıların ortak bir bakış açısı kazanabilmesidir.

Pazar ve paydaş dinamikleri açısından sigorta ürününün tekil bir güvence ürünü olmaktan, bütünleşik mobilite hizmetinin bir bileşeni haline geleceği sonucuna ulaşılmıştır. Araç

kullanıcıları aracın performansının fiyatlara yansıtılması beklentisine sahiptir. Ancak bu beklentinin arkasında sigorta tekniği ve tarafları bakımından bir bilgi eksikliğinin yattığı söylenebilecektir. Zira bu ifadenin temelinde geleceğin insan sorumluluğunu üreticiye devreden dönüşümünden haberdar olunmaması yahut bu yaklaşımın yorumlanamaması yatmaktadır. Esasen bireysel araç kullanıcılarının daha açıkça isteyeceği en azından karşı tarafa verilecek zarara dair teminat satın alma yükümlülüğünün sorumlusunun araç/sistem üreticisi olmasıdır. Kaldı ki sigorta ürününün entegre biçimde mobilite hizmet kümesi içinde sunulması bir nevi bu işleyişi temellendirmektedir ki sonucunda üreticilerin de bu maliyeti araç sahiplerine yansıtması beklenecektir. Buna paralel olarak katılımcılar, gelecekte dağıtım kanallarının da orijinal araç üreticileri iş birlikleri, platform tabanlı modeller ve dijital kanallar üzerinden yeniden şekilleneceğini öngörmektedir. Bu bulgular, sigorta şirketlerinin rekabet stratejilerinin yalnızca fiyat ve teminat üzerinden değil, deneyim tasarımı, hizmet entegrasyonu ve platform ekonomisi üzerinden yeniden biçimleneceğini göstermektedir. Bu açıdan çalışma, otonom sürüş teknolojilerinin teknik bir inovasyon olmanın yanında, sigortacılığın iş modeli ve değer önerisini dönüştüren bir pazar kırılması olduğunu ortaya koymaktadır.

Özetle otonom teknolojilerin sorumluluk mimarisini sürücü, üretici, sistem ve veri sağlayıcıyı barındıran çok paydaşlı bir çerçeveye dönüştürmekte olduğu sonucuna varılmıştır. Bu bakımdan risk modelleme ve fiyatlama tekniklerinin mevcut sürücü odaklı statik parametrelerden dinamik, veri ve algoritma odaklı parametrelere dönüşmesi gerektiği; hasar süreçlerinin fiziksel incelemeye dayalı işletimden dijital kanıt ve teknik uzmanlık yoğun bir çerçeveye dönüşmesinin kaçınılmaz olduğu ve müşteri beklentilerinin geleneksel sigorta ürününden bütünleşik mobilite paketlerine yöneldiği yönünde tutarlı bir algı bulunduğunu ortaya koyulmuştur. Veri paylaşımı/standardizasyon eksikliği nedeniyle, kısa vadede sektör için bir fiyatlama riski oluşması beklenmektedir. Tüm bunlardan öte ve en öncelikli olmak üzere veri erişimi, veri mülkiyeti ve algoritma şeffaflığı çözülmesi gereken en büyük boşluk olarak ortaya koyulmuştur.

Çalışma ile elde edilen sonuçlar çerçevesinde mevcut çalışmanın sınırlılıklarından olan nicel veriler otonom araçlar için ayrıştırılabildiği ölçüde ele alınarak otonom teknolojilerin neden

olduğu zararlara dair istatistiki analizlerin gerçekleştirilmesi ve insan davranışı ile otonom teknolojilerin zarar yüklerinin kıyaslanmasının gelecekte atılacak düzenleyici adımlar için tetikleyici olacağı düşünülmektedir. Ayrıca risk modeli ve fiyatlamanın geleneksel model ile işletimi halinde bireysel araç kullanıcıları, sigortacı ve araç üreticilerine prim ve hasar yükü bakımından getireceği asimetrik yüke odaklanan ekonomik analizler yapılmalı ve sektör tarafından dönüşümün algılanması adına yayımlanmalıdır.

Sektörün işbu konuya odaklanan tüm bileşenler ve süreçler bakımından koordinasyonu sağlayacağı bir ortak düzenleyici mekanizmaya ihtiyacı olduğu düşünülmektedir. Bankacılık sektöründe ortak standartlar oluşturmak, bankaların istikrarlı, güvenli ve koordineli şekilde faaliyet göstermesini sağlamak üzere kurulan Basel Komitesi bu sektör için kritik bir organizasyondur. Benzer biçimde sigortacılıkta küresel standartları belirleyici konumda olan, Türkiye'nin de üye olduğu IAIS sigorta sektöründe denetim ve düzenleme standartları oluşturmaktadır. Ülkemizde de TSB'nin otonom araç teknolojilerinin sigorta sistemine entegrasyonunda risk temelli standartlar geliştirmek, sektör ve düzenleyici kurumlar arasında koordinasyon sağlamak, veri ve sorumluluk alanında ortak metodolojiler oluşturmak amacıyla sektör paydaşları ile çalışma yapmasının gerekli olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Association of British Insurers & Thatcham Research. (2020). *Guiding principles for automated vehicle data: What data will be needed?* Association of British Insurers. (Şubat 2024). https://www.abi.org.uk/globalassets/files/publications/public/2020/av-data/abi-thatcham-av-data-report.pdf

Anderson, J. M., Kalra, N., Stanley, K. D., & Morikawa, J. (2018). *Rethinking insurance and liability in the transformative age of autonomous vehicles.* RAND Corporation. (Şubat 2024). https://www.rand.org/pubs/conf_proceedings/CF383.html

Alan Butler, *Products Liability and the Internet of Insecure Things: Should Manufacturers Be Liable for Damages Caused by Hacked Devices*. 2017. University of 47 Michigan Journal of Law Reform. (Şubat 2024). https://ssrn.com/abstract=2955317

Bansal, R. (2024). *Driving Autonomy in Self-Driving Vehicles: Insurer and Manufacturer Liabilities*. *Issue 2 Int'l JL Mgmt. & Human.*, *7*, 2789. (Kasım 2024). https://heinonline.org/hol-cgi-bin/get_pdf.cgi?handle=hein.journals/ijlmhs28&section=210

Başar, Ö. D. İşler. O. (2025). *Otonom Sürüş Teknolojisinin Sorumluluk Etkilerinin İncelenmesi.* Social Sciences Research Journal. *14*(01). 235-243. (Aralık 2025). https://socialsciencesresearchjournal.com/index.php/ssrj/article/view/893

Benson, A.J., Tefft, B.C., Svancara, A.M., & Horrey, W.J. (2018). *Potential Reductions in Crashes, Injuries, and Deaths from Large-Scale Deployment of Advanced Driver Assistance Systems*. Washington, D.C.: AAA Foundation for Traffic Safety.

Bisker, J. (2014, August 15). *Telematics and usage-based insurance: Notable players in an evolving market.* Insurance-Canada.ca. (Şubat 2024). https://insurance-canada.ca/2014/08/15/telematics-and-usage-based-insurance-notable-players-in-an-evolving-market/

Bloomberg News. (2018, March 20). *Arizona became self-driving proving ground before Uber's deadly crash.* (Şubat 2024). https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-03-20/arizona-became-self-driving-proving-ground-before-uber-s-deadly-crash

Bolderdijk, J. W., Knockaert, J., Steg, L., & Verhoef, E. T. (2011). Effects of pay-as-you-drive vehicle insurance on young drivers' speed choice: Results of a Dutch field experiment. *Accident Analysis & Prevention, 43*(3). 1181–1186.

Boylan, J., vd. (2024). A systematic review of the use of in-vehicle telematics and their impact on driving behaviour and collisions. *Accident Analysis & Prevention.* (Kasım 2024). ScienceDirect

Braun, V. & Clarke, V. (2006). *Using thematic analysis in psychology. Qualitative Research in Psychology, 3*(2). 77–101. (Şubat 2024). psychology.ukzn.ac.za

Brookings Institution. (2016). *Products liability and driverless cars*. (Eylük 2025). https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2016/06/products_liability_and_driverless_cars.pdf.

Buchanan, M. (2023). *Insurance for autonomous vehicles: Who will drive those risks.* American College Coverage Council. (Şubat 2024). https://www.americancollegecoverage.org/assets/CommitteeNewsArticles/ACCC_Articles_PracticalLawyer_InsForAutonomousVehicles-WhoWillDriveThoseRisks_20231109.pdf

Bundesregierung. (2021). *FAQ: Autonomous Driving*. (Şubat 2024). https://www.bundesregierung.de/breg-en/service/archive/faq-autonomous-driving-1916398

Burrell, J. (2016). *How the machine "thinks": Understanding opacity in machine learning algorithms. Big Data & Society, 3*(1), 1–12. (Şubat 2024). https://doi.org/10.1177/2053951715622512

California Department of Motor Vehicles. (2025). *Testing Autonomous Vehicles Without a Driver – Driverless Program Permit (OL 318).* (Kasım 2025). https://www.dmv.ca.gov/portal/vehicle-industry-services/autonomous-vehicles/testing-autonomous-vehicles-without-a-driver

Calo, R. (2016). *Robotics and the lessons of cyberlaw*. California Law Review, 103(3), 513–559. (Şubat 2024). https://digitalcommons.law.uw.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1022&context=faculty-articles

CARA. (2019). *Mobility Orientation Law.* (Şubat 2024). https://www.cara.eu/en/mobility-orientation-law/

Casualty Actuarial Society. (2018). *Automated vehicles and the insurance industry: A pathway to safety – The case for collaboration. (Şubat 2025). https://www.casact.org/sites/default/files/2021-02/pubs_forum_18spforum_01_avtf_2018_report.pdf*

Chang, G. (2025) *Liability Of Autonomous Vehicles*. (Kasım 2025). https://www.researchgate.net/publication/392913526_Liability_Of_Autonomous_Vehicles

Cicchino, J. B. (2017). Effectiveness of forward collision warning and autonomous emergency braking systems in reducing front-to-rear crash rates. *Accident Analysis and Prevention, 99*. 142–152. (Şubat 2025). https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001457516304006

Cicchino, J. B. (2018a). Effects of lane departure warning on police-reported crash rates. *Journal of Safety Research, 66*, 61–70. 09.08.2025, https://doi.org/10.1016/j.jsr.2018.05.006

Cicchino, J. B. (2018b). Effects of blind spot monitoring systems on police-reported lane-change crashes. *Traffic Injury Prevention, 19*(2), 225–230. 09.08.2025, https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29927678/#:~:text=Results%3A%20Crash%20involvement%20rates%20in,considering%20crashes%20of%20all%20severities.

Citron, D. K., & Pasquale, F. (2014). T*he scored society: Due process for automated predictions. Washington Law Review, 89*(1). 1–33. (Şubat 2025). https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2376209

Connected Automated Driving. (2025). *Germany: Black box and data requirements in autonomous vehicle regulation*. Connected Automated Driving Regulation & Policies. (Kasım 2025). https://www.connectedautomateddriving.eu/regulation-and-policies/national-level/eu/germany/

Conrad, M., Alsharif, M. H., Lee, J., & Kim, S. (2023). *Intelligent embedded systems platform for vehicular cyber-physical systems*. Electronics. 12(13). 2908. (Şubat 2024). https://doi.org/10.3390/electronics12132908

Cummings, M. L. (2021). *Rethinking the maturity of artificial intelligence in safety-critical settings.* AI Magazine. 42(2). 27–36. (Şubat 2024). https://dl.acm.org/doi/abs/10.1002/j.2371-9621.2021.tb00005.x

DeArman, A. (2019). *The Wild, Wild West: A case study of self-driving vehicle testing in Arizona.* Arizona Law Review, 61(4), 983–1018. (Şubat 2024). https://journals.librarypublishing.arizona.edu/arizlrev/article/6872/galley/6347/download/

Dingus, T. A., Guo, F., Lee, S., Antin, J. F., Perez, M., Buchanan-King, M., & Hankey, J. (2016). Driver crash risk factors and prevalence evaluation using naturalistic driving data. *Proceedings of the National Academy of Sciences. 113*(10). 2636–2641. (Şubat 2025). https://doi.org/10.1073/pnas.1513271113

Elish, M. C. (2019). *Moral crumple zones: Cautionary tales in human-robot interaction*. Engaging Science, Technology, and Society. 5, 40–60. (Kasım 2024). https://doi.org/10.17351/ests2019.260

Engelhard and Bruin, (2018). *EU Common Approach on the liability rules and insurance related to the Connected and Autonomous Vehicles*. (Eylül 2024). https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2018/615635/EPRS_STU(2018)615635_EN.pdf

Eren, F. (2023). *Borçlar hukuku: Genel hükümler* (26. baskı). Ankara: Yetkin Yayınları. Sf. 56

European Commission. (2023). *5G Corridor infrastructure under the Digital Decade Strategy*. European Commission – Digital Strategy. Erişim: https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/cross-border-corridors

European Commission. (2022). *Commission Implementing Regulation (EU) 2022/1426 of 5 August 2022 laying down rules for the application of Regulation (EU) 2019/2144 of the European Parliament and of the Council as regards uniform procedures and technical specifications for the type-approval of automated driving systems (ADS) of fully automated vehicles. Official Journal of the European Union. L 221/1.* (Şubat 2025). *https://www.stradalex.eu/en/se_src_publ_leg_eur_jo/toc/leg_eur_jo_3_20220826_221/doc/ojeu_2022.221.01.0001.01*

European Commission. (2017). *Public consultation on the rules on liability of the producer for damage caused by a defective product*. (Ocak 2025). https://ec.europa.eu/newsroom/growth/items/453590/en

European Commission. (2018). *Autonomous vehicles & traffic safety.* European Commission, Directorate General for Transport. (Şubat 2025). https://road-safety.transport.ec.europa.eu/document/download/b6241334-a7f0-4c46-809a-6ddd8e33aee2_en?filename=ersosynthesis2018-autonomoussafety.pdf

European Parliament & Council. (2019). *Regulation (EU) 2019/2144 on type-approval requirements for motor vehicles and systems.* Official Journal of the European Union. (Şubat 2024). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32019R2144

Fagnant, D. J., & Kockelman, K. M. (2015). Preparing a nation for autonomous vehicles: Opportunities, barriers and policy recommendations. *Transportation Research Part A: Policy and Practice. 77.* 167–181. (Şubat 2025). https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0965856415000804

Featherstone, M. (2004). *Automobilities: An introduction. Theory, Culture & Society, 21*(4–5). 1–24. (Kasım 2024). https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0263276404046058

Floridi, L. (2012). *Distributed Morality in an Information Society*. *Science and Engineering Ethics*. 19(4). 727–743. (Kasım 2024). https://www.researchgate.net/publication/233806053_Distributed_Morality_in_an_Information_Society

Floridi, L., & Taddeo, M. (2018). *How AI can be a force for good*. *Science*. 361(6404). 751–752. (Kasım 2024). https://www.researchgate.net/publication/327192699_How_AI_can_be_a_force_for_good

Fortune Business Insights. (2025). *Autonomous vehicle market size, share & COVID-19 impact analysis, by level, by vehicle type, and regional forecast, 2023-2030.* Fortune Business

Insights. (Kasım 2025) https://www.fortunebusinessinsights.com/autonomous-vehicle-market-109045

Gatzert, N., & Osterrieder, K. (2020). *The future of mobility and its impact on the automobile insurance industry. Risk Management and Insurance Review. 23*(1). 31–51. (Şubat 2024). https://doi.org/10.1111/rmir.12140

Gesetz zum autonomen Fahren**.** (2021). *Gesetz zum autonomen Fahren zur Änderung des Straßenverkehrsgesetzes und des Pflichtversicherungsgesetzes*. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2021 Teil I Nr. 43, ausgegeben zu Bonn am 27. Juli 2021. (Şubat 2024). https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&jumpTo=bgbl121s3108.pdf

Goodall, N. J. (2014). Machine ethics and automated vehicles. *Road Vehicle Automation*, 93–102. (Şubat 2024). https://www.researchgate.net/publication/300567119_Machine_Ethics_and_Automated_Vehicles

Government of the Netherlands. (2018). *Self-driving vehicles*. (Şubat 2024). https://www.government.nl/topics/mobility-public-transport-and-road-safety/self-driving-vehicles

Gurney, J. K. (2017). *Crashing into the unknown: An examination of crash-optimization algorithms through the two lanes of ethical and tort law.* Albany Law Review. 80(1). 411–478. (Şubat 2024). https://www.albanylawreview.org/article/69727-crashing-into-the-unknown-an-examination-of-crash-optimization-algorithms-through-the-two-lanes-of-ethics-and-law

Honoré, A. M. (1961). *Ownership*. In A. G. Guest (Ed.), *Oxford Essays in Jurisprudence* (pp. 107–147). Oxford University Press. (Kasım 2024). https://dullbonline.wordpress.com/2020/08/19/a-m-honore-ownership-in-a-g-guest-ed-oxford-essays-in-jurisprudence-oxford-university-press-1961/

Insurance Institute for Highway Safety. (2025). *Advanced driver assistance*. *IIHS*. (Ağustos 2025). https://www.iihs.org/research-areas/advanced-driver-assistance

Ippisch, T. (2010). *Telematics data in motor insurance: Creating value by understanding the impact of accidents on vehicle use*. (Kasım 2024) https://www.semanticscholar.org/paper/Telematics-Data-in-Motor-Insurance%3A-Creating-Value-Ippisch/61f1b91486bcd0368e17d7c0a5823caa9a498cbb

Isaksson-Hellman, I.; Lindman, M. (2018). *An evaluation of the real-world safety effect of a lane change driver support system and characteristics of lane change crashes based on insurance claims data. 19*. S104–S111. (Kasım 2024). https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29584482/

İstanbul Barosu. (2022). *Avrupa Birliği Komisyonu Çalışması: Yapay Zekâ'ya İlişkin Sorumluluk Kuralları* (Çeviri). (Şubat 2024). https://www.istanbulbarosu.org.tr/files/komisyonlar/yzcg/yzcg_turkcetercume.pdf

Kalra, N., & Paddock, S. M. (2016). *Driving to safety: How many miles of driving would it take to demonstrate autonomous vehicle reliability?* Transportation Research Part A: Policy and Practice, 94, 182–193. (Şubat 2024). https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0965856416302129

Koopman, Philip, and Michael Wagner. *Autonomous Vehicle Safety: An Interdisciplinary Challenge. IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine* 9. no. 1 (2017): 90–96. (Kasım 2024). https://www.researchgate.net/publication/313385220_Autonomous_Vehicle_Safety_An_Interdisciplinary_Challenge

KPMG. (2016). *Automobile insurance in the era of auto.nomous vehicles*. (Kasım 2024). https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/pdf/2016/05/kpmg-automobile-insurance-in-era-autonomous.pdf

KPMG. (2020). *Autonomous Vehicles Readiness Index (AVRI) 2020.* (Şubat 2024). https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/xx/pdf/2020/07/2020-autonomous-vehicles-readiness-index.pdf

Kubica, L.M. (2014) *Autonomous Vehicles and Liability Law.* (Aralık 2024) https://docta.ucm.es/rest/api/core/bitstreams/8705781c-1ed6-47ed-9026-7bcc9399a3d3/content

Law Commission of England and Wales; Scottish Law Commission. (2022). *Automated Vehicles: Joint Report* (Law Com No. 404; Scot Law Com No. 258). (Şubat 2024). https://www.lawcom.gov.uk/project/automated-vehicles/

Lin, X., Lee, C.-Y., & Fan, C. K. (2025). Exploring the impacts of autonomous vehicles on the insurance industry and strategies for adaptation. *World Electric Vehicle Journal, 16*(3). 119. (Nisan 2025). https://www.mdpi.com/2032-6653/16/3/119

Liu, C., Rouse, W. B., & Belanger, D. (2020). *Understanding risks and opportunities of autonomous vehicle technology adoption through systems dynamic scenario modeling—The American insurance industry.* Swiss Re. (2016, March 22). *The future of motor insurance*. (Kasım 2024). https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8718808#citations

Litman, T. (2025). Autonomous vehicle implementation predictions: Implications for transport planning. (Kasım 2025). https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.vtpi.org/avip.pdf

Litman, T. (2011). *Distance-based vehicle insurance Feasibility, Costs and Benefits*. Victoria Transport Policy Institute. (Şubat 2024). https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.vtpi.org/dbvi_com.pdf

Lloyd's. (2017). *Autonomous vehicles: Handing over control – Opportunities and risks for insurance*. (Şubat 2024). https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://assets.lloyds.com/assets/pdf-autonomous-vehicles/1/pdf-autonomous-vehicles.pdf

Marchant, G. E., & Lindor, R. A. (2012). *The coming collision between autonomous vehicles and the liability system. Santa Clara Law Review.* *52*(4). 1321–1340. (Kasım 2024). https://digitalcommons.law.scu.edu/lawreview/vol52/iss4/6/

Marchant, G. E. & Wallach. W. (2015). *Coordinating Technology Governance*. *Issues in .Science and Technology*. 31(4), 43–50.

Mark A. Geistfeld. *A Roadmap for Autonomous Vehicle :State Tort Liability ,Automobile Insurance ,and Federal Safety Regulation.* 2017. California Law Review. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2931168

Markesinis, B., & Deakin, S. (2019). *Tort Law* (8th ed.). Oxford University Press.

Masella, L. (2023) *Risk Assessment and Data-Driven Insurance Pricing Models for Connected and Automated Vehicles. (*Kasım 2024). https://researchrepository.ul.ie/server/api/core/bitstreams/bcf1bdf8-342b-4492-b625-e197c93fa118/content

Matthias, A. (2004). *The Responsibility Gap: Ascribing Responsibility for the Actions of Learning Automata.* Ethics and Information Technology. 6(3). 175–183. (Şubat 2024). https://www.researchgate.net/publication/225249319_The_responsibility_gap_Ascribing_responsibility_for_the_actions_of_learning_automata

McKinsey & Company. (t.y.). *Digital disruption in insurance: Time for insurance companies to face digital reality.* McKinsey & Company. (Şubat 2025). https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Industries/Financial%20Services/Our%20Insights/Time%20for%20insurance%20companies%20to%20face%20digital%20reality/Digital-disruption-in-Insurance.pdf

Menon, N. (2015). *Consumer perception and anticipated adoption of autonomous vehicle technology: Results from multi-population surveys* (Master's thesis, University of South Florida). (Şubat 2024). https://digitalcommons.usf.edu/etd/5992/

Morningstar / Actuarial Post. (2024). *The impact of self-driving cars on autonomous vehicle insurance.* (Kasım 2024). https://www.actuarialpost.co.uk/downloads/cat_1/Morningstar-The_Impact_of_Self_Driving_Cars_on_Autonomous_Vehicle_Insurance.pdf

NAIC. (2015). *CIPR study – Usage-based insurance and vehicle telematics: Insurance market and regulatory implications*. National Association of Insurance Commissioners. (Şubat 2024). https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://content.naic.org/sites/default/files/inline-files/cipr_study_150324_usage_based_insurance_and_vehicle_telematics_study_series_1.pdf

National Highway Traffic Safety Administration (2022). *Standing General Order on Crash Reporting for Automated Driving Systems*. U.S. Department of Transportation. https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.gov/files/2022-06/ADS-SGO-Report-June-2022.pdf

National Highway Traffic Safety Administration. (2015). *Critical reasons for crashes investigated in the National Motor Vehicle Crash Causation Survey* (Report No. DOT HS 812 115). U.S. Department of Transportation. (Şubat 2024). https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/Publication/812506

National Highway Traffic Safety Administration. (2016). *Letter to Mr. Paul Hemmersbaugh – Google Self-Driving Car Project.* U.S. Department of Transportation. (şubat 2024). https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.gov/files/interpretation-response-letter-to-google-2-4-16.pdf

National Transportation Safety Board. (2019). *Collision between vehicle controlled by developmental automated driving system and pedestrian: Tempe, Arizona, March 18, 2018 (Accident Report NTSB/HAR-19/03).* Washington, DC: NTSB. (Şubat 2024). https://www.ntsb.gov/investigations/accidentreports/reports/har1903.pdf

Nora, S., & Minc, A. (1978). *L'informatisation de la société*. Paris: La Documentation Française.

Oham, C., Kanhere, S. S., Jurdak, R. & Jha, S. (2018). *A Blockchain Based Liability Attribution Framework for Autonomous Vehicles*. https://www.researchgate.net/publication/323184252_A_Blockchain_Based_Liability_Attribution_Framework_for_Autonomous_Vehicles

Ptolemus Consulting Group. (2016). *Usage-based insurance global study*. (Şubat 2024). https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ptolemus.com/content/uploads/2013/10/UBI-Global-Study-Free-Abstract1.pdf

Roth, M. L. (2020). *Regulating the Future: Autonomous Vehicles and the Role of Government. Iowa Law Review, 105*(3), 1411–1446. (Şubat 2024). https://ilr.law.uiowa.edu/sites/ilr.law.uiowa.edu/files/2023-02/Roth.pdf

SAE International, *Automated Drıvıng -SAE International Releases Updated Visual Chart for its Levels of Driving Automation. Standard for Self-Driving Vehicle*s. 2018. https://www.sae.org/news/press-room/2018/12/sae-international-releases

SAE International. (2021). *J3016-2021: Taxonomy and definitions for terms related to driving automation systems for on-road motor vehicles*. (Şubat 2024). https://www.sae.org/standards/j3016_202104-taxonomy-definitions-terms-related-driving-automation-systems-road-motor-vehicles

Salvini, P. Kunze. L. Jirotka M. (2024). *On self-driving cars and its (broken?) promises. A case study analysis of the German Act on Autonomous Driving.* (Kasım 2024). *https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160791X24001763*

Sohail, A. M., Khattak, K. S., Khan, Z. H., Gulliver, T. A., & Altamimi, A. B. (2025). *Exploring Vehicle Telematics in Intelligent Transportation Systems: Applications, Challenges, and Prospects*. (Kasım 2025). https://www.preprints.org/manuscript/202504.1105

Spieser, K., Treleaven, K., Zhang, R., Frazzoli, E., Morton, D., & Pavone, M. (2014). *Toward a systematic approach to the design and evaluation of automated mobility-on-*

demand systems: A case study in Singapore. In G. Meyer & S. Beiker (Eds.), Road Vehicle Automation (pp. 229–245). Springer.

S&P Global Mobility. (2025). *How autonomous vehicles will change the future of car insurance. S&P Global Automotive Insights.* (Kasım 2025). https://www.spglobal.com/automotive-insights/en/blogs/2025/08/autonomous-vehicles-future-of-car-insurance

Stanford Law School. (2018, March 20). *Uber self-driving cars, liability, and regulation.* (Şubat 2024). https://law.stanford.edu/2018/03/20/uber-self-driving-cars-liability-regulation/

Stanley, K. D., Grisé, M., & Anderson, J. M. (2020). *Autonomous Vehicles and the Future of Auto Insurance*. RAND Corporation. https://www.rand.org/pubs/research_reports/RRA878-1.html

Stevenson, M., Elkington, J., Sharwood, L. N., vd. (2018). The effects of feedback and incentive-based insurance on driving behaviour: A controlled trial. *Injury Prevention, 24*(1), 89–95.

Taeihagh, A., & Lim, H. S. M. (2018). *Governing autonomous vehicles: Emerging responses for safety, liability, privacy, cybersecurity, and industry risks. Transport Reviews.* Advance online publication. (Şubat 2024). https://arxiv.org/abs/1807.05720

Tan, H., Zhao, F., Hao, H., & Liu, Z. (2021). Evidence for the crash avoidance effectiveness of intelligent and connected vehicle technologies. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 18*(17), 9228. https://doi.org/10.3390/ijerph18179228

Tekinay, S. S., Akman, S., Burcuoğlu, H., & Altop, A. (2009). *Borçlar hukuku: Genel hükümler* (7. bs.). İstanbul: Filiz Kitabevi.

Teoh, E. R. (2018). Motorcycle crashes potentially preventable by three crash avoidance technologies on passenger vehicles. *Traffic Injury Prevention, 19*(5), 513–517. https://doi.org/10.1080/15389588.2018.1440082

United Nations Economic Commission for Europe. (2021). *WP.29/2021/59 – Revision 3 of the Consolidated Resolution on the Construction of Vehicles (R.E.3)*. (Şubat 2024). https://unece.org/sites/default/files/2021-02/ECE-TRANS-WP29-2021-059e_0.pdf

Virginia Tech Transportation Institute. (2016). *Automated vehicle crash rate comparison using naturalistic data*. (Şubat 2024) https://featured.vtti.vt.edu/2016/01/safety-on-city-streets/

Wang, M. (2025). *Usage-Based and Personalized Insurance Enabled by AI and Telematics*. (Kasım 2025). https://sprcopen.org/index.php/FBF/article/view/396

Waymo LLC. (2021). *Waymo safety report*. (Şubat 2024). https://downloads.ctfassets.net/sv23gofxcuiz/4gZ7ZUxd4SRj1D1W6z3rpR/2ea16814cdb42f9e8eb34cae4f30b35d/2021-03-waymo-safety-report.pdf

Swiss Re, Waymo LLC. (2024). *Comparison of Waymo and human-driven vehicles at 25 million miles*. (Kasım 2024). https://waymo.com/research/do-autonomous-vehicles-outperform-latest-generation-human-driven-vehicles-25-million-miles/

Xu, X., & Fan, C.-K. (2019). Autonomous vehicles, risk perceptions and insurance demand: An individual survey in China. (Şubat 2024). https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0965856417310595

Yargıtay Hukuk Genel Kurulu. (2011). *E. 2011/17-398, K. 2011/434, 22.06.2011*. (Şubat 2024). https://ergur.av.tr/wp-content/uploads/2019/06/İşleten-Çalınan-Aracın-Neden-Olduğu-Kaza-ve-Zarardan-Aracın-Çalınmasında-Kusuru-Olmadığını-Kanıtlamadıkça-Sorumludur..pdf

Yargıtay 17. Hukuk Dairesi. (2017). *E. 2015/493, K. 2017/7803 sayılı karar*. (Şubat 2024). https://www.ictihatlar.com.tr/karardetay-37538-17hukukdairesi-Yargitay-17-Hukuk-Dairesi-2015-493-Esas-2017-7803-Karar-Sayili-Ilami.html

Yargıtay 17. Hukuk Dairesi. (2021). *E. 2020/1376, K. 2021/3247 sayılı karar*. (Şubat 2024). https://karamercanhukuk.com/yargitay-karari/isleten-sifati-kiranin-suresi-fiili-hakimiyet-ve-ekonomik-unsurlar-ile-birlikte-degerlendirilir

Yargıtay 17. Hukuk Dairesi. (2017). *E. 2016/18379, K. 2017/10573 sayılı karar*. (Şubat 2024). https://mevzuat.kararara.com/viewtopic.php?t=61050

Yeung, K. (2018). Algorithmic regulation: A critical interrogation. *Regulation & Governance, 12*(4), 505–523. (Şubat 2024). https://doi.org/10.1111/rego.12158

Zweigert, K., & Kötz, H. (1998). *Introduction to comparative law* (T. Weir, Trans., 3rd ed.). Oxford University Press.

EK 1. Etik Onayı

İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ

T.C.
İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ

2025 AİLE YILI

Tarih:10/12/2025 16:26
Sayı: E-65836846-044-376049
REKTÖRLÜK

376049

Sayı : E-65836846-044-376049
Konu : Etik Onayı

10.12.2025

Sayın Orhan İŞLER

İlgi : 18.11.2025 tarihli dilekçeniz.

İlgi yazınız ile "Otonom Sürüş Teknolojilerinin Sigorta Sektörüne Etkilerinin İncelenmesi" isimli çalışmanın mülakat sorularına Etik Kurul onayı talep edilmektedir.

Adı geçen ve ekte yer alan mülakat soruları, Üniversitemiz Etik Kurulunca incelenerek etik tanım, değer ve ilkelere aykırı bir düzenleme tespit edilmediği, önerilen mülakat sorularının etik kurallara uygun olduğu ve etik onayının verildiği ifade edilmiştir.

Konuya ilişkin bilgilerinizi rica ederim.

Prof. Dr. Hanifi PARLAR
Rektör a.
Rektör Yardımcısı

Ek: Etik Onaylı Mülakat Soruları

Bu belge güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu:
D5DEFB63-FA4D-4468-BD9E-EF005559CB13
Adres: Örnektepe Mah. İmrahor Cad. No: 88/2 Beyoğlu/İstanbul
Telefon No: 444 04 13 / 4583 Faks No: 0212 320 70 11
E-Posta: [redacted] İnternet Adresi: www.ticaret.edu.tr
KEP Adresi: [redacted]

Belge Doğrulama Adresi:
https://www.turkiye.gov.tr/istanbul-ticaret-universitesi-ebys

Büro Personeli
Telefon No:

EK 2. Bilgilendirilmiş Onam Formu

BİLGİLENDİRİLMİŞ ONAM FORMU

Değerli Katılımcı,

Bu çalışma, ...Prof. Dr. Özkan Deniz Bozer..... danışmanlığında İstanbul Ticaret Üniversitesi, ...Finans.....Fakültesi/Enstitüsü, ...Sigorta ve Risk Yönetimi..... Lisans/~~Yüksek Lisans~~/Doktora programı öğrencisi (Adı-Soyadı) .....Orhan İşler..... tarafından yürütülen .....Otonom Sürüş Teknolojilerinin Sigorta Sektörüne Etkilerinin İncelenmesi..... isimli bir tez / ~~makale~~ çalışmasıdır.

Çalışmanın amacı, ...otonom araçlar ve sigorta sektörü..... arasındaki ilişkinin incelenmesidir. Bu çalışma 18 yaş ve üzeri katılımcıları kapsamaktadır.

Araştırmaya katılımınız tamamen gönüllülük esasına dayanmaktadır. Araştırma sırasında sizden alınan bilgiler grup halinde değerlendirileceğinden, sizden kimlik belirleyici bilgiler istenmeyecektir. Cevaplarınız gizli tutulacak ve sadece araştırmacı tarafından bilimsel çalışmalarda kullanılacaktır. Bu anlamda, araştırma sonuçlarından sağlıklı bilgiler edinilebilmesi için soruların samimi bir şekilde doldurulması ve soruların boş bırakılmaması oldukça önemlidir. Bu çalışma genel olarak kişisel rahatsızlık teşkil edecek soruları içermemektedir. Ancak araştırma sırasında herhangi bir nedenden dolayı rahatsızlık hissederseniz, katılımınızı sonlandırabilirsiniz. Çalışma sırasında sizden istenilen, çalışmada yer alan maddeleri ve/veya soruları boş bırakmamaya özen göstererek samimi bir şekilde doldurmanızdır. Çalışmaya katılım yaklaşık ..40.... dakika sürecektir. Çalışma hakkında daha fazla bilgi almak için (Adı-Soyadı) .....Orhan İşler..... (E posta: . ulaşabilirsiniz. Katılımınız için şimdiden teşekkür ederiz.

Bu çalışmaya tamamen gönüllü olarak katılıyorum ve istediğim zaman katılımımı sonlandırabileceğimi biliyorum. Verdiğim bilgilerin bilimsel amaçlı kullanımını kabul ediyorum.

Evet (X) Hayır ( )

Araştırmacının Adı Soyadı

Orhan İşler

İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ
ETİK KURUL ONAYI ALMIŞTIR
Kurul Tarihi: 28.11.2025
Kurul Karar No: 12-07

EK 3. Etik Onaylı Mülakat Soruları

OTONOM SÜRÜŞ TEKNOLOJİLERİNİN SİGORTA SEKTÖRÜNE ETKİSİ
MÜLAKAT SORULARI

A. Sigorta Sektöründeki Dönüşüm

1. Otonom araçların yaygınlaşması sizce sigorta sektöründe hangi temel değişimleri tetikleyecektir? *(Lütfen somut örnekler ve olası senaryolar veriniz.)*
2. Kurumunuzda otonom araçlara yönelik özel bir **teminat** süreci var mı? *(Varsa lütfen detaylandırınız, yoksa neden olmadığını açıklayınız.)*
3. Kurumunuzda otonom araçlara yönelik farklı bir **risk değerlendirme** süreci uygulanıyor mu? *(Mevcut yaklaşımlarınızı ve eksiklikleri açıklayınız.)*
4. Kurumunuzda otonom araçlara yönelik farklılaşmış bir **hasar yönetim süreci** bulunuyor mu? *(Süreç farklarını ve karşılaşılan zorlukları açıklayınız.)*

B. Poliçe, Risk Paylaşımı ve Tazmin Süreçleri

5. Otonom araçların işletim yapısındaki değişiklikler **sigorta poliçelerinin yapısını** nasıl etkileyecektir?
6. Bu değişiklikler **risk paylaşımı** üzerinde nasıl bir etki yaratacaktır?
7. Bu değişiklikler **tazmin süreçlerini** nasıl etkileyecektir? *(Her üç soruda da lütfen farklı senaryolar üzerinden açıklama yapınız.)*

C. Risk Yönetimi ve Yeni Riskler

8. Otonom sürüş teknolojilerinin getirdiği yeni riskler sigorta şirketlerince nasıl yönetilmelidir? *(Somut risk türleri üzerinden açıklayınız, örn. siber risk, teknik arıza, veri ihlali.)*
9. Kurumunuzda bu risklere yönelik geliştirilmiş **özel politika ve stratejiler** var mı?
10. Otonom araçların yaygınlaşmasıyla sigorta sektöründe hangi **yeni ürün ve hizmetlere** ihtiyaç doğacaktır?

D. Regülasyon ve Mevzuat

11. Mevcut regülasyonların otonom araçlara hazır olduğunu düşünüyor musunuz? *(Varsa eksiklikleri açıklayınız.)*
12. Otonom araçlarla ilgili yeni regülasyonların hangi **konu başlıklarını** kapsaması gerektiğini düşünüyorsunuz? *(Örn. veri gizliliği, üretici sorumluluğu, sigorta kapsamı.)*

İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ
ETİK KURUL ONAYI ALMIŞTIR
Kurul Tarihi: 28.11.2025
Kurul Karar No: 12-07

E. Sahiplik ve Sorumluluk Rejimleri

13. Otonom araçlarda **"işleten" sıfatı** nasıl değişmelidir?

14. Kaza anında **sorumluluk ayrımı** hangi kriterlere göre yapılmalıdır?
(Lütfen örnekler üzerinden açıklayınız.)

15. İnsan hatasının azalmasıyla kaza oranlarının düşmesi bekleniyor. Buna göre mevcut **kasko poliçeleri** yeterli olur mu, yoksa yeni bir modele mi ihtiyaç vardır?

16. Paylaşım ekonomisi kapsamında **sahipliksiz kullanım** (paylaşımlı araçlar) için mevcut sigorta modeli yeterli midir?

17. Paylaşımlı otonom araç kullanımı için nasıl bir **risk modellemesi** yapılmalıdır?

18. Otonom araç teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla hangi **yeni sigorta ürünleri ve hizmetleri** öne çıkacaktır?

F. Kullanıcı Beklentileri

19. Otonom araç kullanıcılarının mevcut sigorta poliçelerinden **öncelikli beklentileri** nelerdir?

20. Otonom araçların yaygınlaşmasıyla kullanıcıların **beklentileri ve talepleri** nasıl değişecektir?

21. Kullanıcıların **güvenlik ve veri gizliliği** konularındaki endişeleri nasıl yönetilmelidir?

22. Otonom araçların sunduğu **güvenlik ve konfor avantajları** nedeniyle sigorta primlerinde indirim yapılmalı mıdır?
(Gerekçelerinizi açıklayınız.)

G. Sigorta Primleri ve Veri Kullanımı

23. Otonom araçların sigorta primleri üzerindeki olası **etkilerini** nasıl değerlendiriyorsunuz?
24. Otonom araç kullanıcılarından toplanan **verilerin prim hesaplamalarında** kullanılması hakkında ne düşünüyorsunuz?
25. Otonom araçların sigorta primlerinin belirlenmesinde dikkate alınması gereken **temel faktörler** nelerdir?
(Lütfen en az üç faktör belirtiniz.)

H. Sorumluluk ve Tazminat İlişkileri

26. Otonom araçların sürücüsüz kullanımı durumunda sigorta şirketlerinin **sorumlulukları ve ödeme prosedürleri** nasıl olmalıdır?
27. Otonom araç sahipleri ve üreticileri arasındaki **sorumluluk ve tazminat ilişkileri** sigorta sektörünü nasıl etkileyecektir?
28. Otonom araçlarda yaşanan **teknik ve sistemsel sorunlar**, sigorta poliçeleri kapsamında nasıl değerlendirilmelidir?
(Somut örneklerle açıklayınız.)

İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ
ETİK KURUL ONAYI ALMIŞTIR
Kurul Tarihi: 28.11.2025
Kurul Karar No: 12-07