

Kooperatif-AUS ve Otonom Araç Teknolojileri: Mevcut Durum, Yenilikçi Teknolojiler ve Gelecek Senaryoları



OTONOM ARAÇLAR

- Otonom araçlar, hareketlilik devrimi yaratmak ve modern ulaşımın öncüsü olmak için son teknoloji iletişim teknolojilerinden yararlanmaktadır.
- Bu akıllı araçlar, en üst düzeyde güvenlik ve verimlilikle ulaşımı sağlayan gelişmiş sistemlerin entegrasyonu ile çalışır.
- Son yıllarda gelişmekte olan haberleşme ve otonom teknolojileri kapsamında otonom araçların geliştirilmesi ve prototipler üzerinden test edilmeye başlanması mümkün kılınmıştır.
- Bu araçların sorunsuz ve verimli bir şekilde çalışabilmeleri için yüksek hızlı, gecikmesiz ve sürekliliği olan haberleşme teknolojilerine ihtiyaç duyulmaktadır.



Otonom araçların özellikleri:

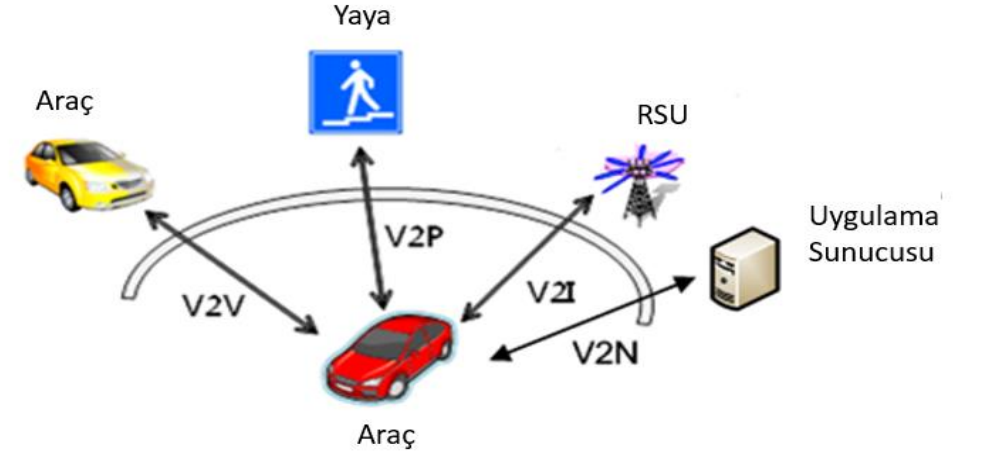
- **Bilgi alma kabiliyeti ve çevre ile iletişimde olma:** Otonom araçlar, aracın çevresi hakkında sürekli olarak veri toplayan LIDAR, kameralar ve radar gibi çeşitli sensörlerle donatılmıştır. Ek olarak, diğer araçlarla ve akıllı altyapıyla temel bilgileri değiş tokuş etmek için Araçtan Araca (V2V) ve Araçtan Altyapıya (V2I) iletişim teknolojilerini kullanarak çevrenin kapsamlı ve güncel bir şekilde anlaşılmasını sağlarlar.
- **Gözlemlenen çevreye dayalı olarak uygun kararlar alma:** Aracın sensörleri tarafından toplanan büyük miktarda veri, gelişmiş yapay zekâ algoritmaları tarafından işlenir. Bu algoritmalar, yol koşullarını değerlendirmek, engelleri belirlemek, yayaları tespit etmek ve diğer yol kullanıcılarının davranışlarını tahmin etmek için bilgileri analiz eder. Bu analize dayanarak otonom araç, hızı ayarlamak, şerit değiştirmek veya gerektiğinde durmak gibi gerçek zamanlı olarak bilinçli kararlar alır.

Otonom araçların özellikleri:

- **Güvenli seyir için gerekli manevraların belirlenmesi ve bu manevraları güvenli şekilde uygulayabilmesi:** Otonom araç, çevresini değerlendirip karar verdikten sonra güvenli seyir için gerekli manevraları hesaplar. Bu özellik, en uygun rotaları planlamayı, uygun hızlanma ve frenleme profillerini seçmeyi ve dönüşler, birleştirmeler ve çıkışlar gibi yaklaşan yol değişikliklerini tahmin etmeyi içerir. Gerekli manevraları belirledikten sonra ise araç hassasiyet ve güvenliği göz önünde bulundurarak bu manevraları gerçekleştirir. Trafik kurallarına uyar, uygun takip mesafelerini korur ve diğer araçlar ve yol kullanıcıları ile etkileşimde bulunur.
- **Bir kullanıcı arabirimi aracılığıyla yolculara bilgi ve manevraların bildirilmesi:** Otonom araçlar, yolcu konforu ve güveni ön planda tutularak tasarlanmıştır. Yolcuları aracın hareketleri, yaklaşmakta olan manevralar ve genel yolculuk ilerlemesi hakkında bilgilendirmek için bilgi-eğlence ekranları veya sesli asistanlar gibi kullanıcı arayüzleri ile donatılmıştır. Bu şeffaf iletişim, yolcu güveninin oluşturulmasına yardımcı olur ve genel sürüş deneyimini geliştirir.

Otonom araçların iletişim ve haberleşmesi

- Otonom araçların iletişim becerisi, bu araçların tam kapasite ile hizmet verebilmesi için oldukça gereklidir.
- Bu nedenle de bu iletişimin ve haberleşmenin gerçekleşmesi için birçok protokol üretilmiştir.
- Bu protokollerin genel özelliği ise araçlar ve araçların çevresindeki çeşitli unsurlar arasındaki iletişimin sağlanmasıdır. Bu iletişime V2X (Araçtan her şeye) haberleşme de denir.

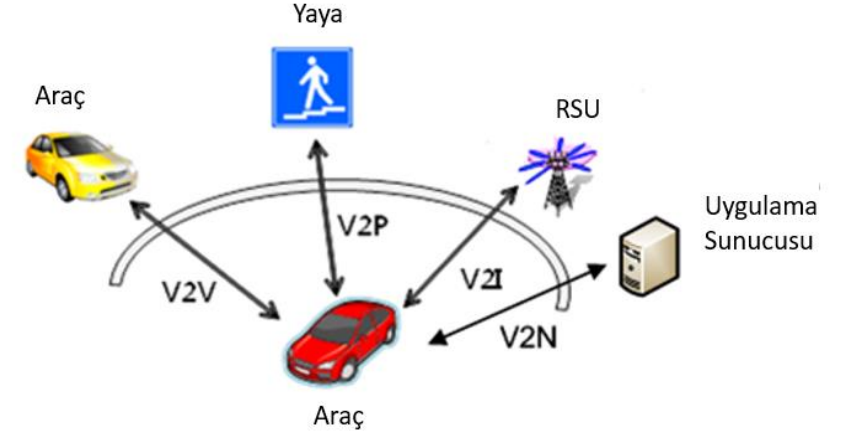


V2X Haberleşme Çeşitleri (Tech-Invite,2022)

Otonom araçların iletişim ve haberleşmesi

V2X haberleşme, **araçların ve araçların iletişim kurabildiği bütün cihazların** arasındaki haberleşme için kullanılan bir terimdir. V2X haberleşme sisteminde yer alan ana haberleşme sistemleri ise:

- iki araç arası haberleşme (V2V haberleşme),
- araçlar ve yol kenarı ünitesi (RSU) gibi altyapılar arasındaki haberleşme (V2I haberleşme),
- araçlar ve yayalar arasındaki haberleşme (V2P) ve
- araçlar ve sunucular arasındaki haberleşme (V2N haberleşme).



V2X Haberleşme Çeşitleri (Tech-Invite,2022)

Otonom araçların iletişim ve haberleşmesi

- **Araçtan Araca İletişim (V2V):** Araçlar arasında doğrudan etkileşim sağlayarak, güvenlikle ilgili kritik bilgilerin gerçek zamanlı olarak değiş tokuş edilmesini sağlar. Hız, konum, hızlanma ve frenleme durumu gibi veriler paylaşılarak durumsal farkındalık artırılır ve araçlar arasında iş birliği teşvik edilir. V2V aynı zamanda araçların bağlantılı bir formasyonda birbirine yakın bir şekilde seyahat etmesini, trafik akışını optimize etmeyi ve enerji tüketimini azaltmayı kolaylaştırır.
- **Araçtan Altyapıya İletişim (V2I):** Araçlar ile çevredeki altyapı arasında bir bağlantı kurar. Bu teknoloji, araçların trafik sinyalleri, yol işaretleri ve diğer akıllı altyapı bileşenleri ile iletişim kurmasını sağlar. V2I aracılığıyla otonom araçlar, trafik koşulları, yol tehlikeleri ve diğer ilgili veriler hakkında gerçek zamanlı bilgiler alır. Bu, rotalarını ve hızlarını optimize etmelerine yardımcı olarak yolculuklarını daha verimli ve güvenli hale getirir.

Otonom araçların iletişim ve haberleşmesi

- **Araçtan Yayaya İletişim (V2P):** Otonom araçlar ile yayalar veya bisikletliler arasındaki iletişimi ifade eder. V2P, araçların yayaların varlığını algılamasına, niyetlerini anlamasına ve potansiyel geçiş yollarını tahmin etmesine olanak tanır. Bu bilgi, otonom araçların hem sürücülere hem de yayalara uyarılar vermesini sağlayarak kazaların önlenmesine yardımcı olur ve savunmasız yol kullanıcıları için daha güvenli bir ortam yaratır.
- **Araçtan Sunucuya İletişim (V2N):** Otonom araçlar ile merkezi bir ağ arasında veri alışverişini içerir. V2N aracılığıyla araçlar, trafik koşulları, harita güncellemeleri ve yazılım geliştirmeleri ile ilgili verileri indirebilir. Havadan güncellemeler, V2N aracılığıyla mümkün kılınarak, fiziksel geri çağırmaya gerek kalmadan araç performansını ve güvenliğini artırır. Ek olarak V2N, gerçek zamanlı trafik verisi toplamayı destekleyerek gelişmiş trafik yönetimi ve planlamasına katkıda bulunur. İletişimin bu yönü, otonom araç filolarının geliştirilmesi ve konuşlandırılması için önemlidir ve sürekli gelişen ulaşım ortamında güncel ve iyi koordine olmasına yardımcı olur.

Otonom araç bileşenleri

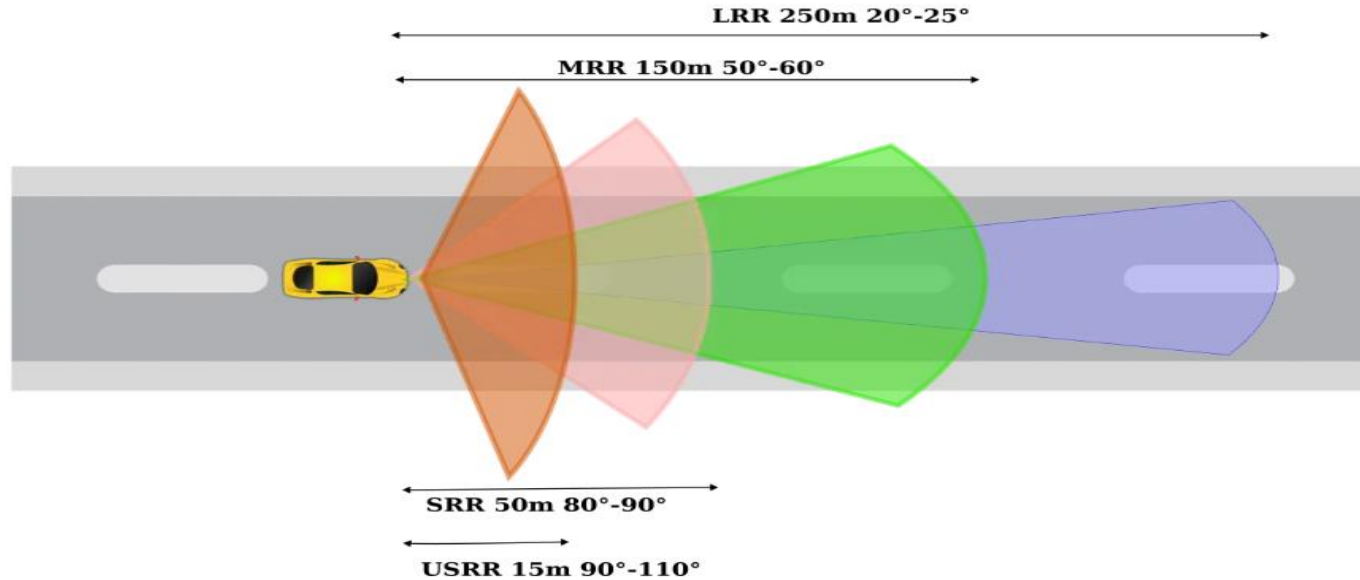
Otonom araçlar, güvenli ve etkili bir şekilde çalışabilmek için çeşitli algılama teknolojilerine ihtiyaç duyar. Bu teknolojiler,

- aracın çevresini hassas bir şekilde algılamasını, diğer araçlar, yayalar ve engeller gibi unsurları tespit etmesini ve doğru bir şekilde konumlandırmasını sağlar.
- araçların güvenli bir şekilde hareket etmesine ve karmaşık trafik durumlarında bile doğru kararlar almasına olanak tanır.
- aracın hızını, yönünü ve durma mesafesini ayarlayarak olası kazaları önceden tahmin edebilir ve gerekli önlemleri alabilir.
- trafiğin akıcılığını ve genel sürüş deneyimini de optimize eder.

Otonom araç bileşenleri

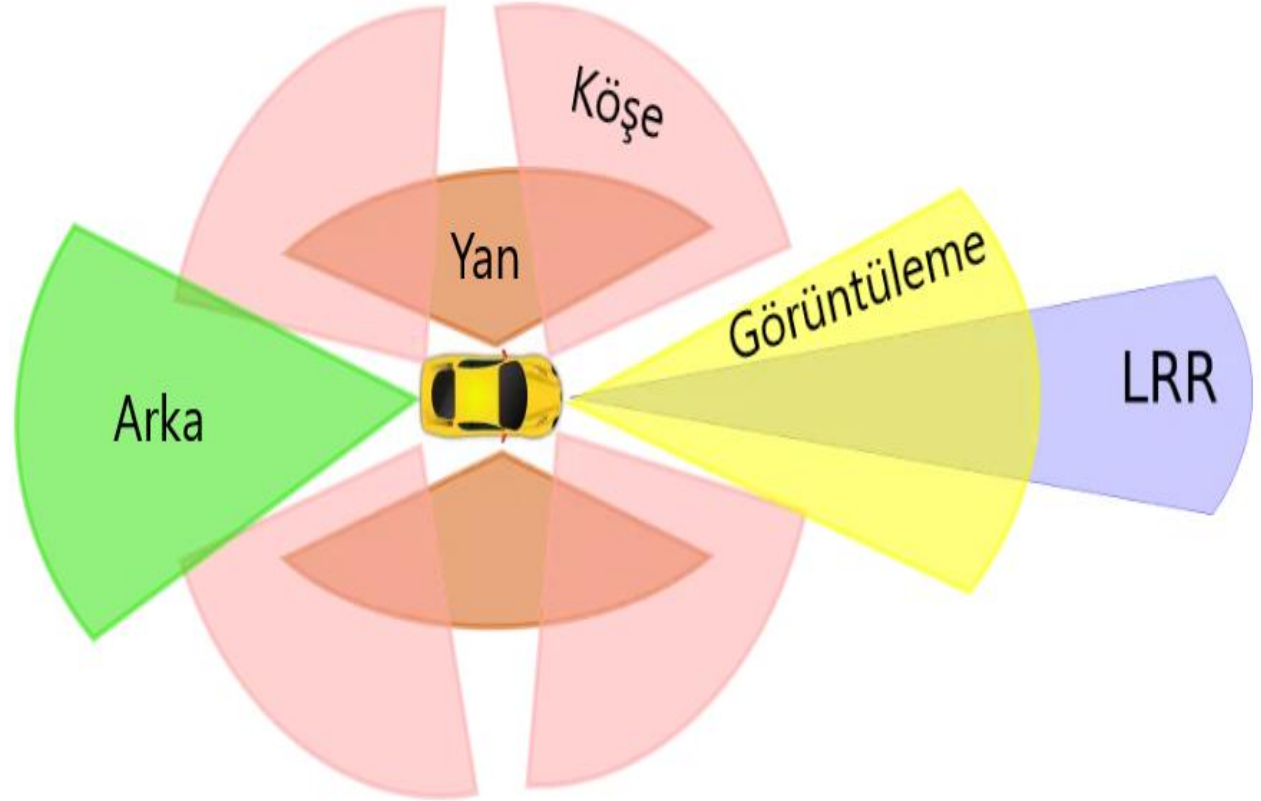
Radar

- Radar kelimesi, radyo algılama ve menzil kısaltmasından gelir. Adından da anlaşılacağı gibi radarlar, vurduğu hedeflerin özelliklerini belirlemek için radyo dalgalarını kullanır. Bu özellikler arasında varlık, uzaklık, hız, yön ve büyüklük bulunur.



Otonom araç bileşenleri

Bir radar sistemi en basit ve genel haliyle radyo sinyallerini gönderen bir vericiden ve hedeflerden yansıyan enerjiyi yakalayan bir alıcıdan oluşur (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2023).

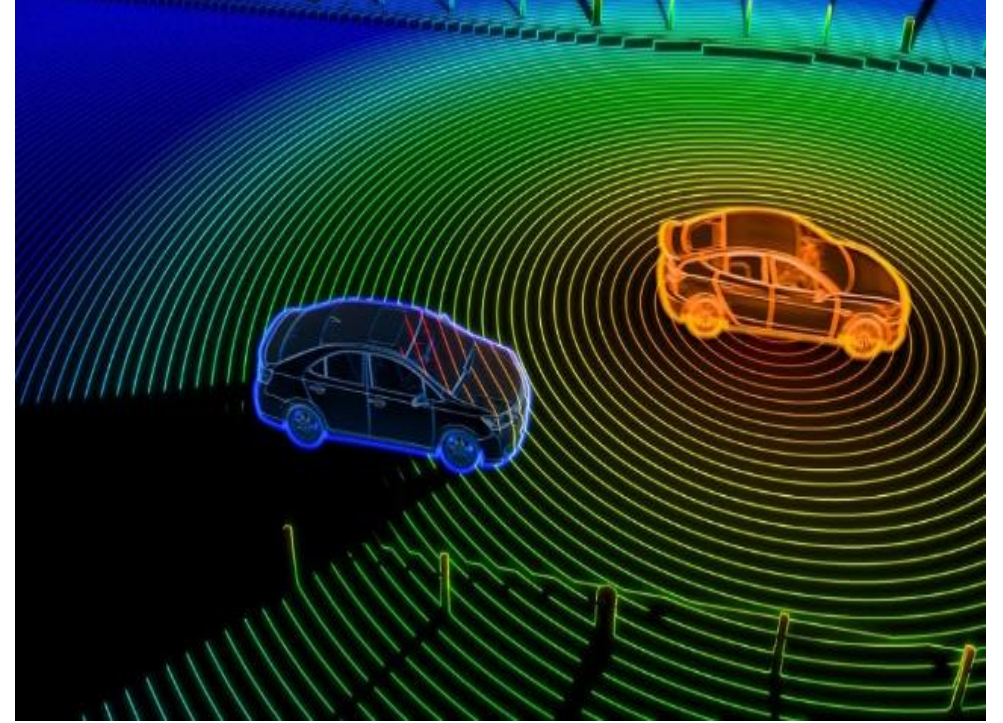


Bir Otonom Araçta Bulunması Gereken Radarlar (Keysight Blogs, 2024).

Otonom araç bileşenleri

LIDAR:

- Işık Tespiti ve Uzaklık Tayini olarak adlandırılan bu teknoloji en genel haliyle lazer ışınları yardımıyla sensör ile nesneler arasındaki uzaklığı ölçmeye yarar.
- Işık hızında çalışması sayesinde yüksek doğruluk sağlar.
- Lazer ışınları kullandığı için sabit olarak değil, sürekli hareket halinde çalışmaya ihtiyaç duyar.
- Bu süreklilik sayesinde daha hassastır ve nesneleri daha yüksek çözünürlükle görselleştirebilmektedir.



Otonom Araçlarda LIDAR Görüşü

(AZO Materials, 2018).

Otonom araç bileşenleri

Kamera: Araçlara yönelik 360° kamera sistemi, aracın çevresinin kapsamlı bir görünümünü sağlayarak güvenliği ve manevra kabiliyetini artıracak şekilde tasarlanmıştır.



Araç İçi Ekrandan Kamera Görüntüsü (Spinny Car Magazine, 2013)

Otonom araç bileşenleri

- **Ultrasonik Sensör**

Genellikle kısa mesafeli algılama gerektiren uygulamalarda kullanılır ve bu nedenle düşük hızda gerçekleşen manevralarda ve park etme sırasında önemli bir rol oynar (Robotistan, 2021).



Ultrasonik Sensör (Medium, 2019)

Otonom araç bileşenleri

Kızılötesi Sensör:

- Kızılötesi ışınlar kullanarak çevredeki nesneleri algılar ve mesafe ölçümleri yapar.
- Otonom araçlarda çevresel algılama ve güvenli sürüş sağlama amacıyla kullanılan önemli teknolojik bileşenlerdendir.
- Özellikle düşük ışık koşullarında veya gece sürüşlerinde etkili bir performans sergiler.



Kızılötesi Sensör Örnek Görüntüsü (Fluke, 2023)

Otonom araç bileşenleri

Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi

- Otonom araçlar, güvenli ve etkili çalışabilmek için Küresel Navigasyon Uydu Sistemi'ne (GNSS) büyük ölçüde bağımlıdır.
- ABD tarafından kullanılan GPS, Avrupa Birliği tarafından kullanılan Galileo, Rusya tarafından kullanılan GLONASS ve Çin tarafından kullanılan BeiDou uydu konumlandırma servisleri araçlara gerçek zamanlı konum bilgisi sağlamaktadır.
- Bu sistemler, otonom araçların konumlarını hassas bir şekilde belirlemelerine, rotalarını takip etmelerine ve çevrelerini haritalandırmalarına olanak tanır. GNSS verileri, diğer sensörlerle (LIDAR, radar, kameralar) entegre edilerek, araçların güvenli ve doğru bir şekilde navigasyon yapmasını sağlar.

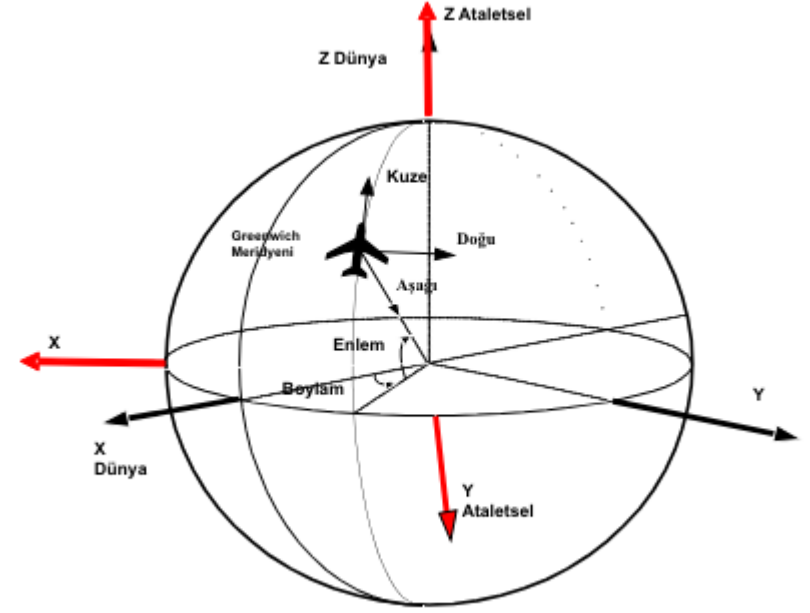


Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi (GNSS) (Bodet Time, 2022)

Otonom araç bileşenleri

Ataletsel Seyrüsefer Sistemleri

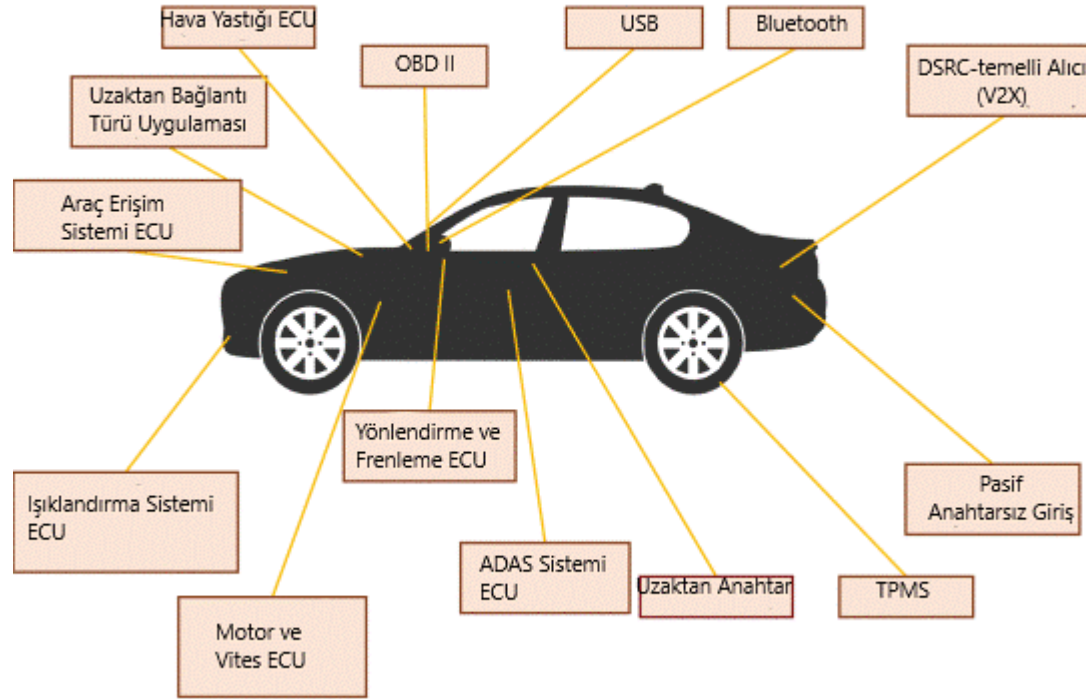
- İnsansız araçların hız ve yönelimdeki değişiklikleri takip ederek otonom olarak gezinmesine olanak tanır.
- GPS'in engellendiği ortamlarda sorunsuz bir şekilde çalışmalarını sağlar.
- Dış sinyallerden bağımsız çalışabilmesi sinyal paraziti veya zorlu ortamlarla karşılaşıldığında onu sağlam ve güvenilir kılar (ANELLO, 2023).



Ataletsel Seyrüsefer Sistemlerinde Kullanılan Eksen Takımları (Nalbantoğlu & Seymen, 2007)

Otonom Araçlarda Güvenlik

- Otonom araçlar elektronik yapısı nedeniyle siber saldırılara açık konumda bulunmaktadır.

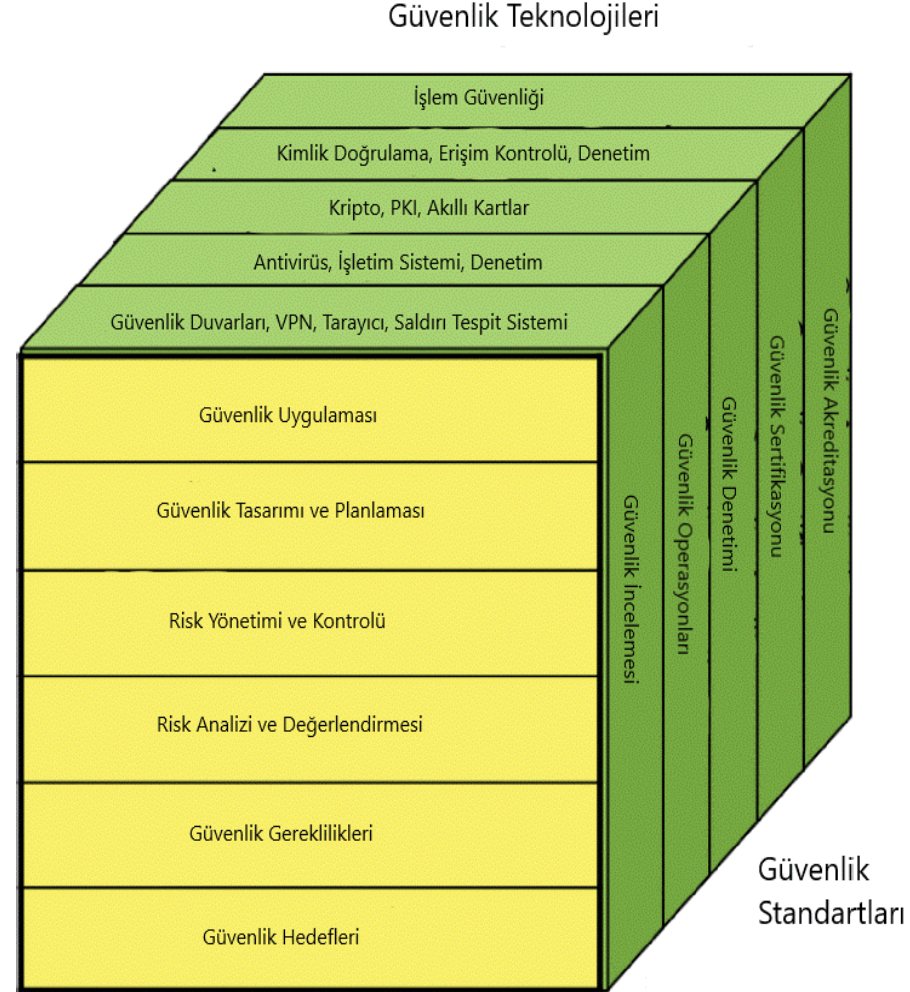


Otonom Araçlara Yönelik Potansiyel Siber Saldırı Kaynakları
(Chattopadhyay vd., 2020)

Otonom Araçlarda Güvenlik

Otonom araçlarda siber saldırı savunması için

- güvenlik teknolojisi ve
- güvenlik standartlarının bir araya gelmesi sayesinde güvenlik yönetiminin katmanları belirlenir.



Güvenlik Yönetimi Katmanları
(Chattopadhyay vd., 2020)

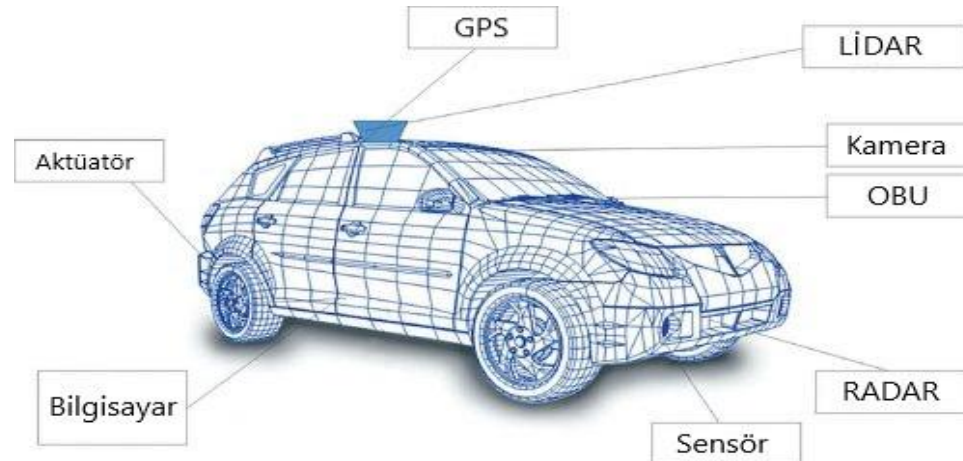
Otonom Araçlarda Güvenlik

Bu katmanlar arasından dikkat edilmesi gereken kısımlar güvenlik gereklilikleri ve hedefleridir (Chattopadhyay vd., 2020):

- Uzaktan Kontrol İşlevlerinin Bütünlüğü: Saldırganın uzaktan kontrol sistemini ele geçirmesini engeller.
- Sensör Sistemlerinin Bütünlüğü: Sensörlerden gelen navigasyon ve güvenlikle ilgili verilerin aslının değiştirilmesini engeller.
- Frenleme ve Hız Kontrolü gibi Güvenlikle Alakalı Kontrol Operasyonlarının Bütünlüğü
- Yönlendirme, Frenleme ve Hız Kontrolü gibi Navigasyonla Alakalı Kontrol Operasyonlarının Bütünlüğü:
- Otonom Araç ile Trafik Yönetim Sistemi Arasındaki Haberleşmenin Gizliliği
- Otonom Araç ile Üreticisi Arasındaki Haberleşmenin Gizliliği ve Bütünlüğü: Otonom aracın yaşam döngüsü yönetimi sağlanır.
- Otonom Araç ile Bakım Atölyesi Arasındaki Haberleşmenin Gizliliği ve Özgünlüğü
- Otonom Araç İçerisinde Depolanan Kriptografik Anahtarlama Materyalinin Gizliliği

Otonom Araçların Trafik Sıkışıklığına Etkisi

- Otonom araçların birbirleriyle gerçek zamanlı olarak iletişim kurabilmesi ve bu doğrultuda koordineli hareket etmesi sayesinde trafik akışı iyileştirilebilir.
- Otonom araçlar daha düşük takip mesafelerinde gidebilmesi sayesinde yolun daha etkin bir biçimde kullanılmasını sağlar (Metz, 2018).
- ABD Ulusal Hanehalkı Seyahat Anketi'nden elde edilen sonuçlara göre otonom araçların yaygınlaşması ile ev başına düşen araç sahipliği 2,1'den 1,2'ye düşebilir (Metz, 2018). Araç sayısının azalması doğrudan trafik sıkışıklığını azaltacak yönde etki yapacaktır.



Otonom Araçlarda Yakıt Tüketimi ve CO2 Emisyonu

Ulaştırırmadan kaynaklanan sera gazının küresel payının tüm emisyonların yaklaşık %24'ü olduğu tahmin edilmektedir (IEA, 2018).

Otonom araçların kullanımı ile

- homojen trafik akışları,
- daha düşük otoyol tıkanıklığı,
- daha az güçlü motorlara duyulan ihtiyaç vb. nedeniyle çok sayıda enerji ve emisyon avantajı sağlayabilir.

Kurum ve Kuruluşlar Tarafından Yürütülen Çalışmalar

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı

- “Mobilite Yol Haritası” eylem planı kapsamında bağlantılı ve otonom araç teknolojileri üzerine Ar-Ge ve test çalışmalarının yapılabilceğı bir test merkezinin kurulması planlanmaktadır.
- Araçların trafikte karşılaşılabileceğı durumların bir demo içerisinde test edilmesi için hem fiziksel hem de sanal testler planlanmaktadır.
- Belirtilen test merkezinde farklı kurum ve kuruluşlar, özel sektör, üniversiteler ve sivil toplum kuruluşlarının geliştirdikleri otonom araçlar test edebileceklerdir.
- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Milli Teknolojiler Genel Müdürlüğü, testi gerçekleştirecek firmanın sorumluluklarını belirlemektedir.
- Bu test çalışmaları kapsamında hangi test senaryolarının gerçekleştirileceğı ve hangi yolda sürüş yapılacağı, testi yapan kurumun kararına bağılı olacaktır.

Kurum ve Kuruluşlar Tarafından Yürütölen Çalışmalar

- Donanımların birbirleri ile entegre çalışmasını sağlayan kontrol üniteleri ve yazılımlar tamamen Türkiye’de üretilmektedir. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı’nın otonom araç çalışmaları kapsamında seviye 4 otonom araç teknolojilerinin önü açılmaya çalışılmaktadır. Yakın bir tarihte ise seviye 5 için çalışmalara başlanması söz konusudur.
- Bunun yanında Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı öncülüğünde kamu kurumları, özel sektör, üniversite ve STK temsilcilerinin katılımlarıyla otonom araç çalışma grubu oluşturulmuş olup ölkemizde otonom araçların test prosedürünün ve mevzuatının oluşturulması kapsamında “Türkiye’de Otonom Araçların Yaygınlaştırılması İçin Öneriler Raporu” hazırlanmıştır.
- Rapor kapsamında otonom sürüşün yaygınlaştırılması için yol altyapısının oluşturulması kapsamında, gerekli yol işaretlemelelerinin ve Kooperatif-AUS çalışmalarının hız kazanması öncelikli görölen aksiyon adımları arasında yer almaktadır.

Kurum ve Kuruluşlar Tarafından Yürütölen Çalışmalar

Çevre, şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı

- Çevre, şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından 2019 yılında yayınlanan “2020-2023 Ulusal Akıllı şehirler Stratejisi ve Eylem Planı” kapsamında otonom araç teknolojilerinin yaygınlaşmasının akıllı şehirlere doğrudan katkı yapacağını vurgulamıştır.
- Bu bağlamda özellikle otonom otobüsler aracılığı ile toplu taşıma sisteminde otonom araçların kullanımının artmasının sera gazı emisyonlarının azaltılması konusunda önemli bir etkisi olacağı öngörülmektedir.
- Bu amaçla ulaşım altyapsının geliştirilmesi ve uygun mevzuatların düzenlenmesi gerektiği belirtilmiştir (Türkiye Cumhuriyeti Çevre şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2019).

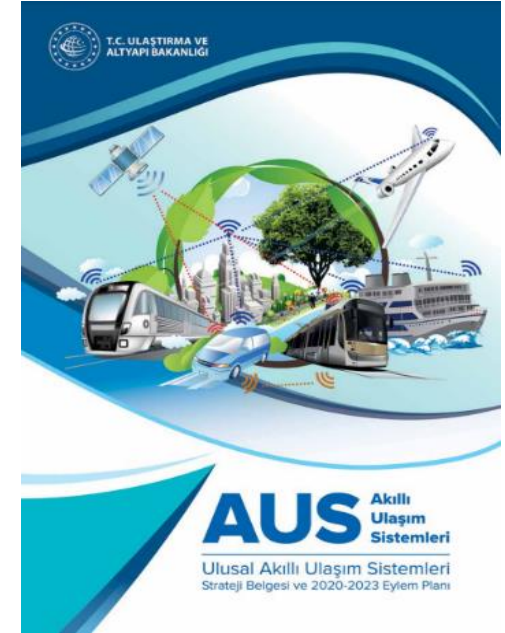


2020-2023
ULUSAL AKILLI şEHİRLER
STRATEJİSİ
VE EYLEM PLANI

Kurum ve Kuruluşlar Tarafından Yürütölen Çalışmalar

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı

- Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından 2020 yılında yayınlanan “Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı” kapsamında altyapının otonom sürüşe hazır hale getirilerek tam otonom araçların ulaşım türleri arasında yaygınlaştırılması uzun dönem hedefler arasında yer almıştır.
- Buna ek olarak otonom araçlara ait testlerin yapıldığı ve sertifikalandırmanın gerçekteştirildiği Otonom Sürüş Test ve Sertifikasyon Merkezlerinin kurulması da hedeflenmiştir.
- Bu amaçla yerli ve milli teknolojilerinin geliştirilmesi için teşvik mekanizmalarının oluşturulması gerektiği öne sürölmüştür (Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2020)



Kurum ve Kuruluşlar Tarafından Yürütülen Çalışmalar

Türkiye Otomotiv Yan Sanayi İhtisas Organize Sanayi Bölgesi (TOSB)

- TOSB İnovasyon Merkezi önderliğinde İTÜ Otomotiv Teknolojileri Araştırma Geliştirme Merkezi (OTAM) ve İTÜ Mekatronik Eğitim ve Araştırma Merkezi (MEAM) ile iş birliği yaparak "Sürücüsüz Araç Test Parkuru" kurulmuştur.
- Gebze'de yer alan bu özel alanda, sürücüsüz araçlar için test sürüşleri gerçekleştirilecektir. Parkur, İTÜ OTAM'ın otonom araçlarını test etmek ve diğer şirketlerin görüntü işleme, yapay zekâ ve otonom araç teknolojileriyle ilgili çalışmalarını yürütmelerine imkân sunacak şekilde geliştirilmiştir.
- Parkur, gelişim sürecinde olan sürücüsüz araç teknolojilerine katkıda bulunmayı ve otomotiv sektöründe yüksek katma değer yaratmayı hedeflemektedir (TOSB | Otomotiv Tedarik Sanayi İhtisas Organize Sanayi Bölgesi, 2023).



TOSB Otonom Araç (TOSB | Otomotiv Tedarik Sanayi İhtisas Organize Sanayi Bölgesi, 2023)

Türkiye’de yapılması gereken yasal düzenlemeler

Geliştirme ve Test Süreçlerinde İzin ve Uyum:

- Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı ile Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı’nın ortaklığında bir çatı kuruluşunun oluşturulması önemlidir. Bu kuruluş ile otonom araçların trafiğe çıkma şartlarının çerçevesi çizilebilir. Böylelikle otonom araç teknolojisi geliştiren kurumlar tek bir otorite ile irtibatta olacaktır ve süreç hızlı ve net ilerleyecektir. Ek bir avantaj olarak da geliştirilen teknolojiler belirli minimum gereklilikleri sağlayacak şekilde çalışacak ve bu sayede belirli bir standart oluşmuş ve ülke genelinde bir birlik sağlanmış olacaktır.
- Otonom araçların farklı bölgelerde test edilmesi gerektiğinde, bu testlerin düzenlenmesi ve koordinasyonu için etkin bir süreç oluşturulmalıdır. Uygun test sahalarının belirlenmesi ve testlerin güvenlik koşullarına uygun şekilde yapılması önemlidir.

Türkiye’de yapılması gereken yasal düzenlemeler

- Otonom araç üreten firmaların test izni alabilmeleri için birtakım kriterlerin belirlenmiş olması oldukça önemlidir. Bu kriterler, otonom araç testlerinin güvenli bir şekilde gerçekleştirileceğinden emin olunacak şekilde tasarlanmalıdır.
- Otonom araç testi, güvenliği tehlikeye atmayan ve diğer trafik kullanıcılarının etkilenmeyeceği kontrollü ortamlarda gerçekleştirilmelidir.
- Trafiğe açık alanlarda yapılan testlerde, diğer sürücülerin ve yayaların güvenliği ön planda tutulmalıdır. Testler öncesinde ve sırasında gerekli önlemler alınmalı ve trafik akışı ve güvenliği etkilenmemelidir.

Türkiye’de yapılması gereken yasal düzenlemeler

Ehliyet Düzenlemeleri:

- Farklı otonom sürüş seviyelerine göre sürücülerin ehliyet alması için gereklilikler belirlenmelidir.
- Otonom araç teknolojisiyle ilgili eğitim programları ve ehliyet sınavları, güncel teknolojik gelişmeler ve güvenli sürüş prensipleri çerçevesinde düzenlenmelidir.

Türkiye’de yapılması gereken yasal düzenlemeler

Veri Toplama, İşleme ve Siber Güvenlik:

- Kişisel verilerin koruması kanununa uygun olarak verilerin güvenli bir şekilde toplanması ve işlenmesi sağlanmalıdır. Ancak, otonom araçlar bütün verileri insan müdahalesi olmadan işlemektedir ve bu nedenle kanun düzenlemesi gerekebilir.
- Veri güvenliği ve gizliliği konusunda sıkı bir denetim ve şeffaf bir yapı oluşturulmalıdır.
- Kullanıcı verilerinin ilgili kişiler haricinde başka bir kişi veya kurumla paylaşılmamasından emin olmak için siber güvenlik önlemleri alınmalıdır.

Türkiye’de yapılması gereken yasal düzenlemeler

Sigorta Düzenlemeleri:

- Otonom araçlar için sigorta düzenlemeleri geleneksel araçlardan farklı değerlendirilmelidir. Otonom sürüş seviye arttıkça yükümlülük araç üreticisine kayar ve bu yüzden poliçe oluşturulurken sürücü ile beraber araç üreticisi de poliçeye dahil edilmelidir.
- Otonom araçların bilgi paylaşımında meydana gelebilecek sızıntılara karşı veri gizliliğini sağlamak için sigortaya ek maddeler eklenmelidir.

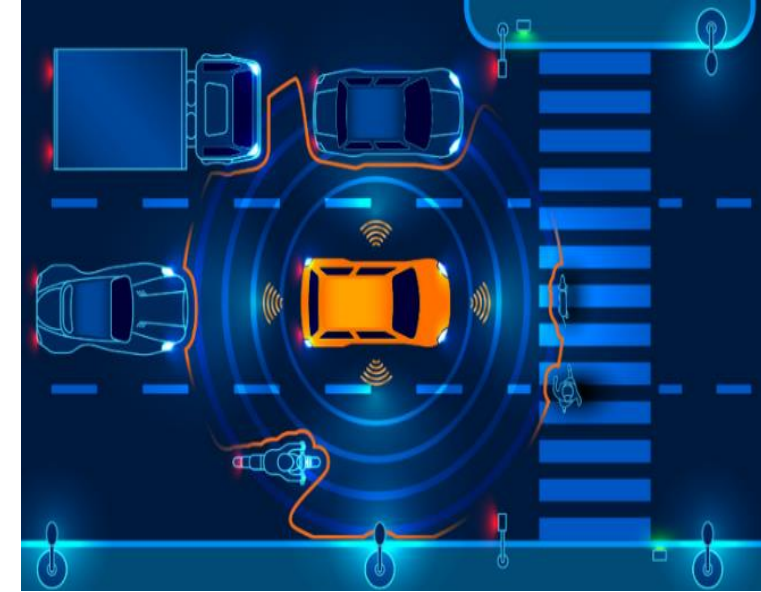
Türkiye’de yapılması gereken yasal düzenlemeler

Sorumluluk Belirleme Süreci:

- Karayolu Trafik Kanunu’nun büyük bir kısmı trafiğin sürücülü araçlardan oluştuğu durumlarda geçerlidir. Bu nedenle, sürücüsüz araçlar trafiğe katıldığında sorun yaşanmaması ve eksikliklerle karşılaşılmaması için gerekli düzenlemelerin bir an önce tespit edilip uygulamaya alınması gerekmektedir.
- Otonom araçların trafikte kullanılmasıyla birlikte, olası kazalarda sorumluluk belirleme sürecinin net ve adil bir şekilde işlemesi gerekmektedir. Bu durum, trafik kanunlarının güncellenmesi ve otonom araçlarla ilgili hukuki altyapının oluşturulmasını gerektirir.

Türkiye’de yapılması gereken yasal düzenlemeler

- Türkiye’de bir araç kazası yaşandığında sorumluluk üç paydada incelenir:
 - Araç İşleticisinin Sorumluluğu
 - Sürücünün Sorumluluğu
 - Araç Üreticisinin Sorumluluğu
- Otonom araçların farklı otonomluk seviyelerine göre sorumluluklarının belirlenmesi, teknik bilgi birikimi ve hukuki uzmanlık gerektiren bir süreçtir.
- Bu konuda SAE’nin belirlediği 6 farklı otonom seviyesi için ayrı ayrı sorumluluklar geliştirilebilir.



Türkiye’de yapılması gereken yasal düzenlemeler

- **Seviye 0 (Otomasyon Yok):** Sürüşün tüm yönlerinden sorumlu oldukları için sorumluluk tamamen insan sürücüye aittir. Bir kaza meydana gelirse, herhangi bir araç uyarısı veya yardım sisteminden bağımsız olarak sürücü tamamen sorumlu tutulur.
- **Seviye 1 (Sürücü Yardımı):** Sorumluluk sürücüye aittir çünkü buradaki otonom seviyesi sadece sürücüye yardım etmekle görevlidir. Öte yandan, sürüş esnasında yardım sistemine tam anlamıyla güvenmek mümkün değildir. Bu duruma sebep; yardım sisteminin alabileceği ve çarpışmalara sebep olabilecek olası yanlış kararlar, trafiğin genel düzeninde sebep olabileceği aksaklıklar ve kompleks trafik ortamlarında oluşabilecek sistemsel hatalar sayılabilir.
- **Seviye 2 (Kısmi Sürüş Otomasyonu):** Sorumluluk öncelikle sürücüye aittir, ancak aracın otomasyonu sorumluluk konusunda paylaşım ihtimalini artırır. Araç otomasyonu devredeyken bir kaza meydana gelirse, sürücünün sistemi gerektiği gibi denetleyip denetlemediği ve müdahale etmek için yeterli zamanı olup olmadığı çok önemlidir.

Türkiye’de yapılması gereken yasal düzenlemeler

- **Seviye 3 (Koşullu Sürüş Otomasyonu):** Aracın otomasyonu belirli sürüş görevlerini insan müdahalesi olmadan yerine getirebildiğinden, sorumluluk daha karmaşık hale gelir. Bir kaza durumunda, sürücünün gerektiği gibi devreye girip girmediğinin ve sistem tarafından istendiğinde devreye girmeye hazır olup olmadığının belirlenmesi kritik hale gelir.
- **Seviye 4 (Yüksek Sürüş Otomasyonu):** Araç belirli koşullarda tamamen otonom sürüş yapabildiğinden, sorumluluk daha çok araca ve üreticilerine kayabilir. Araç, belirlenmiş otonom modunda çalışırken bir kazada kusurluysa, sorumluluk teknoloji ve sistem tasarımcılarına düşebilir. Ancak, yine de sürücünün hiçbir zaman gözünü yoldan ayırmaması gerektiğinden sürücüye de sorumluluk düşmektedir.

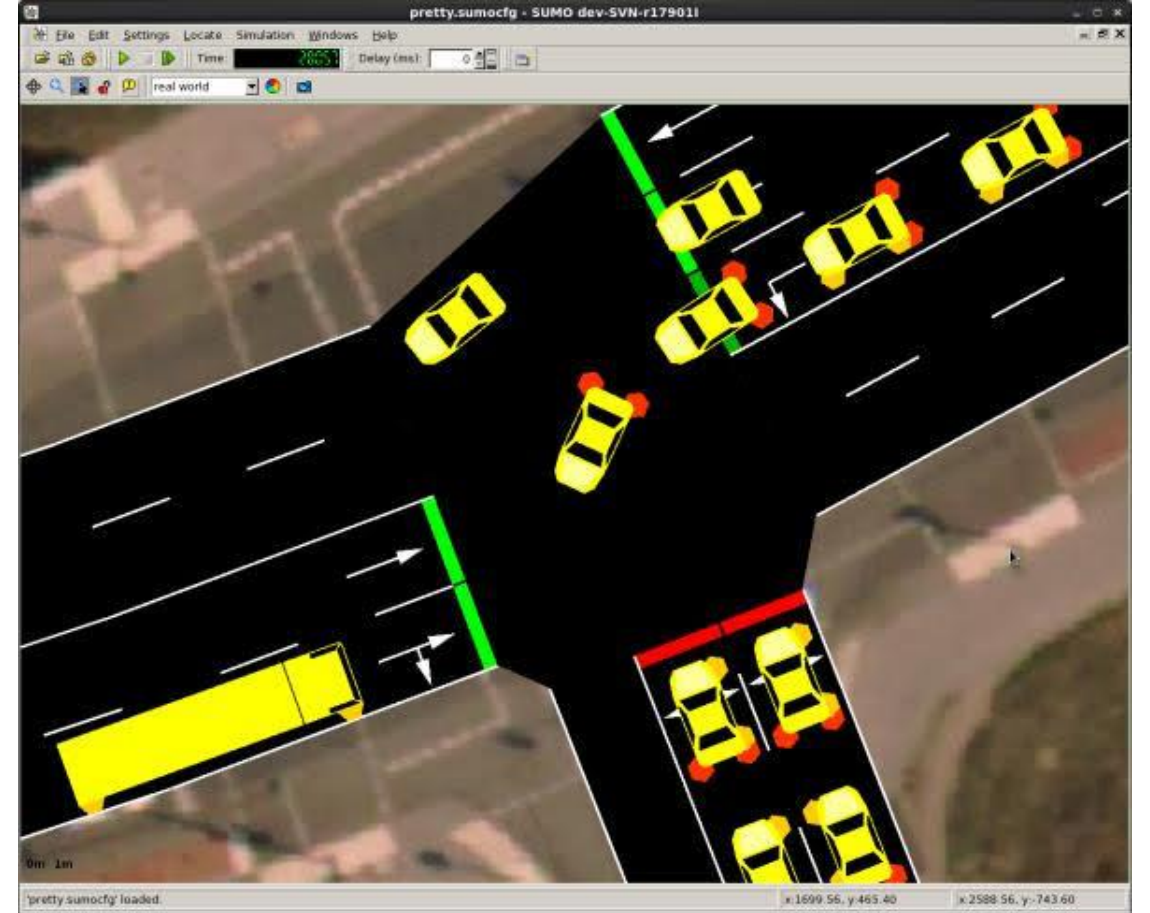
Türkiye’de yapılması gereken yasal düzenlemeler

- **Seviye 5 (Tam Sürüş Otomasyonu):** Araç bütün koşullarda tam otonom sürüş yapabildiği için sorumluluk araç ve sistem tasarımcılarına aittir. Ancak, ne olursa olsun sürüşün tüm yönlerinden sorumlu oldukları için aracın içinde bulunan insanın da sorumluluğu bulunmaktadır. Bir kaza meydana gelirse, teknolojiden sorumlu firmalar ile birlikte herhangi bir araç uyarısı veya yardım sisteminden bağımsız olarak sürücü de sorumlu tutulur.
- Farklı bir perspektif olan direksiyonu olmayan mecburi sürücüsüz araçlarda ise sürücünün bir etkisi olamayacağı için yazılım ve donanım üreten araç üreticisi sorumlu tutulur çünkü araç içinde seyahat eden yolcunun duruma müdahale etme şansı yoktur.
- Bunun yanı sıra aynı uçaklarda olduğu gibi araçlara bir siyah kutu eklenmesi gündeme gelmiştir. Buna göre Japonya siyah kutu eklemenin yararlı olacağını düşünüp şirketlere bu yönde tavsiye verirken Almanya en başından zorunlu tutmuştur (Taeihagh & Lim, 2019) .

Otonom Araçların Yaygınlaşması için Önemli Adımlar

Otonom Araç Test Yönetimi

- Otonom araçların güvenliği ve performansı için testlerin titizlikle yapılması önem taşır.
- Testlerin yapılacağı ortam, araçların fiziksel olarak test edilebileceği açık ve kapalı test alanlarının sanal ortamda hazırlanmış simülasyon çalışmaları olmalıdır.



SUMO Örnek Simülasyon Görüntüsü (The Eclipse Foundation, 2023)

Otonom Araçların Yaygınlaşması için Önemli Adımlar

- Kapalı test alanları otonom araçların test edilmesi için özel olarak tasarlanmış kontrollü ortamlardır. Bu alanlar test pistlerini, deneme alanlarını ve simüle edilmiş kentsel ortamları içerir.
- Kapalı test alanları, geliştiricilerin otonom sistemlerin performansını belirli koşullar altında sistematik olarak değerlendirmesine olanak tanıyan daha kontrollü bir ortam sunar.
- Bu kontrollü ortam, araçları kamuya açık yollara yerleştirmeden önce güvenliğin ve işlevselliğin doğrulanması için gereklidir.

Otonom Araçların Yaygınlaşması için Önemli Adımlar

- Örneğin, 2021 yılında İsveç'te AstaZero isimli firmanın açtığı kapalı test alanı 700 metre uzunluğunda ve 40 metre genişliğindedir ve dünyanın en büyük kontrollü iç mekan test alanıdır.
- Günün 24 saati çalışmaya hazır hale getirilen bu test sahası Volvo şirketinin Ar-Ge çalışmaları için kullanılacaktır. Bütün araç tipleri için otonom teknolojilerinin test edileceği bu mekan özellikle ışıklandırma konusunda diğer test alanlarında ayrılmaktadır.
- Bu özelliği sayesinde zamandan bağımsız olarak senaryo için gerekli olan trafik koşulları oluşturabilmektedir (Traffic Technology Today, 2021).



AstaZero Kapalı Test Alanı
(Traffic Technology Today,
2021).

Otonom Araçların Yaygınlaşması için Önemli Adımlar

- Açık test alanları, otonom araçların günlük koşullarda test edildiği gerçek dünyadaki kamusal alanları ifade eder. Bu alanlar, geliştiricilerin araçların dinamik ortamlar, diğer yol kullanıcıları ve öngörülemeyen durumlarla nasıl etkileşimde bulunduğunu değerlendirmelerine olanak tanıyan halka açık yolları içerir.
- Açık test, gerçek dünyadaki zorluklara ilişkin değerli bilgiler sağlar ancak çeşitli ve kontrolsüz değişkenlerin varlığı nedeniyle ekstra dikkat gerektirir.
- Açık test alanlarına örnek olarak ABD’de kullanımda olan ve toplu taşıma sistemine entegre edilmiş servis araçlarının kullanıldığı rotalar örnek olarak gösterilebilir. Trafiğe çıkmaya hazır hale getirilmiş olan bu araçlar, günlük trafikte seyahat etmektedir ve aynı zamanda veri toplamaya devam etmektedir (Government Technology, 2023).

Otonom Araçların Yaygınlaşması için Önemli Adımlar

● Servis Aracı ● Kargo Robotu ● Otonom Kit ile Donatılmış Araç



ABD'de Otonom Araçların Kullanıldığı Yerler (Government Technology, 2023).

Otonom Araçların Yaygınlaşması için Önemli Adımlar

- 2022 yılında Minnesota Ulaştırma Bakanlığı'nın May Mobility firması iş birliğinde uygulamaya aldığı goMARTI projesi kapsamında yaklaşık 11.000 kişinin yaşadığı Grand Rapids kentinde otonom servis araçları bedava hizmet vermektedir.
- Otonom olarak ilerleyen bu araçlarda acil durumlarda müdahale etmeye hazır bir güvenlik operatörü her zaman bulunmaktadır.



goMARTI Projesi Otonom Aracı
(Government Technology, 2022)

Otonom Araçların Yaygınlaşması için Önemli Adımlar

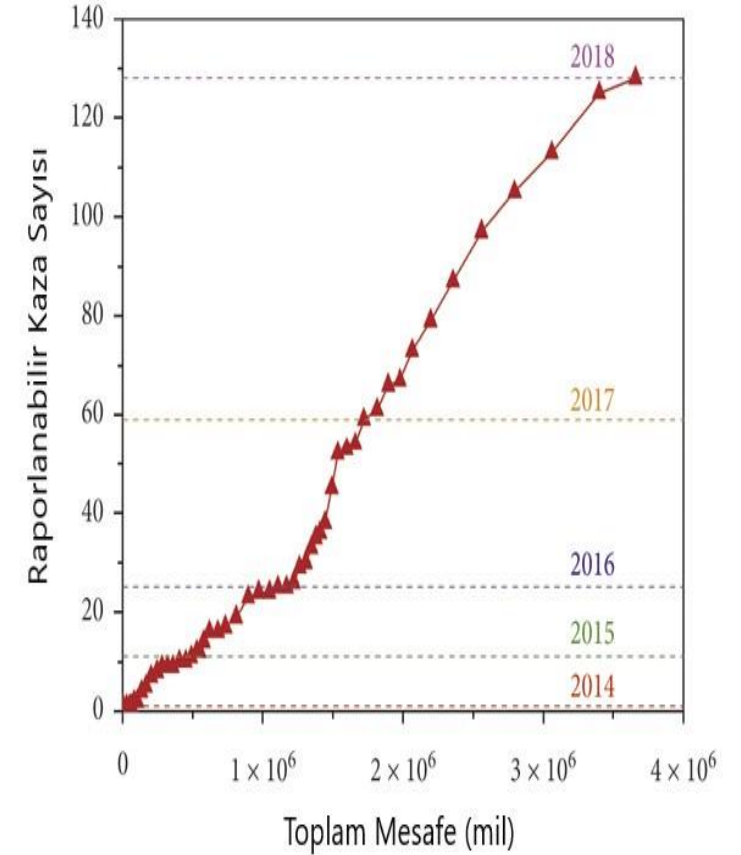
Altyapı Kurulumu ve Bakımı

- Mevcut karayolları otonom navigasyon için gerekli olan gelişmiş sensör ve iletişim teknolojilerini destekleyecek donanıma sahip olmayabileceğinden, altyapı ihtiyaçları otonom araçların yaygınlaşmasının önünde önemli bir engel teşkil etmektedir.
- Yolla konuşmak: Otonom araçların yoldaki altyapılarla (V2I) ve diğer araçlarla (V2V) iletişiminin kurulması için DSRC ve C-V2X gibi haberleşme teknolojilerinin sorunsuz çalışmasını sağlayacak şekilde karayolu altyapısında iyileştirme yapılmalıdır:
- Yolu görmek: Trafik sinyallerinin ve yol işaretlerinin geliştirilmesi gereklidir.
- Yolun basitleştirilmesi: Operasyonel tasarım alanı (ODD) oluşturmak için yol geometrisinde değişiklik, iyileştirilmiş yol tasarımı ve var olan yolun kusurlardan arındırılması gibi çözümler getirilmelidir.

Otonom Araçların Yaygınlaşması için Önemli Adımlar

Kaza Analizleri ve Çözümler

- Otonom araçların yaygınlaşması ile beraber kaza sayılarında ciddi bir düşüş yaşanacağı öngörülmektedir. Buna rağmen otonom araçların da kaza yapabilecek olması riski göz önünde bulundurulmalıdır.
- Algılama hatası, karar hatası, ve/veya eylem hatası nedeniyle otonom araçlardan kaynaklanan kazalar otonom seviyesine göre değişiklik gösterebilir.



Otonom Araçların Yaygınlaşması için Önemli Adımlar

Siber Güvenlik

- 2017 yılında ilgili tüm kamu kurum ve kuruluşları, özel sektör ve akademi camiasının katılımlarıyla ortaya çıkan, 2018 yılında hayata geçirilen, Savunma Sanayii Başkanlığı (SSB) ve Dijital Dönüşüm Ofisi Başkanlığı (DDO) tarafından desteklenen ve SSTEK A.Ş. tarafından yürütülen bir proje olan Türkiye Siber Güvenlik Kümelenmesi, Türkiye'deki ihtiyaçların tespiti ve çözümü için ortaya atılmıştır.
- Siber güvenlik ekosisteminin standartlarını geliştirmek, ülkemizdeki markaların büyümesine destek olmak ve aynı zamanda toplumdaki siber güvenlik bilincini arttırmak için çalışmaktadır (Türkiye Siber Güvenlik Kümelenmesi, 2023).

Otonom Araçların Yaygınlaşması için Önemli Adımlar

Otonom Araçlara Yönelik Standartlar

- Sektör koalisyonları, standart kuruluşları ve diğer girişimler aracılığıyla, işlevsel güvenlikten uçtan uca güvenlik oluşturmaya kadar bir dizi konuda otonom araçların gelişimi için bir dizi standart geliştirilmektedir.
- Mevcut endüstri standartlarının çoğu seri üretim binek araçlara ve ADAS'a yöneliktir, ancak yüksek otomasyonlu sürüş sistemlerinde gerekli standartları geliştirmek için çalışmalar devam etmektedir.

Türkiye İçin Gelecek Çalışma Alanları ve Çıktılar

Otonom Araçların Sektörel Uygulamaları

- **Şehir İçi Toplu Taşıma:** Türkiye'nin büyük şehirlerinde trafik yoğunluğunu azaltmak ve toplu taşımada verimliliği artırmak amacıyla otonom otobüs ve minibüs gibi toplu taşıma araçlarının test edilmesi öngörülebilir. Özellikle İstanbul, Ankara, İzmir gibi şehirlerde bu araçların güvenlik ve trafik düzenine etkisi üzerinde pilot projeler gerçekleştirilebilir. 2022 yılı içinde günlük ortalama 6,4 milyona yakın insanın toplu taşıma aracılığıyla yolculuk ettiği düşünüldüğünde bu alandaki atılım oldukça yararlı olacaktır (Ulaşım Yönetim Merkezi, 2023)
- **Lojistik:** Türkiye'de 2021 yılı itibariyle yük taşımacılığının %90'ı karayolu ile yapılmaktadır (Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2022). Bu kapsamda düşünüldüğünde otonom teknolojiler lojistik sektöründe önemli bir potansiyel taşımaktadır. Büyük şehirlerdeki lojistik merkezleri arasında otonom kamyon ve kargo taşıma araçlarının kullanımı, maliyet ve enerji tasarrufu sağlayarak sektör verimliliğini artırabilir.
- **Tarım ve Kırsal Uygulamalar:** Türkiye'nin kırsal bölgelerinde tarımsal üretim sürecinde otonom traktörler, biçerdöverler ve diğer tarım araçları kullanılabilir. Bu araçlar, hem üretim verimliliğini artırır hem de iş gücü maliyetlerini düşürür. İleri düzeyde sensör teknolojileri ile donatılmış bu araçlar, mahsul izleme, ekim ve ilaçlama gibi görevlerde otonom olarak çalışabilir (EV Magazine, 2024).

Türkiye İçin Gelecek Çalışma Alanları ve Çıktılar

Çevresel Faydalar ve Enerji Verimliliği:

- **Hava Kalitesi:** Elektrikli otonom araçların kullanılmasının teşvik edilmesi temiz şehir hedeflerine ulaşılmasını destekleyebilir. Şu anda araç altyapısı tarafından işgal edilen arazinin azalması daha kompakt kentsel tasarımlara yol açabilir ve daha fazla arazinin işgal edilmesini önleyebilir. Dahası, bu alanı yeşil alanlara dönüştürmek kentsel hava kalitesi üzerinde olumlu etkilere neden olabilir (Silva vd., 2022)
- **Yakıt Tüketimi ve Emisyon:** Otonom araçların enerji verimli sürüş tarzlarına programlanması, trafikteki gereksiz hızlanma ve duraklamaları azaltır, böylece yakıt tüketiminde ve emisyonlarda ciddi düşüşler sağlanabilir (Figliozi, 2020).

Uzun Vadeli Hedefler ve Stratejiler: Ar-Ge ve İnovasyon Teşvikleri:

- **Yeni Ar-Ge Merkezleri ve Teknoloji Geliştirme Bölgeleri:** Türkiye'de otonom araç teknolojilerini geliştiren ve test eden Ar-Ge merkezlerinin sayısını artıracak şekilde teşvik mekanizmaları oluşturulabilir. Bu merkezlerde özellikle sensör, LIDAR, yapay zeka yazılımı, yol algılama ve karar mekanizmaları üzerine çalışan mühendislerin ve araştırmacıların yetiştirilmesi hedeflenebilir.

Türkiye İçin Gelecek Çalışma Alanları ve Çıktılar

- **Sektör-Üniversite İş Birlikleri:** Türkiye'deki üniversiteler ile yerli sanayi arasında iş birlikleri kurularak otonom araç projeleri yürütülebilir.
- **Yerli Üretim Teşvikleri:** Türkiye, otonom araç teknolojisinde dışa bağımlılığı azaltmak için yerli üretimi teşvik edebilir. Bu kapsamda, özellikle sensör teknolojileri, yapay zeka yazılımları, veri işleme birimleri gibi kritik bileşenlerin yerli olarak üretilmesine yönelik hibe ve fonlar sağlanabilir.

Gelecek Stratejilerinin Belirlenmesi

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

Türkiye İçin Gelecek Çalışma Alanları ve Çıktılar

Eğitim ve İş Gücü Gelişimi

Eğitim Programlarının ve Mesleki Gelişim Fırsatlarının Genişletilmesi

- **Üniversite Eğitim Programları:** Türkiye'deki üniversitelerde otonom araç teknolojileri, yapay zeka, veri bilimi, robotik ve akıllı ulaşım sistemleri alanlarında yeni bölümler ve programlar açılabilir. Otonom araçlar için özel mühendislik programları ve sertifika kursları düzenlenerek uzman yetiştirilebilir.
- **Mesleki Eğitim ve Sertifikasyon:** Otonom araç teknolojisine dair mühendislik dışında çeşitli teknik becerilere sahip iş gücüne yönelik mesleki eğitimler ve sertifikasyon programları oluşturulabilir. Bu eğitimler aracılığıyla; araç bakım, otonom sistemlerin kurulumu ve yazılım güncelleme gibi konularda nitelikli iş gücü yetiştirmek hedeflenebilir.

Türkiye İçin Gelecek Çalışma Alanları ve Çıktılar

Araştırma Becerileri Geliştirme ve Uluslararası İş Birlikleri

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

OTONOM ARAÇ TEKNOLOJİLERİ KAPSAMINDA YASAL DÜZENLEMELERİN ÜLKE ÖRNEKLERİ



Otonom Araç Girişimlerine Genel Bakış (World Economic Forum, 2020)

TÜRKİYE'DE OTONOM ARAÇ TEKNOLOJİSİNİN GELİŞİMİ İÇİN GZFT ANALİZİ

- Otonom araçların ülkemizde benimsenmesini teşvik etmek amacıyla, Türkiye'de otonom araç teknolojisinin geleceğine ilişkin **güçlü yönleri, zayıf yönleri, fırsatları ve tehditleri** değerlendirmek üzere yapılmıştır.
- Otonom araç teknolojilerine aşina olmadıklarını kabul eden kurumlar, kuruluşlar, bisikletliler, yayalar, sürücüler ve diğer yol kullanıcıları da dahil olmak üzere yapılan anketler yoluyla Türkiye'nin içteki güçlü ve zayıf yönlerinin yanı sıra dıştaki fırsatlar ve tehditler hakkında bilgi toplandı.

GZFT ANALİZİ

GÜÇLÜ YÖNLER



- Genç nüfusu fazla olan ülkemizde gelişen teknolojilere hızlı adaptasyon sağlanması.
- Türkiye'nin bulunduğu coğrafi konum ve yüklendiği jeopolitik görev nedeniyle birçok farklı ticari, ekonomik, askeri ve siyasi uluslararası kuruluşlara üye olması ve güçlü ilişkilerinin bulunması ile otonom araç gelişmelerinin yakından takip edilebilmesi.
- Ülkemizde otonom araçlar hakkında bilgi birikimine sahip uzmanların bulunması.
- Otokar ve Eaton gibi firmaların otonom araç testlerine başlamış olması
- Ülke genelinde üniversiteler aracılığı ile teknolojiyi geliştirme faaliyetlerinin teşvik edilmesi
- Türkiye Siber Güvenlik Kümelenmesi platformu ile bu alanda güçlü bir zeminin oluşturulmuş olması
- Otomotiv sektöründe yerli üretime adım atılmış olması

GZFT ANALİZİ

ZAYIF YÖNLER

- Piyasa üzerinde paydaşları yönlendirecek, uygulamaları denetleyecek, farklı kesimlerce yapılan çalışmaların birlikte çalışabilirliğini arttıracak bir çatı kuruluş ihtiyacının olması.
- Ülkemizin doğusu ve batısı arasındaki sosyal, ekonomik ve altyapısal farkların çok fazla olması.
- Haberleşme ve iletişim altyapılarının otonom araç uygulamaları özelinde henüz yaygın olmaması.
- Ürün geliştirme konusunda sonuca ulaşmış kurumların test aşamasında takip edeceği bir mevzuatın bulunmaması.
- Otonom araç uygulamaları kapsamında yaşanacak bir sorunda (kaza, hatalı bilgi aktarımı, yaralanma vb.) sorumluların belirlenmesinde devreye girecek yasal düzenlemelerin hayata geçirilmemiş ve yasal mevzuatın oluşturulmamış olması.

GZFT ANALİZİ

FIRSATLAR



- Otonom araçların dünya çapında özellikle toplu taşıma alanında öncelik veriliyor olması
- Otonom araç alanında çalışmaların arttırılması ve hızlandırılması için üniversitelere, araştırma kuruluşlarına ve firmalara özel teşvikler getirilmesi ile otonom araç alanında ülke olarak öne çıkabilme potansiyelinin olması.
- Otonom sistemlerin yeni olması nedeniyle tedarikçilerin bu uygulamalarla ilgili yerli ürün geliştirip piyasaya sunabilmesi.
- İş gücü maliyetlerinin ucuz olması ile yurtdışından yatırımcı çekebilmesi.
- Dünyadaki bilimsel ve teknolojik ilerlemenin geldiği konumun bizim ülkemizdeki ilerlemeleri de hızlandırabilmesi.

GZFT ANALİZİ

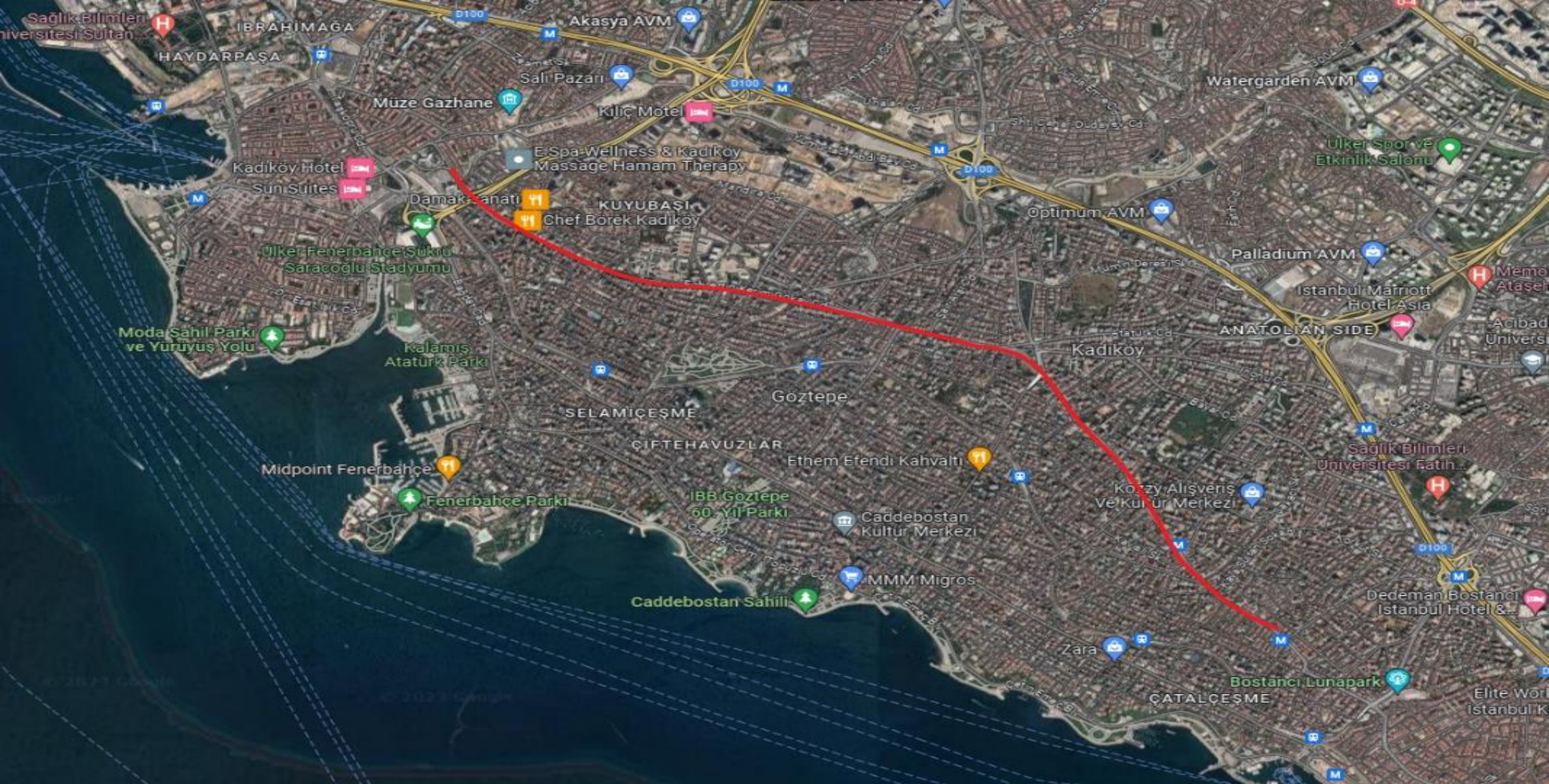
TEHDİTLER



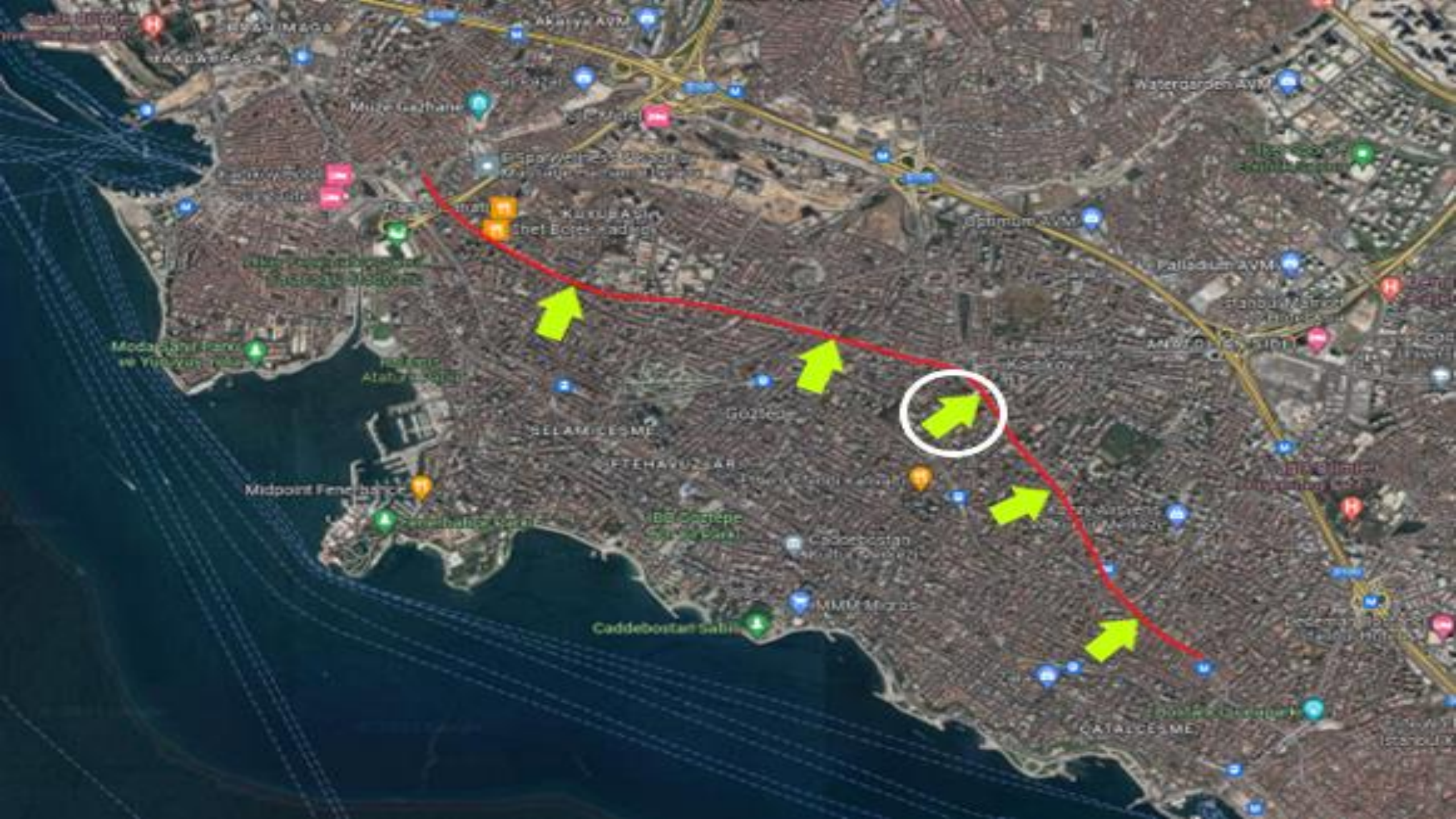
- Otonom araçların özellikle motor gibi ana parçalar konusunda dışa bağımlılık getirme olasılığının olması.
- Otonom araç çalışmalarının yurt dışında belirli bir noktaya gelmiş olması (örneğin; ülke olarak bu çalışmalara uymamız, ülkemize özgün çalışmaların ivmesinin artmasını gerektirebilir).
- Dünyada yaşanabilecek olası sorunlar dolayısıyla ortaya çıkacak tedarik gecikmelerinin otonom araç uygulamalarının etkilenmesine yol açabilecek olması (Örneğin, dünyada yaşanan çip sorunu).
- Beyin göçü nedeniyle nitelikli ve genç nüfusun azalma eğiliminin olması.
- Otonom araçlar konusunda takip edilecek düzeyde tam bir yasal mevzuat bulunmaması
- Ülkemizdeki ekonomik durumdan ötürü otomotiv markalarının yatırım yapmaktan vazgeçmesi veya var olanların çekilmesi

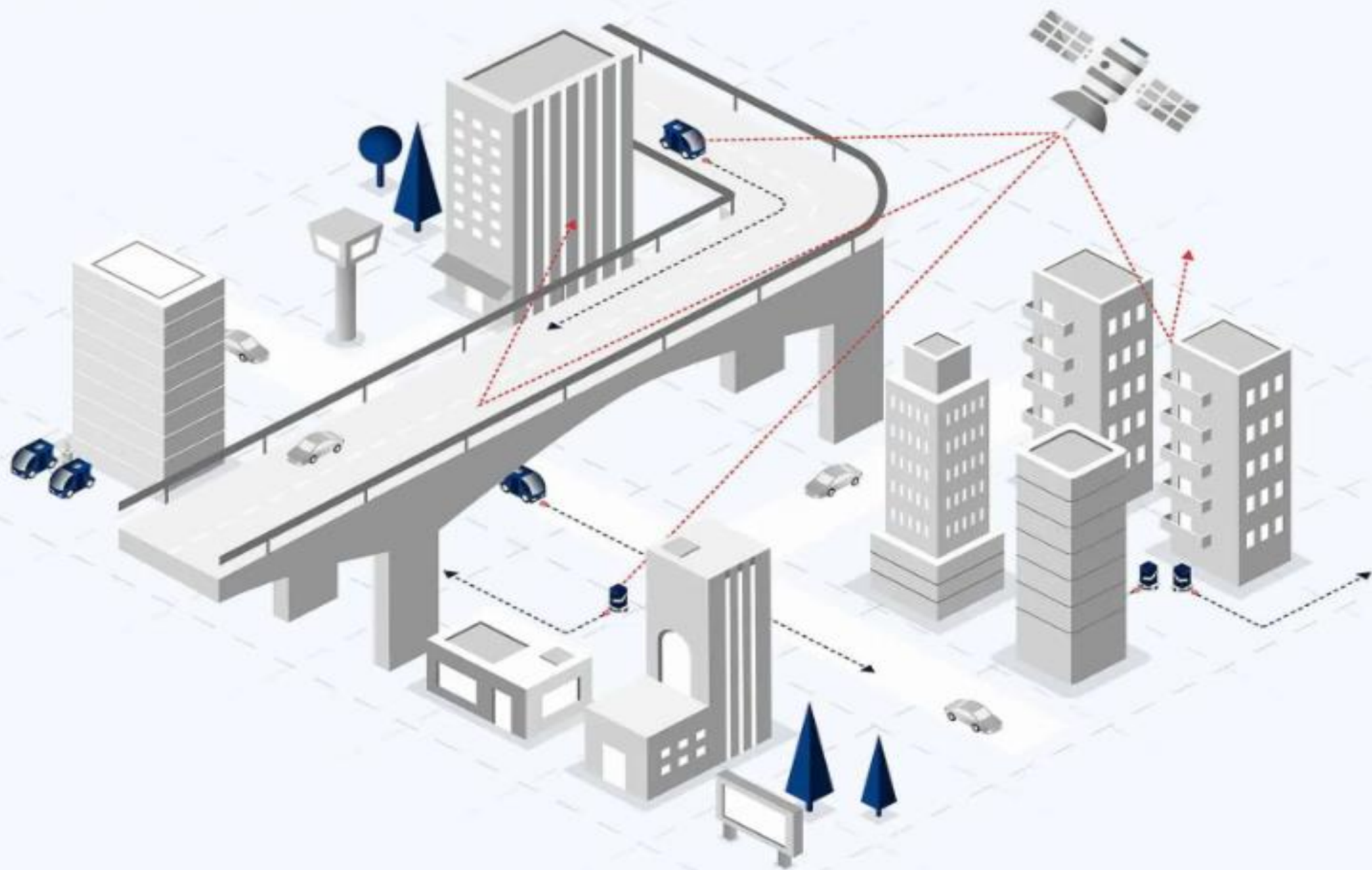


Sumo-gui kullanılarak yapılan simülasyon çalışmasından örnek
gösterim



Simülasyon çalışmaları kapsamında kullanılan yol ağı





Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemleri (K-AUS)



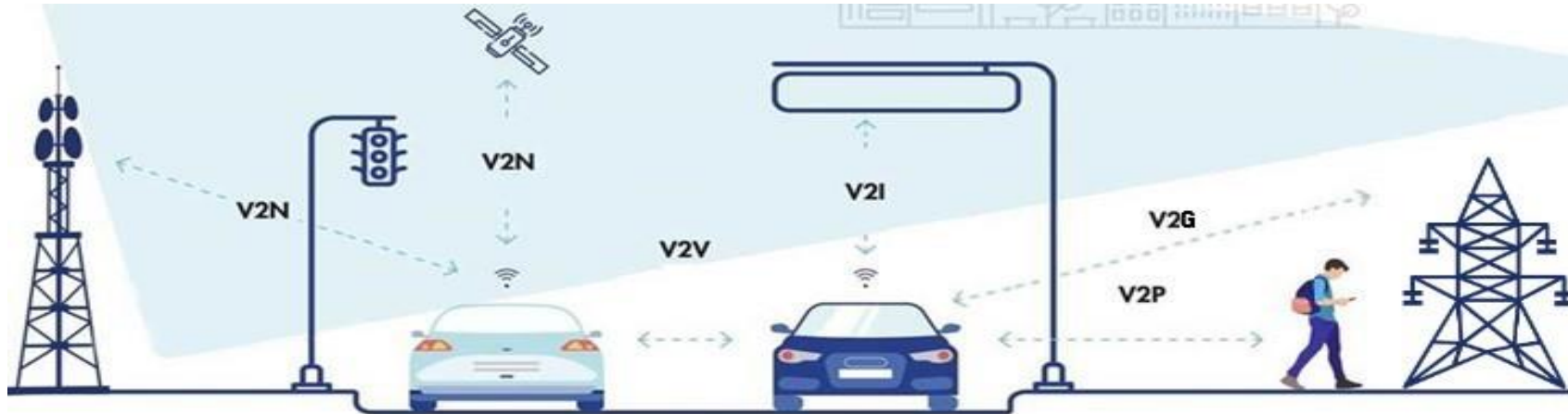
K-AUS Tanımı

Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemleri (K-AUS), araç, altyapı, yaya ve merkez gibi trafiğin bileşenleri arasında kablosuz veri alışverişine dayalı bir haberleşme sistemidir. Bu sistemler trafik akışını optimize eder ve trafik güvenliği artırır. AUS'tan farklı olarak ise etkileşimi arttırıp sistem bileşenlerinin birbirleriyle gerçek zamanlı veri paylaşmasını sağlayarak ulaşımı bir üst segmente taşır. K-AUS sistemlerinin yaygınlaşması sayesinde Türkiye ve dünya için sosyo-ekonomik katkılar elde edilmesi beklenmektedir.



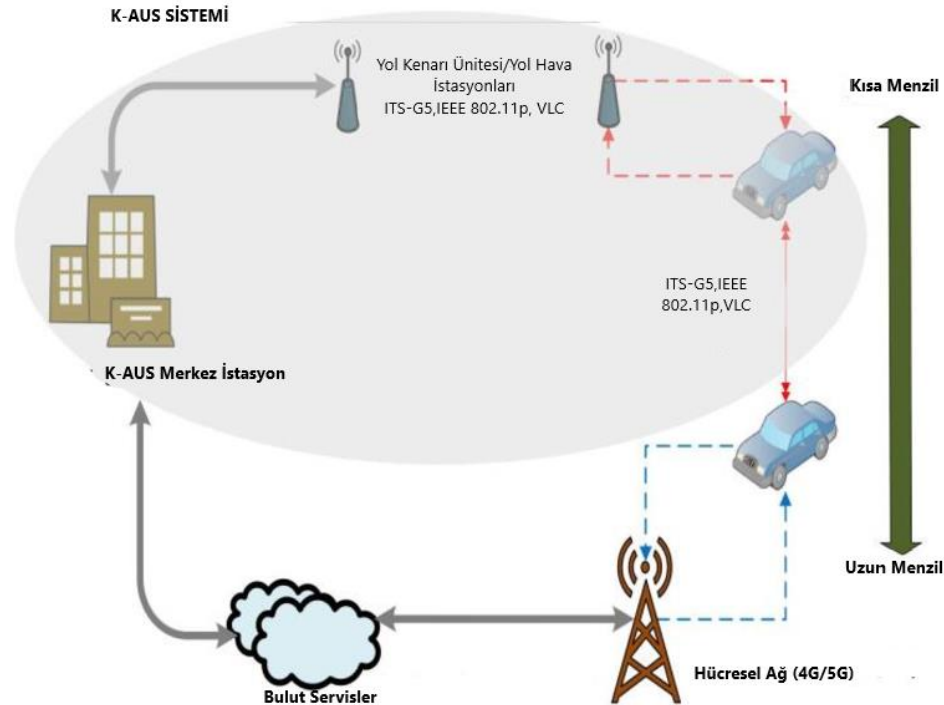
K-AUS'un Temel Unsurları

K-AUS, bilgi ve iletişim teknolojilerine dayalı olarak V2V (araç – araç), V2I (araç – altyapı), V2P (araç – yaya), V2N (araç – ağ) ve V2G (araç-şebeke) haberleşmelerini içerir. Bunların tümüne ise V2X (araç –her şey) haberleşmesi denir.



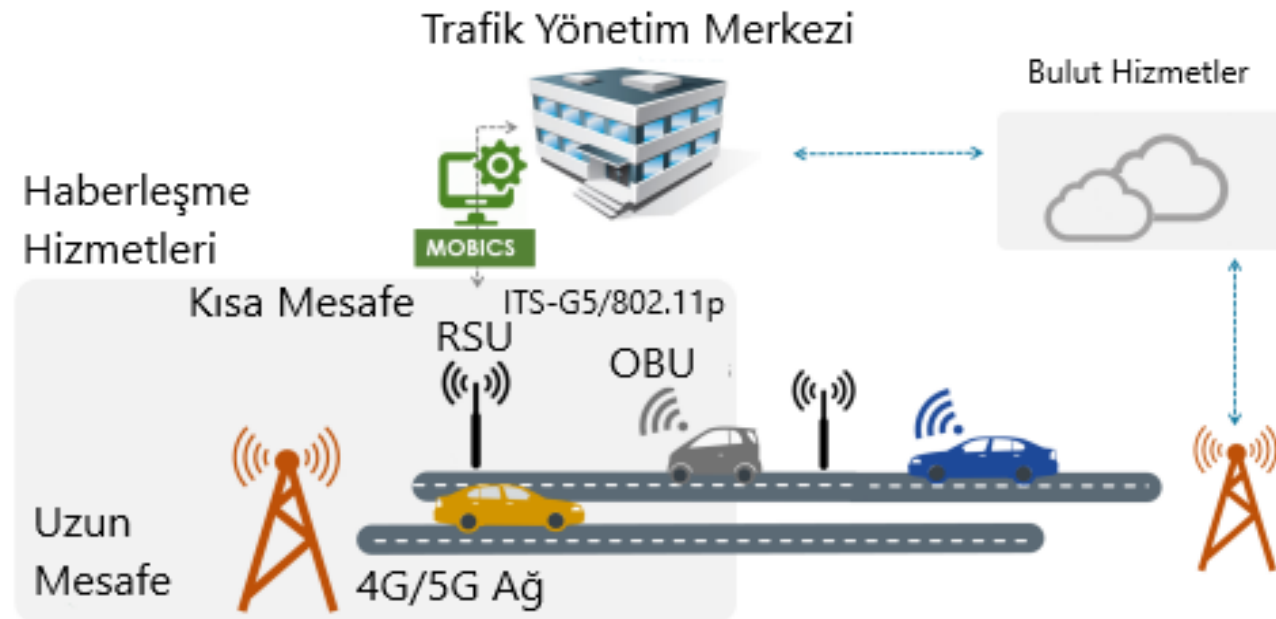
K-AUS Bileşenleri

K-AUS, birlikte çalışan birçok temel bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenler haberleşme sistemleri, gelişmiş sensörler ve akıllı veri işleme sistemleri dahil olmak üzere çok çeşitli ileri teknolojileri kapsamaktadır. Her bir öge, kesintisiz ve hızlı tepki veren bir ulaşım ağı oluşturmada; güvenliğin, verimliliğin ve genel etkinliğin arttırılmasında önemlidir.



Trafik Yönetim Merkezi

Trafik Yönetim Merkezi, K-AUS sisteminde araçlar, altyapı ve haberleşme sistemleri arasında koordinasyonu sağlayan merkezi bir birimdir. Trafik akışlarını izler, kontrol eder ve sürücülere gerçek zamanlı bilgi sunarak daha güvenli ve verimli bir ulaşım sistemi oluşturur. Bu merkez, bağlantılı ve otonom araçların etkin çalışmasını desteklemenin yanı sıra, trafik sıkışıklığını azaltarak sürücülerin bilinçli kararlar almasına katkıda bulunur.



Yol Kenarı Ünitesi (RSU)

Yol kenarı ünitesi (RSU), araçlar ve ulaşım ağı arasındaki iletişimi sağlamak amacıyla yol boyunca konumlandırılmıştır. DSRC veya C-V2X gibi kablosuz iletişim teknolojileriyle donatılan RSU'lar, trafik koşulları, yol tehlikeleri gibi kritik bilgileri gerçek zamanlı olarak ileterek araçların durumsal farkındalığını artırır ve trafik güvenliğini sağlar. Bu sayede, sürücüler potansiyel tehlikeler hakkında bilgilendirilir ve trafik yönetimi optimize edilir.

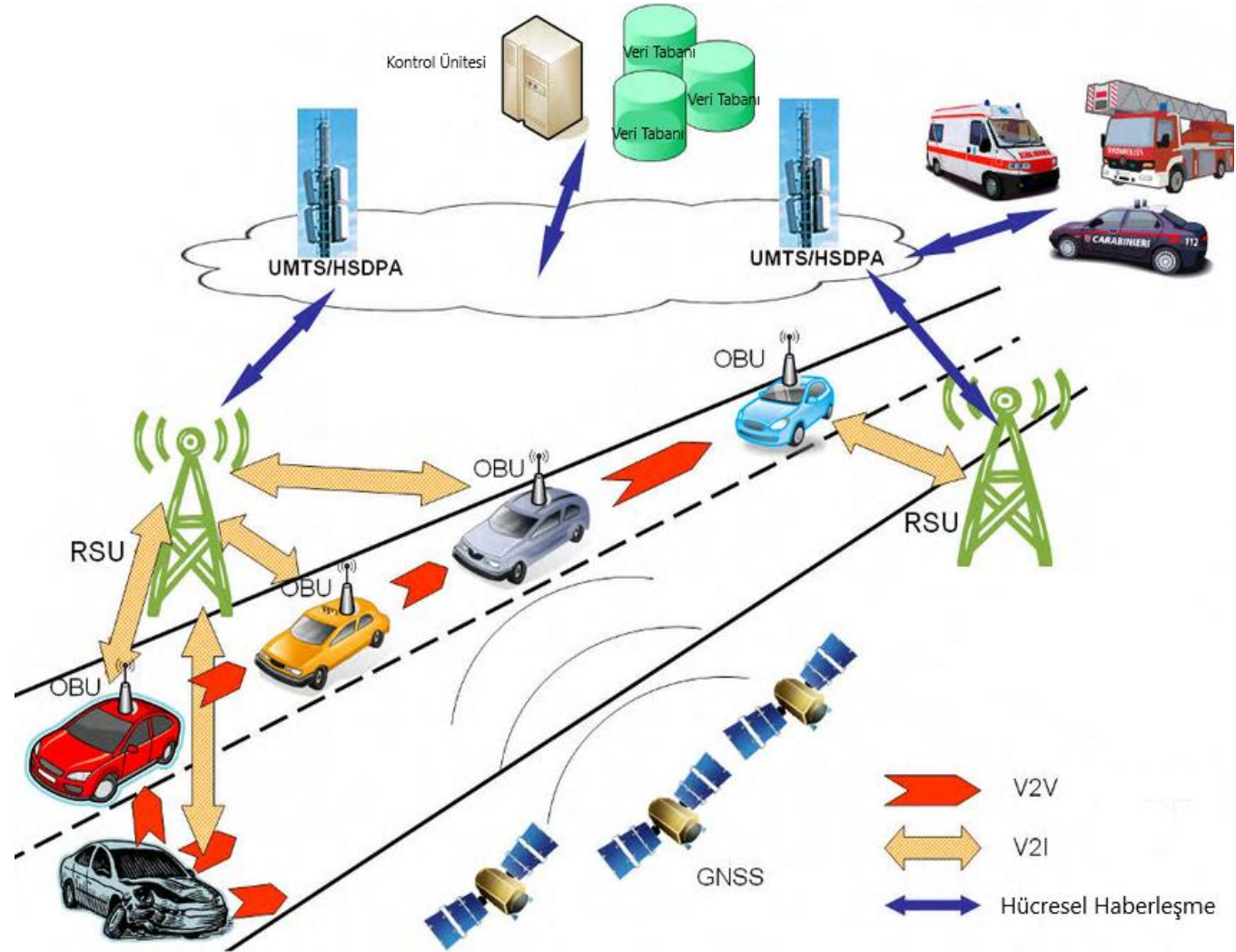


Araç İçi Birim (OBU)

Araç içi birim (OBU), K-AUS sistemine entegre edilen, çevredeki altyapı ve diğer araçlarla bilgi paylaşan bir bileşendir. OBU'lar, DSRC veya C-V2X gibi haberleşme teknolojileri sayesinde diğer araçlarla ve RSU'larla veri alışverişinde bulunur. Sürücülere trafik koşulları, potansiyel tehlikeler gibi gerçek zamanlı bilgiler sunarak güvenliği artırır ve trafik akışını iyileştirir. Ayrıca, kameralar, radarlar ve LIDAR gibi sensörlerle entegre çalışarak çevresel farkındalığı destekler.



OBU ve RSU Yerleşimi Örneği



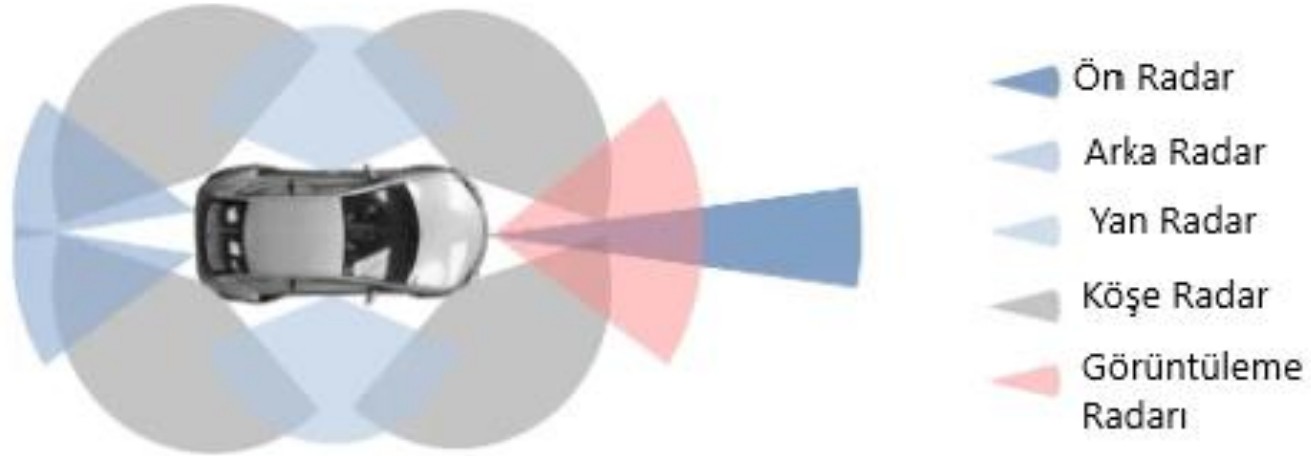
İnsan-Makine Arayüzü (HMI)

İnsan-makine arayüzü (HMI), sürücülerin ve trafikteki diğer yol kullanıcılarının araçlar ve altyapı ile etkileşimde bulunduğu bir arayüz olarak görev yapar. Gerçek zamanlı olarak mevcut trafik durumu, potansiyel tehlikeler ve rota önerileri gibi bilgiler sunarak yol kullanıcılarının daha güvenli ve bilinçli kararlar almalarına yardımcı olur.



Radar

Radar teknolojisi, nesneleri tespit etmek, hızlarını ölçmek ve hareketlerini izlemek için radyo dalgalarını kullanır. Özellikle olumsuz hava koşullarında veya düşük görüş mesafesi olan durumlarda, radar araçların güvenli bir şekilde ilerlemesini sağlar. Çarpışmadan kaçınmaya yönelik uyarılar sunarak sürücü güvenliğini artırır ve potansiyel kazaları önlemeye yardımcı olur.



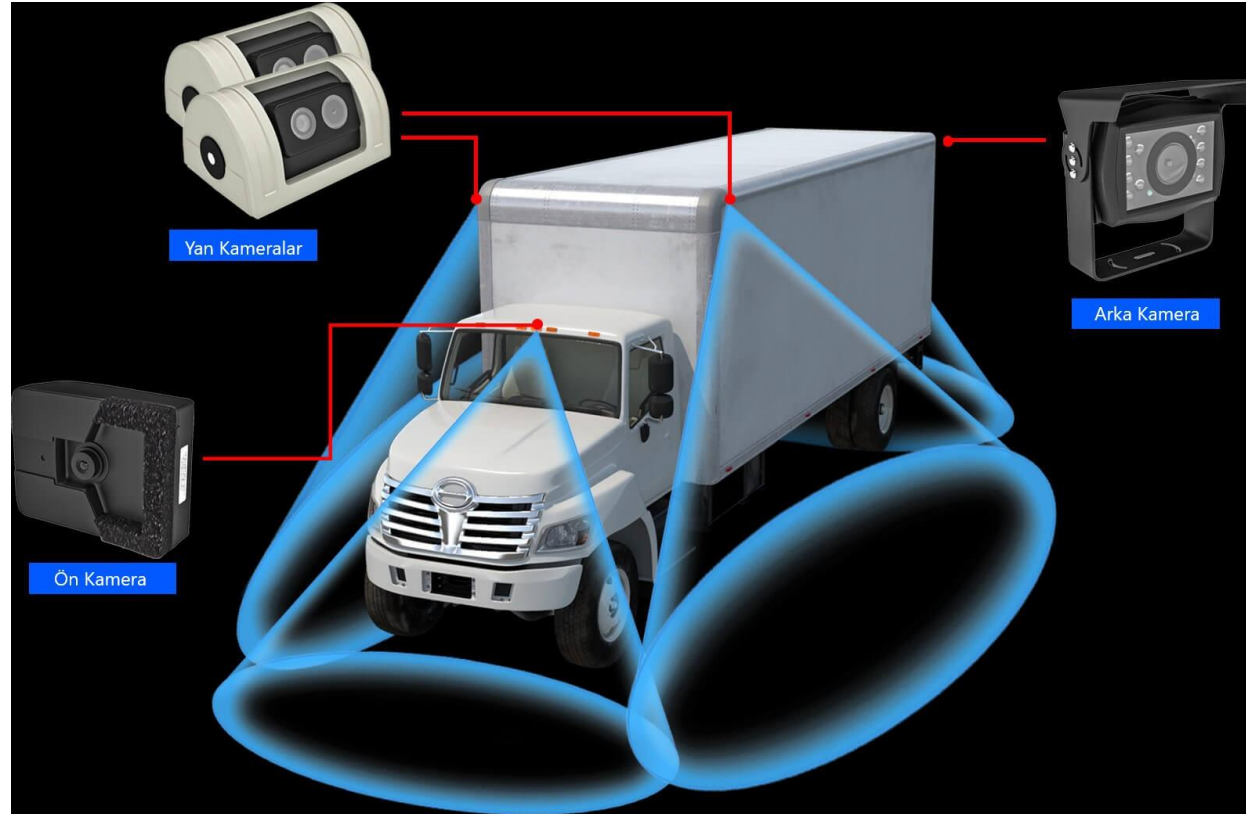
LIDAR

LIDAR, lazer ışığı kullanarak çevrenin üç boyutlu haritasını oluşturan bir teknolojidir. Yüksek çözünürlüklü görüntüler sağlayarak nesne tanıma ve mekânsal algılama süreçlerine katkıda bulunur. Bu özellikleri sayesinde, LIDAR teknolojisi K-AUS sisteminde sürücülerin çevrelerindeki engelleri daha hassas algılamalarını sağlar ve güvenli sürüşü destekler.



Kamera

Kamera sistemleri, trafik işaretleri, şeritler ve yayalar gibi önemli yol öğelerini algılayarak araçlara görsel bilgi sağlar. Bu sistemler, trafikteki savunmasız yol kullanıcılarının tespit edilmesini sağlayarak sürücü farkındalığını artırır ve güvenliği destekler.



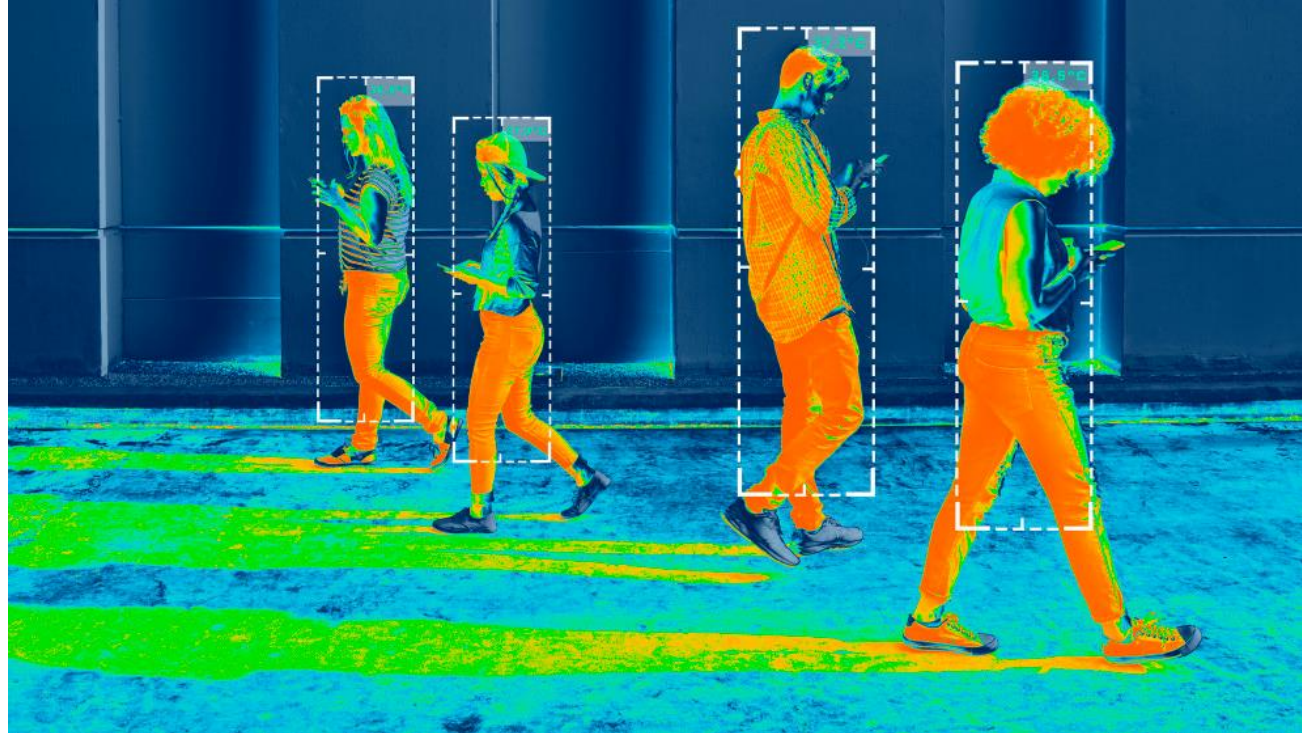
Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemleri (GNSS)

Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi (GNSS), araçların kesin konum bilgilerini sağlamak için uydu tabanlı konumlandırma teknolojilerini kullanır. Bu sistem, araçların rotalarını optimize etmesine, dinamik trafik yönetimine katkıda bulunmasına ve acil müdahalelere yardımcı olur. GNSS, bağlantılı araçların verimli ve güvenli bir şekilde yönlendirilmesini sağlar.



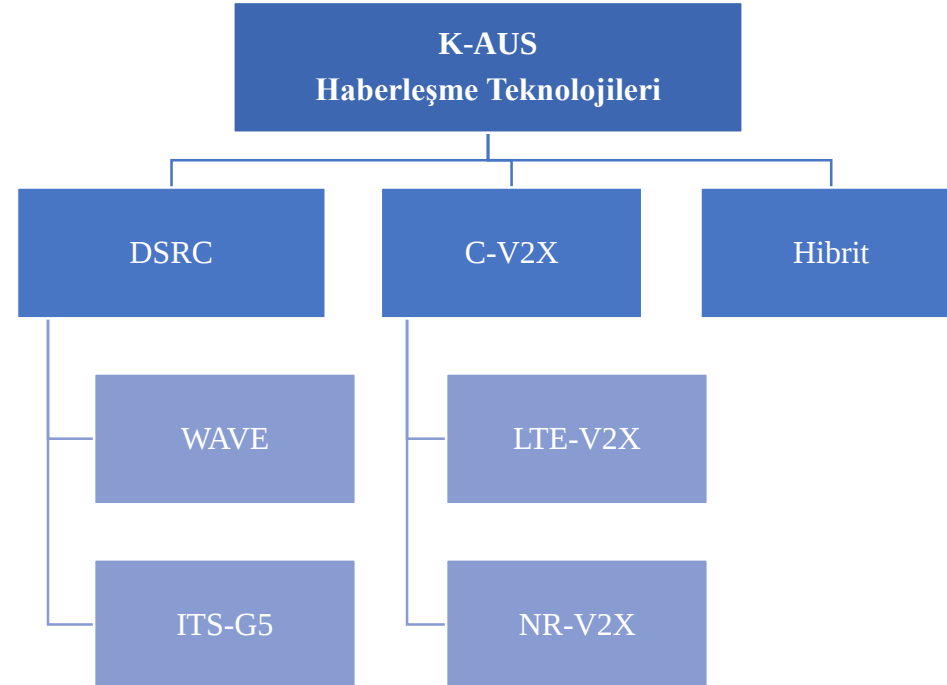
Kızılötesi Sensör

Kızılötesi sensörler, özellikle düşük görüş koşullarında ve geceleri yolun daha iyi algılanmasını sağlayan bir teknoloji sunar. Kızılötesi ışığı kullanarak, yayalar, hayvanlar veya diğer potansiyel engellerin tespit edilmesine yardımcı olur ve gece görüş desteği sağlar.



K-AUS Haberleşme Teknolojileri

K-AUS sistemlerinde iletişim teknolojilerinin seçiminde haberleşme mesafesi, veri kapasitesi ve gecikme süreleri gibi faktörler göz önünde bulundurulur. DSRC (IEEE 802.11p) (Tahsis Edilmiş Kısa Mesafeli Haberleşme) ve C-V2X(Hücresel Şebeke Üzerinden Araç-Herşey Haberleşmesi) teknolojileri, K-AUS hizmetlerinin uygulanması için yaygın olarak kullanılan teknolojilerdir. Bu teknolojiler farklı uygulama senaryolarına göre avantajlar sunar ve güvenlik odaklı trafik uygulamaları için kritik bir rol oynar.

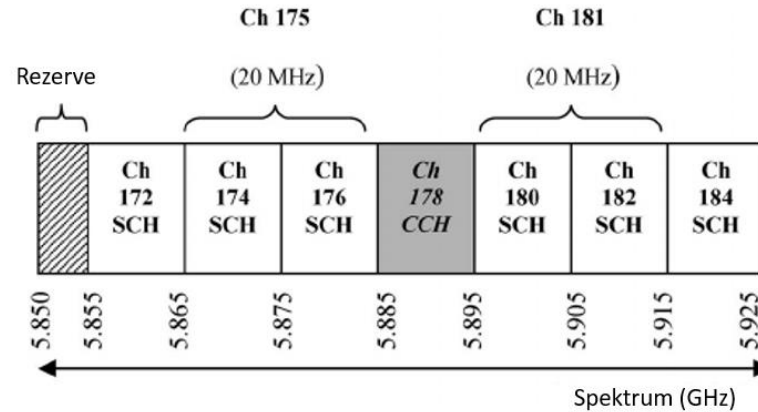


Tahsis Edilmiş Kısa Mesafeli Haberleşme (DSRC)

- 1999 yılında ABD FCC tarafından geliştirilen DSRC (Tahsis Edilmiş Kısa Mesafeli Haberleşme), özellikle kısa mesafeli haberleşme için tasarlanmıştır.
- Araçlar ve yol kenarı altyapısı arasında düşük gecikmeli veri iletişimi sağlar ve acil durum frenlemesi, çarpışmadan kaçınma gibi güvenlik odaklı uygulamaları destekler.
- DSRC'nin en yaygın versiyonu IEEE 802.11p standardı üzerine kuruludur.
- DSRC, veri iletimi için 5,9 GHz bandını kullanır ve yedi kanallı bir spektruma sahiptir.

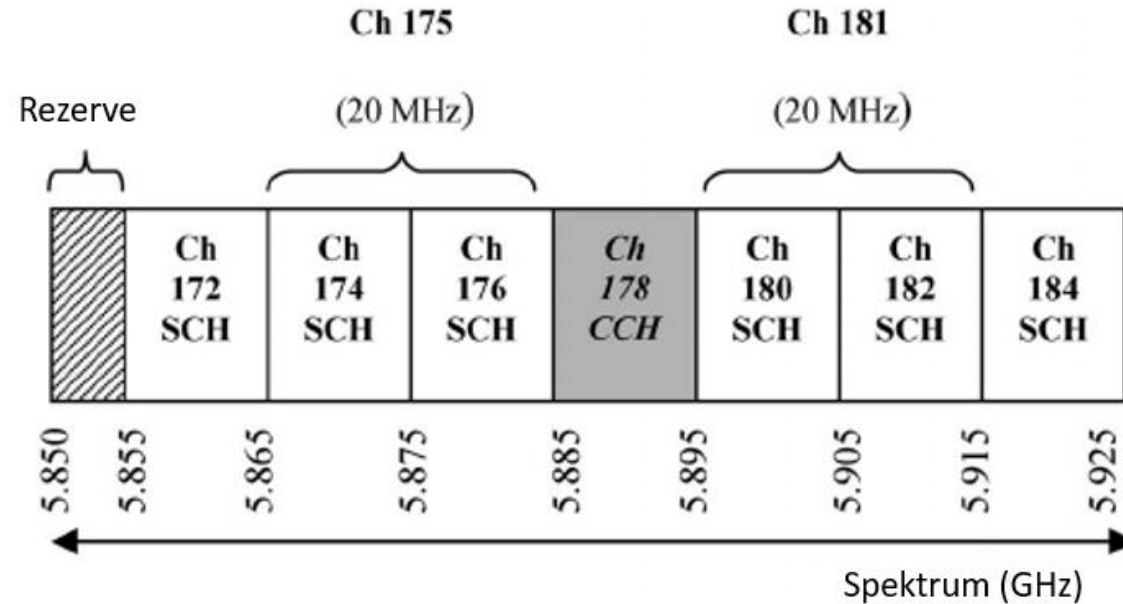
WAVE (Araç Ortamlarında Kablosuz Erişim)

- ABD'nin DSRC sistemi kapsamında geliştirilen WAVE, kısa mesafeli kablosuz iletişimi güvenli ve hızlı bir şekilde sağlamak için 5,9 GHz frekans bandında çalışır.
- WAVE mimarisi, erişim katmanı, ağ ve taşıma katmanı, servis katmanı ve güvenlik katmanı gibi çok sayıda yapı içerir.
- WAVE sistemleri, trafik kazalarını önleme ve yolcu güvenliğini artırma gibi birçok otomotiv uygulamasında kullanılır.



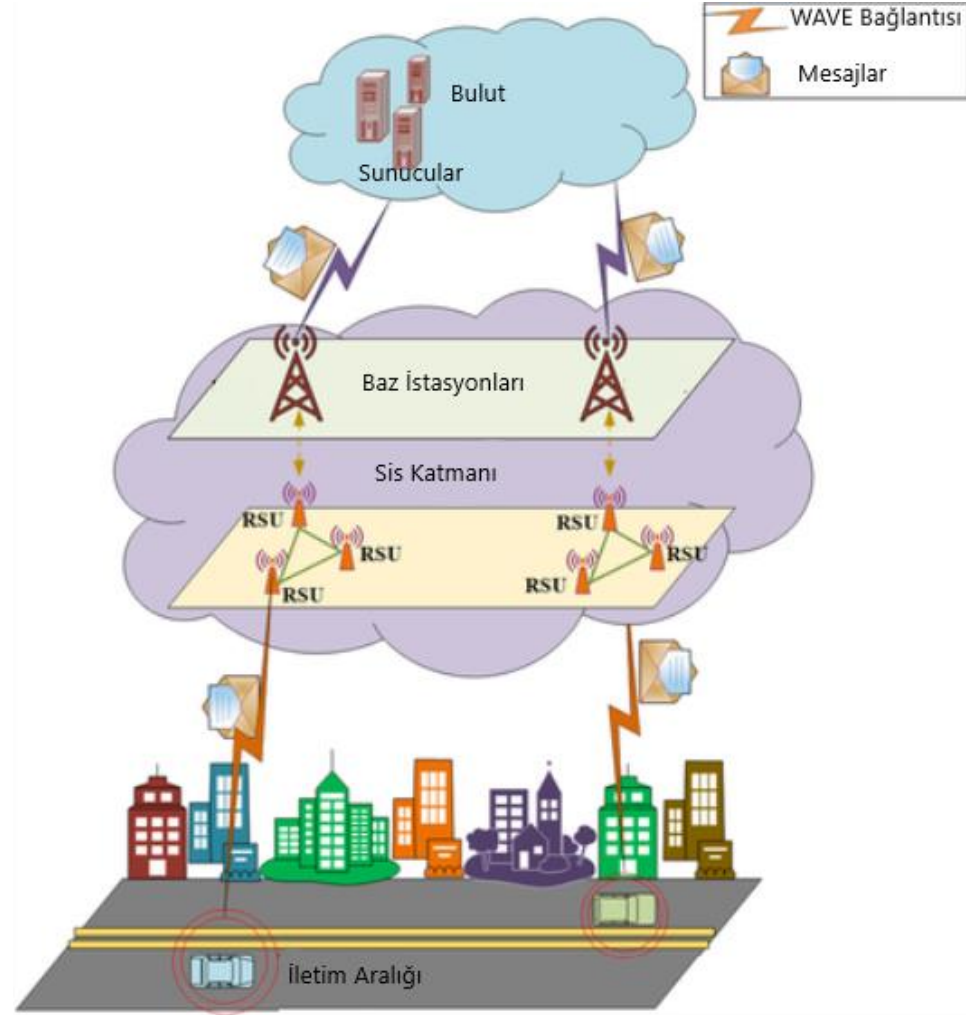
WAVE (Araç Ortamlarında Kablosuz Erişim)

5,9 GHz frekans bandı, genel olarak yüksek hızlı ve düşük gecikmeli bir haberleşmenin yapılmasına olanak sağlamaktadır. Fakat yüksek frekans bandı aynı zamanda kapsama alanını düşürdüğü için WAVE sistemi, 1 kilometre civarında bir kapsama alanına sahiptir.



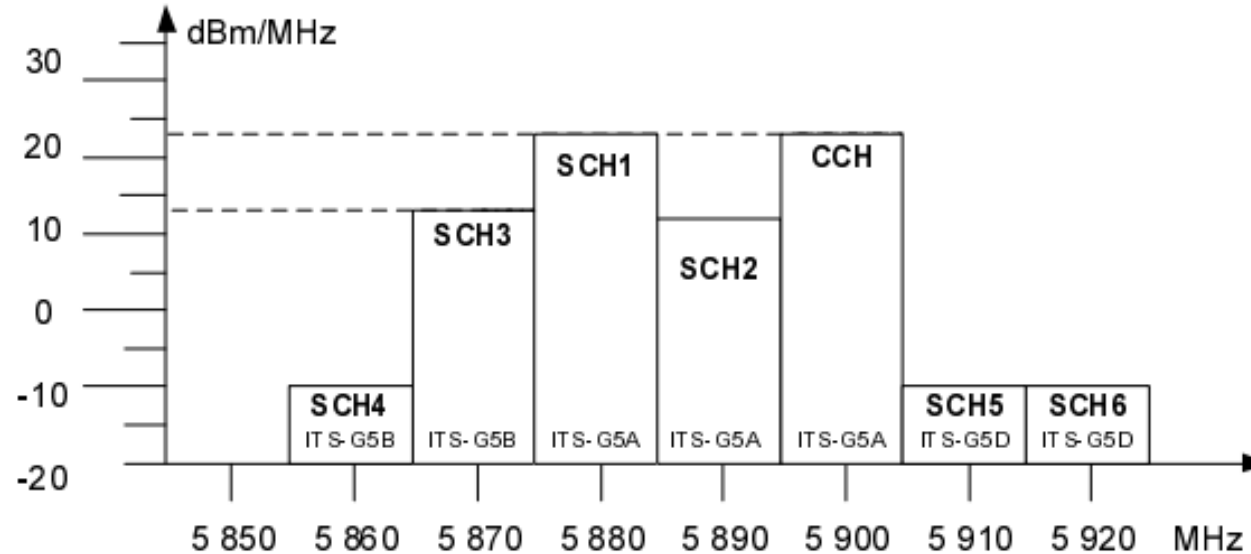
WAVE sisteminin frekans spektrumu

WAVE Örnek Kullanımı

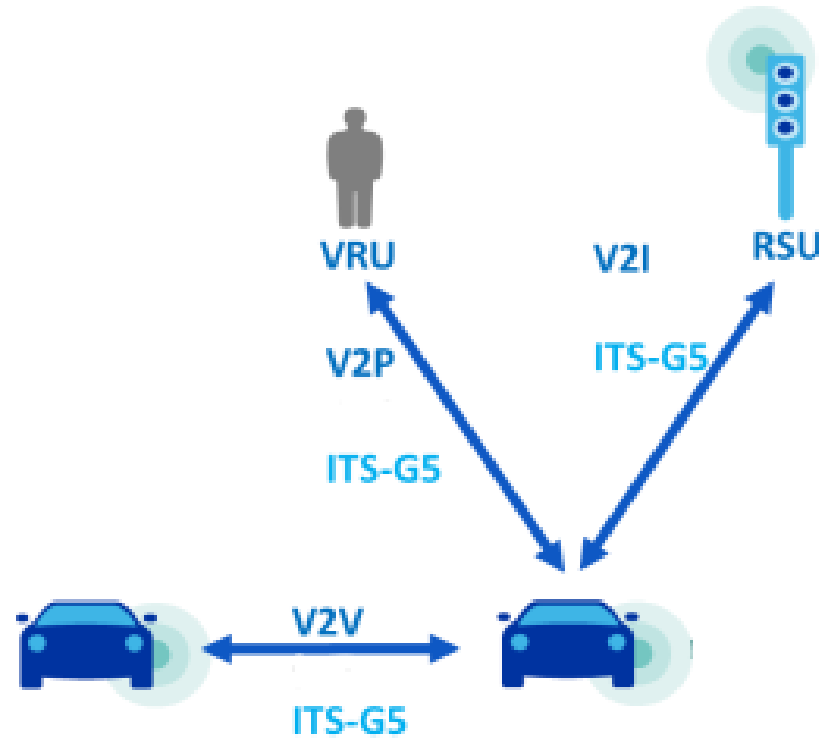


ITS-G5

ETSI tarafından Avrupa için geliştirilen ITS-G5, IEEE 802.11p standardı temelli olup WAVE ile paralel bir yapıya sahiptir. ITS-G5, WAVE gibi 5,9 GHz bandında çalışır ancak spektrumun dağılımında bazı farklılıklar vardır. Bu teknoloji, 75 MHz bant genişliğine sahiptir ve özellikle Avrupa'nın kooperatif akıllı ulaşım sistemleri uygulamaları için standart hale getirilmiştir. **ITS-G5, güvenli ve verimli bir V2X iletişimi sağlar.**

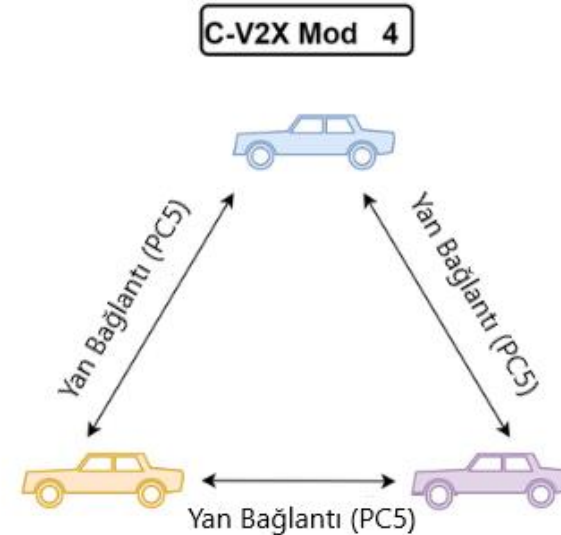
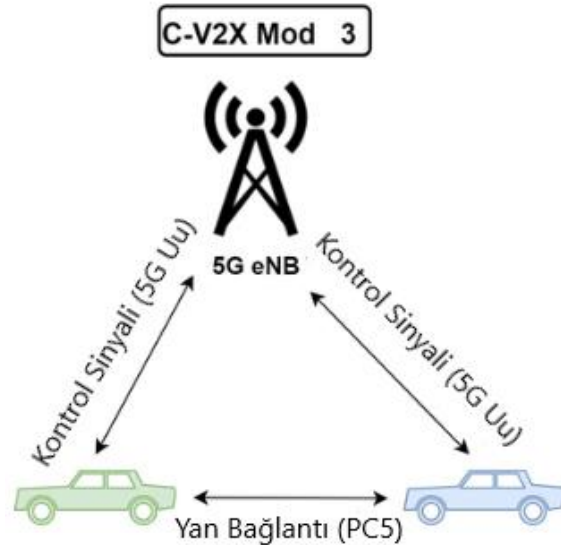


ITS-G5 Örnek Kullanımı



C-V2X

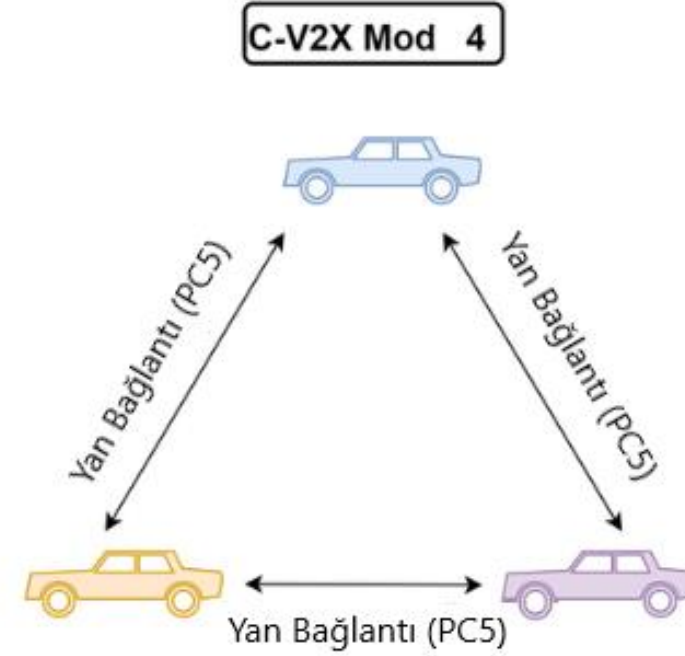
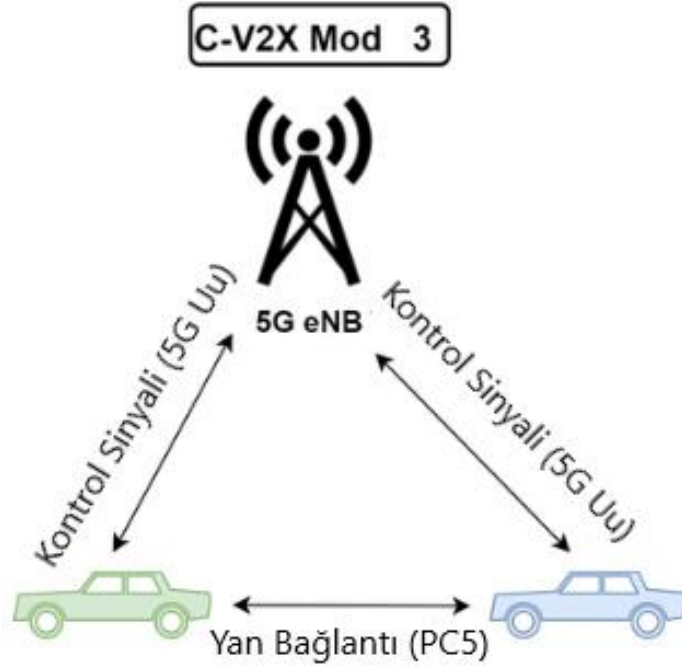
- LTE ve 5G tabanlı C-V2X, V2V (araçtan araca), V2I (araçtan altyapıya) ve V2P (araçtan yayaya) iletişimini mümkün kılar. 4G tabanlı LTE-V2X ve 5G tabanlı NR-V2X olarak ikiye ayrılan bu teknoloji, **geniş kapsama alanı ve yüksek veri kapasitesi** sağlar. C-V2X, özellikle **düşük gecikme süreleri ve yüksek hız ihtiyacı olan uygulamalarda ideal çözümler sunar ve çok sayıda nesnenin ağ üzerinde bağlantısını sağlar.**



LTE-V2X

- LTE tabanlı LTE-V2X teknolojisi, 4G/LTE ağı üzerinden çalışan bir V2X çözümüdür. Araçtan araca (V2V), araçtan altyapıya (V2I) ve araçtan yayaya (V2P) gibi çeşitli iletişim türlerini destekler.
- LTE-V2X, PC5 ve Uu arayüzlerini kullanarak ağ kapsama alanı içinde ve dışında çalışabilir.
- Bu teknoloji, özellikle acil durumlarda düşük gecikme ve yüksek hızda veri aktarımı sağlar, böylece güvenlik kritik uygulamalar için ideal bir çözüm sunar.

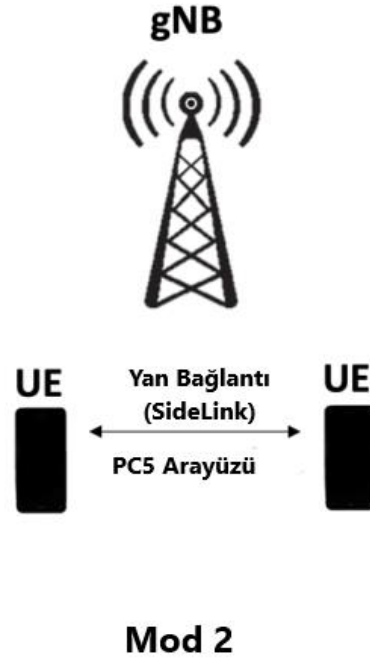
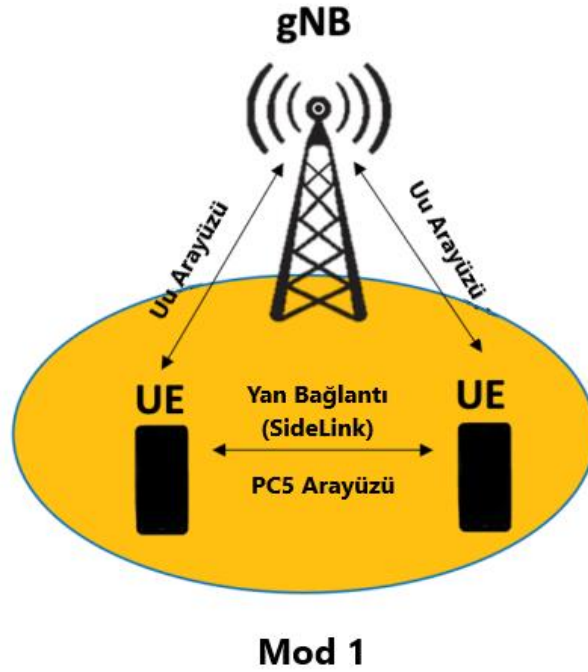
LTE-V2X Örnek Kullanımı



NR-V2X

- NR-V2X, 5G tabanlı bir V2X teknolojisidir ve LTE-V2X'e göre çok daha geniş bant genişliği ve daha düşük gecikme süreleri sunar. NR-V2X, sadece araçtan araca değil, aynı zamanda araçtan altyapıya ve araçtan yayaya iletişimde daha yüksek kapasiteye sahiptir.
- Bu teknoloji, 5G'nin sağladığı esnek ağ dilimleme ve büyük MIMO gibi özelliklerle desteklenmektedir ve bu da yoğun trafikte dahi yüksek performanslı iletişim sağlar.
- NR-V2X, K-AUS için 5G altyapısının gelişmiş özelliklerini kullanarak kapsamlı bir çözüm sunar.

NR-V2X Örnek Kullanımı



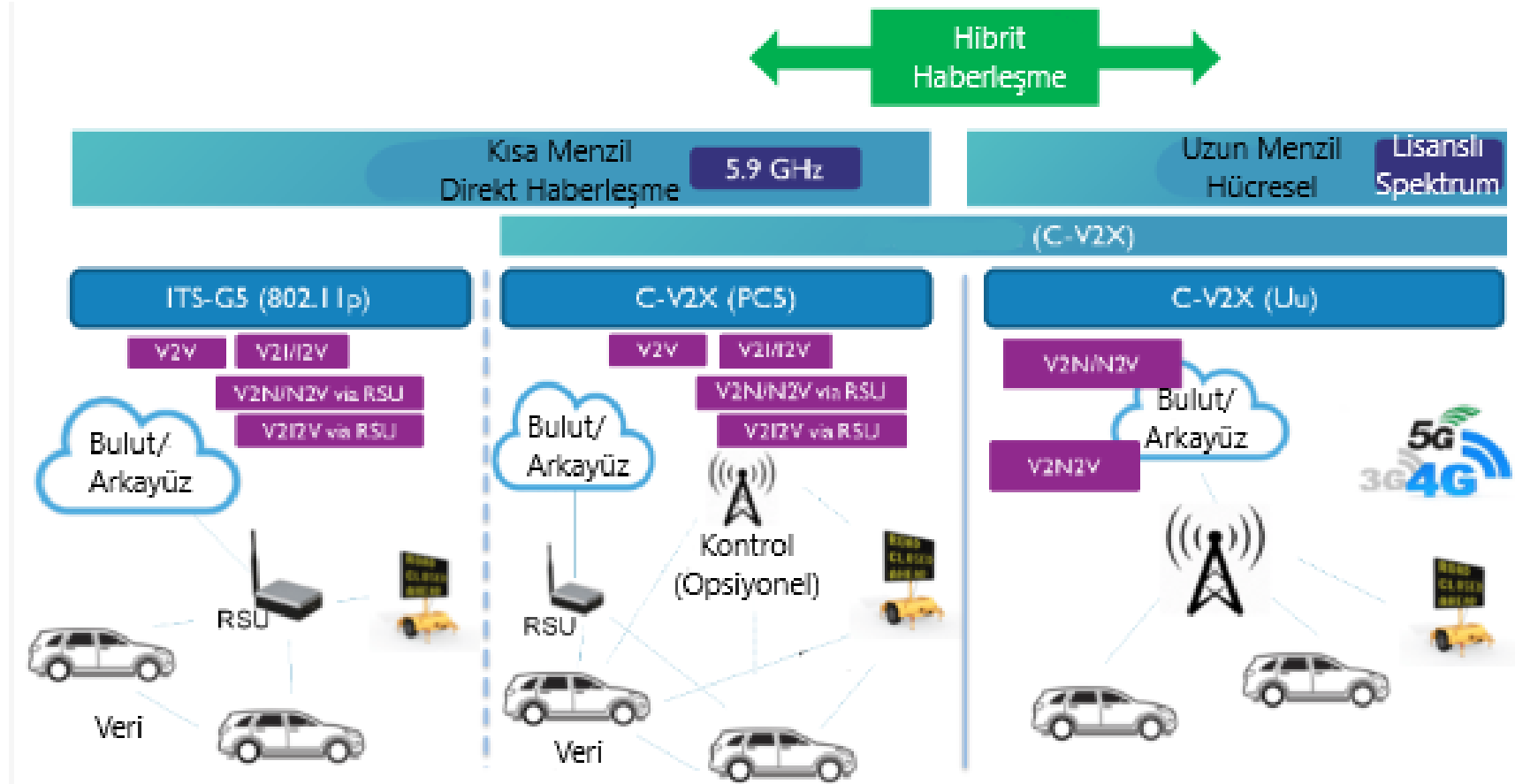
DSRC ve C-V2X Teknolojilerinin Karşılaştırılması

- DSRC, düşük gecikmeli ve güvenli bir kısa mesafe iletişimi sunarken, C-V2X daha geniş kapsama alanı ve yüksek veri aktarım hızı sunar.
- DSRC, özellikle trafik güvenliği için optimize edilmiş olup, araçlar ve altyapı arasındaki anlık bilgi akışını sağlar. C-V2X ise LTE ve 5G'nin kabiliyetlerinden yararlanarak daha geniş bir uygulama yelpazesi sunar.
- Bu iki teknoloji, trafik güvenliğini artırmak ve sürüş konforunu sağlamak amacıyla V2X haberleşme ağlarında tamamlayıcı roller üstlenir.

Hibrit Yöntem

- DSRC ve C-V2X teknolojilerinin avantajlarını bir araya getiren hibrit yöntem, düşük gecikme gerektiren acil durum senaryolarında DSRC, daha yüksek veri aktarım hızı gereken geniş kapsamlı uygulamalarda ise C-V2X kullanımını sağlar.
- Bu yaklaşım, kaynakların daha verimli kullanılmasını ve iletişim ağlarının ihtiyaçlara göre esnek bir şekilde yönetilmesini mümkün kılar. Hibrit sistemler, kaynak tahsisini optimize ederek V2X uygulamalarının performansını artırır.

Hibrit Haberleşme Örnek Şema



K-AUS Hizmetlerinde Kullanılan Haberleşme Protokolleri

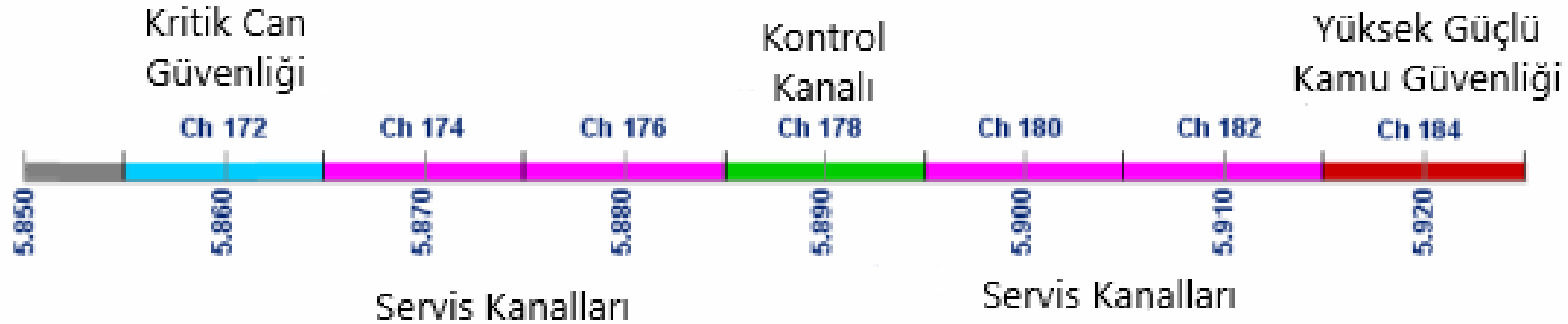
- Haberleşme protokolü, verilerin bir ağ üzerinden nasıl iletileceğini açıklayan kurallar bütünüdür.
- K-AUS hizmetlerinde ise araçlar, altyapı ve diğer unsurlar arasında veri alışverişini sağlar.
- Bu protokoller trafik yönetimini geliştirmek, trafik güvenliğini artırmak ve ulaşım sistemlerinin verimliliğini yükseltmek için kullanılır.

V2X Haberleşme Teknolojileri

- IEEE 802.11 ailesi, özellikle IEEE 802.11p ve 802.11bd standartları ile V2X haberleşmede kullanılır.
- IEEE 802.11p, 5,9 GHz bandında çalışan ve düşük gecikme ile veri iletimi sağlayan bir standarttır.
- IEEE 802.11bd ise veri hızını iki katına çıkartıp güvenilirliği artıran geliştirilmiş bir versiyondur.

IEEE 802.11p

IEEE 802.11p, araç ortamları için kablosuz erişim (WAVE) sağlayacak şekilde IEEE 802.11 standardının bir değişikliğidir. 5,9 GHz (5,850-5,925 GHz) frekans bandında, V2X haberleşme uygulamalarının kullandığı IEEE standardıdır. Bu teknolojiye kullanılan DSRC spektrumu, 1999 yılında ABD FCC tarafından, yalnızca V2V ve I2V haberleşme için kullanılmak üzere 5,9 GHz'de 75 MHz olarak tahsis edilmiştir.



IEEE 1609 WAVE

IEEE 1609 WAVE standartları, V2V ve V2I haberleşmeyi destekleyen protokollerdir. Araç güvenliği, otomatik geçiş ücretleri ve trafik yönetimi gibi birçok alanda kullanılır. Bunlar aşağıdaki gibi listelenebilir.

- *IEEE 1609.0 WAVE – Mimari için Taslak Standart:* Çok kanallı DSRC/WAVE cihazlarının mobil araç ortamında iletişim kurması için gerekli olan WAVE mimarisini ve hizmetlerini açıklar.
- *IEEE 1609.1 WAVE – Kaynak Yöneticisi için Test Standardı:* WAVE-Kaynak Yöneticisi uygulamasının servislerini ve arayüzlerini belirtir. WAVE mimarisi içerisinde sunulan veri ve yönetim servislerini açıklar. Komut mesajı formatlarını ve bu mesajlara verilen uygun yanıtları, mimari bileşenler arasında iletişim kurmak için uygulamalar tarafından kullanılması gereken veri depolama formatlarını ve durum ve istek mesajı formatlarını tanımlar.

- *IEEE 1609.2 WAVE – Uygulamalar ve Yönetim Mesajları için Güvenlik Hizmetleri İçin Test Standardı*: Güvenli mesaj formatlarını ve işlenmesini tanımlar. Bu standart aynı zamanda güvenli mesaj alışverişinin kullanılmasına ilişkin koşulları ve bu mesajların alışverişin amacına göre nasıl işlenmesi gerektiğini de tanımlar.
- *IEEE 1609.3 WAVE – Ağ Kurma Servisleri için Test Standardı*: Güvenli WAVE veri alışverişini desteklemek için adresleme ve yönlendirme dahil olmak üzere ağ ve taşıma katmanı hizmetlerini tanımlar. Uygulamalar tarafından doğrudan desteklenebilen, IPv6'ya alternatif olarak geliştirilen WAVE kısa mesajlarını da tanımlar. Ayrıca bu standart, WAVE protokol yığını için Yönetim Bilgi Tabanını (MIB) tanımlar.
- *IEEE 1609.4 WAVE Çok Kanallı Operasyonlar için Test Standardı*: WAVE işlemlerini desteklemek için IEEE 802.11 ortam erişim kontrolünde (MAC) iyileştirmeler sağlar.
- *IEEE 1609.11 Akıllı Ulaşım Sistemleri için Havadan Veri Alışverişi Protokolü (Over-the-Air Data Exchange Protocol for Intelligent Transportation Systems)*: Güvenli elektronik ödemeleri desteklemek için gerekli hizmetleri ve güvenli mesaj formatlarını tanımlar.

IEEE 802.11bd

IEEE 802.11p'nin üzerine, 2018 yılında daha yüksek performanslı olması için IEEE 802.11bd standardı geliştirilmeye başlanmıştır.

IEEE 802.11bd; modülasyon, kodlama şemaları ve kanal kodlamasında önemli iyileştirmeler sunarak üstün performans sağlamaktadır.

IEEE 802.11bd'nin, IEEE 802.11p ile karşılaştırıldığında veri aktarım hızını iki katına çıkardığı, veri aktarım gecikmesini yarıdan fazla azalttığı ve güvenilirliği %20 oranında artırdığı gözlenmiştir.

NTCIP (Akıllı Ulaşım Sistemleri için Ulusal Ulaşım Haberleşme Protokolü)

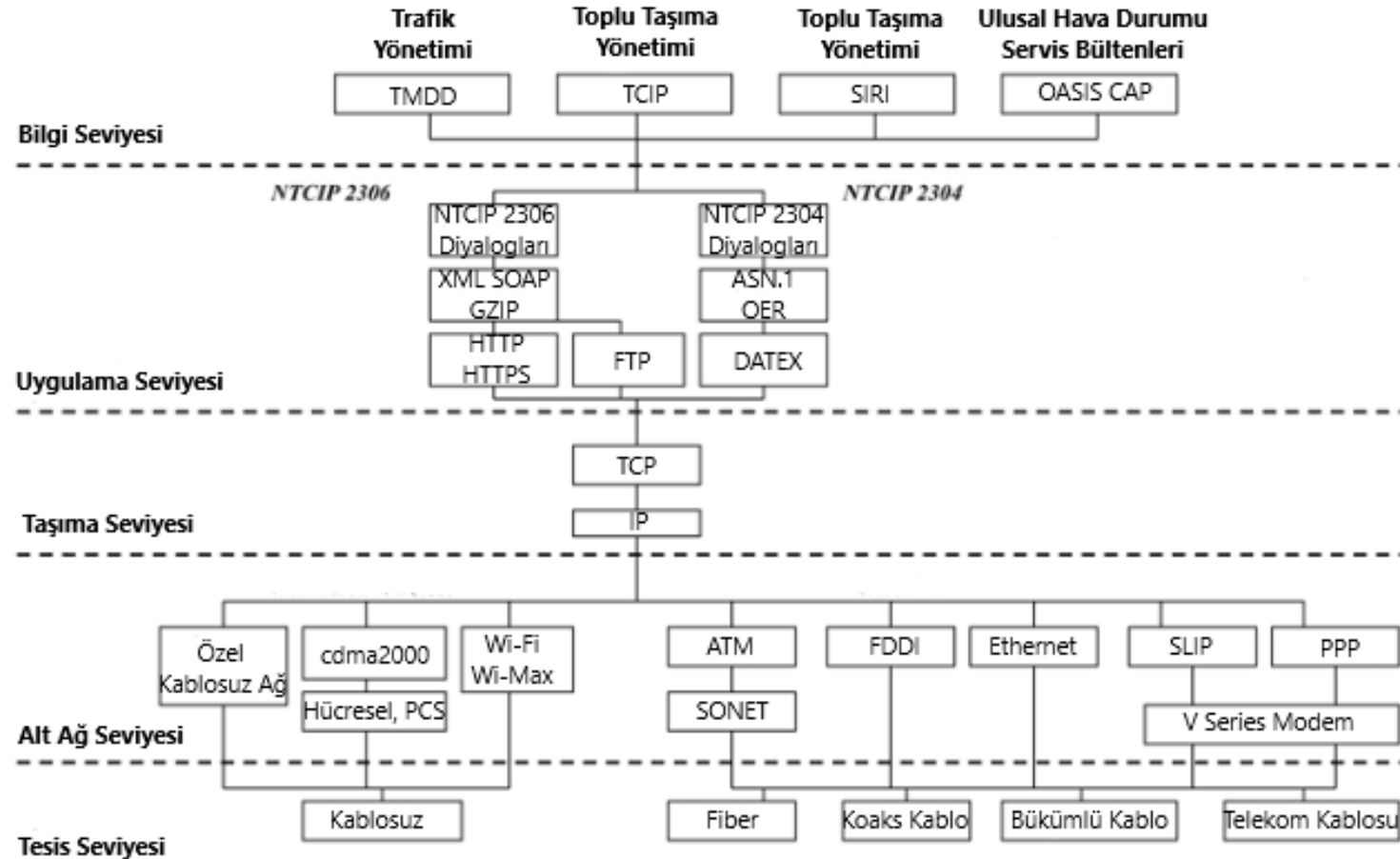
NTCIP, farklı üreticilerin ürettiği trafik kontrol ekipmanlarının aynı altyapı üzerinde uyumlu çalışmasını sağlayan bir protokoldür.

Beş seviyede veri iletimi kurallarını ve cihazların işlevselliğini belirler.

Özellikle veri toplama cihazları, trafik sinyalleri ve çevresel sensörler ile çalışır.

NTCIP, tanımlanmış beş seviyeden oluşmaktadır.

Gerçek Zamanlı Sistem Yönetimi Bilgi Programı Veri Değişim Formatı Spesifikasyonu



Gerçek Zamanlı Sistem Yönetimi Bilgi Programı Veri Değişim Formatı Spesifikasyonu

Bilgi Seviyesi: Verilerin anlamlarını tanımlar ve sistemlerin işlevselliğini temsil eder.

Uygulama Seviyesi: Veri alışverişinde geçerli olacak kuralları tanımlar. Sistemin çalışması için oluşturulacak ifade dizilerinden sorumludur.

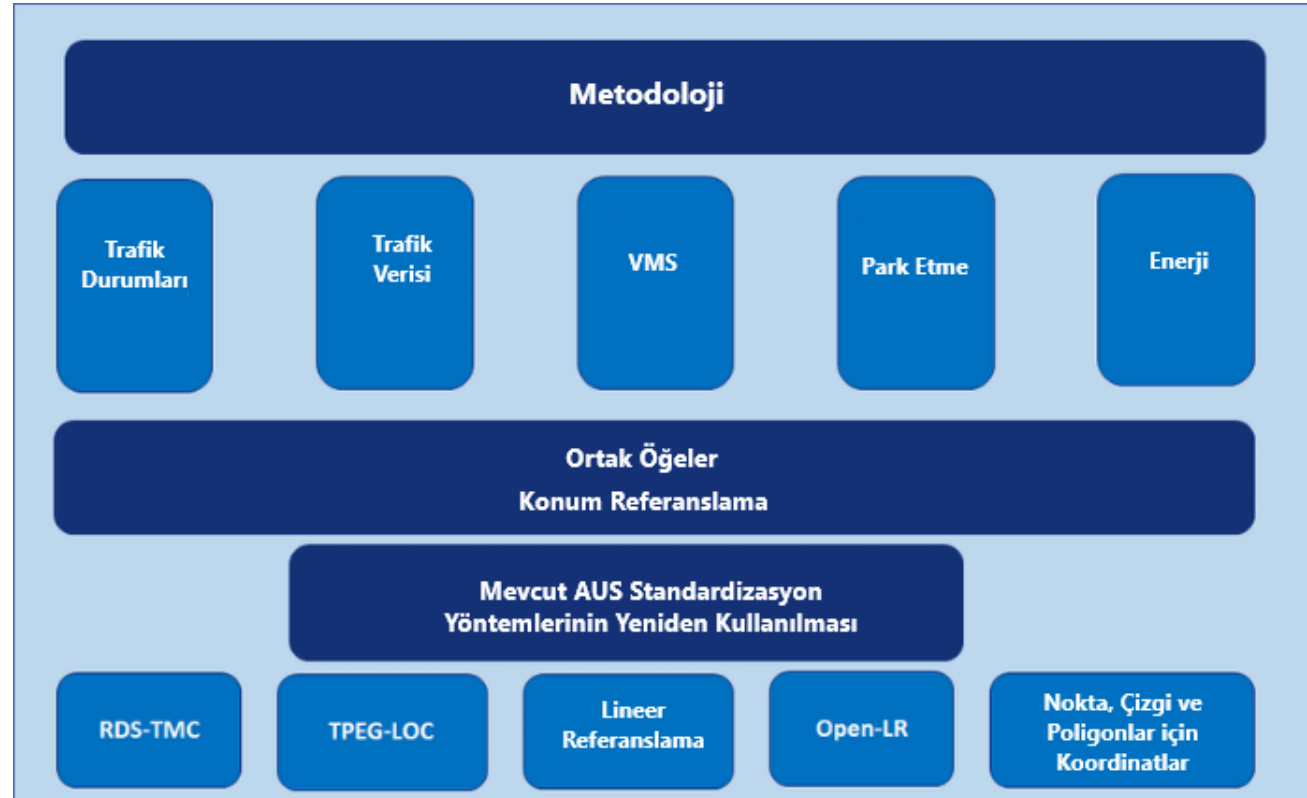
Taşıma Seviyesi: Bir iletinin gerekli olan yere yönlendirilmesini ifade eder. Ağ yönetimi işlevlerini içeren uygulama verilerinin değişimi için kural ve prosedürleri tanımlar.

Alt Ağ Seviyesi: Seçilen bir iletişim ortamında, iki aygıt arasında yapılacak olan veri alışverişindeki kuralları ve prosedürleri tanımlar.

Tesis Seviyesi: NTCIP haberleşme standartlarının kullanılacağı iletişim altyapısını içerir. NTCIP hakkında bilgi edinecek olanlar için bir referans noktası sağlama aracı olarak da kullanılır.

DATEX II

DATEX II, Avrupa'da trafik verilerinin değişimi için kullanılan bir bilgi modelidir. Trafik durumu, VMS, park etme bilgileri gibi çeşitli yayınları içerir. DATEX II, trafik ve seyahat bilgilerini düzenli olarak paylaşp, trafik sıkışıklığı, yol çalışmaları gibi verilerin aktarılmasını sağlar.



Yıkıcı ve Yenilikçi Teknolojiler

Bu teknolojileri daha da geliştirmek amacıyla yıkıcı ve yenilikçi teknolojiler, ulaşımda geleneksel yapıları dönüştürerek K-AUS sistemlerine entegrasyon sağlar.

Sarmal Arayüzler

- Sarmal arayüzler, sanal veya artırılmış gerçeklik teknolojileri kullanarak sürücülere önemli bilgileri dikkatlerini dağıtmadan sunar.
- Bu teknoloji, sürücünün güvenliğini artırmak için görsel olarak sade ve anlaşılır bilgiler sağlar.
- Özellikle K-AUS uygulamalarında, sürücülerin gerçek zamanlı verilerle daha bilinçli ve hızlı kararlar vermesine olanak tanır.



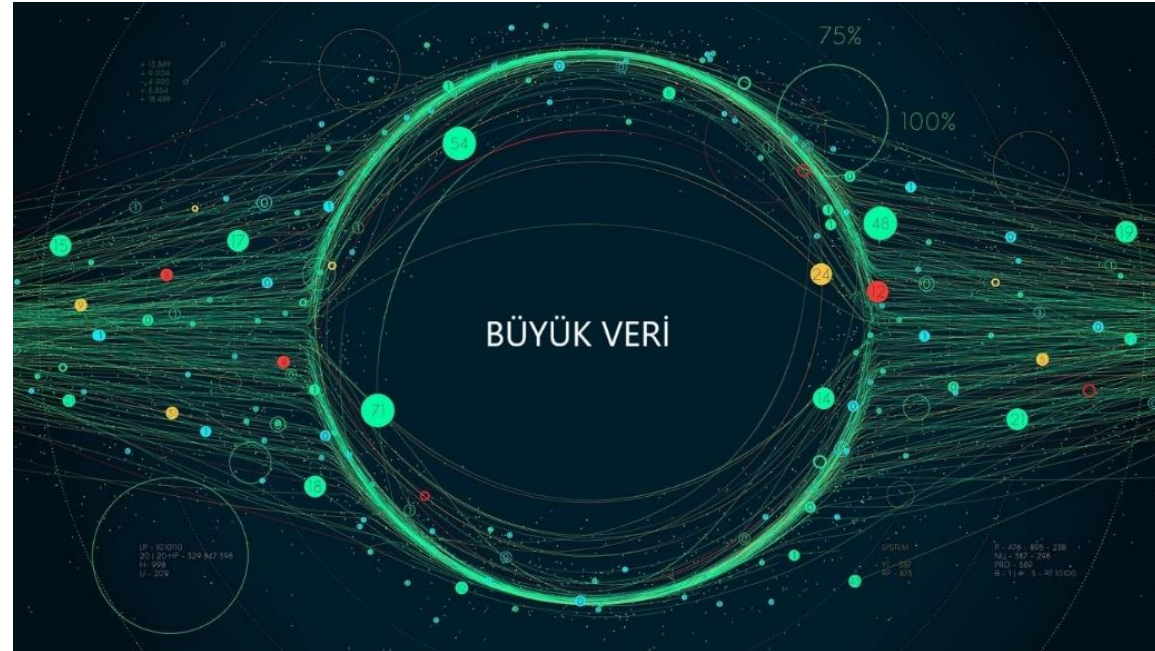
Nesnelerin İnterneti (IoT)

- Nesnelerin birbirleriyle haberleşmesini sağlayan bir teknolojidir.
- K-AUS sistemlerinde, trafik ve çevresel verilerin toplanması, sensörler ve diğer IoT cihazları ile sağlanmakta olup veri akışının sürekliliği ile sistemlerin performansı arttırılmaktadır.
- Bu teknoloji, K-AUS sistemlerinde gerçek zamanlı trafik bilgisi sunarak kullanıcı deneyimini geliştirir ve trafik akışını optimize eder.



Büyük Veri

- Gelecekteki trafik durumlarını tahmin etmede kullanılır.
- Teknoloji, trafik yoğunluğunu azaltmaya, yol kullanıcılarının daha güvenli bir yolculuk yapmasını sağlamaya ve ulaştırma sistemlerini daha verimli hale getirmeye yardımcı olur.



Açık Veri

- K-AUS sistemlerinde veri paylaşımı, çeşitli sistemler arası entegrasyonu destekleyerek, tüm kullanıcıların erişimine açık bilgilerin analiz edilmesini sağlar.
- Açık veri sayesinde elde edilen bilgiler trafik yönetimi ve kullanıcı bilgilendirme hizmetlerinde etkili bir şekilde kullanılmaktadır.



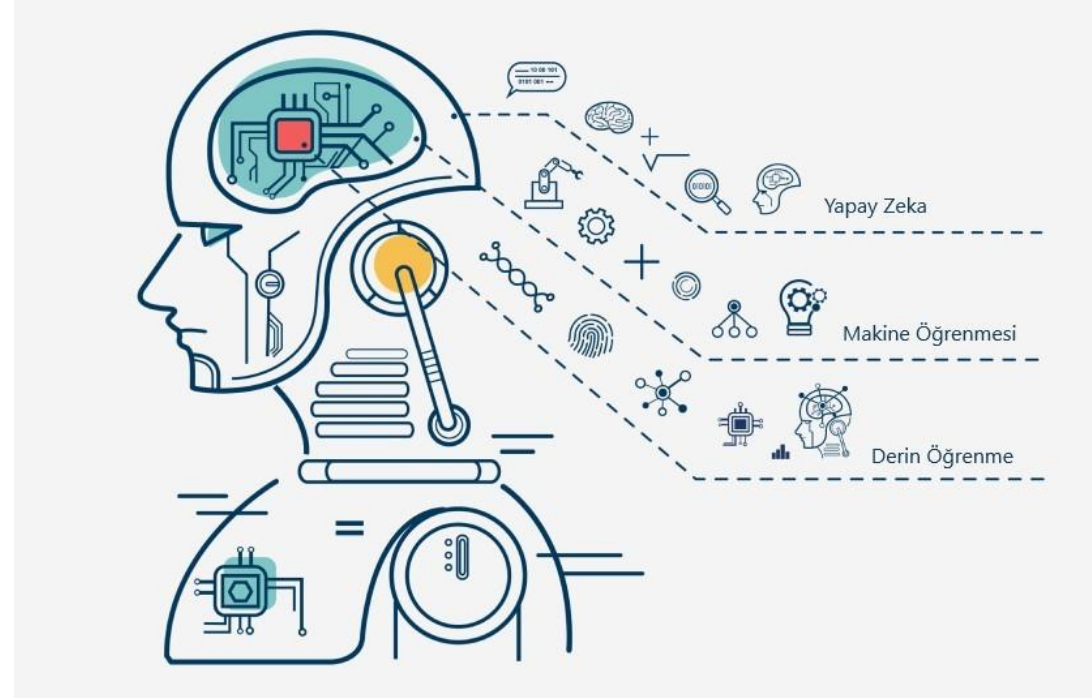
Blokzincir

- Veri güvenliğini ve veri doğruluğunu sağlayarak K-AUS sistemlerine entegre edilmektedir.
- Veri manipölasyonunun önüne geçmeyi hedefleyen blokzincir, özellikle sistemler arası güvenilirlik sağlamak amacıyla kullanılmaktadır.



Yapay Zeka, Makine Öğrenmesi ve Derin Öğrenme

- Özellikle otonom araçlarda karar verme ve trafik yönetiminde geniş ölçekte kullanılmaktadır.
- Bu algoritmalar, elde edilen verileri analiz ederek daha güvenli, hızlı ve verimli sürüş deneyimleri sunmak amacıyla geliştirilmektedir.



Bulut Bilişim

- Verilerin merkezi bir şekilde depolanmasını, analiz edilmesini ve paylaşılmasını sağlar.
- K-AUS sistemlerinde kullanılan bulut tabanlı çözümler, geręek zamanlı veri paylaşımını kolaylaştırır ve sistem verimliliğini artırarak kullanıcı memnuniyetini yükseltir.



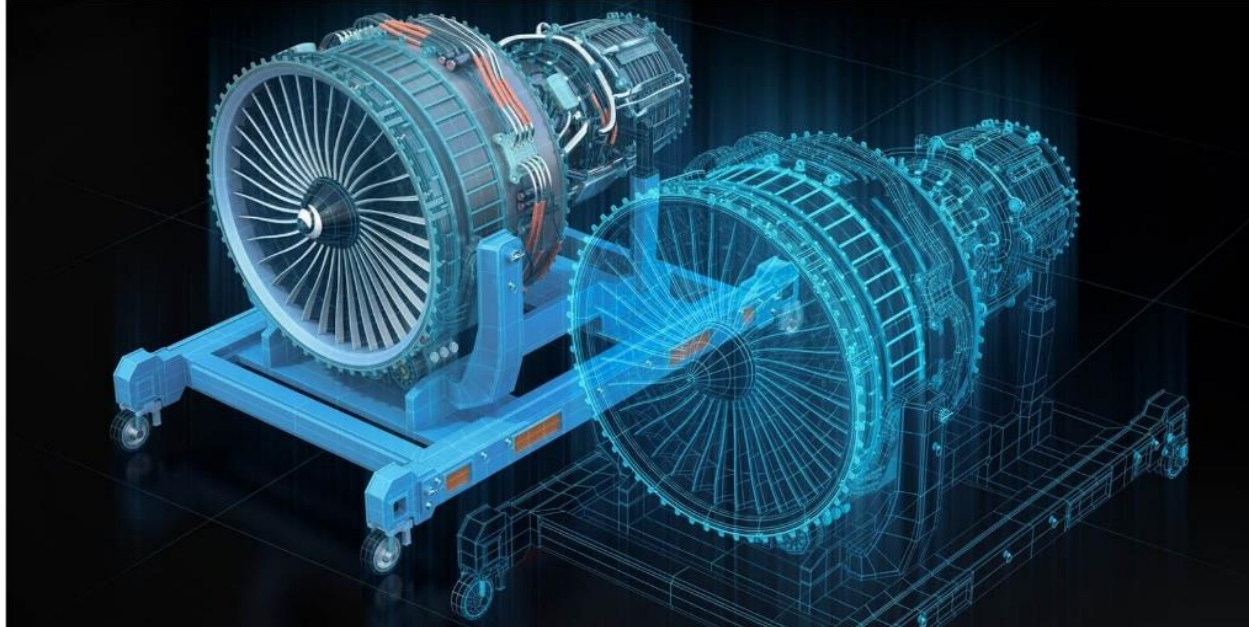
Uç Bilişim

- Veri işleme sürecini cihaz düzeyine yaklaştırarak gecikmeleri azaltır ve hız gerektiren durumlarda etkin kararlar alınmasını sağlar.
- Bu teknoloji, K-AUS sistemlerinde hızlı işlem gücü ve verimliliğin artırılmasını sağlayarak daha güvenli bir deneyim sunmaktadır.



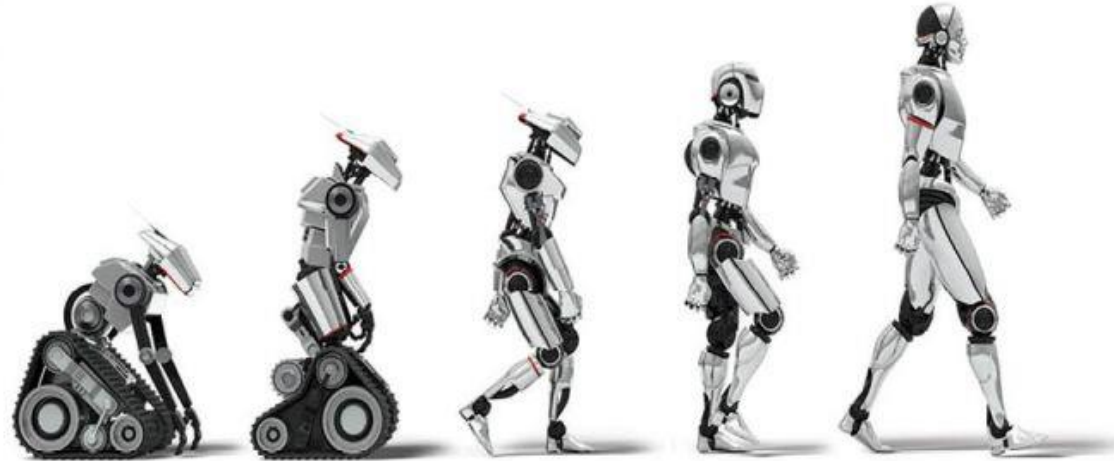
Dijital İkiz

- Fiziksel sistemlerin sanal kopyalarının oluşturulmasını ve simülasyon yapılmasını sağlar.
- Ulaşım ağlarının ve şehirlerin dijital ikizleri, sistemlerin optimize edilmesi ve senaryo analizlerinin yapılmasında etkili bir araç olarak kullanılmaktadır.



Robotik

- K-AUS sistemlerinde **robotik teknolojiler**, özellikle trafik güvenliği ve acil durum müdahale sistemlerinde kullanılmaktadır.
- Robotik uygulamalar, otonom araç teknolojilerinin daha güvenli hale gelmesine katkıda bulunurken aynı zamanda iş gücü yükünü de hafifletmektedir.



K-AUS Senaryoları

- K-AUS alanında stratejilerin geliştirilmesine katkı sunan
- Avrupa Komisyonu, Araçtan Araca Haberleşme Konsorsiyumu (C2C-CC), C-Roads Platformu gibi uluslararası kuruluşlar ve çalışma grupları; birçok K-AUS Hizmetlerinin etki, fayda ve maliyet analizini yaparak teknoloji hazırlık seviyelerine, uygulanabilirliğine, önceliklerine göre hizmetleri sınıflandırmıştır.
- Avrupa Komisyonu K-AUS Hizmetlerini Gün 1 ve Gün 1,5 olarak sınıflandırırken
- C2C-CC ise kullanım senaryolarını Gün 1, Gün 2 ve Gün 3+ olarak sınıflandırmaktadır.

Avrupa Komisyonu Sınıflandırması

- Avrupa Komisyonu'nun hizmetleri, Gün 1 ve Gün 1,5 olarak sınıflandırmasının nedeni, zaman ve uygulanabilirlik açısından önceliklendirmesidir.
- Buna göre Gün 1 hizmetleri ilk aşamada, Gün 1,5 hizmetleri ise sonraki aşamalarda test edilecektir.

C2C-CC Haberleşme Konsorsiyumu

Sınıflandırması

Gün 1: “Farkındalık Sürüşü”: Bu kategoride, araçlara iletilen bilgiler kullanılarak yapılan uyarıları içeren K-AUS uygulamaları yer almaktadır. V2X haberleşmesi yoluyla konum, hız, sürüş yönü veya araç arızası gibi durum verilerinde yaşanan değişimlere ilişkin uyarıları kapsamaktadır. Yol kullanıcıları, bu sayede dışarıdan gelen tehlikelere karşı uyarılmaktadır.

Gün 2: “Algılama Sürüşü”: Bu kategoride ise araçlara yapılan uyarılara ilave olarak yarı-otonom sürüş ve/veya sürücüye müdahale içeren K-AUS uygulamaları yer almaktadır. Farkındalık sürüşünde belirtilen durum verilerine ilave olarak yol kullanıcıları, sensörler aracılığıyla elde edilen çevresel bilgilere sahip olmaktadır. Böylece diğer trafik katılımcıları, henüz kendilerinin algılayamadığı tehlikelere karşı uyarılmakta, aynı zamanda iletişim kurmayan diğer yol kullanıcıları da korunmaktadır.

C2C-CC Haberleşme Konsorsiyumu

Sınıflandırması

Gün 3: “Kooperatif Sürüş”: Bu kategori, tam otonom ve kooperatif sürüş uygulamalarını kapsamaktadır. Farkındalık ve algılama sürüşlerinde belirtilen durum ve sensör verilerine ilave olarak kooperatif V2X haberleşmesi ile yol kullanıcıları, karmaşık trafik durumlarında bile akıllıca etkileşim kurmalarına ve davranışlarını koordine etmelerine olanak tanıyan verileri paylaşmaktadır.

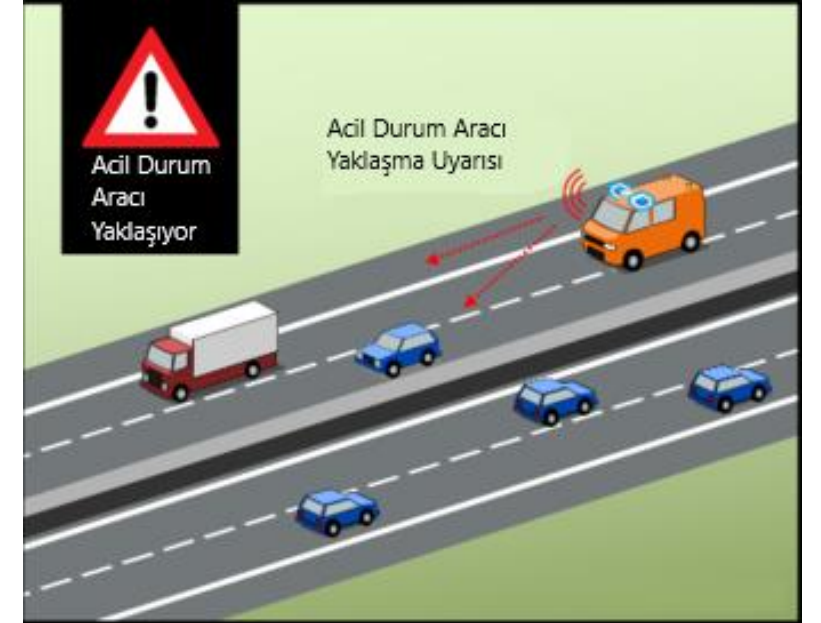
Türkiye İçin Önerilen Senaryolar

Gün 1, Gün 2 ve Gün 3+ olmak üzere toplamda 60'dan fazla senaryo bulunmaktadır. Bunlardan 15 tanesi Türkiye için önceliklendirilmiştir.

- Acil Durum Aracı Yaklaşma Uyarısı
- Acil Durum Fren Lambası Uyarısı
- Yavaş veya Durağan Araç(lar) Uyarısı
- Önden Çarpışma Uyarısı
- İleride Trafik Sıkışıklığı Uyarısı
- Yolda İnsan Uyarısı
- Yol Üzerinde Engel Uyarısı
- Yol Çalışması Uyarısı
- Tehlikeli Konum Uyarısı
- Ters Yönde Giden Araç Alarmı
- Araç İçi Hız Limitleri
- Yeşil Işık Optimum Hız Önerisi
- Yol Dışı Park Bilgileri
- Hava Durumu Uyarısı
- Geçici Kaygan Yol Uyarısı

Acil Durum Aracı Yaklaşma Uyarısı

- Bu senaryo, trafikte acil durum araçlarının (ambulans, itfaiye, polis vb.) hızlı ve güvenli geçişini sağlamak için diğer sürücülere erken uyarı gönderilmesini amaçlar.
- Acil durum aracının hızı ve yönü çevredeki araçlara V2X teknolojisiyle iletilerek, sürücülerin erken farkındalık kazanmaları sağlanır.
- Böylece diğer sürücüler yol açabilir, gerektiğinde şerit değiştirebilir veya hızlarını düşürebilir.
- Acil durum araçlarının zamanında müdahalede bulunabilmesi için trafik akışını düzenleyerek hem trafiğin sıkışmasını önler hem de trafik güvenliğini artırır.



Acil Durum Fren Lambası Uyarısı

Ani bir frenleme durumunda, çevredeki araçlara uyarı gönderilerek zincirleme kazaların önlenmesi hedeflenir.

Bu sistem, aniden fren yapan aracın fren lambası durumunu diğer araçlarla paylaşarak arkadaki sürücülerin durumu erkenden fark etmesini sağlar.

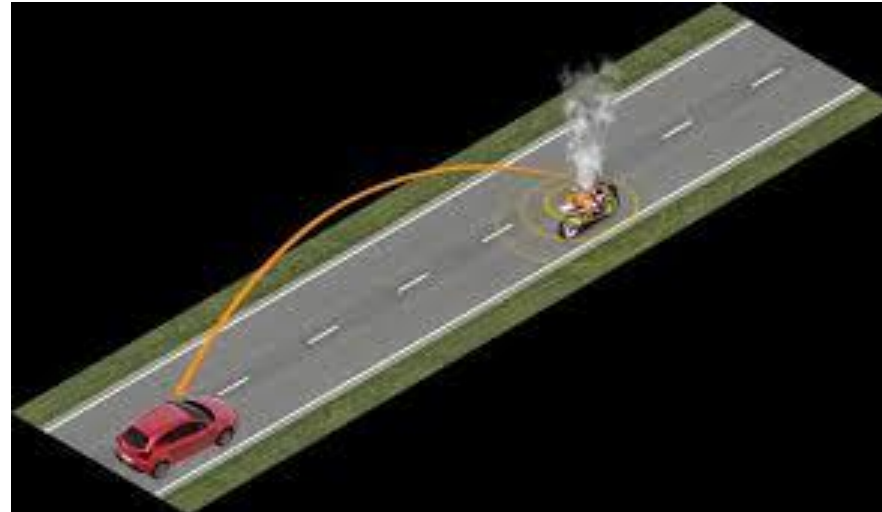
Özellikle otoyol gibi yüksek hızda seyredilen yollarda kritik olan bu senaryo, arkadan çarpma ve zincirleme kazaların önlenmesine katkı sağlar.

Çevredeki araçların bu ani frenleme bilgisini gösterge panelinden görmesi, daha güvenli bir takip mesafesi bırakmalarını ve hızlarını ayarlamalarını kolaylaştırır.



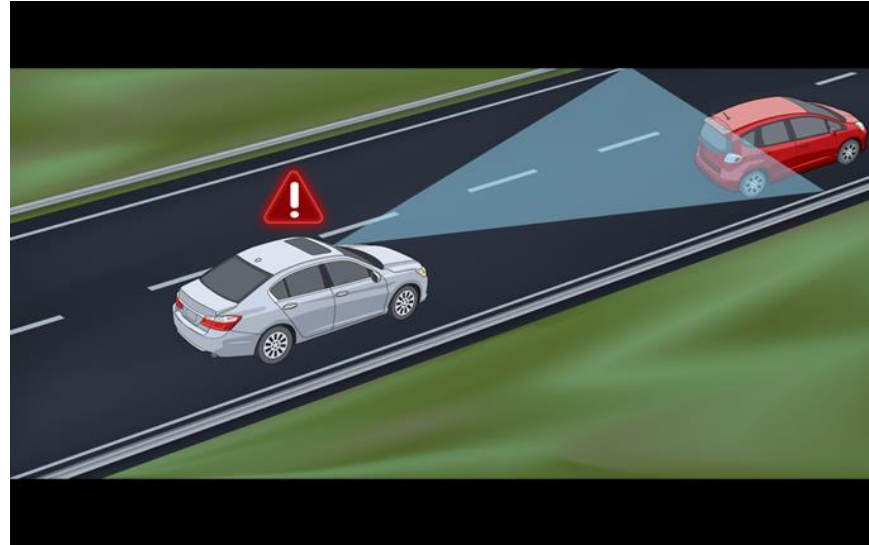
Yavaş veya Durağan Araç(lar) Uyarısı

- Yolda yavaşlayan veya duran araçlar özellikle yüksek hızda seyreden araçlar için büyük tehlike oluşturabilir.
- Bu senaryo, bu gibi durumlarda diğer sürücülere uyarı göndererek çarpışma riskini azaltmayı hedefler.
- Yavaşlayan veya duran aracın konumu ve hareket durumu V2V teknolojisi aracılığıyla çevredeki araçlara iletilir.
- Sürücüler önlerinde yavaşlamış veya durmuş bir araç olduğunu erkenden fark ederek hızlarını düşürebilir ve güvenli bir mesafe bırakabilir. Bu sistem, otoyol gibi trafiğin hızlı aktığı bölgelerde güvenliği önemli ölçüde artırır.



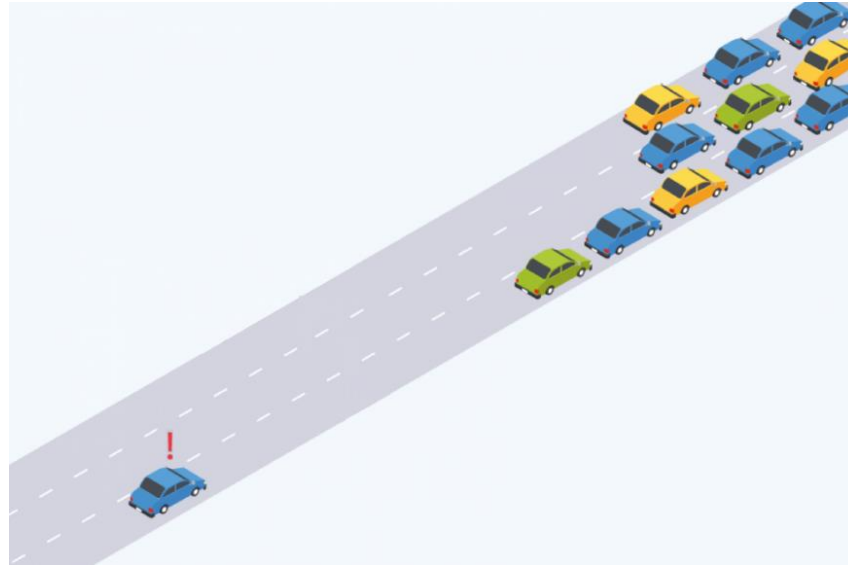
Önden Çarpışma Uyarısı

- Bu senaryo, öndeki araçla çarpışma riski oluştuğunda sürücünün hızla uyarılmasını sağlar.
- Araçların arasındaki mesafeyi ve hız farkını analiz eden sistem, çarpışma ihtimalini tespit ettiğinde, sürücüye sesli veya görsel uyarı gönderir.
- Bu sayede sürücü, çarpışma yaşanmadan gerekli frenleme veya manevrayı yapma imkanı bulur.
- Yoğun trafikte ve özellikle şehir içi sürüşlerde hayati önem taşıyan bu özellik, trafikte güvenliği artırarak kazaların önüne geçilmesine yardımcı olur.



İleride Trafik Sıkışıklığı Uyarısı

- Bu senaryo, sürücülere ileride yaşanan trafik sıkışıklığı hakkında bilgi vererek sürüş planlarını ayarlamalarını sağlar.
- Sıkışıklık bilgisi V2X iletişimiyle veya merkezden gelen trafik verileri aracılığıyla aracın ekranında görüntülenir.
- Bu uyarı ile sürücüler, sıkışıklığın yaşandığı bölgeye ulaşmadan önce hızlarını düşürebilir veya alternatif rotalara yönelebilir.
- Trafik yoğunluğunu dengeleyerek trafik akışını optimize etmeye katkı sağlar ve dur-kalk trafiğin sebep olduğu gereksiz yakıt tüketimini azaltır.



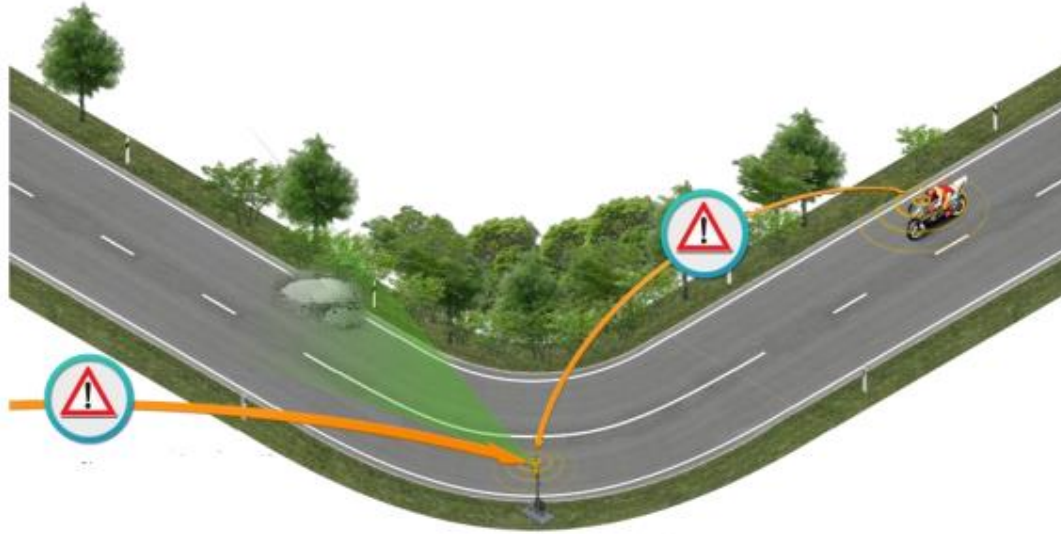
Yolda İnsan Uyarısı

- Sürücülere, yol üzerinde veya çevresinde insan veya yayaların bulunduğu durumlarda anlık uyarılar gönderilir.
- Özellikle şehir içi yollarda veya yaya geçitlerinin bulunduğu bölgelerde büyük önem taşıyan bu sistem, sürücülerin hızla yaya farkındalığı kazanmalarını sağlar.
- Böylece ani durumlarda fren yaparak veya hızlarını düşürerek yaya güvenliğini sağlama imkanı elde ederler.
- Bu senaryo, sürücülerin yayalara karşı daha dikkatli olmalarını teşvik ederek yaya kaynaklı kazaların önlenmesine katkıda bulunur.



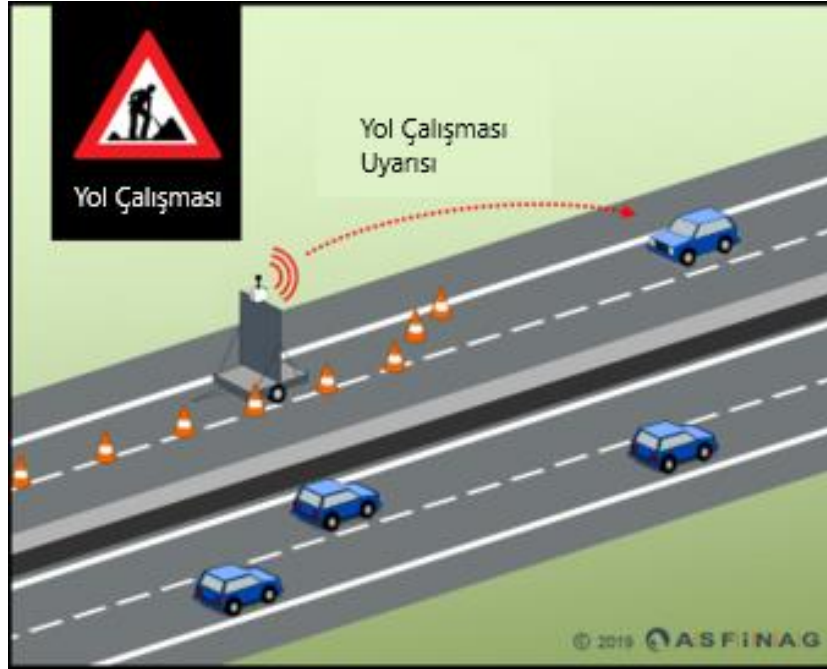
Yol Üzerinde Engel Uyarısı

- Yolda bulunan ve sürüş güvenliğini tehdit edebilecek engeller (örneğin taş, kırık bariyer parçaları, trafik kazası) hakkında sürücülere uyarılar gönderilir.
- Bu tür engeller, özellikle yüksek hızla seyredilen otoyollarda büyük tehlike oluşturabilir.
- Sistem, bu engellerin varlığını çevredeki araçlara bildirerek sürücülerin zamanında önlem almalarını sağlar.
- Sürücüler bu uyarılar sayesinde hızlarını düşürüp engelden güvenli bir şekilde geçebilir veya manevra yapabilir.



Yol Çalışması Uyarısı

- Devam eden yol çalışmaları, sürüş koşullarını zorlaştıran bir etken olabilir ve bu durumlarda sürücülerin bilgilendirilmesi önemlidir.
- Bu senaryo, yol çalışması yapılan bölgelerdeki sürücülerin, çalışma alanına yaklaşımadan önce bilgilendirilmesini sağlar.
- Trafik akışını düzenleyerek sürücülerin hızlarını ve şeritlerini güvenli bir şekilde ayarlamalarına olanak tanır. Ayrıca alternatif rotalar önererek sıkışıklığın önlenmesine katkıda bulunur.



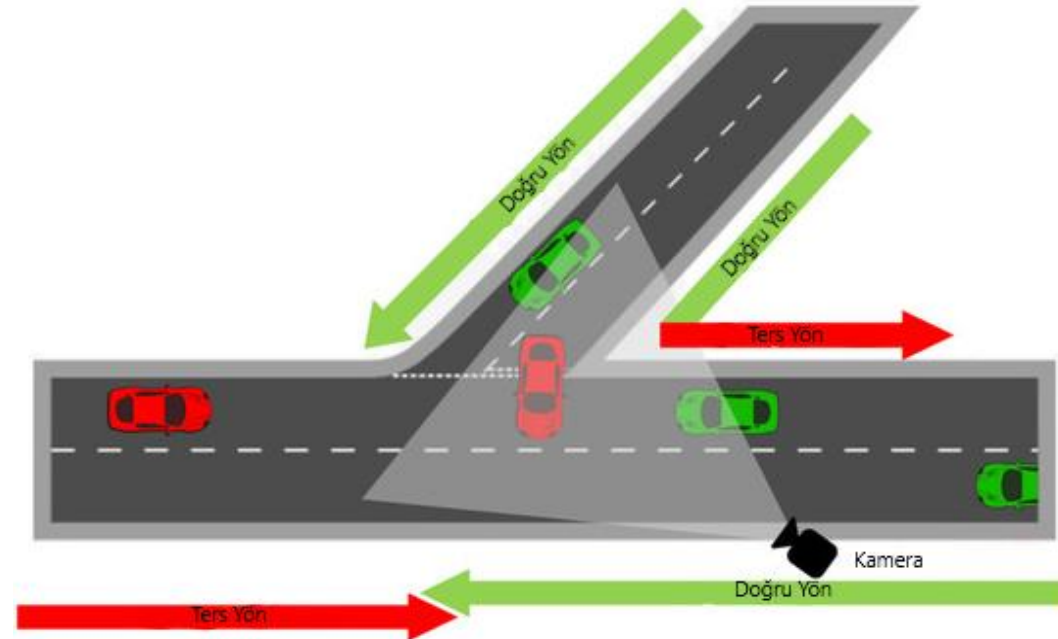
Tehlikeli Konum Uyarısı

- Yol üzerinde bulunan tehlikeli alanlar, sürücüler için büyük bir risk oluşturabilir.
- Bu senaryoda, tehlikeli bir yol durumunda veya riskli bir konumda sürücüler uyarılar alır.
- Örneğin, keskin virajlar, dar yollar veya ani eğim değişiklikleri gibi tehlikeli yerlerde sürücülere hızlarını ayarlamaları ve dikkatli olmaları için uyarı verilir.
- Bu senaryo sayesinde, riskli bölgelerde meydana gelebilecek kazaların önüne geçilmesi hedeflenir.



Ters Yönde Giden Araç Alarmı

- Trafik akışına ters yönde ilerleyen araçlar büyük bir tehlike oluşturur ve çoğu zaman ciddi kazalarla sonuçlanabilir.
- Bu senaryo, trafik akışının ters yönünde hareket eden bir araç tespit edildiğinde, çevredeki sürücülere uyarı göndererek gerekli önlemleri almalarını sağlar.
- Sürücüler, bu tür durumlarda hızlarını düşürüp dikkatli davranarak kazaları önleyebilir.



Araç İçi Hız Limitleri

- Bu senaryo, sürücülerin geçerli hız limitleri hakkında sürekli bilgi sahibi olmalarını sağlar.
- GPS ve V2X teknolojileri ile entegre çalışan sistem, sürücülere mevcut hız limitini göstererek hız sınırlarını aşmalarını engellemeye yardımcı olur.
- Trafik güvenliğini sağlamak adına önemli bir unsur olan bu sistem, hız kaynaklı kazaların önlenmesine de katkıda bulunur.



Yeşil Işık Optimum Hız Önerisi

- Kavşaklardaki yeşil ışık süresince geçişin sağlanabilmesi için sürücülere optimum hız önerisi sunan bu senaryo, trafik ışıklarına durmadan ulaşmayı sağlar.
- Sürücülerin hızlarını yeşil ışık süresine göre ayarlamaları sağlanarak dur-kalk durumları azaltılır.
- Bu senaryo, trafik akışını düzenleyerek gereksiz frenlemeleri azaltır ve yakıt tasarrufu sağlanmasına yardımcı olur.



Yol Dışı Park Bilgileri

- Bu senaryo, sürücülere yol kenarındaki veya yakın çevredeki park yerleri hakkında bilgi sağlar.
- Özellikle şehir merkezlerinde ve yoğun alanlarda park yeri bulmak büyük bir sorun olabilir.
- Bu sistem, sürücüye uygun park yerlerini göstererek zaman ve yakıt tasarrufu sağlar.
- Ayrıca, sürücülerin yoğun trafiğe sahip alanlarda park yeri aramak için ekstra tur atmaları engellenmiş olur.



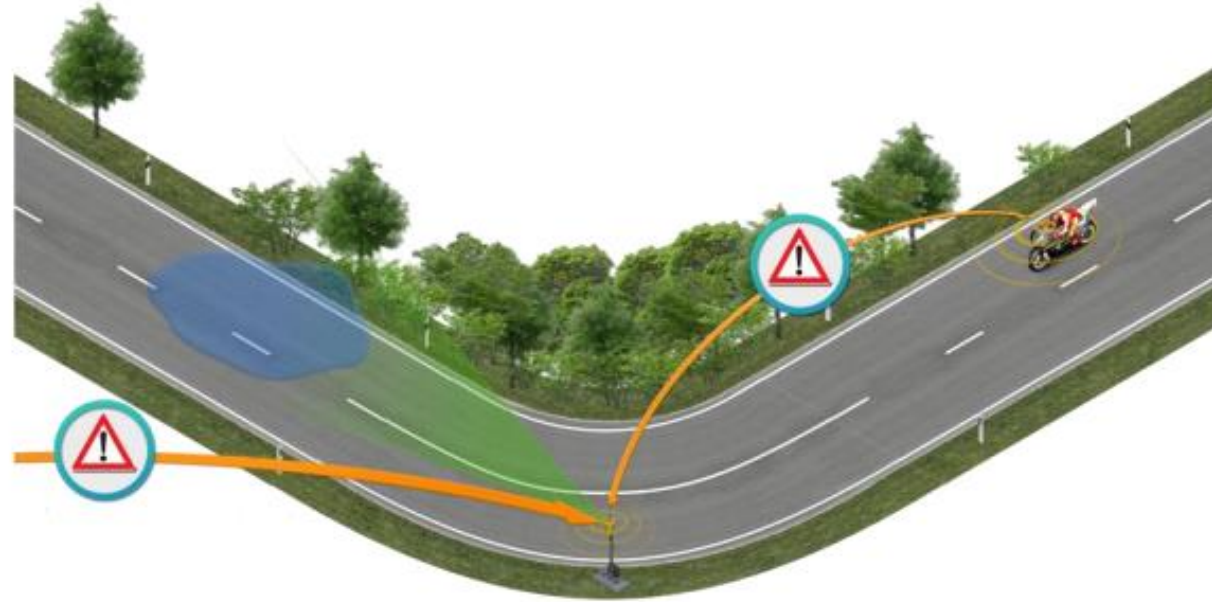
Hava Durumu Uyarısı

- Sürücülerin güzergah boyunca karşılaştacakları hava durumu hakkında bilgi sahibi olmaları, güvenli bir sürüş deneyimi için önemlidir.
- Bu senaryo, güzergah boyunca olumsuz hava koşulları, yağmur, kar, sis gibi durumlarda sürücülerini bilgilendirir.
- Böylece sürücüler, hızlarını ve sürüş tarzlarını hava koşullarına göre ayarlayabilir, gerekli önlemleri alabilirler.



Geçici Kaygan Yol Uyarısı

- Bu senaryo, yolun geçici olarak kayganlaşması durumunda sürücülere uyarı gönderir.
- Özellikle yağmur, buzlanma veya dökülen sıvılar gibi nedenlerle kayganlaşan yollar büyük bir risk oluşturur.
- Sistem, kaygan yol koşullarını tespit edip sürücülere bilgi verir; sürücüler de bu durumu dikkate alarak hızlarını düşürebilir ve kontrollü bir şekilde ilerleyebilirler.



Test Güzergahlarının Belirlenmesi

Belirlenen senaryoların test edilebilmesi için uygun test güzergahları da belirlenmelidir. Türkiye'de K-AUS test bölgelerinin belirlenmesinde aşağıdaki kriterler göz önünde bulundurulmuştur:

- Yoğun trafik koşulları
- Teknik altyapı gereksinimleri
- Çeşitli yol yapısı ve yol kullanıcı çeşitliliği
- Gerçek dünya koşullarına yakınlık

Bu kriterler, K-AUS senaryolarının uygulanabilirliğini değerlendirmek için önemlidir.

Önerilen Test Güzergahları

Türkiye’de K-AUS hizmetlerinin test edileceği dört ana güzergah önerilmiştir:

1. Avrupa Yakası Sahil Yolu
2. Anadolu Yakası Dolmuş Hattı
3. İstanbul Havalimanı-Hasdal Güzergahı
4. Kuzey Marmara Otoyolu

Bu güzergahlar, trafik yoğunluğu ve altyapı olanakları açısından K-AUS testleri için uygun bölgelerdir.

Avrupa Yakası Sahil Yolu Test Güzergahı

Avrupa yakasında yer alan bu sahil yolu, yoğun insan ve araç trafiğine sahiptir. Güzergah boyunca trafik ışıkları, otobüs durakları, farklı şerit sayıları ve yaya geçitleri bulunmaktadır. K-AUS senaryolarının çeşitliliği açısından uygun olan bu güzergahta

- Acil Durum Aracı Yaklaşma Uyarısı,
- Acil Durum Fren Lambası Uyarısı,
- Yavaş veya Durağan Araç(lar) Uyarısı,
- Önden Çarpışma Uyarısı,
- İleride Trafik Sıkışıklığı,
- Yolda İnsan Uyarısı,
- Yol Dışı Park Bilgileri,
- Hava Durumu Uyarısı,
- Geçici Kaygan Yol Uyarısı senaryoları için idealdir.

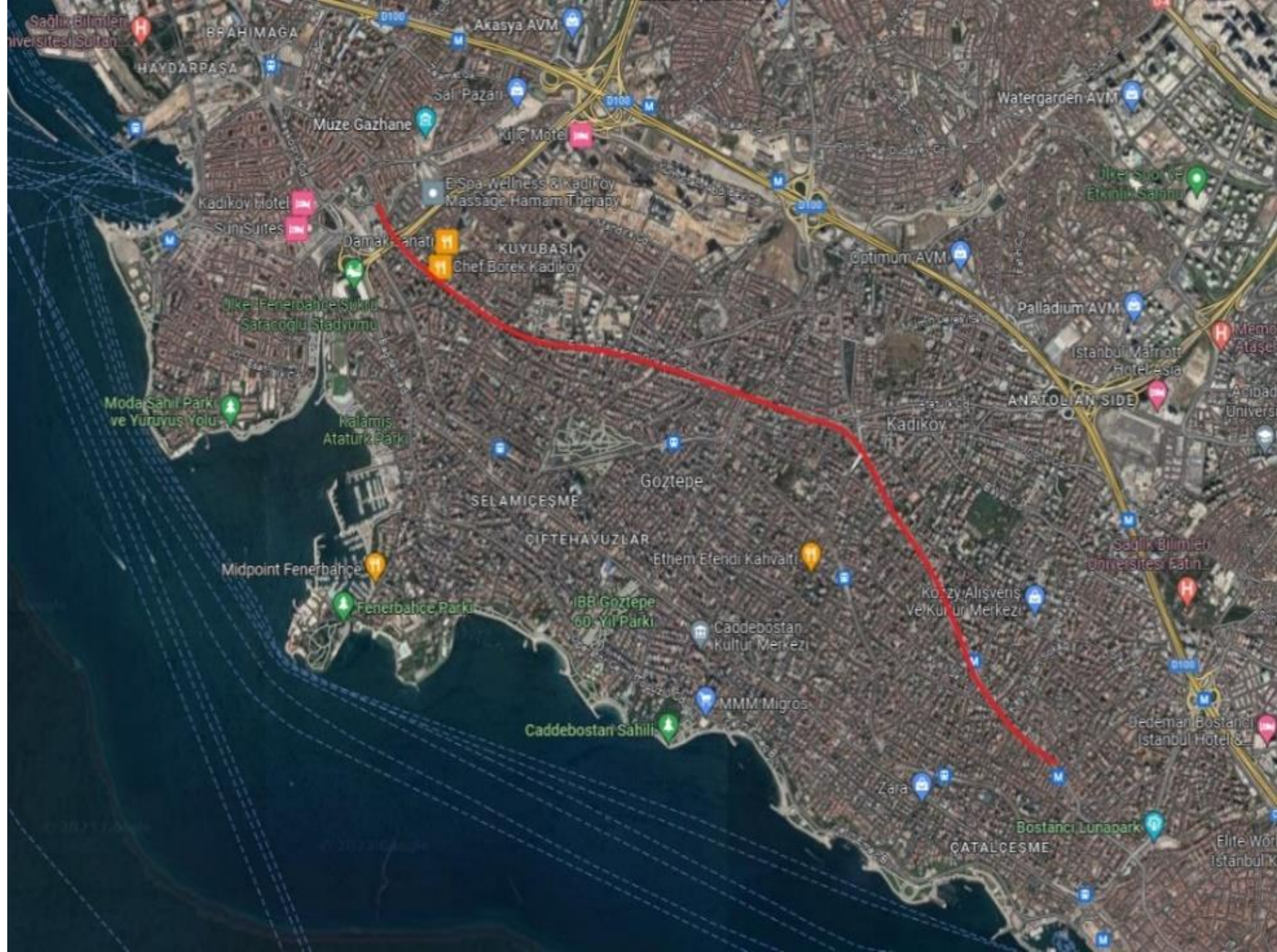


Anadolu Yakası Dolmuş Hattı Test Güzergahı

Kadıköy'de yer alan Fahrettin Kerim Gökay Caddesi üzerindeki dolmuş hattı, sık otobüs durakları ve trafik ışıkları ile yoğun bir trafik akışına sahiptir.

Özellikle dar yollar ve şerit sayısındaki değişiklikler, farklı K-AUS senaryolarının testi için uygun ortam oluşturmaktadır.

- Acil Durum Aracı Yaklaşma Uyarısı,
- Yavaş veya Durağan Araç(lar) Uyarısı,
- Önden Çarpışma Uyarısı,
- Yolda İnsan Uyarısı,
- Yol Çalışması Uyarısı,
- Araç İçi Hız Limitleri,
- Yol Dışı Park Bilgileri,
- Hava Durumu Uyarısı senaryoları için idealdir.



İstanbul Havalimanı-Hasdal Güzergahı

İstanbul Havalimanı ile Hasdal arasında yer alan bu güzergah, güçlü haberleşme altyapısı (fiber optik kablolar ve RSU'lar) ile donatılmıştır.

Havalimanı trafiği nedeniyle yoğun olan bu yol, K-AUS senaryoları için altyapının testi açısından farklı bir ortam sağlamaktadır.

- Acil Durum Aracı Yaklaşma Uyarısı,
- Acil Durum Fren Lambası Uyarısı,
- Yavaş veya Durağan Araç(lar) Uyarısı,
- Önden Çarpışma Uyarısı,
- İleride Trafik Sıkışıklığı,
- Yol Üzerinde Engel Uyarısı,
- Araç İçi Hız Limitleri,
- Hava Durumu Uyarısı,
- Yeşil Işık Optimum Hız Önerisi senaryoları için idealdir.

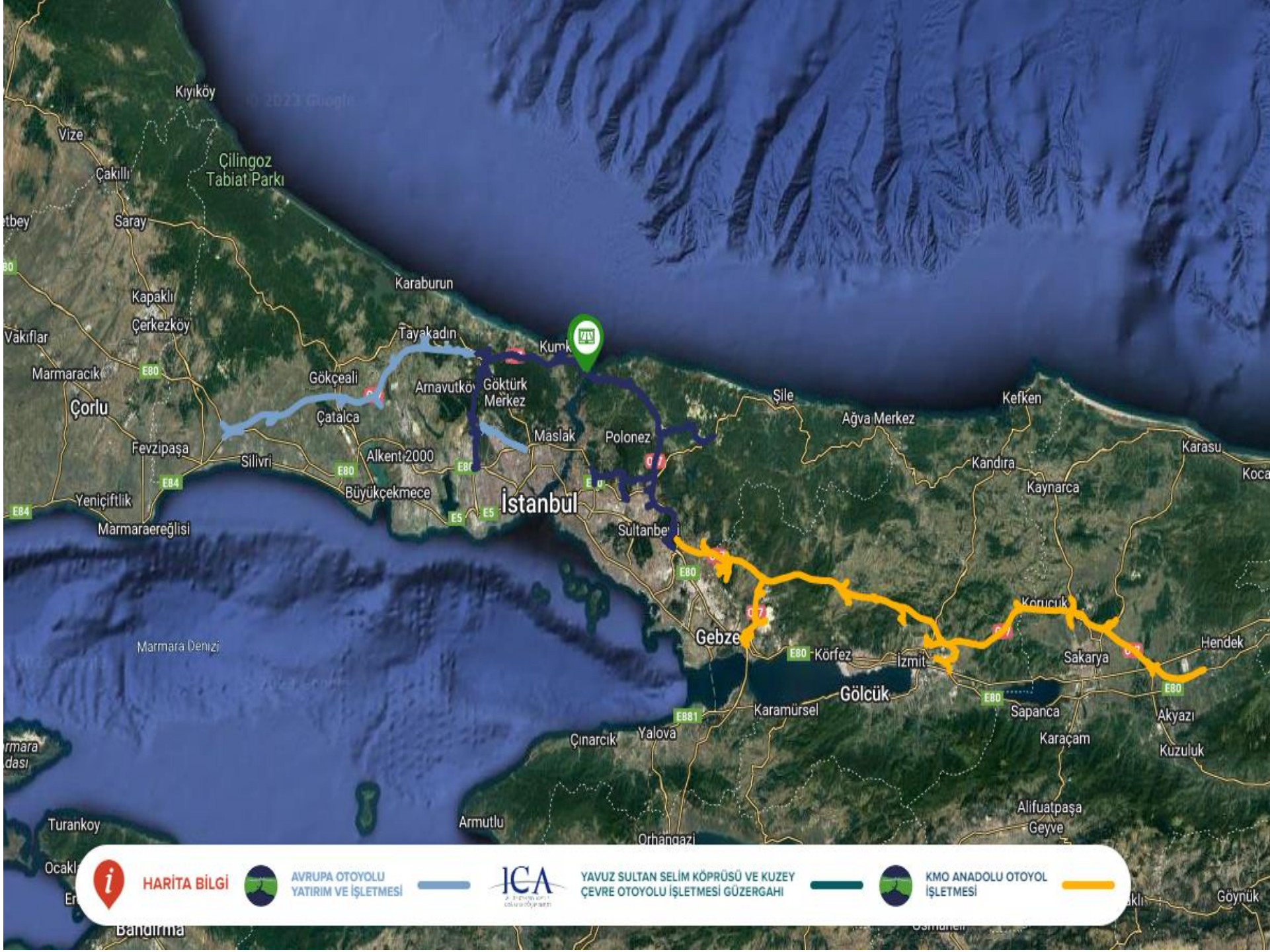


Kuzey Marmara Otoyolu

415 km uzunluğundaki Kuzey Marmara Otoyolu, fiber optik altyapı, CCTV ve meteorolojik sensörlerle donatılmıştır.

Yüksek hızda güvenli sürüşü destekleyen, bir ana ve iki alt kontrol merkezinden sürekli olarak gözetlenen bu otoyol, K-AUS güzergahının güvenliği açısından farklı bir test ortamı sağlamaktadır.

- Acil Durum Aracı Yaklaşma Uyarısı,
- Acil Durum Fren Lambası Uyarısı,
- Yavaş veya Durağan Araç(lar) Uyarısı,
- Önden Çarpışma Uyarısı,
- Yol Üzerinde Engel Uyarısı,
- Yol Çalışması Uyarısı,
- Araç İçi Hız Limitleri,
- Hava Durumu Uyarısı ve Geçici Kaygan Yol Uyarısı senaryoları için idealdir.



Türkiye'deki K-AUS Alanında Yürütülen Çalışmalar

Türkiye'de K-AUS'a yönelik adımlar hız kazanmıştır. K-AUS çalışmaları genellikle ürünleşme ve ticarileşme seviyesine gelmiştir. Bu alanda yapılan çalışmaları dört bölümde incelemek mümkündür.

- Kamu Kurumları
- Üniversiteler
- Özel Sektör
- Uluslararası İş Birlikleri ve Entegrasyon

Kamu Kurumları

- Ulaştırma Bakanlığı (UAB): Daha önce de bahsi geçtiği üzere Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) ile İstanbul Havaalanı-Hasdal arasında 30 km'lik K-AUS test koridorunu geliştirmiştir. Bunun yanı sıra Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı çerçevesinde, uydudan destekli AUS sistemleri için çeşitli projeler yürütülmektedir.
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB): İBB, itfaiye araçları için kavşaklarda öncelikli geçiş sağlayan V2I haberleşme sistemleri geliştirmekte ve tramvay konum takibi için RFID antenli sistemler kullanarak trafik yönetiminde iyileşme sağlamaktadır.

Üniversiteler

- Marmara Üniversitesi ve VeNIT Lab: V2X haberleşme ve akıllı ulaşım sistemleri üzerine araştırmalar yapılmakta, Horizon Europe ve H2020 projeleri kapsamında Dragos Kampüsü'nde V2X test koridoru kullanılmaktadır.
- İstanbul Okan Üniversitesi: Trafik güvenliği için araçlar arası haberleşme teknolojileri (C2C) projeleri yürütmekte ve güvenli sürüş için çeşitli çözümler geliştirmektedir.

Özel Sektör Katkıları

- ULAK Haberleşme: K-AUS teknolojileri üzerine kapsamlı Ar-Ge çalışmaları yürütmekte olup, TÜBİTAK ve SSB ile C-V2X teknolojisi uyumlu iletişim birimleri geliştirmektedir. Hamle Programı kapsamında ülkenin otonom araç sistem altyapısını oluşturacak projelere öncülük etmektedir.
- TEMSA: V2I ve bağlantılı araç teknolojileri üzerinde çalışmakta; telemetri ve LIDAR gibi sensörlerle kaza önleyici sistemler geliştirmektedir.
- Otokar: Gelişmiş acil fren sistemi, şerit takip ve kör nokta radar sistemlerini içeren güvenlik projeleri yürütmekte; ticari araçlar için güvenlik çözümleri geliştirmektedir.
- HAVELSAN: Akıllı Ulaşım Platformu ile sahadaki cihazların merkezi olarak izlenmesini sağlayan bulut ve IoT platformları geliştirmektedir. Bu platformlar, özellikle askeri K-AUS çözümlerinde uygulanmaktadır.

Uluslararası İş Birlikleri ve Entegrasyon

- Çalışmalar, ETSI, ISO, UN ECE gibi uluslararası standartlara uygun olarak yürütülmekte ve Avrupa'daki C-Roads platformuna entegre edilmektedir.
- 5GAA ve ERTICO Üyelikleri: Türkiye, K-AUS alanındaki çalışmalarını uluslararası gelişmelerle uyumlu şekilde sürdürmektedir.

K-AUS'un Dünya Çapında Önemi

K-AUS, dünya genelinde trafik yönetimi ve güvenlik açısından ön plana çıkan bir teknoloji olup, birçok ülke bu teknolojiyi entegre etmeye çalışmaktadır.

Avrupa'da K-AUS

- Yapılan pilot çalışmaların büyük çoğunluğu TEN-T koridorları üzerinde yapılmıştır ve bu koridorlarda yapılmaya devam etmektedir.
- Birlikte çalışabilirliği yüksek olan K-AUS uygulamaları geliştirilmektedir.
- Ülkelerin kendi içinde çalışmaları bulunmasına rağmen, AB ülkeleri bir bütün halinde hareket etmeye gayret göstermektedir.
- Yapılan pilot çalışmaların büyük çoğunluğu ülkeler arası sınır ötesi projelerdir.
- AB'de yer alan ülkelerde, standartlar ve mevzuatlar konusunda birlik sağlanması ile zaman ve kaynak kaybı önlenmektedir.
- Ülkeler birbirine benzer hareket ederek proje geliştirmede birbirlerine yardım etmektedir ve bu sayede K-AUS uygulamalarının yaygınlaşması sürecinde iş birliklerini güçlendirmektedir.

ABD'de K-AUS

- ITS JPO tarafından yürütülen ve çeşitli kurumların bir araya gelerek oluşturduğu ortak bir çalışma bulunmaktadır.
- Eyaletlerin ABD'de üretilen standartları kullansa da eyaletler arasında birlik yoktur.
- ARC-IT adı verilen referans mimarisi vardır.
- Yapılan çalışmaların çoğunluğu, trafikte güvenliği sağlamaya yöneliktir.
- Ulaştırma bakanlıkları, yürüttükleri projeler ve yayınladıkları strateji planlarında K-AUS hizmetlerine yer vermektedir.
- FHWA, K-AUS alanındaki çalışmalara yüksek meblağlarda fon sağlamaktadır.
- K-AUS alanında çalışmalar yürüten nitelikli araştırmacıların ABD'ye göçü devam etmektedir.
- Ayrılan fon miktarı ve nitelikli personel sayısı sayesinde, K-AUS teknolojilerinin geliştirilmesinde avantajlı ülke konumundadır.

Asya – Pasifik Ülkelerinde K-AUS

- Yapılan pilot çalışmalarda, K-AUS senaryolarının uygulanmasından ziyade haberleşme teknolojilerinin geliştirilmesi üzerine çalışılmaktadır.
- Ülkelerin kendine ait kullandıkları standartları ve mevzuatları yer almaktadır. Bölgesel birlik bulunmamaktadır.
- Çalışmaların çoğunluğu haberleşme teknolojilerini geliştirmeye odaklanmaktadır.
- Her ülke, kendi coğrafyasına uygun bir pilot bölge belirleyerek çalışmalarını bu bölgelerde sürdürmektedir.
- Nitelikli K-AUS araştırmacıları ve bu alanda faaliyet gösteren kişi sayısı fazladır. Bu nedenle K-AUS teknolojileri alanındaki geliştirmeleri, hızlı bir şekilde devam etmektedir.
- Haberleşme teknolojilerinde gelişmeler kaydetmekte olup bu teknolojilerin uygulama pazarında payı yüksektir.

SONUÇLAR

- Otonom araçların getirdiği potansiyel avantajlar, Türkiye'nin önündeki sürücüsüz teknolojilere olan ilgisini daha da pekiştirmiştir.
- Bu araçlar, trafik kazalarını azaltma potansiyeliyle ülkedeki yol güvenliğini ciddi anlamda iyileştirebilir.
- Aynı zamanda, kentsel mobilitayı optimize ederek trafik sıkışıklığını azaltma ve çevresel etkileri yönetme imkanı sunar.
- Otonom araçların günümüz dünyasına dahil olabilmesi için öncelikle test aşamalarından geçmeleri gerekmektedir.

SONUÇLAR

- Türkiye’de kullanılacak otonom araç standart setinin belirlenmesi otonom araç çalışmalarında birlikte çalışabilirliği arttırmak ve ortak bir çerçevenin oluşturulması konusunda büyük önem taşımaktadır.
- Bu stratejik önlemlerin ve yönergelerin özenle uygulanması, ülkemizdeki otonom araç araştırma ve geliştirme çabalarının ilerlemesini önemli ölçüde hızlandıracak ve geliştirecek, en ileri otonom hareketlilik çözümlerinin verimli bir şekilde geliştirilmesine ve entegre edilmesine yardımcı olacak bir ulusal ulaşım ortamı teşvik edecektir.

SONUÇLAR

- Üniversitelerin otonom araçlara yönelik çalışmalar yapmasının teşvik edilmesi ve desteklenmesi hem yerli otomotiv endüstrisini güçlendirecek hem de genç mühendislerin uzmanlıklarını bu yenilikçi alana yönlendirecektir.
- Ancak, otonom araçların ülkemizde yaygınlaşması düzenlemeler ve yönetmeliklerle ilgili hususlar barındırmaktadır. Türkiye'nin bu teknolojiyi güvenli ve etkili bir şekilde benimsemesi için kapsamlı bir yasal çerçeve oluşturması şarttır. Bu çerçevenin, sürücüsüz araçların kullanımını düzenlerken güvenliği, sorumlulukları ve veri mahremiyetini korumayı amaçlayan kapsamlı bir yaklaşımı içermesi gerekmektedir.

SONUÇLAR

TÜRKİYE OTONOM ARAÇ TEKNOLOJİLERİ GELECEK PROJEKSİYONU

- Bunların yanı sıra siber güvenlik konusundaki endişeler de göz ardı edilmemelidir. Otonom araçlar büyük ölçüde birbirine bağlı sistemlere bağlı olduğundan hem araç güvenliğini hem de veri bütünlüğünü tehlikeye atabilecek olası kötü niyetli saldırılara karşı korunmak için siber tehditlere karşı güvenlik açıklarının ele alınması gerekir.
- Ayrıca otonom araçların toplu taşıma sistemlerine entegre edilmesi, daha sürdürülebilir ve verimli bir ulaşım ağının oluşturulması açısından önemli bir potansiyel barındırıyor. Bu yaklaşım trafik sıkışıklığını hafifletebilir, enerji tüketimini azaltabilir ve çevresel faydalar sağlayabilir. Dahası, bireysel araç mülkiyeti yerine paylaşılan otonom ulaşım modellerinin benimsenmesi, yalnızca ekonomik açıdan avantajlı olmakla kalmamaktadır, aynı zamanda daha yeşil ve daha uygun maliyetli bir ulaşım ekosistemini teşvik etme yönündeki daha geniş hedefle de uyumludur.
- Gelecekte Türkiye'deki otonom araçların kullanımıyla ilgili yapılan tahminler, özellikle toplu taşıma sistemleri ve yük taşımacılığı alanlarında büyük gelişmelerin beklendiğini göstermektedir. Bu sayede, hem yolcu taşımacılığı hem de yük taşımacılığında daha güvenli, verimli ve düşük maliyetli bir deneyim sunulması hedeflenmektedir. Bu atılım, Türkiye'nin taşımacılık sektöründe önemli bir dönüşümü beraberinde getireceği ve otonom araçların yaygın olarak kullanılacağını göstermektedir. Ancak, otonom araç teknolojisinin günlük hayatta yaygınlaşması için önemli adımların atılması gerekmektedir.

Prof.Dr. İlgin Yaşar

İnşaat Mühendisliği

Boğaziçi Üniversitesi | İstanbul

Phone: +90 (212) 3594879/7278

Fax: +90 (212) 2872457

Email: ilgin.gokasar@bogazici.edu.tr

<http://www.ce.boun.edu.tr/?q=ilgingokasar>

<http://itslab.boun.edu.tr/>

