

AUTOMIND: Otomobil Ne Kadar “Oto”? İnsan-Otonom Araç Etkileşimi Üzerine Bir İnceleme

Uğur Güven ADAR *^{ID}
Zeynep ALTAN **^{ID}

Alınma: 17.11.2023 ; düzeltme: 01.04.2024 ; kabul: 13.05.2024

Öz: Tekerleğin icadından bu yana süregelen insan-makine etkileşimi günümüz modern dünyasında önemli bir dönüşüm geçirmekte; yapay zekâ teknolojileri, donanım ve yazılım, çevresel algılayıcılardaki ilerlemeler sayesinde insanlar ile otomobiller arasındaki etkileşimi değiştirmektedir. Buna bağlı olarak otonom sürüş seviyeleri artmış, otomobil ve insan arasındaki etkileşimin nasıl değiştiğini incelemek önem kazanmıştır. Bu bağlamda otomobillerde otonomluk seviyelerine bağlı olarak kullanılan yazılım ve donanım teknolojileri, insanlar ile otonom araçlar arasındaki etkileşim ve otonom araçlar ile çevre, şirketler arasındaki ilişkileri içeren üç temel kategori tanımlanmıştır. Değişen otonomluk seviyelerinin insan-makine etkileşimi üzerindeki etkisi, geçiş sürecindeki otonom araçların sürdürülebilirliği insan-bilgisayar etkileşimi bağlamında ele alınmakta, geleceğe yönelik tahminler yapılmakta ve dijital pazarlamanın otonom araçlar üzerindeki etkisi örnekler üzerinden değerlendirilmektedir. Bu çalışma, otomotiv endüstrisi ve insan-bilgisayar etkileşimi bağlamında otonom araçların mevcut uygulamaları ve gelecek vaat eden yönlerinin kapsamlı bir değerlendirmesini sunmayı ve bu etkileşimleri sınıflandırmayı amaçlamaktadır. Yapılan inceleme sonucunda otonomluk seviyelerinin değişmesiyle insan-makine etkileşimi bir iş birliğine dönüşmekte, otomobillerdeki sürücüler bir yolcu olarak değerlendirilmekte ve kullanıcı deneyimi bir seyahat deneyimi haline gelmektedir.

Anahtar Kelimeler: Otonom Otomobiller, Otonomluk Sınıflandırması, İnsan-Bilgisayar Etkileşimi, İnsan Makine Etkileşimi, Otonomluk Seviyeleri

AUTOMIND: How "Auto" is the Automobile? A Review on Human-Autonomous Vehicle Interaction

Abstract: Since the invention of the wheel, the ongoing interaction between humans and machines has undergone a significant transformation in the modern world due to advancements in artificial intelligence technologies, hardware and software, and environmental sensors. As a result, autonomous driving levels have increased, and the nature of interaction between humans and automobiles has been altered. Consequently, examining how the interaction between humans and autonomous vehicles has changed has become crucial. In this context, three main categories have been identified: software and hardware technologies used in vehicles based on their autonomy levels, interactions between humans and autonomous vehicles, and the relationships between autonomous vehicles and the environment and companies. The impact of changing levels of autonomy on human-machine interaction is addressed in terms of the sustainability of autonomous vehicles during the transition phase, within the context of human-computer interaction. Predictions about the future are made, and the influence of digital marketing on autonomous vehicles is evaluated through examples. This study aims to provide a comprehensive assessment of the current applications and promising aspects of autonomous vehicles in the context of the automotive industry and human-computer interaction, as well as to categorize these interactions. The result of the study reveals that as levels of autonomy change, human-machine interaction evolves into a collaboration, drivers in vehicles are considered passengers, and the user experience transforms into a journey experience.

Keywords: Autonomous Vehicles, Autonomy Classification, Human-computer Interaction, Human-machine Interaction, Levels of Autonomy

* İstanbul Beykent Üni., Bilgisayar Müh. Dr. Öğr., Cihangir Mah. Sıraselviler Cd. No:65 34421, Beyoğlu / İstanbul

** İstanbul Beykent Üni., Yazılım Müh., Ayazağa Maslak Yerleşkesi, Hadım Koruyolu Cd. No:19, Sarıyer / İstanbul
İletişim Yazarı: Uğur Güven ADAR (ugurguvenadar@beykent.edu.tr)

1. GİRİŞ

Tarihin ilk çağlarından beri insanlar hayatlarını kolaylaştıracak araç-gereçler üretmişlerdir. Avcı-toplayıcı antik mühendislerin, balık avlamak için olta kullanmaları belki de tarihin dönüm noktalarından biridir. En eski olta takımı 4000 yıl önceye ait olmasına rağmen (Bejcek, 2014), balık avlama tekniklerinin çok daha önceleri var olduğu varsayılabilir. Bu, bazı soru işaretlerini ortaya çıkarmaktadır. Hayatı kolaylaştıran herhangi bir ürün ya da teknolojinin, binlerce yıl sonra kullanıldığı hali en iyi ve popüler olanı mıdır, yoksa binlerce yıl sonra keşfedildiği için mi çok kullanışlıdır? Örneğin, Belçika'da bulunan "Dodecahedron" adlı Roma objesinin (Metcalfe, 2023) ve Girit yakınlarındaki "Antikythera Mekanizmasının" (Seiradakis ve Edmunds, 2018) ne amaçla kullanıldığı tartışma konusu olmaya devam etmektedir. Geçmişteki ürün veya teknolojiler evrimleşerek günümüzde kullanıldığında anlamlı hale gelmektedir. Buna en güzel örnek, İnkâ dönemine ait "Quipu" ipleriyle yapılan haberleşme ve hesaplamaların (Cronin, 2020) İnkâ dilinin çözülmesiyle yüzyıllar sonra ortaya çıkmasıdır. Dolayısıyla bir teknolojinin insanla etkileşimi değişen ve gelişen bir süreç olarak değerlendirilmelidir. İnsanlık tarihinde enerjinin depolanması, insan gücü dışındaki kaynakların kullanılması, devrim niteliğinde olup tekerleğin icadı, kurmalı mekanizmalar, su ve buhar gücünün kullanılması, insanlık tarihine ait önemli gelişmelerdir. İnsanlar, dış enerji kaynaklarıyla kendileri gibi davranarak yerlerine çalışan makineler üretilmektedir.

Günümüzde, insanların gün içerisinde kullandıkları ürün ve teknolojiler hayatlarının bir parçasıdır. Bir tasarımdan oluşan bu ürün ve teknolojilerden elde edilen deneyime, kullanıcı deneyimi (UX; user experience) denir (Law ve diğ., 2014). UX'in kullanım kolaylığı, kişiselleştirilebilirliği, sürdürülebilirliği gibi faktörler teknoloji tasarımını olumlu yönde evrimleştirmektedir. Bu bağlamda binlerce yıl önce icat edilen olta bile, kullanıcı deneyimi açısından bir öncüdür. Popüler sosyal medya platformlarının kullanıcı arayüz tasarımlarının evrilerek tek bir tasarıma dönüşmesi günümüze ait bir örnektir. Kullanıcı deneyimleri doğrultusunda, zamanla en kullanışlı olan diğerleri için de kabul görmüştür (Crumlish ve Malone, 2009).

Otomobiller, yıllardır insanların makine ile etkileşimde olduğu teknolojiler içermektedir. Otonom teknolojilerle insan ilişkisi, geçmişten günümüze tamamlanmamış bir yolculuktur. Yapay zekâ teknolojilerinin insan hayatında yaygın olarak kullanılmaya başlaması, taşıtların otonom hale dönüşmesi, insanla yeni teknolojiler arasındaki etkileşimin önemini arttırmıştır. Benzer şekilde otonom teknolojilere sahip otomobillerde bilgisayarın etkileşim ve karar vermede rol oynamaya başlaması, otomobiller ile insan etkileşiminin formunu endüstriyel tasarımdan, insan ile bilgisayar arasında etkileşime yöneltmektedir. Bu doğrultuda, sürücüler için tasarlanmış otomobillerden tam otonom otomobillere geçişte etkileşimin nasıl sağlanacağı cevaplanması gereken bir soru olarak ortaya çıkmaktadır. Çalışmanın hipotezi de bu bağlamda ortaya çıkmakta, otonom araçların otonomluk seviyeleri arttıkça insan ile etkileşiminin diğer etkenlerle birlikte azalan bir yönde olacağıdır. Bu hipotezin iyi analiz edilebilmesi adına otonom araçların antropsen etkileri bir sınıflandırma içerisinde değerlendirilmiştir.

Bu çalışmanın temel amacı, otonom araç teknolojileri ile insan/kullanıcı etkileşiminin incelenmesidir. Otonomluk seviyeleri ve otonom araç teknolojileri Bölüm 2'de açıklandıktan sonra, Bölüm 3'te otonom araç teknolojilerine ilişkin insan-makine deneyimleri daha önce sınıflandırmasının yapılmadığı üç temel etkileşim esasına göre incelenmektedir. Bunlar sırası ile: Otonom araçlar ve kullanıcı, otonom araçlar ve çevre, otonom araçlar ve şirketlerle etkileşimlerdir. Bu etkileşimler araçların otonomluk seviyeleri üzerinden değerlendirilmekte olup kullanılan teknolojiler, senaryolar ve personalar bağlamında incelenerek tam otonomluğa geçiş süreci, sürdürülebilirlik ve otonom araçların geleceği tartışılmaktadır. Tesla ve Waymo model otonom otomobiller ve özellikleri de çalışma kapsamında incelenmektedir. Gelişen otonom araç teknolojilerinin İBE (insan bilgisayar etkileşimi) üzerindeki etkisi ve bunların

sınıflandırmaları ile ilgili mevcut kullanıma ilişkin bilgi verilirken, yakın gelecekteki durumlarına ilişkin de öngörülerde bulunmaktadır.

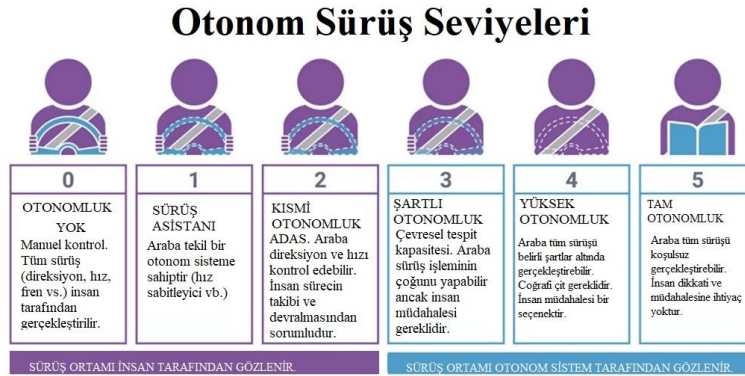
2. OTONOMLUK SEVİYELERİ VE OTONOM ARAÇ TEKNOLOJİLERİ

Trafikteki araçların otonomluk seviyeleri, kullanılan teknolojilere göre değişmektedir. Bir otomobilin ne kadar otonom olduğu sahip olduğu teknolojilere ve bu teknolojilerin ne kadarının insan kontrolü olmaksızın kullanıldığı ile doğrudan ilişkilidir. Bu bağlamda oluşturulan otonomluk seviyeleri ve otonom araç teknolojileri İBE bakımından önemlidir.

2.1. Otonom Araçlarda Otonomluk Seviyeleri

Otonom araçlar yasal gerekçeler nedeniyle otonom ifadesi yerine otomatik sürüş veya otonom sürüş olarak adlandırılır. Otomatik sürüş, tamamen sürücünün kontrolünde olan bir aracın çeşitli sistemlerle sürüş deneyimini desteklemesiyken, otonom sürüş sürücüyeye gerek olmadığı, aracın içinde insanın sorumlu bulunduğu durumdur (Okuda ve diğ., 2014). Uluslararası karayolu trafik sözleşmesi esas alındığında, karayolundaki her araçta mutlaka bir sürücü bulunması ve aracın sürücü tarafından kontrol edebilir olması gerekmektedir. 1968 yılında imzalanan ve hala yürürlükte olan bu sözleşme, otonom araçlara sürücüsüz yola çıkma yetkisi vermemektedir. Ancak Waymo şirketi 2018 yılında özel bir izin alarak sürücüsüz araçlar için test ve kullanım hakkı almıştır (Hawkins, 2018).

Otonom araçların kullandıkları teknoloji ve işlevleri bakımından farklı özelliklere sahip olması, araçların otonomluğu hangi ölçüde karşıladığının belirlenmesi, bir sınıflandırma ve standartlaştırma gerektirdiğini göstermektedir. Bu amaçla havacılık mühendisliğinde kullanılan altı seviyeli PACT (pilot authorisation and control of tasks) olarak adlandırılan otonomluk sınıflandırmasında olduğu gibi (Bonner ve diğ., 2000), ABD merkezli SAE'nin (Society of Automotive Engineers) otonom araçlar için belirlemiş olduğu altı düzeyli otonomluk seviyeleri oluşturulmuştur (SAE International, 2023). Şekil 1'de örneklendirilen SAE otonomluk seviyeleri aşağıda kısaca özetlenmektedir:



Şekil 1:

SAE otonomluk seviyeleri (Synopsys, 2023).

Seviye 0 (Otonomluk Yok): Sürücü aracı manuel olarak sürmektedir. Aracın gaz, fren ve direksiyon gibi tüm sürüş kontrolleri sürücüdür.

Seviye 1 (Sürüş Asistanı): Sürücü aracı kendisi kullanırken, taşıtta bir adet otomatik sistem bulunmaktadır. Örneğin hız sabitleyici gibi bir özellikle araç hızını sabit tutar; ancak diğer tüm fonksiyonlar sürücünün kontrolindedir.

Seviye 2 (Kısmi Otonomluk): ADAS (Advanced Driving Assistance Systems) sisteminin devreye girdiği seviyedir. Araç, hız ve direksiyonu kontrol edebilir; ancak sürücü tüm işlemleri gözlemlemeli ve her an sürüşü devralmaya hazır olmalıdır. Araçların kendilerini otomatik park etmeleri, şerit takibi yaparak yol almaları bu seviyeye örnek olarak verilebilir. Tesla T1 model araçlarda sürücünün direksiyona dokunarak yolu takip etmesi bu seviyeye gerçek hayattan bir örnek olarak düşünülebilir.

Seviye 3 (Şarh Otonomluk): Araçta çevresini tanıma ve tespit yapabilme kapasitesinin olduğu, otonom aracın çoğu sürüş aşamalarını devraldığı; ancak sürücünün hazır bekleyerek aksi durumları kontrol etmesinin beklendiği aşamadır. Örneğin, aracın şeritten çıkması durumunda, sürücünün kontrolü ele alması beklenmektedir.

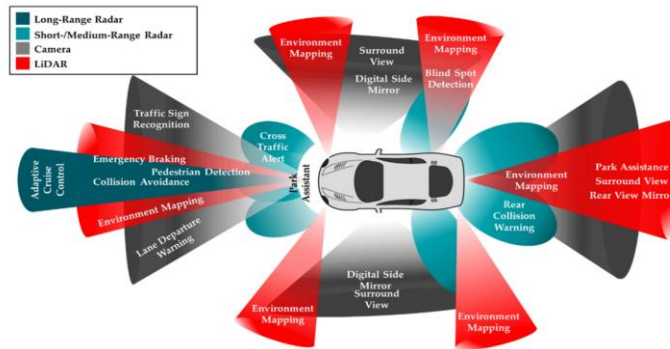
Seviye 4 (Yüksek Otonomluk): Aracın tüm sürüşü yönettiği; ancak sürücünün müdahalesine isteğe bağlı olarak ihtiyaç duyulduğu durumdur. Bu seviyede, GPS ile coğrafi çit oluşturularak (geofencing) aracın çalışabileceği ortam standartlaştırılmalıdır. Waymo'nun yapılandırılmış bölgelerde sürücüsüz çalışması buna örnek olarak verilebilir.

Seviye 5 (Tam Otonomluk): Bu seviye aracın herhangi bir sürücü tarafından müdahalesi veya izlemesi olmadan tam otonom şekilde sürüşü kendisinin gerçekleştirdiği seviyedir. Bu araçlarda sürücü, yolcu konumundadır ve araca sadece varış noktasını bildirerek etkileşimde bulunmaktadır.

İBE bakımından incelendiğinde SAE otonomluk seviyeleri, kullanıcı ile aracın yapabildiği esaslar üzerine oluşturulmuştur. Dolayısıyla kullanıcının deneyimi ile otonom sürüşün gerçekleştirilme durumları bir anlamda SAE otonomluk seviyelerini belirliyor olduğu düşünülebilir.

2.2. Otonom Araç Teknolojileri

Günümüzde, otonom araçlar, İBE bakımından özellikle yapay zekâ, makine öğrenimi, nesne tanıma, çevre algılama, ses tanıma ve konuşma tanıma teknolojilerinde ön plana çıkmaktadır. Otonom araçlarda olması gereken donanımlar ivme ölçer cihazlar (jiroskoplar ve manyetometreler), konumlandırma algılayıcıları GNSS (Global Navigation Satellite System) veya GPS, radyo dalgaları ile ölçüm yapan cihazlar (Sonar veya Radar), ışık yoğunluğunu ölçen algılayıcılar (fotodiyotlar), kameralar, LIDAR olarak örneklenebilir. IMU ve GPS genellikle aracın mevcut konumu ya da yönünü bildirir. Konum ve yön bilgileri rota izleme ve bölgedeki trafik oranı bilgilendirmeleri içindir. İvme ölçer cihazlar otomobilin hızının takip eder. Trafikte otonom şekilde hareket için güvenlik ön planda olmalıdır. Bu bağlamda ses dalgalarıyla mesafe ölçen sensörler olan sonar algılayıcıları otomobilin diğer otomobillere olan mesafesini ölçmede ve park sırasında kullanılırken, otomobilin ilerisi veya gerisindeki engelleri tespit amacıyla range mesafe algılayıcıları kullanılmaktadır. Bu iki algılayıcının arasındaki fark dalga boylarıyla etkili oldukları mesafelerdir (Yeong ve diğ., 2021). Açıklanan tüm bu donanımların kullanımı Şekil 2'de görülebilir.



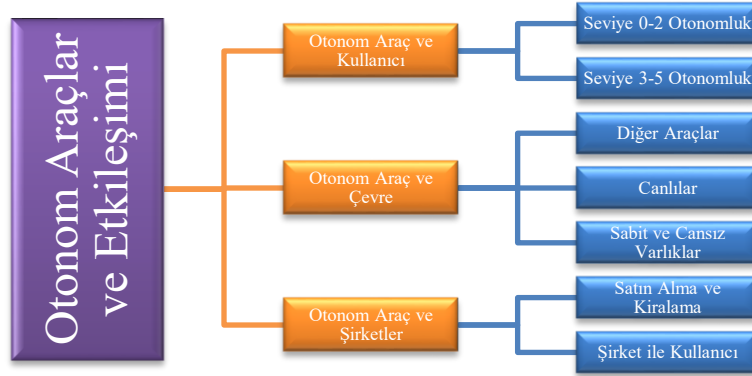
Şekil 2:

Otonom araçlarda kullanılan donanımlar ve kullanım alanları (Wendt ve Cook, 2018).

Otonom araçlarda, kamera ve LIDAR algılayıcılar özel bir önem taşımaktadır. Kamera kullanılan otonom araçlarda genellikle görüntü işleme teknolojilerinin kullanımı ön plandadır. Çevredeki nesnelere algılamak, tanımak, engelleri tespit ederek kaçınmak ve otonom sürüşü sağlamak için farklı bölgelere yerleştirilmiş kameralar kullanılır. Tesla model araçlarda, aracın farklı yönlerini kapsayan 8 farklı kamera kullanılmaktadır (Tesla, 2023a). LIDAR teknolojisi ise gönderdiği lazer işaretlerle ortamın üç boyutlu haritası esasınca nesne tespiti yapmaktadır. Otonomluk seviyesi dört olan Waymo tipi otomobillerde kullanılan LIDAR kullanılması buna örnek olarak verilebilir. LIDAR ve kameranın birlikte kullanıldığı uygulamalar da mevcuttur (Zhao ve diğ., 2020).

3. OTONOM ARAÇLARIN ETKİLEŞİMLERİNE GÖRE SINIFLANDIRILMASI

İBE kavramı, otonom araç teknolojileri bağlamında ele alındığında, günümüzde üç farklı temel etkileşimden bahsedilebilir. Bunlar, otonom araç ile kullanıcı arasındaki doğrudan ilişki, otonom aracın bulunduğu doğal çevre olan trafikteki aktörlerle ilişkisi ve otonom aracın ticari ilişkileridir. Otonom araç ile kullanıcı etkileşimi, sürücünün aktif olarak sürüşü takipte ve kontrolün yetkisinde olduğu 0-2 seviye otonomluk ile sürücünün yolcu konumunda değerlendirilebileceği 3-5 seviye otonomluk olarak sürücünden yolcuya dönüşümü ifade etmektedir. Otonom araç ile çevre etkileşimi, otonom araç ile diğer araçlar, otonom araç ile canlılar ve otonom araç ile canlı olmayan sabit nesnelere şeklinde üç alt grupta sınıflandırılmaktadır. Son olarak da otonom araç ile şirket ilişkisi, satın alma veya kiralama, şirket ile kullanıcı ilişkisi bağlamında incelenebilir (Şekil 3).



Şekil 3:

Otonom araçların etkileşimlerine göre sınıflandırılması.

3.1. Otonom Araçlar ve Kullanıcı Etkileşimi

Günümüz otomobilleri, birinci otonomluk seviyesinde ya da üstündedir. Otonomluk seviyesi 0 olan araçlar ise trafikteki eski otomobiller olarak düşünülebilir. Seviye 0 otomobiller, mekanik ve yarı elektronik olarak sürücü ile etkileşir. Bu tasarımlar, direksiyon boyu, koltuk seviyesi ve gösterge paneli gibi unsurlara odaklanır. Bu nedenle, seviye 0 araçların tasarım deneyimi endüstriyel boyuttadır ve İBE'nin dışında olduğu kabul edilebilir. Otonomluk seviyesinin 1 olduğu otomobiller, kullanıcı ile araç etkileşiminde teknolojiyi daha aktif kullanır. Örneğin, yarı otomatik araçların vitesleri sürücünün hızlanmasıyla değişir; etkileşimi tetikleyen sürücünün gaz pedalına basmasıdır. Hız sabitleyici sistemleri de seviye 1 araçlara örnek olarak, aracı sürücünün belirlediği hızda sabit tutmak için, gaz pedalına basılmaksızın aracı hızlandırır veya yavaşlatır (Xiao ve Gao, 2010). Otonomluk seviyesinin 2 olduğu araçlar, otomotiv sektöründe dönüm noktasıdır. Bu seviyedeki araçlarda ADAS kullanılmıştır. ADAS sistemleri, araçların güvenlik ölçütlerinde değişim yaratmıştır. Geçmişte, bir aracın güvenliği kaza anında

hava yastığı, koruma çerçevesi gibi güvenlik ekipmanlarına bağıyken, seviye 2 araçlardaki algılayıcılarla kaza önleyici özellikler eklenmiştir. ADAS, araç içi akıllı sistemlere veri aktararak olası bir kaza durumunda sürücüyü uyarır veya doğrudan müdahale ederek kazayı önler.

İnsan Makine Etkileşiminde (İME), Michon'un üç düzeyli sürüş sıralanışı sık kullanılmaktadır (Michon, 1985). Burada, insan sürücülerin eylem ve davranışları yüksek, orta ve düşük süreçler olarak sınıflanmıştır. Yüksek düzey, sürücünün rotayı planlamasını ifade ederken, orta düzey süreçler şerit değiştirme veya dönme gibi manevraları içerir. Düşük düzey süreçler ise aracın kontrolü ile ilgilidir. Bu hiyerarşi, İME'yi anlamada önemlidir. Araçların otonomluk seviyesi arttıkça, daha yüksek düzeyli işlemler gerçekleştirdiği ve sürücünün rolünün azaldığı bir ortam oluşur. Bu nedenle, Michon hiyerarşisi, araçların tasarımında ve sürücülerin eğitiminde önemli rol oynar. Michon'un sürüş hiyerarşisi bağlamında İME en çok seviye 2'dedir. Çünkü seviye 1 ve seviye 0 etkileşimi sağlayacak bir teknoloji içermezken, seviye 2 sürücüsü araç kontrolünü sağlamakta ve araçtaki diğer teknolojilerle etkileşimde bulunmaktadır. Günümüzdeki trafikte otonomluk seviyesi 0-2 olan araçlardaki etkileşimde sürücü rolü, geleneksel olarak devam etmekte, kısmi ADAS kullanımı da sürüş konforunu ve güvenliğini arttırmaktadır.

Otonomluk seviyesi 2 ve sonrasındaki araçlarda, araç içi İBE çeşitlilik gösterir. En göze çarpan araç içi teknolojilerden biri dokunmatik ekranlardır (Prabhakar ve Biswas, 2021). Bu ekranlar, başlangıçta araç içi eğlence sistemlerinin bir parçasıydı; zamanla araçların hız, yağ sıcaklığı, devir gibi sürücünün takip ettiği sistemlerde de kullanılmaya başlayarak, sürücünün belirlediği özel renk ve şekil tasarımlarıyla kişiselleştirilmiş UX sunumuna dönüşmüştür. Bazı araç modellerinde göz hizasında ekran denilen otomobille ilgili yol detaylarının bulunduğu görsel sistemler kullanılmaktadır. Bunlar, sürücüye navigasyon yardımı sunar. Ayrıca arttırılmış gerçeklik teknolojisiyle sürücünün gerçek dünya ve araç içi görüntülerini birleştirebilir. Diğer taraftan sesli komut sistemlerinin, sürücü araç etkileşiminde önemli bir yeri vardır. Sürücüler araç içi sistemlere sesli komutlar vererek telefonla görüşmeleri yapabilir, müzik sistemlerini kontrol edebilir, navigasyon kullanabilir veya diğer uygulamalarını açabilir. Bu tür sistemler, sürücülerin ellerini direksiyondan çekmeden araç içi sistemleri kullanmalarına ve sürüş güvenliğini arttırmalarına yardımcıdır. Bunlar sesli İBE'ye açık birer örnek oluşturur.

Genelleştirilecek olursa, seviye 2 otonomluktaki araçların geri bildirim etkileşimi sesli uyarılar, titreşim ve otomobillerin kaza önleyici sürüş tepkileri olarak üç grupta toplanmıştır (Colley ve Rukzio, 2020). Sesli uyarıların kullanım senaryoları yukarıda açıklandığı gibi çoğunlukla standarttır. Güvenlikle ilgili sesli geri bildirimlerin kişiselleştirilmesi sınırlandırılmıştır. Hissedilebilir sistemler olan titreşim sistemleri hava taşıtlarında oldukça yaygın kullanılırken, son yıllarda otomobillerde de kullanılmaya başlamıştır. Otomatik pilot aktifken, otomobilin şerit dışına çıkması veya tehlikeli bir hal alması durumunda direksiyon titremekte ve kullanıcı dikkatini toplaması için uyarılmaktadır. Sürücü yorgunluk algılama sistemleri de sürücüyü mola vermek üzere uyarır. Tesla model otomobillerde titreşimli direksiyon otomobilin varsayılan özelliğidir. Seviye 2 ve üstü seviyelerde, aracın kontrolünün aniden devralınması gerekebileceği için direksiyonun tutulup tutulmadığını kontrol eden algılayıcılar sürücüyü uyarırlar. Ancak kullanıcılar bu ağırlık ölçen algılayıcıyı Şekil 4'te görüleceği üzere su şişeleriyle "kandırmaya" çalışmaktadırlar (Stumpf, 2022). Bu konunun İBE açısından detaylı incelenmesi olası birçok kazayı engelleyecektir. Yeni Tesla modellerindeki araç içi kamera sistemleriyle sürücünün kontrolünün de geçici bir çözüm olacağı düşünülmektedir (Tesla, 2023b).



Şekil 4:

Tesla Otomatik Pilot'un kullanıcıyı kontrol etmesini engellemek için ağırlık sensörlerini kandıran su şişeleri (Stumpf, 2022).

Otonomluk seviyesi arttıkça kaza önleyici tedbirleri otomobiller alır. Seviye 2 ve üstündeki otonomluk seviyelerine sahip otomobillerin kaza önleyici davranışları otomobili doğrudan kontrol etmek, olası bir kazayı öngörmek ya da bir kazayı engellemek üzerine geliştirilmiştir. ADAS sistemlerinde otomobiller yapay zekâ teknolojilerini kullanarak anlık hız önleyici yavaşlama ya da hızlanma gibi davranışlar sergiler (Moujahid ve diğ., 2018). Otonomluk seviyesi 3 olan otomobillerden temel beklenti, sürücünün gözlemi ve müdahalesinin azalmasıdır. Bu bağlamda otonomluk seviyesi arttıkça, sürücünün güvenlik konusunda araç ile etkileşimi otomobile devredilmeye başlanarak, otomobil ile etkileşimi azalmaktadır.

Tam otonomluğa giden seviyelerde İBE iki ana konuyu öne çıkarır. Sürücünün kısmi olarak yolcu statüsüne geçerek, araç içi eğlence sistemlerini kontrol eden, rotayı tayin eden bir aktöre dönüşmesi bunlardan biridir. Bu husus bazı kaynaklarda İBE yerine insan-makine iş birliğine dönüşüm olarak belirtilmektedir (Debernard ve diğ., 2016). Bu etkileşim ya da iş birliğinde kullanıcının kendini güvende hissetmesi önemlidir. Lyons bunu yıllar önce aşağıdaki iki ilkeyle açıklamıştır (Lyons, 2013):

İlke 1: Sürücü, aracın maksimum otonomi seviyesini ve otonom moda girmesine izin verilen dış ve iç koşulları bilmelidir.

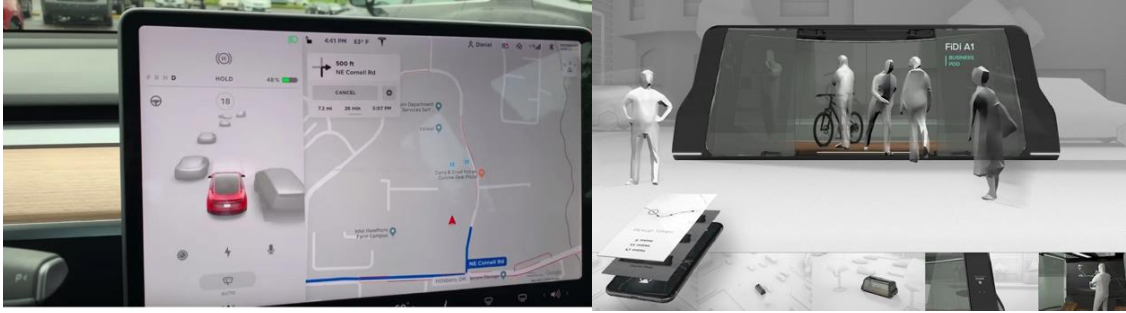
İlke 2: Sürücü, otonom sistemin hangi görevleri, hangi koşullar altında nasıl gerçekleştirebileceğini bilmelidir. Sürücü, otonom sisteme atanan genel işlevleri bilmelidir.

Bu ilkelerin sağlanabilmesi için normal koşullarda kullanıcıları doğrudan ilgilendirmeyen bazı grafikler tasarlanmıştır. Örneğin Tesla otomobillerde ortam tespitini kullanıcılar anlık olarak görebilmektedir (Şekil 5(a)). Lyons esaslarına göre kullanıcılar otomobilin çevresini, navigasyonu ve aracın durumu gibi hususları ortadaki ekrandan kontrol edebilmektedir. Otonomluk seviyeleri yüksek yeni otomobillerde sürücü ekranı kaldırılmakta, araç eğlence sistemleri için orta bölüme daha geniş tablet ekranlar konulmaktadır.

Otonomluk seviyesi 3 ve 4 otomobillerin çalışabilmesi için önceden tüm durumları ve pozisyonları belli yollardaki hareketlerini güvenli bir şekilde gerçekleştirecek şekilde coğrafi çit kullanılmaktadır. Tesla marka otomobillerin kameralar üzerinden makine öğrenmesi algoritmaları kullanarak hareket ettiği düşünülürse, otoyol gibi ortam değişkenlerinin daha az olduğu yollar için otonom sürüşte coğrafi çitin daha uygun olduğu düşünülebilir. Waymo'nun otonomluk seviyesi 4 olduğu için insanla etkileşimi oldukça sınırlıdır. Günümüzde Waymo, sürücüsüz olarak ABD'de belirli bölgelerde taksi hizmeti vermektedir. Bu seviyedeki otonomlukta sürücü bulunmamakta ve kullanıcıların yolcu olarak, genellikle otomobilin arka koltuğuna bindiği gözlenmektedir. Bu seviyede herhangi bir kullanıcı müdahalesi söz konusu değildir. Bu bağlamda yolculuk deneyimi, eğlence sistemlerine ve yolcu bilgileri ekranlara yoğunlaşmıştır. Günümüzde seviye 4 otonomluğa geçiş yapmış az sayıda örnek

olması ve seviye 5 bir otonomluk bulunmaması, otonom araçlar ile insanların etkileşiminin bir süre daha yoğun bir şekilde devam edeceğinin göstergesidir. Bu araştırma yapılırken Tesla model otomobil kullanıcıları, farklı platformlarda autopilot beta ile çeşitli testler yayınlamıştır. Bu testlerden birini yapan Marques Brownlee (2022), Tesla'nın otonom sürüşte ne kadar müdahale gerektirdiğini kaydetmektedir. Bir video filminde bu sürecin otomobil kullanmayı yeni öğrenen birini kontrol etmek gibi stresli olduğunu belirtmektedir. Bu durum özellikle İBE'yi oldukça net açıklamaktadır. Sıkışık trafikte veya ortam değişkenlerinin sayısına göre, kullanıcılar sürüş deneyiminde birden fazla devralma işlemi yapabilmektedir. Zhou ve arkadaşlarının (2020) yaptıkları çalışmada belirtildiği gibi, kullanıcılar otomobilleri farklı durumlarda kullanarak otomatik pilotun etkinliği ile ilgili deneyler yapmakta, bu deneyleri videolarla göstermekte ve izleyenler de yorum yaparak deneyimlerini paylaşmaktadır.

Kurt Robson'a göre (2023) seviye 5 otonomlukta araçların 2035'ten önce kullanılmaya başlaması beklenmemektedir. Otonomluk seviyesinin 5 olması, geleneksel sürücü kavramının ortadan kalktığı, sürücünün sadece otomobilin hedef konumunu girerek, yolculuk yaptığı bir seviyedir. Otomobil içindeki yolcuların, otomobilin kendisiyle etkileşimi oldukça sınırlıdır. 5. Seviyede araç, yolcu adına yola karar verir; uğrayacağı durakları belirler, yolculuk boyunca kullanıcıdan herhangi bir komut beklenmez. Bu nedenle direksiyon, gaz, fren ve komut sistemlerinin varlığına artık ihtiyaç kalmayacağı düşünülmektedir. Bu bağlamda otonom otomobillerin gerek şekilleri gerekse ekranlarının arayüzleri değişecektir. Ayrıca tüm donanımlar sürücüsüz aracın ihtiyaçlarına ve yolcuların konfor ve güvenliğine göre şekillenecektir. Bu seviyedeki otomobillerin, günümüzde alışık olduğumuz otomobil veya taşıt kavramından çok daha farklı olması muhtemeldir. Buna verilebilecek en uygun örnek Brennan Boblett'in seyahat deneyimi olarak adlandırdığı UBER için geliştirilen ve Şekil 5 (b)'de verilen "POD" olarak düşünülebilir (Gundersen, 2018).



Şekil 5:

- (a) Tesla model araçlardaki İBE etkileşimi için kullanılan tablet bilgisayar (Lambert, 2019).
(b) Tam (beşinci) seviye otonomluk için önerilen "POD" (Gundersen, 2018).

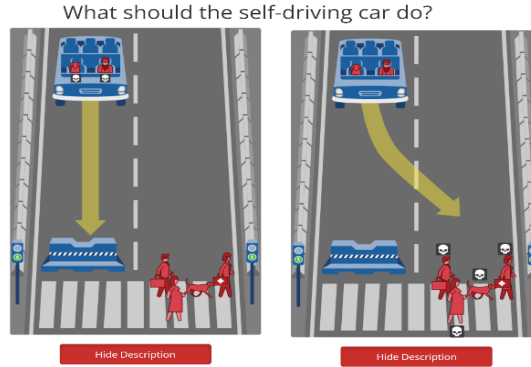
3.2. Otonom Araç ve Çevre Etkileşimi

Otonomluk seviyesinden bağımsız olarak, bir otomobilin trafiğe çıkması, diğer İME'den farklı olarak, güvenlik bağlamında çeşitli etkileşimlere yol açar. İME uygulamalarında genellikle kullanıcı personaları ve ortam değerlendirilir. Otonom otomobillerde sürücü ve yolcular dışında, dış ortamlardaki diğer otonom araçlar, otonomluk seviyeleri farklı olan araçlar, yayalar, trafiği kontrol eden sistemler veya kişiler, bisikletliler ve dış ortamdaki diğer canlı ve cansız varlıklar ön plandadır. Bu ortam değişkenleri yol kullanıcıları veya ortam kullanıcıları olarak ifade edilmektedir. Yol kullanıcılarının davranış eğilimleri çeşitlilik gösterir. Ortamın hangi ülkede, hangi kültürde veya yol tipinde olduğuna bağlı olarak farklı senaryolar geliştirilebilir. İngiltere'de trafiğin sağdan akması, farklı ülkelerin trafikteki davranışlarının kültürlerine göre farklı el-kol hareketleri ile sağlanması nedeniyle yol kullanıcıları tarafından çeşitli davranışlar sergilenebilir (Färber, 2016).

Otonomluk seviyesi düşük olan otomobilleri ve trafiği kullanmaya alışmış olan sürücülerin ADAS sistemlerine veya tam otonom sistemlerine adaptasyonu ise bir başka tartışma konusudur (Souders ve Charness, 2016). Günümüzde tam olarak netleşmemiş bir konu olsa da otonom araçların kaza engellemede insana göre daha iyi olacağı düşünülmektedir (Perumal ve diğ., 2021). Fakat bu araçlarda sürücü kontrolünün devam ettiği de gerçektir. Otonom araçların trafikte daha yavaş ve güvenli hareket etmeye tasarlanmasıyla olası insan hataları da önlenecektir. Ancak Tesla model otomobillerde bu durumun sık sık test edilmesi bir problemdir. Çok yoğun trafikte otomatik pilotun diğer otonom olmayan sürücülerin yol vermesini beklemesi, trafikte kullanıcıyı sıkıntıya sokabilir. Bununla baş edebilmek için farklı modlar (standart, chill, sport) kullanılarak sürüş tipinin sürücü tarafından seçilmesine olanak verilmektedir (Tesla, 2023c).

Dünya üzerinde karayollarının sürücülü arabalar için tasarlandığı düşünülürse trafikteki araçların değişmesiyle kara yollarının da zaman içerisinde değişeceği öngörülebilir. Örnek olarak Tesla firmasının sahip olduğu Boring Company şirketine ait tam otonomluk için yapılan tünel sistemi verilebilir (The Boring Company, 2023). Tünel sisteminin kullanılmasının amacı, karayolundaki çevresel faktörleri ve makine öğrenmesinin hesaplama maliyetini en aza düşürerek daha steril bir karayolu oluşturulmasıdır.

Trafikteki yaya ve bisikletlilerin davranışları da otonomlukta önemli bir husustur. Otonom araçlar, trafikteki tüm kurallara uymak üzerine tasarlanmıştır. Bu doğrultuda otomobillerin yaya geçidindeki yayaları fark etmesi ve beklemesi zorunludur. Bu konuda çeşitli çözümler olsa da yayalar ve diğer canlılar trafikte beklenmedik davranışlar sergileyebilirler (Mahadevan ve diğ., 2018). Bu bağlamda otonom araçların algılayıcı ve tepki verici sistemleri bunları engellemeye dönük çeşitli senaryolara sahiptir. Ancak belirli durumlarda otonom araçların etik olarak nasıl davranması gerektiği belirsiz olabilir. Bu sorunu daha iyi analiz edebilmek için belirli senaryolarda farklı durumlar tanımlanmış ve insanların aldıkları kararlar doğrultusunda makine öğrenmesinde otonom aracın davranışını gösteren bir veri seti oluşturulmuştur (Moral Machine, 2023). Şekil 6 bununla ilgili bir örnektir.



Şekil 6:

Moral Machine; Otonom otomobil-yaya karar süreci anketi örneği (Moral Machine, 2023).

Trafiği kontrol eden sistemler veya trafik polisleri ile otonom araçların etkileşimi ise başka bir çevresel etkileşim türü olarak düşünülebilir. Otonom araçların trafik polisleri tarafından denetlenmesine ihtiyaç olmayabileceği genel bir kanı olabilse de otonom sürüş konusunda çalışan şirketler bu konuda çeşitli çalışmalar yapmaktadır. Örneğin Waymo tipi otonom araçlarda trafik polisinin hareketlerine riayet etmek üzere geliştirilen sistemlerden olduğu (Holmes, 2019) bahsedilirken, Tesla model araçlardan birinin Almanya'da 15 dakika trafik polisi takibi sonucunda sürücüsünün uyuduğu ve otomatik pilotun açık şekilde hareket ettiği haberi de (Robinson, 2023) bu konuda örnek senaryolardandır. Bu örnekler göstermektedir ki,

otonomluk seviyesi arttıkça, ortamı düzenleyen trafik polisi gibi çevresel etkileşimler değişiklik gösterecektir. Benzer şekilde insan ile makine etkileşimi azaldıkça otonom araçlardan beklenti daha da yükselecektir.

3.3. Otonom Araç ve Şirketler

Otonom araçlar ve sürücüsüz araç teknolojileri, insanların araç satın alıp kiralama alışkanlıklarında da bir değişime neden olmuştur. Bu değişimle birlikte, araç üreticileri ile araç sahipleri arasında sürekli bir veri paylaşımı söz konusudur. Bunlar, araç performansı, güvenliği, bakım ve hizmet durumu gibi birçok önemli bilgi içerir. Bu tür bir etkileşimin, otomotiv endüstrisi için kritik önemi olduğu için servis odaklı bir mimarinin kullanılması zorunlu hale gelmiştir. Sürekli büyüyen veri miktarı araç üreticilerinin daha iyi hizmet sunmalarını, araçların daha güvenli ve verimli çalışmalarını sağlamak için kullanıldığı gibi, üreticilerin kullanıcılar hakkında bilgi sahibi olmalarını, pazarlama stratejilerinin geliştirmesini ve otonom araçların yapay zekâ sistemlerine doğrudan eğitim verisi aktarımını da sağlamaktadır (Arrow, 2022).

Tesla model otomobiller satın alma ve kiralama tercihinde sahiptir. Ancak tam otonomluğa geçildiğinde Tesla model bir araç sahibi, kendi aracını kiralayabileceği bir filoya katılabilecektir (Lambert, 2016). Planlanan sisteme göre, araç sahibi iş yerine vardktan sonra otomobilini otoparkta bekletmek yerine, tercih etmesi durumunda Tesla model aracı otonom olarak taksi hizmeti sağlayacak ve gelir getiren bir araç haline dönüşecektir. Planlanan kiralama modeli ile şirket- müşteri ilişkisi rol değiştirerek, karşılıklı gelir sistemine dayanan bir iş birliği haline gelecektir.

Otonomluk seviyeleri farklı olan Tesla ve Waymo tipi otonom otomobillerin gizlilik sözleşmelerinde anlık sürüş verisine ait verilerin şirketle paylaşıldığı bilgisi açık olarak belirtilmiştir (Tesla, 2023d). Bu firmaların temel hedefleri, otonom olan ya da olmayan mevcut sürüş verilerini makine öğrenimi için genel merkezde toplayarak, otopilotlarını geliştirmektir. Tesla, kullanıcıların davranışlarını bu amaçla inceleyerek farklı persona sınıflarında etiketlemeler de yapmaktadır. Tesla aynı zamanda sigorta risk primlerini, kullanıcıların otonom olmayan sürüş davranışları bağlamında değerlendirmekte ve buna göre sigorta prim ücretlerini belirlemektedir (Tesla, 2023e).

Bir otomobilin satın alındıktan sonra satışı yapan şirket ile ilişkisi yıllık bakım, sigorta ve kasko veya ek donanım eklentisi gibi kısıtlı bir alanda gerçekleşirken, otonomluk seviyesi yüksek otomobillerde çok daha geniş bir ilişki alanı bulunmaktadır. Tesla model otomobillerde bu ilişki yükseltmeler olarak bilinmektedir (Tesla, 2023f). Satılan her modelin kendine özel güncellemeleri olması sebebiyle tüm yükseltmeler ilgili otomobilin mobil uygulamasında kullanıcılara özel seçenek olarak sunulmaktadır. Yükseltmeler genel olarak, sürüş deneyimi ve eğlence sistemleri olarak iki grupta toplanmaktadır.

Tüm Tesla model araçlar basit otopilot özelliği ile gelmektedir. Basit otopilotun kullanıcı ile etkileşimi incelendiğinde, bunların otomatik şeritte kalma, trafiğe duyarlı seyir kontrolü, acil fren asistanı gibi standart güvenlik özelliklerinden ibaret olduğu görülmektedir. Bu bağlamda basit otopilotun SAE standartlarına göre seviye 2 otonomlukta olduğu düşünülebilir. Kullanıcıların tam otonom sürüş paketine aylık üyelikle kaydolmasıyla Tesla model otomobillerin seviye 3 otonomluğa geçmesi sağlanmaktadır (Tesla, 2023g). Tam otonom sürüş paketi, otopilotun navigasyon ile kullanılmasına, otomatik şerit değiştirilmesine, otomatik olarak park edilmesine, çağrıldığında gelme özelliğine (summon), trafik ışıkları ve trafik levhalarına duyarlı hale gelmesine göre değişmektedir. Bu bağlamda kullanıcıların otonomluk seviyelerini arttırarak, etkileşimi farklı bir hale getirmektedir. Tesla araçlarda aylık abonelik sistemi ile bir hizmet satın alınmakta ve kullandıkça öde yöntemi uygulanmaktadır. Bu bağlamda kullanıcıların seyahat deneyimi, satış sonrası dijital pazarlama ile sağlanmaktadır.

Otomobil kullanımındaki seviye yükseltmelerinin sağlanmasıyla, kullanıcıların otomobil kontrol etmede harcadıkları süre azalmaktadır. Otomobilin içindeki kullanıcıların daha fazla boş zamana sahip olmasıyla şirketler, eğlence sistemlerinde yükseltmeler sunarak İME'yi farklı bir

deneyime yöneltilmektedirler. Tesla'nın satış sonrası bilgi-eğlence sistemleri yükseltmesi buna bir örnek olarak verilebilir. Eğlence sisteminin güncellenmesinde yazılım ve gerekliyse donanım pazarlanmaktadır. Bu yeniliklerle kullanıcılara daha büyük dokunmatik ekran ile dokunma tepkisine daha hızlı yanıt verme, video akışının hızlandırılması, oyun yelpazesinin genişlemesi gibi özellikler sunulmaktadır (Tesla, 2023h). İlgili yükseltmelerle eğlence sistemlerinde kullanıcı etkileşiminin artırılmasının hedeflendiği açıktır.

Sürüş deneyiminin yerini yolculuk deneyimine bırakması ve IOT (Internet of Things) kavramının daha aktif kullanılmasıyla ortaya çıkan bir diğer dijital pazarlama özelliği ise bağlı otomobillerdir (Uhlir ve diğ., 2017). IOT kullanımının başında otomobillerin servis ihtiyaçlarını gidermek amacıyla üretici ile sürekli iletişim halinde olmak için bir iletişim zinciri oluşturulması hedeflenmekteydi. Bağlı otomobillerin 2021 yılı market potansiyelinin güvenlikte 49.3, otonom sürüşte 39.6, eğlencede 13.4, araç kontrolünde 7.1, hareketlilik yönetiminde 5,6 milyar euro olduğu belirtilmiştir (Viereckl ve diğ., 2015). Bu bağlamda değerlendirildiğinde gelecekte bu miktarın artacağını öngörmek güç değildir. Tek bir otonom araç için genel kullanıma sahip bu algılayıcılar bir merkezde toplanıp, karar mekanizmasıyla değerlendirilmektedir. Eğer birden fazla otonom otomobilin kendi aralarında haberleşmesi söz konusu ise, kablosuz iletişimle oluşturulmuş yapılar da mevcuttur (Bagloee ve diğ., 2016). Bağlı otomobillerin pazarlamada kullanıldığı bir başka alan ise, dijital kimlik ile otomobilden alışveriş yapabilmesini sağlayan Bağlı Otomobillerde Ticaret Birliği (Connected Car Commerce Alliance) hizmetleridir. Otonomluğun artmasıyla kullanıcılar araç içerisinden çevrimiçi sipariş verebilmekte, otonom araçlar siparişi teslim almak üzere rotalarında durak oluşturabilmesi sipariş, ödeme ve teslim alma hizmetlerini hızlandırmakta, seyahat deneyimini arttırmaktadır (Connect Car Commerce Alliance, 2022).

4. SONUÇ

Günümüzde otonom araçların gelişimi etkileyici bir şekilde devam etmektedir. Otomobillerin yakıt türlerinin değişmeye başlaması ve sürüş deneyiminin de insandan otonom sistemlere geçmesi, çağımızın yeni endüstri devrimi olarak düşünülebilir. İnsan ile etkileşime giren ve insanlık yararına geliştirilen tüm makinelerde olduğu gibi bu teknolojilerin de henüz emekleme aşamasında olduğu görülmektedir. Bir teknolojinin son halini alması için bir noktada standart bir tekilliğe ulaşması gerektiği düşünülürse, otonomluk seviyelerinin farklı olduğu bugünlerde otonom araçların erişebilecekleri en son aşamada olmadıkları rahatlıkla görülmektedir.

Otonomluk seviyesi düşük otomobillerin çoğunlukta olduğu bugünlerde otonom araçla insan ilişkisinin yoğun olduğu görülmektedir. Ancak otonomluk seviyesi arttıkça İME'nde, makinelerin denklemden çıkarılarak daha çok insanların seyahat deneyimlerinin ön planda olacağı öngörülmektedir. Seyahatin ne kadar konforlu ve güvenli bir şekilde gerçekleştirileceğinin önem kazanacağı gelecekte, araçların otonomluk seviyeleri de bu bakış açısından değerlendirilecektir. SAE'nin otonomluk seviyeleri göz önüne alındığında, bunların günümüzde şirket teknolojilerine ve piyasa beklentilerine göre kabaca oluşturulduğu görülmektedir. Bu bağlamda, bu çalışma kapsamında incelenen tüm hususların evrilmesiyle otonomluğun da gelişeceği öngörülebilmektedir. Mevcut SAE standartları, otonom araçların sahip oldukları teknolojilerle yapabildiklerine odaklanmaktadır. Çalışmanın üçüncü bölümünde oluşturulan sınıflandırma ise, insan-makine iş birliğindeki tüm aktörlerin otonom araçların farklı seviyelerine göre birlikte nasıl etkileşime girdiklerini görebilmeyi sağlamaktadır. Bu bağlamda SAE standartları ile yapılan sınıflandırmanın birlikte değerlendirilmesinin, İBE açısından bir referans noktası oluşturacağı düşünülmektedir.

Yapay zekâ tabanlı tüm akıllı sistemlerin insanlık yararına geliştirildiği göz önüne alındığında, insanların seyahat deneyimlerindeki çoğu günümüz uygulamalarının da zamanla ortadan kalkacağı düşünülebilir. Nasıl ki yüz yıl önceki ilk trafik düzenlemelerinde her

kalabalık kavşakta trafiği yönlendiren bir insan bulunuyorsa, bugün de her otomobilde bir sürücü bulunmaktadır. Dolayısıyla otonomluğa geçiş süreci de benzer şekilde tamamlanacaktır. Trafikteki tüm aktörler için alışılmış kullanıcı senaryolarının tamamı değişecek ve bugün bildiğimiz seyahat deneyimi bir anlamda nostaljik olacaktır. Sonuç olarak, bu araştırmada incelenen tüm konular doğrultusunda, sistemlerin teknolojileri ve otonomluğu arttıkça insanların makine ile etkileşimleri azalarak yeni bir forma kavuşmakta, kullanışlılık ya da bir başka ifade ile kullanılabilirlik artmaktadır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar, bilinen herhangi bir çıkar çatışması veya herhangi bir kurum/kuruluş ya da kişi ile ortak çıkar bulunmadığını onaylamaktadırlar.

YAZAR KATKISI

Uğur Güven Adar ve Zeynep Altan bu makalenin taslağının oluşturulmasında, fikirselleştirilmesinde, içeriğinin eleştirel incelenmesi ve son onay yönünden makaleye katkı sağlamıştır.

KAYNAKLAR

1. Arrow, (2022). Autonomous Vehicle Training & Tesla's Data Engine Explained. Erişim Adresi: <https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/autonomous-vehicle-training-and-teslas-data-engine-explained> (Erişim Tarihi: 17.08.2023)
2. Bagloee, S. A., Tavana, M., Asadi, M. ve Oliver, T. (2016) Autonomous vehicles: challenges, opportunities, and future implications for transportation policies, *Journal of modern transportation*, 24, 284-303. doi: 10.1007/s40534-016-0117-3
3. Bejcek, M., (2014). A Brief History Of Fishing. Erişim Adresi: <https://bouldercountyparkspace.org/i/history/fishing> (Erişim Tarihi: 17.08.2023)
4. Bonner, M., Taylor, R., Fletcher, K. ve Miller, C. (2000) Adaptive automation and decision aiding in the military fast jet domain, in Proceedings of the Conference on Human Performance, Situation Awareness and Automation: User Centered Design for the New Millennium, 154–159, Savannah, GA, USA.
5. Brownlee, M. (2022). Tesla Self Driving vs Everyday Roads!. Erişim Adresi: https://www.youtube.com/watch?v=9nF0K2nJ7N8&ab_channel=MarquesBrownlee (Erişim Tarihi: 17.08.2023)
6. Colley, M. ve Rukzio, E. (2020) A design space for external communication of autonomous vehicles, 12th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications, 212-222. doi: 10.1145/3409120.3410646
7. Connected Car Commerce Alliance, (2022). Connected Car Commerce. Erişim Adresi: http://www.ccca.co.kr/index_en.php (Erişim Tarihi: 17.08.2023)
8. Cronin, G., (2020). Quipu: The Ancient Computer of the Inca Civilization. Erişim Adresi: <https://www.peruforless.com/blog/quipu/> (Erişim Tarihi: 17.08.2023)
9. Crumlish, C. ve Malone, E. (2009) *Designing Social Interfaces: Principles, Patterns, and Practices for Improving the User Experience*, O'Reilly Media, Inc., Yahoo Press.
10. Debernard, S., Chauvin, C., Pokam, R. ve Langlois, S. (2016) Designing Human-Machine Interface for Autonomous Vehicles. *IFAC-PapersOnLine*, 49(19), 609–614. doi:10.1016/j.ifacol.2016.10.629

11. Färber, B. (2016) Communication and communication problems between autonomous vehicles and human drivers, *Autonomous Driving: Technical, Legal and Social Aspects*, 125-144, Springer, Berlin. doi:10.1007/978-3-662-48847-8_7
12. Gundersen, E. (2018) Tesla UX Lead and Uber Autonomous Experience Designer Brennan Boblett to Lead Mapbox Navigation Design. Erişim Adresi: <https://blog.mapbox.com/tesla-ux-lead-and-uber-autonomous-experience-designer-brennan-boblett-to-lead-mapbox-navigation-6ae051a0e931> (Erişim Tarihi: 17.08.2023)
13. Hawkins, A. J., (2018). Waymo gets the green light to test fully driverless cars in California. Erişim Adresi: <https://www.theverge.com/2018/10/30/18044670/waymo-fully-driverless-car-permit-california-dmv> (Erişim Tarihi: 17.08.2023)
14. Holmes, Jake. (2019). “Waymo self-driving cars can now respond to traffic cops' hand signals”. Erişim Adresi: <https://www.cnet.com/roadshow/news/waymo-self-driving-cars-police-officer-gestures/> (Erişim Tarihi: 01.04.2024)
15. Lambert, F. (2016) Tesla plans a ‘shared autonomous fleet’ for owners to make money off their car. Erişim Adresi: <https://electrek.co/2016/07/20/tesla-shared-fleet-autonomous-fleet-money-off-their-car/> (Erişim Tarihi: 17.08.2023)
16. Lambert, F. (2019) First look at Tesla’s new in-car driving visualization. Erişim Adresi: <https://electrek.co/2019/05/17/tesla-new-driving-visualization/> (Erişim Tarihi: 17.08.2023)
17. Law, E. L. C., Van Schaik, P. ve Roto, V. (2014) Attitudes towards user experience (UX) measurement, *International Journal of Human-Computer Studies*, 72(6), 526-541. doi:10.1016/j.ijhcs.2013.09.006
18. Lyons, J. B. (2013) Being Transparent about Transparency: A Model for Human-Robot Interaction, *AAAI Spring Symposium Series No:7 Trust and Autonomous Systems*.
19. Mahadevan, K., Somanath, S. ve Sharlin, E. (2018). Communicating awareness and intent in autonomous vehicle-pedestrian interaction, Proceedings of the 2018 CHI conference on human factors in computing systems, 1-12. doi: 10.1145/3173574.3174003
20. Metcalfe, T., (2023). Mysterious 12-sided Roman object found in Belgium may have been used for magical rituals. Erişim Adresi: <https://www.livescience.com/roman-dodecahedron-discovered-belgium> (Erişim Tarihi: 17.08.2023)
21. Michon, J. A. (1985) A critical view of driver behavior models: what do we know, what should we do? *Human behavior and traffic safety*, 485-524, Plenum Press, New York. doi: 10.1007/978-1-4613-2173-6_19
22. Moral Machine, (2023). Moral Machine. Erişim Adresi: <https://www.moralmachine.net/> (Erişim Tarihi: 17.08.2023)
23. Moujahid, A., Tantaoui, M. E., Hina, M. D., Soukane, A., Ortalda, A., ElKhadimi, A. ve Ramdane-Cherif, A. (2018) Machine learning techniques in ADAS: A review, *International Conference on Advances in Computing and Communication Engineering (ICACCE)*, 235-242), IEEE. doi: 10.1109/ICACCE.2018.8441758
24. Okuda, R., Kajiwara, Y. ve Terashima, K. (2014). A survey of technical trend of ADAS and autonomous driving. In Technical Papers of 2014 International Symposium on VLSI Design, Automation and Test (pp. 1-4). IEEE. doi:10.1109/VLSI-TSA.2014.6839646
25. Perumal, P. S., Sujasree, M., Chavhan, S., Gupta, D., Mukthineni, V., Shimgekar, S. R. ve Fortino, G. (2021) An insight into crash avoidance and overtaking advice systems for Autonomous Vehicles: A review, challenges, and solutions, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 104, 104406. doi: 10.1016/j.engappai.2021.104406

26. Prabhakar, G. ve Biswas, P. (2021) A brief survey on interactive automotive UI, *Transportation Engineering*, 6, 100089. doi: 10.1016/j.treng.2021.100089
27. Robinson, J. (2023). "Police in Germany chase Tesla for 15 minutes after driver turns on autopilot and 'goes to sleep'". Erişim Adresi: <https://news.sky.com/story/police-in-germany-chase-tesla-for-15-minutes-after-driver-turns-on-autopilot-and-goes-to-sleep-12778306> (Erişim Tarihi: 01.04.2024)
28. Robson, K. (2023), Fully self-driving cars unlikely before 2035, experts predict. Erişim Adresi: <https://www.verdict.co.uk/fully-self-driving-cars-unlikely-before-2035-experts-predict/> (Erişim Tarihi: 17.08.2023)
29. SAE International, (2023). Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles J3016\ 202104. Erişim Adresi: https://www.sae.org/standards/content/j3016_202104/ (Erişim Tarihi: 17.08.2023)
30. Seiradakis, J. H. ve Edmunds, M. G. (2018). Our current knowledge of the Antikythera Mechanism. *Nature Astronomy*, 2(1), 35-42. doi:10.1038/s41550-017-0347-2
31. Souders, D. ve Charness, N. (2016) Challenges of older drivers' adoption of advanced driver assistance systems and autonomous vehicles, *Human Aspects of IT for the Aged Population. Healthy and Active Aging: Second International Conference, ITAP 2016, Held as Part of HCI International 2016 Toronto, ON, Canada, July 17–22, Proceedings, Part II 2*, 428-440, Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-319-39949-2_41
32. Stumpf, R. (2022). People Keep Coming Up With Ways to Fool Tesla's Autopilot. Erişim Adresi: <https://www.thedrive.com/article/18168/people-keep-coming-up-with-ways-to-fool-teslas-autopilot> (Erişim Tarihi: 17.08.2023)
33. Synopsys, (2023). The 6 Levels of Vehicle Autonomy Explained. Erişim Adresi: <https://www.synopsys.com/automotive/autonomous-driving-levels.html> (Erişim Tarihi: 17.08.2023)
34. Tesla, (2023g). Full Self-Driving Capability Subscriptions. Erişim Adresi: <https://www.tesla.com/support/full-self-driving-subscriptions> (Erişim Tarihi: 17.08.2023)
35. Tesla, (2023a). Autopilot. Erişim Adresi: <https://www.tesla.com/support/autopilot> (Erişim Tarihi: 17.08.2023)
36. Tesla, (2023b). Cabin Camera. Erişim Adresi: https://www.tesla.com/ownersmanual/modely/en_us/GUID-EDAD116F-3C73-40FA-A861-68112FF7961F.html (Erişim Tarihi: 17.08.2023)
37. Tesla, (2023c). Acceleration Modes. Erişim Adresi: https://www.tesla.com/ownersmanual/modely/en_us/GUID-8EAF5D8-7209-45ED-A7E0-508FFA60C530.html (Erişim Tarihi: 17.08.2023).
38. Tesla, (2023d). Customer Privacy Notice. Erişim Adresi: <https://www.tesla.com/legal/privacy> (Erişim Tarihi: 17.08.2023)
39. Tesla, (2023e). Tesla Insurance Using Real-Time Driving Behavior. Erişim Adresi: <https://www.tesla.com/support/insurance/real-time-insurance> (Erişim Tarihi: 17.08.2023)
40. Tesla, (2023f). Upgrades. Erişim Adresi: <https://www.tesla.com/support/upgrades>. (Erişim Tarihi: 17.08.2023)
41. Tesla, (2023h). Infotainment Upgrade. Erişim Adresi: <https://www.tesla.com/support/infotainment> (Erişim Tarihi: 17.08.2023)

42. The Boring Company, (2023). Tunnels. Erişim Adresi: <https://www.boringcompany.com/tunnels> (Erişim Tarihi: 17.08.2023)
43. Uhlir, D., Sedlacek, P. ve Hosek, J. (2017) Practical overview of commercial connected cars systems in Europe, 9th International Congress on Ultra-Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT), 436-444, IEEE. doi: 10.1109/ICUMT.2017.8255178
44. Viereckl, R., Ahlemann, D., Koster, A. ve Jursch, S. (2015) Racing ahead with autonomous cars and digital innovation, *Auto Tech Review*, 4(12), 18-23. doi: 10.1365/s40112-015-1049-8
45. Wendt, Z. ve Cook, J. S. (2018) Saved by the Sensor: Vehicle Awareness in the Self-Driving Age. *Machine Design*, Erişim Adresi: <https://www.machinedesign.com/mechanical-motion-systems/article/21836344/saved-by-the-sensor-vehicle-awareness-in-the-selfdriving-age> (Erişim Tarihi: 17.08.2023)
46. Xiao, L. ve Gao, F. (2010). A comprehensive review of the development of adaptive cruise control systems. *Vehicle system dynamics*, 48(10), 1167-1192. doi:10.1080/00423110903365910
47. Yeong, D. J., Velasco-Hernandez, G., Barry, J. ve Walsh, J. (2021) Sensor and sensor fusion technology in autonomous vehicles: A review, *Sensors*, 21(6), 2140. doi: 10.3390/s21062140
48. Zhao, X., Sun, P., Xu, Z., Min, H. ve Yu, H. (2020) Fusion of 3D LIDAR and camera data for object detection in autonomous vehicle applications, *IEEE Sensors Journal*, 20(9), 4901-4913. doi: 10.1109/JSEN.2020.2966034
49. Zhou, F., Yang X. J. ve Zhang, X. (2020) Takeover transition in autonomous vehicles: A YouTube study, *International Journal of Human-Computer Interaction*, 36(3), 295-306. doi: 10.1080/10447318.2019.1634317

