



K-AUS TÜRKİYE MEVCUT DURUM ANALİZ RAPORU



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

K-AUS Türkiye Mevcut Durum Analizi

T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Haberleşme Genel Müdürlüğü

Aysel KANDEMİR	Genel Müdür
Esmâ DİLEK	Genel Müdür Yardımcısı
Murat Mustafa HARMAN	Daire Başkanı
Özgür TALİH	Şube Müdürü
Tuğçe KAYAKÖK	Proje Kontrol Teşkilatı-Mühendis
Ertuğrul HASGÜL	Proje Kontrol Teşkilatı-Mühendis
Mehmet KIVILCIM	Proje Kontrol Teşkilatı-Mühendis

Boğaziçi Üniversitesi AUS Laboratuvarı

Prof. Dr. İlgın YAŞAR	Proje Yöneticisi-Prof. Dr.
Sarp Semih ÖZKAN	Yüklenici Proje Ekibi-Yüksek Mühendis
Alperen TİMURÖĞÜLLARİ	Yüklenici Proje Ekibi-Yüksek Mühendis
Volkan YILDIZ	Yüklenici Proje Ekibi-Mühendis

ANKARA, Ocak 2023

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER LİSTESİ.....	v
TABLOLAR LİSTESİ.....	vi
TÜRKÇE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vii
İNGİLİZCE KISALTMALAR LİSTESİ.....	ix
TANIMLAR	xv
BÖLÜM I	1
1. GİRİŞ	1
BÖLÜM II	4
2. METODOLOJİ	4
BÖLÜM III	7
3. KOOPERATİF AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ	7
BÖLÜM IV	14
4. HABERLEŞME TEKNOLOJİLERİ VE PROTOKOLLERİ	14
BÖLÜM V	20
5. TÜRKİYE’DE K-AUS ALANINDA YÜRÜTÜLEN AKADEMİK ÇALIŞMALAR	20
5.1. Tez Çalışmaları	20
5.1.1. Teknoloji Geliştirme	20
5.1.1.1. Haberleşme Teknolojileri.....	20
5.1.1.2. Siber Güvenlik	23
5.1.2. Trafiğe Etki	26
5.1.2.1. Trafik Yönetimi.....	27
5.2. Makale ve Bildiriler	30
5.2.1. Teknoloji Geliştirme	30
5.2.1.1. Haberleşme Teknolojileri.....	30
5.2.1.2. Siber Güvenlik	37
5.2.2. Trafiğe Etki	39
BÖLÜM VI	40
6. TÜRKİYE’DE K-AUS ALANINDA YÜRÜTÜLEN ÇALIŞMALAR	40
6.1. Kurum ve Kuruluşlarla Yapılan Anket Çalışmaları	40
6.1.1. Kamu Kurum ve Kuruluşları.....	40
6.1.2. Üniversiteler.....	47
6.1.3. Sivil Toplum Kuruluşları	51

6.1.4.	Özel Sektör Kuruluşları	51
6.1.5.	Yol Kullanıcıları	59
6.2.	<i>Diğer Çalışmalar</i>	59
BÖLÜM VII		61
7.	TÜRKİYE’DE K-AUS ÇALIŞMALARINDA KULLANILAN STANDARTLAR	61
7.1.	<i>K-AUS’a Yönelik Standartlar</i>	63
7.2.	<i>Araçların Yazılım, Donanım, Tasarım ve Parçalarına Yönelik Standartlar</i>	67
7.3.	<i>Haberleşme Teknolojilerine Yönelik Standartlar</i>	70
7.4.	<i>Elektrikli Araçlara Yönelik Standartlar</i>	75
7.5.	<i>Takograflara Yönelik Standartlar</i>	76
BÖLÜM VIII		78
8.	K-AUS’UN TÜRKİYE’DE MEVZUAT, STRATEJİ VE POLİTİKA BELGELERİNDEKİ YERİ	78
BÖLÜM IX		85
9.	ÇALIŞMALARI TAKİP EDİLEN ULUSLARARASI ORGANİZASYONLAR	85
BÖLÜM X		87
10.	TÜRKİYE’DE K-AUS’UN YAYGINLAŞTIRILMASI İÇİN GZFT ANALİZİ	87
BÖLÜM XI		90
11.	SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER	90
KAYNAKÇA		93
EK-A. Anket Soru Seti		106

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Araçtan Her Şeye (V2X) Haberleşme Teknolojilerinin Örnek Gösterimi (Thales Group, 2023) .	14
Şekil 2. Bağlantılı Araçlar ve V2V Haberleşme Teknolojilerinin Örnek Gösterimi (Vehicle to Vehicle (V2V) Connectivity, 2020)	15
Şekil 3. V2I Haberleşme Teknolojilerinin Örnek Gösterimi (Thales Group, 2023).....	16
Şekil 4. Senaryolarda Kullanılan Sistem Bileşenleri (Kara, 2019).....	22
Şekil 5. Gerçekleşebilecek Siber Saldırıların Sınıflandırılması (Okul vd., 2018).	25
Şekil 6. Siber Saldırıya Maruz Kalabilecek Bileşenler (Muratoğlu, 2020).	25
Şekil 7. PLNC Kullanılan V2V İletişimi (S. Ö. Ata & Altunbaş, 2015)	32
Şekil 8. V2V Sistem Modülünün Genel Blok Diyagramı (Özdemir vd., 2016)	33
Şekil 9. Hasdal-İstanbul Havalimanı ~30km'lik K-AUS Test Güzergahı.....	45

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. Anket Çalışması Kapsamında Görüşülen Paydaşlar	5
Tablo 2. Avrupa Komisyonu Tarafından Gün 1 ve Gün 1.5 K-AUS Hizmetlerinin Sınıflandırılması.....	9
Tablo 3. Dragos Kampüsü K-AUS Test Koridorunda Test Edilen V2X uygulamaları	48
Tablo 4. Türkiye’de Kurumların K-AUS Çalışmalarında Kullandığı Standartlar	61
Tablo 5. GZFT Analizi.....	88

TÜRKÇE KISALTMALAR LİSTESİ

Kısaltma	Türkçe	İngilizce
AB	Avrupa Birliği	European Union
ABHS	Araç İçi Bilgi ve Haberleşme Sistemi	In-Vehicle Information and Communication System
Ar-Ge	Araştırma ve Geliştirme	Research and Development (R&D)
AUS	Akıllı Ulaşım Sistemleri	Intelligent Transportation Systems (ITS)
AUS-İ	Akıllı Ulaşım Sistemleri İstasyonu	Intelligent Transportation System Station (ITS-S)
BTK	Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu	Information Technologies and Communication Authority
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu	Energy Market Regulatory Authority
GZFT	Güçlü Yönler, Zayıf Yönler, Fırsatlar ve Tehditler	Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats (SWOT)
HGM	Haberleşme Genel Müdürlüğü	General Directorate of Communications
İBB	İstanbul Büyükşehir Belediyesi	Istanbul Metropolitan Municipality
İSBAK	İstanbul Bilişim ve Akıllı Kent Teknolojileri A.Ş.	Istanbul IT and Smart City Technologies Inc.
JEMUS	Jandarma Entegre Muhabere Bilgi Sistemi	Gendarmerie Integrated Communication Information System
K-AUS	Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemleri	Cooperative Intelligent Transportation Systems (C-ITS)
KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü	Directorate General of Highways
STB	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	Ministry of Industry and Technology

TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu	Scientific and Technological Research Council of Türkiye
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu	Turkish Statistical Institute
UAB	Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı	Ministry of Transport and Infrastructure
UDHAM	Ulaştırma, Denizcilik, Haberleşme Araştırmaları Merkezi	Center for Transportation, Maritime and Communications Researches

İNGİLİZCE KISALTMALAR LİSTESİ

Kısaltma	İngilizce	Türkçe
3G	3rd Generation	3.Nesil
3GPP	3rd Generation Partnership Project	3. Nesil Ortaklık Projesi
4G	4th Generation	4.Nesil
5G	5th Generation	5.Nesil
5GAA	5G Automotive Association	5G Otomotiv Birliği
AC	Alternating Current	Alternatif Akım
ACC	Adaptive Cruise Control	Adaptif Hız Sabitleyici
ACEA	European Automobile Manufacturers' Association	Avrupa Otomobil Üreticileri Derneği
ADAS	Advanced Driver Assistance Systems	Gelişmiş Sürücü Yardım Sistemleri
AECC	Automotive Edge Computing Consortium	Otomotiv Uç Nokta Bilgi İşlem Konsorsiyumu
AFV	Alternative Fuel Vehicle	Alternatif Yakıtlı Araç
ARC-IT	The Architecture Reference for Cooperative and Intelligent Transportation	Kooperatif ve Akıllı Ulaşım için Referans Mimari
C2C-CC	Car2Car Communication Consortium	Araçtan Araca Haberleşme Konsorsiyumu
CACC	Cooperative Adaptive Cruise Control	Kooperatif Adaptif Hız Sabitleyici
CAN	Controller Area Network	Denetleyici Alan Ağı

CAT-M	Category M	Kategori M
CEPT	The European Conference of Postal and Telecommunications Administrations	Avrupa Posta ve Telekomünikasyon İdareleri Konferansı
CF-IVC	Cluster Formation for Inter-Vehicle Communications	Araçlar Arası Haberleşme için Küme Oluşturma
COOPERS	Co-operative Networks for Intelligent Road Safety	Akıllı Yol Güvenliği için Kooperatif Ağlar
CPD	Change Point Detection	Değişim Noktası Analizi
C-V2X	Cellular Vehicle-to-Everything	Hücreyel Ağ Üzerinden Araçtan Her Şeye
CVIS	Cooperative Vehicle-Infrastructure Systems	Kooperatif Araç-Altyapı Sistemleri
DC	Direct Current	Doğru Akım
DSRC	Dedicated Short Range Communication	Tahsis Edilmiş Kısa Mesafeli Haberleşme
ECC	Electronic Communication Committee	Elektronik İletişim Komitesi
ECU	Electronic Control Unit	Elektronik Kontrol Ünitesi
EDCAF	Enhanced Distributed Channel Access Function	Geliştirilmiş Dağıtılmış Kanal Erişim İşlevi
ERTICO	European Road Transport Telematics Implementation Coordination	Avrupa Karayolu Taşımacılığı Telematik Uygulama Koordinasyon Örgütü
ERTRAC	European Road Transport Research Advisory Council	Avrupa Karayolu Taşımacılığı Araştırma Danışma Konseyi
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü

EV	Electric Vehicle	Elektrikli Araç
EVSE	Electric Vehicle Supply Equipment	Elektrikli Araç Şarj Besleme Donanımı
EWMA	Exponentially Weighted Moving Average	Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama
GNSS	Global Navigation Satellite System	Küresel Navigasyon Uydu Sistemi
GPS	Global Positioning System	Küresel Konumlandırma Sistemi
GSMA	Global System for Mobile Communications Association	Mobil İletişim için Küresel Sistem Birliği
GSR	General Safety Regulation	Genel Emniyet Regülasyonu
HMI	Human Machine Interface	İnsan Makine Ara yüzü
HSM	Hardware Safety Module	Donanım Güvenlik Modülü
I2V	Infrastructure-to-Vehicle	Altyapıdan Araca
IEEE	The Institute of Electrical and Electronics Engineers	Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü
IMT	International Mobile Telecommunications	Uluslararası Mobil Telekomünikasyon
IoT	Internet of Things	Nesnelerin İnterneti
ISA	Intelligent Speed Assistance	Akıllı Hız Asistanı
ISO	International Organization for Standardization	Uluslararası Standardizasyon Örgütü
ITS-G5	Frequency Band for Intelligent Transportation Systems	Akıllı Ulaşım Sistemleri için Frekans Bandı
ITU	International Telecommunication Union	Uluslararası Telekomünikasyon Birliği

ITU-T	International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector	Uluslararası Telekomünikasyon Birliği Telekomünikasyon Standardizasyon Birimi
LDM	Local Dynamic Map	Yerel Dinamik Harita
LIDAR	Light Detection and Ranging	Işık Algılama ve Uzaklık Ölçümü
LOS	Line of Sight	Görüş Hattı
LPWAN	Low Power Wide Area Network	Düşük Güçlü Geniş Alan Ağı
LTE	Long Term Evolution	Uzun Süreli Gelişim
MAC	Medium Access Control	Ortam Erişim Kontrolü
MEC	Multi Access Edge Computing	Çoklu Erişim Uç Bilişimi
NB-IoT	Narrowband Internet of Things	Dar Bant Nesnelerin İnterneti
NGMN	Next Generation Mobile Networks	Yeni Nesil Mobil Şebekeler
NLOS_b	Non-Line-of-Sight Links Obstructed by Buildings	Binalar Tarafından Engellenen Görüş Hattı Bağlantıları
NLOS_v	Non-Line-of-Sight Links Obstructed by Vehicles	Araçlar Tarafından Engellenen Görüş Hattı Bağlantıları
NTCIP	National Transportation Communications for Intelligent Transportation System Protocol	Akıllı Ulaşım Sistemi için Ulusal Ulaşım İletişimi Protokolü
OBD	On-board Diagnostics	Araç Üstü Teşhis
OBU	On-board Unit	Araç Üstü Birim
OECD	The Organization for Economic Cooperation and Development	Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü

OMNeT++	Objective Modular Network Testbed in C++	C++’da Amaç Modüler Ağ Test Alanı
OSI	Open Systems Interconnection	Açık Sistemler Ara Bağlantısı
PHY	Physical Layer	Fiziksel Katman
PKI	Public Key Infrastructure	Açık Anahtar Altyapısı
PLNC	Physical Layer Network Coding	Fiziksel Katmanlı Ağ Kodlama
RFID	Radio Frequency Identification	Radyo Frekansıyla Tanımlama
RSU	Roadside Unit	Yol Kenarı Ünitesi
SAE	Society of Automotive Engineers	Otomotiv Mühendisleri Topluluğu
SAFESPOT	Cooperative systems for road safety “Smart Vehicles on Smart Roads”	Yol Güvenliği için Kooperatif Sistemler “Akıllı Yollarda Akıllı Araçlar”
SNR	Signal to Noise Ratio	Sinyal Gürültü Oranı
SpaT	Signal Phase and Timing	Sinyal Faz ve Zaman Bilgisi
SUMO	Simulation of Urban Mobility	Kentsel Hareketlilik Simülasyonu
TCU	Telematics Control Unit	Telematik Kontrol Birimi
UMTRI	University of Michigan Transportation Research Institute	Michigan Üniversitesi Ulaştırma Araştırma Enstitüsü
UN ECE	United Nations Economic Commission for Europe	Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu
V2I	Vehicle-to-Infrastructure	Araçtan Altyapıya

V2N	Vehicle-to-Network	Araçtan Ağa
V2P	Vehicle-to-Pedestrian	Araçtan Yayaya
V2V	Vehicle-to-Vehicle	Araçtan Araca
V2X	Vehicle-to-Everything	Araçtan Her Şeye
WLAN	Wireless Local Area Network	Kablosuz Yerel Alan Ağı

TANIMLAR

- Açık Sistemler Ara Bağlantısı (OSI)*** : ISO tarafından oluşturulmuş ve farklı bilgisayar sistemlerinin standart protokoller kullanarak birbirleriyle iletişim kurmasını sağlayan modeldir.
- Adaptif Hız Sabitleyici (ACC)*** : Öndeki araçla güvenli mesafeyi korumak için, araç hızını dinamik ve otomatik olarak ayarlayan sistem.
- Açık test alanı*** : Araç, haberleşme, güvenlik vb. teknolojilerin test edildiği trafiğe açık test sahasıdır.
- Akıllı şehir*** : Şehrin planlamasını, yönetimini, inşasını, akıllı hizmetleri kolaylaştıracak nesnelerin interneti (IoT), bulut bilişim, büyük veri ve entegre coğrafi bilgi sistemleri gibi yeni nesil bilgi iletişim teknolojilerinin uygulandığı yeni bir kavram ve yeni bir model. Veri toplamak için farklı türde elektronik IoT sensörlerini kullanan ve daha sonra varlıkları, kaynakları ve hizmetleri verimli bir şekilde yönetmek için bu sensörlerden elde edilen bilgileri kullanan kentsel bir alandır.
- Akıllı takograf*** : Sayısal takograf cihazlarına, akıllı ulaşım sistemleri ara yüzleri ile iletişim, küresel navigasyon uydu sistemi (GNSS) ve tahsis edilmiş kısa mesafeli haberleşme (DSRC) teknolojileri eklenerek geliştirilmiş cihazdır.
- Akıllı ulaşım*** : Hareketlilik ve ulaşım verimliliği sağlayan, güvenliği artıran, mevcut ulaşım tesislerinin ve enerji kaynaklarının kullanımını en üst düzeye çıkaran ve çevreyi koruyan bilgi ve iletişim teknolojilerini içeren ulaşım türüdür.
- Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS)*** : Seyahat sürelerinin azaltılması, trafik güvenliğinin artırılması, mevcut yol kapasitelerinin verimli kullanılması, hareketliliğin artırılması, enerjinin verimli kullanılması ve çevreye verilen zararın azaltılması gibi amaçlar doğrultusunda geliştirilen kullanıcı, araç, altyapı ve merkez arasında çok

yönlü veri alışverişi ile izleme, ölçme, analiz ve kontrol mekanizmalarını içeren bilgi iletişim temelli sistemlere verilen isimdir.

Araç Üstü Birim (OBU) : Taşınabilir cihazları da içeren araca sabitlenmiş ya da araçla birlikte verilen ünite/donanımdır.

Bağlantılı araç : Sürücüyü, yoldaki diğer araçlarla, yol kenarı altyapısıyla ve bulut aracılığıyla diğer sistem ve hizmetlerle iletişim kurmak için farklı iletişim teknolojilerini kullanan araçtır.

Bulut Bilişim : Bilgisayarlar ve diğer cihazlar için istendiği zaman kullanılabilen ve kullanıcılar arasında paylaşılan bilgisayar kaynakları sağlayan, internet tabanlı bilişim hizmetlerinin genel adıdır.

CEN-TC 278 : CEN (Avrupa Standartlar Komitesi)'de Akıllı Ulaşım Sistemleri alanında standartların belirlenmesi için çalışmalar yapan çeşitli alt çalışma grupları olan teknik komitedir.

Denetleyici Alan Ağı (CAN) : OBD-II araç teşhis standardında kullanılan özellikle otomotiv uygulamaları için tasarlanmış mesaj tabanlı protokoldür.

Fiziksel Katman (PHY) : Bilgisayar ağının yedi katmanlı OSI modelinde, fiziksel katman veya katman 1, birinci ve en alttaki katmandır. Ağ mimarisinde cihazlar arasındaki fiziksel bağlantıyla en yakından ilişkili katmandır. Bu katman, bir PHY çipi tarafından uygulanabilir.

Hareketlilik : Ulaşım sistemlerini kullanma faaliyetidir.

Hücreli Haberleşme : 3G, 4G, 5G, 6G, vb. üzerinden gerçek zamanlı haberleşme ve veri iletimi sağlayan, cep telefonlarının, mobil cihazların haberleşmesinde kullanılan kablosuz iletişim teknolojisi biçimi. IMT spektrum bantlarında uzun menzilli iletişimidir.

- Hücresel Ağ Üzerinden Araçtan Her Şeye (C-V2X)** : Araçlara; diğer araçlar, bisikletliler, yayalar, yol altyapısı veya mobil ağlar gibi çevreleriyle etkileşim kurma imkânı veren bağlantılı bir hareketlilik platformudur.
- IEEE 802.11** : Kablosuz yerel alan ağı (WLAN), Wi-Fi, IEEE 802 LAN protokollerinin bir parçasıdır ve ortam erişim kontrolü (MAC) ve fiziksel katman (PHY) protokollerini, 2.4 GHz, 5 GHz ve 60 GHz frekanslarındaki ayrılmış frekans bantları dahil, ancak bununla sınırlı olmamak üzere, çeşitli frekanslarda iletişimi belirtir.
- IEEE 802.11bd** : IEEE 802.11-2020 standardının bir parçası haline gelen ve ITS-G5 ETSI standartları seti için erişim katmanı temeli olan mevcut IEEE 802.11p değişikliğinin evrimsel iyileştirmesi. Evrimsel doğası sayesinde IEEE 802.11p tabanlı sistemlerden yumuşak ve kademeli bir geçişe izin verir; bu yeni standardın temel gereksinimleri, bir arada bulunma ve geriye dönük uyumluluktur. Mevcut IEEE 802.11p ve yeni IEEE 802.11bd (NGV, Next Generation V2X) istasyonlarının birlikte çalışmasına, otomotiv WLAN standardının iyileştirilmesine, kanallarda ve kanallar arasında sorunsuz çalışabilirliğe izin verir.
- IEEE 802.11p** : Otomotiv uygulaması için özel olarak tasarlanmış geçici kısa menzilli WLAN iletişimi. Herhangi bir araç iletişim sistemine kablosuz erişim eklemek için IEEE 802.11 standardında yapılmış değişiklikler sonucunda oluşturulmuştur.
- Kapalı Test Alanı** : Araç, haberleşme, güvenlik vb. teknolojilerin test edildiği trafiğe kapalı test sahasıdır.
- Kooperatif Adaptif Hız Sabitleyici (CACC)** : CACC; ACC'nin bir uzantısı olup boyuna doğrultuda otomatikleştirilmiş araç kontrolünü gerçekleştirir. Öndeki aracın uzaklığını elde etmek için radar, kamera ve/veya LIDAR ölçümlerini kullanan ACC'ye ek olarak, öndeki aracın ivmesi de geri besleme döngüsünde kullanılır. Bağlantılı ve otonom araçların kooperatif bir şekilde sürülmesine izin veren CACC;

trafik akışını artırır, yakıt tüketimini azaltır ve bir araç katarının güvenli bir şekilde seyahat etmesini sağlar.

Kooperatif Farkındalık : Yol kullanıcılarının ve yol kenarı altyapısının birbirlerinin konumu, dinamik verileri ve nitelikleri hakkında bilgilendirilmesidir.

Küresel Konumlama Sistemi (GPS) : Amerika Birleşik Devletleri (ABD) hükümetine ait ve ABD Uzay Kuvvetleri tarafından yönetilen uydu tabanlı radyo navigasyon sistemidir. Dünya'daki ve Dünya yakınındaki GPS alıcılarına, en az dört GPS uydusunu görebilmeleri şartıyla coğrafi konum ve saat bilgisi sağlayan küresel uydu navigasyon sistemlerinden biridir.

LIDAR : Lazer darbeleri kullanılarak bir nesne veya bir yüzeyin uzaklığını anlamaya yarayan algılama teknolojisidir.

LTE : 4G olarak da bilinen LTE, 3G'den daha yüksek bant genişliği ve daha düşük gecikme sağlayarak günlük hayatta hızlı ve kaliteli bir altyapı sağlamasının yanı sıra, güvenlik uygulamalarını da bir adım öteye taşıyan bir teknolojidir.

Ortam Erişim Kontrolü (MAC) : Hangi ağ ögesinin hangi zaman aralığında ağ ortamına (örnek kabloya) veri aktarabileceğini belirleyen bir alt katman.

RADAR : Bir hedefe göre göreceli mesafeyi ve göreceli hızı ölçen elektromanyetik sensördür.

RFID : Radyo frekansı kullanarak nesnelere tekil ve otomatik olarak tanıma yöntemidir. Nesnelere yerleştirilmiş etiketleri otomatik olarak tanımlamak ve izlemek için elektromanyetik alanları kullanır. Bir RFID sistemi, radyo aktarıcısı, radyo alıcısı ve vericisinden oluşur.

Siber güvenlik : Siber uzayı oluşturan bilişim sistemlerinin saldırılardan korunmasını, bu ortamda işlenen bilginin gizliliği, bütünlüğü ve erişilebilirliğinin güvence altına alınmasını, saldırıların ve siber olayların tespit edilmesini, bu tespitlere karşı tepki mekanizmalarının devreye alınmasını ve sonrasında

ise sistemlerin yaşanan siber olay öncesi durumlarına geri döndürülmesini kapsayan faaliyetler bütünüdür.

- Siber saldırı*** : Siber uzaydaki bilişim ve endüstriyel kontrol sistemlerinin veya bu sistemler tarafından işlenen bilginin gizliliği, bütünlüğü veya erişilebilirliğini ortadan kaldırmak amacıyla, siber uzayın herhangi bir yerindeki kişi veya bilişim sistemleri tarafından kasıtlı olarak yapılan işlemlerdir.
- Sinyal Faz ve Zamanlama Bilgisi (SPaT)*** : Bir sinyal sisteminin mevcut durumunu ve aşamalarını tanımlayan ve bunu kavşaktaki belirli şeritlerle (ve dolayısıyla hareketler ve yaklaşımlarla) ilişkilendiren bir mesaj türü. ISO / TS 19091: 2017'ye göre ortak trafik ışıklarının sinyal fazı ve zamanlama mesajıdır.
- SUMO (Simulation of Urban MObility)*** : SUMO (Kentsel Hareketlilik Simülasyonu), ücretsiz ve açık kaynaklı bir trafik benzetim paketidir. 2001'den beri kullanılmaktadır. Karayolu araçları, toplu taşıma ve yayalar dahil olmak üzere intermodal trafik sistemlerinin modellenmesine izin verir. SUMO'ya dahil olan, ağ aktarımı, rota hesaplamaları, görselleştirme ve emisyon hesaplaması gibi trafik benzetimlerinin oluşturulması, yürütülmesi ve değerlendirilmesi için temel görevleri otomatikleştiren çok sayıda destekleyici araç içerir.
- Tahsis Edilmiş Kısa Mesafeli Haberleşme (DSRC)*** : Karayolundaki araçlar için tasarlanmış, araçların birbiriyle ve yol kenarındaki donanımlar arasında çift yönlü haberleşmesini sağlayan kısa veya orta menzilli kablosuz iletişim standardıdır.
- Telematik Sistemler*** : Telekomünikasyon cihazlarından uzak nesnelere bir ağ üzerinden bilgi iletmek, depolamak ve bilgi almak için iletişim ve bilgi teknolojilerinin entegre kullanımı. Gerçek zamanlı izleme ve veri aktarma teknolojileri kullanan bir sistemdir. Bu sistemin araçlara yerleştirilmesiyle aracın konum bilgileri, aracı süren kişinin kurallara uyup uymadığı ya da sürüş biçimi gibi bilgiler GPS aracılığıyla, sistemi takip için program kurulan bilgisayara gönderilmekte ve bu bilgisayarda kayıt altına alınmaktadır.

- Trafik Simülasyonu** : Gerçek trafik davranışlarının küçük (bireysel araçlar) veya büyük seviyelerde (trafik akışları) matematiksel modellemesidir.
- Trafik Yönetimi** : Trafik akışının (yük, yolcu ve araç) talep yönetimi, trafik bilgisi, trafik kontrolü ve diğer ölçümler tarafından yönetimidir.
- Uç Bilişim** : Hesaplama ve veri depolamayı, yanıt sürelerini iyileştirmek ve bant genişliğinden tasarruf etmek için ihtiyaç duyulan konuma yaklaştıran dağıtık bir bilgi işlem paradigmasıdır.
- V2I (Araçtan Altyapıya)** : Motorlu araç kazalarını önlemek veya azaltmak ve aynı zamanda emniyet, güvenlik, hareketlilik ve çevresel faydalar sağlamak amacıyla araçlar ve karayolu altyapısı arasında kritik güvenlik ve operasyonel verilerin kablosuz alışverişidir.
- V2N (Araçtan Ağa)** : Araçların hücreli ağ haberleşme altyapısını kullanarak ağ üzerinden bilgi paylaşmasıdır.
- V2P (Araçtan Yayaya)** : Yürüyen insanlar, bebek arabasıyla götürülen çocuklar, tekerlekli sandalye veya diğer hareketlilik cihazları kullanan kişiler, otobüs ve trenlere binen ve inen yolcular ve bisiklete binen insanlar dahil olmak üzere geniş bir araç-yaya grubunu kapsayan iletişim türüdür.
- V2V (Araçtan Araca)** : Aracın yakındaki araçlarla gerçek zamanlı veri alışverişidir. V2V, araçların çok yönlü mesajlar yayınlamasına ve almasına olanak tanıyarak yakındaki diğer araçlar hakkında 360 derecelik bir “farkındalık” yaratmaktadır.
- V2X (Araçtan Her Şeye)** : Bir aracın çevresindeki olası herhangi bir iletişim ortağıyla kablosuz, gerçek zamanlı veri iletişimidir. Modern kablosuz haberleşme teknolojileri, araçların; herhangi bir zamanda, herhangi bir yerden, herhangi bir ağ altyapısına bilgi iletmesine ve bilgi almasına olanak sağlamaktadır. Araçtan araca (V2V), araçtan altyapıya (V2I), araçtan yayaya (V2P), araçtan ağa (V2N), V2X’in türleri arasındadır.

WLAN

: IEEE 802.11p veya genişletilmiş IEEE 802.11bd'ye dayalı geçici kısa menzilli iletişim için kullanılan terim. V2X için standartlaşmış bir ITS-G5 kablosuz yerel alan ağıdır.

Yapay Zekâ

: Bir bilgisayarın veya başka bir makinenin, öğrenme, mantıksal çıkarım, muhakeme etme, geçmiş deneyime dayanarak kararlar alma, yetersiz ya da çelişkili bilgilere dayanarak konuşulan dili anlama yeteneği gibi insan zekâsı ile ilgili eylemleri gerçekleştirmeye yönelik bilgisayar bilim dalıdır.

***Yol Kenarı Ünitesi
(RSU)***

: Yol boyunca yerleştirilmiş araçlarla, merkezlerle ve birbiriyle haberleşebilen donanımdır.

BÖLÜM I

1. GİRİŞ

Günümüzde artan küresel ihtiyaçların doğurduğu en önemli sonuçlardan bir tanesi de gittikçe artan yüksek kapasiteli ulaşım gereksinimidir. Bu gereksinim aynı zamanda bazı olumsuz etkileri de beraberinde getirmektedir. Bunların en başında ulaşım sonucu oluşan yoğun trafiğin yarattığı zaman kaybı, fazla yakıt tüketimi, trafik kazaları ve yüksek miktarda egzoz gazı salınımı yer almaktadır.

Türkiye’de ve dünya genelinde, araç sayıları ile hareketlilik ihtiyaçlarındaki artışa bağlı olarak şehir içi ve şehirlerarası yollarda trafiğin yoğunlaştığı görülmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre, Aralık 2019’a kıyasla Aralık 2021’de trafiğe kayıtlı toplam taşıt sayısı %9.03 daha fazladır (Türkiye İstatistik Kurumu, 2020, 2022). Trafik yoğunluklarının ve sıkışıklarının artması ile dolaylı olarak kazalarda da artış görülmüştür. TÜİK verilerine göre toplam kaza sayılarında 2021 yılında 2019’a oranla %1,55 artış tespit edilmiştir (TÜİK Kurumsal, 2022).

Küresel iklim değişikliği konusu, bütün dünya ülkelerinin ve bununla ilgili kurumların gündeminde olan bir sorun haline gelmiştir. Bu doğrultuda küresel iklim değişikliğinin yavaşlatılması veya durdurulması için çözüm arayışları çerçevesinde farklı sektörler ve alanlarda Ar-Ge çalışmaları yapılmaya başlanmıştır. Ulaştırma sektörü, küresel iklim değişikliğinin nedenleri arasında bulunan karbondioksit gazının salımına yol açan en önemli sektörlerden biridir. AB ve Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) ülkelerinin sebep olduğu karbon salımının %30’a yakın bir oranı ulaştırma sektörüne bağlıyken bu oran Türkiye’de %18 civarındadır. Ülkemizde enerji tüketiminin yaklaşık %25’i de ulaştırma sektörü kapsamında gerçekleşmektedir (Göncü, 2017). Bu nedenle, ulaştırma sektöründe trafik verimliliğinin artırılması ve buna bağlı olarak verimli yakıt tüketimi, verimli enerji kullanımı, düşük karbon salımı gibi kazanımlar hedeflenmektedir. Avrupa Yeşil Mutabakatı’na göre 2050 yılına kadar ulaştırma sektörüne bağlı olarak gerçekleşen sera gazı salımının %90 oranında düşürülmesi hedeflenmektedir (European Council, 2022). Bu bağlamda, sera gazı emisyonlarını düşürmede, enerji ve yakıt tüketimini azaltmada ve sürdürülebilirliği arttırmada büyük kazanımlar elde

edilecek K-AUS uygulamalarının hayata geçirilmesi önem kazanmıştır (Cooperative Urban Mobility Portal | CO-UMP, 2021).

Avrupa Komisyonu'nun Sürdürülebilir ve Akıllı Mobilite Stratejisi'nde belirtildiği gibi ulaşımı daha güvenli, daha verimli ve sürdürülebilir hale getirmek için akıllı dijital çözümlerin sunduğu fırsatların değerlendirilmesi gerekmektedir (C-ROADS, 2021).

Son yıllarda, ileri teknolojilerin hem ulaşım altyapısına hem de araçlara uygulanması, ulaşım sisteminin verimliliğini ve güvenliğini artırmaya yönelik en önemli stratejilerden biri olmuştur.

Ulaşım sisteminin performansını iyileştirme stratejisinin bir parçası olan akıllı ulaşım sistemleri (AUS), genel olarak ulaşım sisteminin güvenliğini, verimliliğini ve sürdürülebilirliğini geliştirmek için gelişmiş telekomünikasyon, bilgi işlem ve sensör teknolojilerinin uygulanmasıdır (Williams, 2011).

Mevcut altyapının daha verimli kullanılabilmesi, trafik güvenliğinin artırılması, ulaşım talebinin doğru bir şekilde yönetilebilmesi ve daha etkin bir planlama yapılabilmesini sağlayan AUS, tüm modları kesintisiz bir mobilite hizmetine entegre eden, insanların ve yüklerin kapıdan kapıya sorunsuz bir şekilde seyahat etmelerini sağlayan, sosyal yeniliği teşvik eden ve herkes için mobiliteyi kolaylaştıran çok modlu bir ulaşım sistemi inşa eder, kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlar.

AUS uygulamalarında kullanılan teknolojiler arasında yer alan kooperatif akıllı ulaşım sistemleri (K-AUS), ulaşım sistemindeki bileşenler ve aktörler arasında veya araçlar ile altyapı arasında kablosuz iletişim teknolojileri aracılığıyla etkili veri alışverişine izin veren bir grup teknolojiyi ve uygulamayı kapsar (C-ROADS, 2021). AUS, araçların ve akıllı ulaşım tesislerinin ayrıldığı bir ulaştırma yönetimi, trafik bilgisi temelli bir veri toplama ve yönetim sağlama sistemidir. Bu sistemlerde trafik koşullarına ilişkin toplanan veriler, doğrudan yol kullanıcılarına iletmek yerine işlenir. Bu nedenle AUS uygulamalarında, bilgi toplama ve yol kullanıcılarına bilgi sağlama sistemleri ayrıdır. K-AUS ise beklenmedik durumları önlemek amacıyla araçlara gerçek zamanlı bilgi sağlar. Bu durum K-AUS'un AUS'a kıyasla daha az gecikmeli ve karşılaşılan trafik olaylarına daha hızlı reaksiyon verebilen uygulamalar olmasını sağlamaktadır (Ministry of Land Infrastructure and Transport & Korea Expressway Cooperation, 2023). Yol kullanıcıları için

avantaj sağlayan K-AUS, araçların birbirleriyle, çevredeki altyapı ve diğer ulaşım kullanıcılarıyla etkileşime girmesini sağlayarak sürücülere nerede oldukları ve karşılaştıkları durumlara bağlı olarak doğru zamanda doğru bilgileri sunar, trafik verimliliğini, konforunu ve güvenliğini artırır.

AUS ve K-AUS arasındaki farklılıklar değerlendirildiğinde, AUS'un anlık trafik güvenliğini sağlamaktan ziyade, toplanan geniş zaman aralıklı trafik verisinin analiz edilmesi ve bu analiz sonucunda trafik verimliliğinin düşük olduğu bölgelerin belirli zaman aralıklarında yönetilmesi ile iyileştirme sağlamayı hedeflediği söylenebilir. K-AUS ise anlık olarak tespit edilen ve sürücülerin güvenliğini tehlikeye atacak kaza-olay, yol çalışması, hava durumu, yolda yaya veya hayvan mevcudiyeti gibi durumlar hakkında sürücülerini hızlı bir şekilde bilgilendirerek genel ve anlık trafik güvenliğini sağlamaya amaçlamaktadır. Aynı zamanda, bunlara ek olarak park mevcudiyeti ve rota bilgisi gibi sürücülere konfor sağlayabilecek uygulamalar da K-AUS kapsamında yer almaktadır.

“Otonom Araçlar İçin Sürüş Mimarisi ve Bağlantılı Araç Trafik Test Senaryolarının Belirlenmesi Projesi” kapsamında K-AUS'un Türkiye'deki mevcut durumunu ortaya koyan bu raporda, K-AUS'un temel teknolojisi hakkında bilgi verilerek ülkemizde mevcut K-AUS çalışmaları incelenmiştir. Türkiye'de K-AUS uygulamalarının hayata geçirilmesi ve yaygınlaşmasının hızlandırılması kapsamında ihtiyaçlara yönelik K-AUS teknolojilerinin günümüzdeki fırsatları ve zorlukları ele alınmıştır.

Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı hedefleri doğrultusunda hazırlanan bu çalışma, küresel ölçekte yaşanan teknolojik gelişmeler odağında K-AUS'a ilişkin ulaşım çözümlerini içermektedir.

BÖLÜM II

2. METODOLOJİ

Bu raporda, Türkiye K-AUS mevcut durumunun ortaya çıkartılması için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalara detaylı bir akademik literatür taraması, sektördeki paydaşlar ile yürütülen anket çalışmaları, anket çalışmaları dışında ulaşılan proje bilgileri, kurum ve kuruluşların yayınladıkları strateji ve eylem planlarının incelenmesi, Türkiye’de yürütülen projelerde kullanılan standartların araştırılması dahildir. Bu bölümde, raporun nasıl hazırlandığına ve yürütülen çalışmaların nasıl gerçekleştirildiğine dair bilgiler sunulmuştur.

K-AUS Türkiye Mevcut Durum Analizi Raporu 10 bölümden oluşmaktadır. **Birinci bölümde**, küresel iklim değişikliği, ülkemizdeki trafik kaza verileri, AUS’un gelişimi ve bunların K-AUS ile ilişkisi üzerine bir giriş yapılmıştır. **İkinci bölümde**, rapor içinde geçen ilgili terimlerin tanımları yapılmıştır. Tanımlar yapılırken Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı (UAB) Haberleşme Genel Müdürlüğü’nün (HGM’nin) yayınlamış olduğu “Akıllı Ulaşım Sistemleri Terimler Sözlüğü”, makaleler ve internet kaynaklarından yararlanılmıştır (Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2022). **Üçüncü bölümde**, raporun nasıl oluşturulduğu, hangi paydaşlar ile anket çalışmalarının yapıldığı ve bu anket çalışmalarının hangi ortamlarda yürütüldüğüne ilişkin bir metodoloji yer almaktadır. **Dördüncü bölümde**, K-AUS’un tanımı, genel çerçevesi ve Avrupa Komisyonu’nun Gün 1 ve Gün 1.5 olarak sınıflandırdığı K-AUS hizmetlerine ilişkin bilgiler yer almaktadır. **Beşinci bölümde**, K-AUS teknolojileri çerçevesinde kullanılan haberleşme teknolojileri ile protokolleri anlatılarak ülkemizde kullanılan teknolojilere değinilmiştir. **Altıncı bölümde**, K-AUS konusunda Türkiye’deki mevcut durumu analiz etmek ve mevcut durum raporunu oluşturmak amacıyla hazırlanan akademik çalışmaları içeren literatür taraması yer almaktadır. **Yedinci bölümde**, proje paydaşları ile yapılan çevrim içi ve yüz yüze anket çalışmaları kapsamında elde edilen proje bilgileri mevcuttur. Bunun yanında, bazı kurumlardan anketi doldurması istenmiştir. Bu anketler ile ülkemizde yapılan K-AUS çalışmaları tespit edilirken paydaşların sahip olduğu donanım, yazılım ve yetkinlikler ile bu alanda sunulan ve ihtiyaç duyulan gereksinimler tespit edilmiştir. Toplamda 30 paydaş ile anket çalışmaları yürütülmüştür. Tablo 1’te anket çalışmaları kapsamında görüşme yapılan paydaşların listesi yer almaktadır. Anket çalışmaları sırasında kullanılan soru seti EK-A bölümünde yer almaktadır.

Tablo 1. Anket Çalışması Kapsamında Görüşülen Paydaşlar

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

Tablo 1’de yer alan paydaşlara ek olarak, internet üzerinden bir araştırma yapılmıştır ve anket çalışmaları kapsamında yer almayan kurum ve kuruluşların yürüttükleri K-AUS projelerine yedinci bölümde yer verilmiştir. Anket çalışmaları ile elde edilen proje bilgilerine ek olarak yapılan araştırmalar sonucunda ulaşılan Türkiye K-AUS çalışmalarına da bu bölümde yer almaktadır. **Sekizinci bölümde**, ülkemizde K-AUS alanında yürütülen çalışmalar sonucu elde edilen, paydaşların kullandıkları standartların sınıflandırılması ve tanımları yer almaktadır. **Dokuzuncu bölümde**, ülkemiz K-AUS paydaşlarının çalışmalarını takip ettikleri uluslararası organizasyonlar ve takip edilen dokümanlar hakkında bilgilere yer verilmiştir. **Onuncu bölümde**, K-AUS için ülkemizin güçlü ve zayıf yönleri ile dış çevreden kaynaklanan fırsatların ve tehditlerin belirlenmesine yönelik olarak GZFT (Güçlü Yönler, Zayıf Yönler, Fırsatlar ve Tehditler) analizi yapılmıştır. **Raporun son bölümünde** ise K-AUS faaliyetleri yürüten kurum ve kuruluşların verimliliğini, hızını ve hayata geçirdikleri çalışmaların kalitesini artırmak amacıyla yapılması gereken çalışmalara dair önerilere yer verilmiştir.

Türkiye K-AUS mevcut durumunun ortaya çıkarılması için yapılan paydaş görüşmeleri ve anketler farklı ortamlarda gerçekleştirilmiştir. Bazı paydaşlar ile yüz yüze görüşmeler gerçekleştirilirken diğerleri ile çevrimiçi veya elektronik posta yolu ile iletişim kurulmuştur. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul Okan Üniversitesi, Marmara Üniversitesi, İç İşleri Bakanlığı, STB Milli Teknolojiler Genel Müdürlüğü, Jandarma Genel Komutanlığı Trafik Daire Başkanlığı, Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Daire Başkanlığı, İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB), Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM), Türkiye Metal Sanayicileri Sendikası, Türkiye Akıllı Ulaşım Sistemleri Derneği (AUS Türkiye), Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), Ford Otosan, HAVELSAN, OTOKAR, LeoDrive ve ASELSAN kurumları ile çevrim içi görüşmeler yapılmıştır. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, UAB Strateji Geliştirme Başkanlığı ve Ulaştırma Hizmetleri Düzenleme Genel Müdürlüğü ile yüz yüze görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Bunlara ek olarak Anadolu İsuзу, Kişisel Verileri Koruma Kurumu, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK), TURKCELL, TEMSA, ADASTEC, Türk Telekom, ULAK Haberleşme ve AUS hizmet kullanıcıları (yaya, bisikletli, sürücü, savunmasız yol kullanıcısı) ile elektronik posta yoluyla iletişime geçilerek anket çalışmaları yürütülmüştür.

BÖLÜM III

3. KOOPERATİF AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ

K-AUS, akıllı ulaşım sistemlerine ait iki ya da daha çok alt bileşen (yaya, araç, alt yapı, yol kenarı, merkezler gibi) arasında güvenli, etkin, kaliteli ve daha gelişmiş hizmet düzeyinde iş birliğini sağlayarak bu sistemler arasındaki iletişime odaklanan ve bu doğrultuda öncelikli olarak yol güvenliğinin sağlanması kapsamında uygulamalar sunan sistemlerdir. K-AUS, yol kullanıcıları arasında daha güvenli ve verimli trafik akımının oluşturulması amacıyla araçtan her şeye (V2X) haberleşme kapsamında; araçtan araca (V2V) haberleşme, araçtan altyapıya (V2I) haberleşme, araçtan ağa (V2N) haberleşme ve araçtan yayaya (V2P) haberleşme gibi kablosuz haberleşme teknolojileri aracılığıyla etkili veri alışverişine izin veren bir grup teknoloji ve uygulamaları içermektedir.

K-AUS hizmetleri, herhangi bir kategorideki araçlar (otomobiller, kamyonlar, otobüsler, acil durum araçları ve özel araçlar, vb.), yol kenarı ve kentsel altyapı birimleri (trafik ışıkları, yol geçiş ücretleri, değişken mesaj işaretleri, vb.), hücresel ağ erişim noktaları, buluttaki kontrol ve hizmet merkezleri (trafik kontrol merkezi, servis sağlayıcılar, harita sağlayıcıları, vb.) ve diğer yol kullanıcıları (yayalar, bisikletliler, vb.) arasındaki veri alışverişine dayanmaktadır (International Organization for Standardization (ISO), 2020a).

K-AUS uygulamalarının gerçekleştirmeyi hedeflediği üç ana operasyonel görev vardır:

- Bir yolculuk sırasında yol güvenliğini ve konforunu artırmak için yol kullanıcılarına bilgi sağlamak,
- Yol kullanıcılarını belirli yükümlülükler, kısıtlamalar veya yasaklar hakkında bilgilendiren işaretler kullanarak düzenleyici sınırlamaları göstermek,
- Yol kullanıcılarına ilerideki olaylar ve bunların niteliği hakkında uyarılarda bulunmak.

K-AUS uygulamaları kapsamında yapılan çalışmaların tarihçesi 2000'li yılların başlarına dayanmaktadır. 2005 yılında Avrupa Komisyonu, FP6-IST finansman planı kapsamında üç entegre proje başlatmıştır (Lu vd., 2018). Bu projelerden biri olan CVIS (Kooperatif Araç Altyapı Sistemleri) altyapı tarafına ve trafik verimliliğine odaklanmıştır (CORDIS | European

Commission, 2016). SAFESPOT (Yol Güvenliği için Kooperatif Sistemler “Akıllı Yollarda Akıllı Araçlar”) projesi ise araç içi tarafına ve trafik güvenliğine odaklanmıştır (CORDIS | European Commission, 2007). Bu projelerden sonuncusu olan COOPERS (Akıllı Yol Güvenliği için Kooperatif Ağlar) yol operatörünün alanına odaklanmıştır (CORDIS | European Commission, 2008). Avrupa Komisyonu tarafından belirtilen entegre projeler ile K-AUS alanında yapılan çalışmalar, K-AUS uygulamalarının başlangıcı niteliğini taşımaktadır.

ABD’de, K-AUS alanındaki çalışmalar ise 2008 yılında başlatılan “Arizona Acil Durum Aracı Altyapı Entegrasyonu” projesi ile başlamıştır. 2008’de Arizona Ulaştırma Araştırma Merkezi, Arizona Eyalet Üniversitesi, Maricopa İlçesi, Arizona Eyaleti Ulaştırma Bakanlığı ve Michigan Eyaleti Ulaştırma Bakanlığı, “Arizona Acil Durum Aracı Altyapı Entegrasyonu” pilot projesini finanse etmiştir. Bu projenin kapsamı, trafik olaylarına daha iyi cevap veren acil durum araçları için ileri teknolojilerin geliştirilmesi ve test edilmesidir (Saleem & Nodes, 2008). 2009 yılında Michigan Eyaleti Ulaştırma Bakanlığı, Michigan Üniversitesi Ulaştırma Araştırma Enstitüsü (UMTRI) ve Bilgi Endüstrisi Enstitüsü “Çok Yollu Sinyal Aşaması ve Zamanlama (SpaT) Yayını” projesini başlatmıştır (Kotsi vd., 2020). Projenin amacı, sürücülere bir sonraki sinyalizasyon kavşağın yeşil fazından güvenli bir şekilde geçmeleri için, hız tavsiyesi vermektir. Ayrıca, SpaT projesi ile geriye kalan yeşil faz süresini aracın ara yüzü aracılığıyla sürücülere gösteren bir sayaç geliştirilmiştir (Robinson & Dion, 2013).

Türkiye’de son yıllarda K-AUS hizmetleri kapsamında yapılan çalışmalar hız kazanmıştır. Gün 1 ve Gün 1.5 hizmetleri ve bu hizmetlerin uygulamalarına ilişkin çalışmalar devam etmektedir. Kamu kurum ve kuruluşları, özel sektör, üniversiteler, yerel yönetimler vb. yürüttükleri projeler, yayımlanan strateji belgeleri ve eylem planları ile ülkemizdeki K-AUS gelişimine önemli katkılarda bulunmaktadır.

Araçtan Araca Haberleşme Konsorsiyumu (C2C-CC)’nun yayınladığı 2020 yol haritası kapsamında K-AUS hizmetleri Gün 1, Gün 2 ve Gün 3+ olarak 3 sınıfa ayrılmıştır. Gün 1 hizmetleri, “Farkındalık Sürüşü” kapsamında bulunan uyarı ve bilgilendirme senaryolarını içermektedir. Gün 2 hizmetleri, “Algılama Sürüşü” kapsamında bulunan gelişmiş uyarı, yarı-otonom sürüş, trafik ışıkları ile koordinasyonu sağlayacak ve savunmasız yol kullanıcılarının güvenliğini arttıracak uygulamaları içermektedir. Gün 3+ hizmetleri ise “Kooperatif Sürüş”

dahilinde yer alan kooperatif otonom sürüş ve altyapı ile koordine bir şekilde otonom sürüş uygulamalarını kapsamaktadır (Car 2 Car Communication Consortium, 2020). Avrupa Komisyonu'nun (European Commission/AK-EC) 2016 yılında yayınladığı “AB’de Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Hayata Geçirilme Platformu” isimli raporda ise K-AUS hizmetleri Gün 1 ve Gün 1.5 olarak sınıflandırılmıştır (Asselin-Miller vd., 2016). Gün 1 hizmetleri öncelikli sayılabilecek uygulamalar iken Gün 1.5 hizmetleri bir adım sonra hayata geçirilmesi uygun olacak niteliktedir (C-Roads, 2023). Avrupa Komisyonu tarafından 2016 yılında yayınlanan Gün 1 ve Gün 1.5 K-AUS hizmetlerinin sınıflandırılması Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Avrupa Komisyonu Tarafından Gün 1 ve Gün 1.5 K-AUS Hizmetlerinin Sınıflandırılması

Uygulama Adı	Açıklama
Gün 1 K-AUS Hizmetleri	
Acil durum fren lambası (<i>Emergency brake light</i>)	Özellikle yoğun sürüş koşullarında veya görüşün azaldığı durumlarda, öndeki bir aracın aniden fren yapması durumunda meydana gelebilecek (can kaybına sebep olabilecek) arkadan çarpmaları önlemeyi amaçlar. Sürücü, özellikle aracı doğrudan göremiyorsa (aradaki araçlar), öndeki aracın sert fren yaptığını fark etmeden önce uyarılır (Cooperative Urban Mobility Portal, 2021a).
Acil durum aracı yaklaşma uyarısı (<i>Emergency vehicle approaching</i>)	Geçiş önceliği olan araçların yaydığı bir mesaj ile diğer yol kullanıcılarına yaklaşan bir acil durum aracı hakkında bilgi verilerek acil durum koridoru oluşumu tetiklenir (SWARCO, 2023).
Yavaş veya durağan araç (<i>Slow or stationary vehicle(s)</i>)	Yavaş veya durağan araç uyarısı, esas olarak yavaş veya sabit araçlarla bağlantılı kazaların sayısını azaltmayı amaçlayan, güvenlikle ilgili bir Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemi (K-AUS) uygulamasıdır (C-ROADS Germany, 2023d). Yavaş veya durağan araç tespit edildiği anda sürücülere bu konu hakkında bilgi iletilir ve sürücülerin farkındalığı artırılır.

İleride trafik sıkışıklığı uyarısı (<i>Traffic congestion ahead warning</i>)	Bu uygulama ile trafik sıkışıklıkları güvenilir bir şekilde tespit edilip yukarı akış yönündeki sürücülere trafik sıkışıklığının en arka noktası hakkında zamanında bilgi verilmesi hedeflenmektedir. Bu sayede sürücüler sürüş davranışlarını bu bilgiye göre ayarlayabilecektir (C-ROADS Germany, 2023e).
Yol çalışmaları uyarısı (<i>Road works warning</i>)	Yol çalışması uyarısı, temel olarak yol çalışmalarından kaynaklanan kazaların sayısını azaltmayı amaçlayan, güvenlikle ilgili bir K-AUS hizmetidir. Bu doğrultuda, sürücünün sürüş davranışlarını uyarlayabilmesi için zamanında bir uyarı gönderilmesi hedeflenmektedir (C-ROADS Germany, 2023b).
Hava koşulları (<i>Weather conditions</i>)	Bu K-AUS hizmeti, sürücüyü sis, yağmur ve buz gibi tehlikeli hava koşulları hakkında bilgilendirmeyi hedeflemektedir. Ayrıca sistem, rüzgâr esintileri gibi sürücü tarafından görsel olarak algılanması zor olan tehlikeli hava koşulları için uyarıda bulunacaktır (European Transport Safety Council, 2017).
Araç içi işaretler (<i>In-vehicle signage</i>)	Bu K-AUS hizmeti, araç içi cihazlar aracılığıyla doğrudan sürücülere işaret ve sinyaller ile düzenleyici ve uyarıcı bilgiler sağlamaktadır (United States Department of Transportation, 2023).
Araç içi hız limitleri (<i>In-vehicle speed limits</i>)	Bu tür bir hizmet, araca anlık olarak bulunduğu yol için geçerli olan hız sınırını bildirir. Örneğin, sürücüye iletilen hız sınırının dinamik olarak değiştiği Akıllı Hız Asistanı (ISA) teknolojisi, güvenliği ve trafik verimliliğini arttırmayı hedefleyen bir K-AUS uygulamasıdır (European Transport Safety Council, 2017).
Araç verileri (<i>Probe vehicle data</i>)	Bu K-AUS uygulaması, araçlar tarafından üretilen verilerin toplanması ile ilgilidir. Toplanan trafik verileri, operasyonel trafik yönetimi, uzun vadeli stratejik amaçlar (örneğin yol bakım planlaması) ve yolcu bilgi hizmetleri

	<p>için girdi olarak kullanılabilir (Cooperative Urban Mobility Portal, 2021b).</p>
<p>Şok dalgasının sönümlenmesi (<i>Shockwave damping</i>)</p>	<p>Şok dalgasının sönümlenmesi, esas olarak yoğun trafik koşullarında en uygun hız önerileri sunarak ve bunları İnsan Makine Ara yüzü (HMI) aracılığıyla bir araçta görüntüleyerek trafik akışını düzenlemeyi amaçlayan bir Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemi (K-AUS) hizmetidir. Bu sistem doğrultusunda yolların kapasitesinin optimal kullanımına ulaşılacak hedeflenmektedir (C-ROADS Germany, 2023c).</p>
<p>Sinyal ihlali (<i>Signal violation</i>)</p>	<p>Kırmızı Işık İhlal Uyarısı olarak da bilinen bu hizmet, sürücülerin kırmızı ışık ihlali tehlikesiyle karşı karşıya olduklarında veya başka bir aracın kırmızı ışık ihlali yapma ihtimalinin olduğu durumlarda uyarılmalarını sağlar (Asselin-Miller vd., 2016).</p>
<p>Belirli araçlar için trafik sinyal önceliği (<i>Traffic signal priority request by designated vehicles</i>)</p>	<p>Belirli araçlar için trafik sinyal önceliği sistemi, öncelikli araç sürücülerine (örneğin acil durum araçları) sinyalizasyon kavşaklarında öncelik verilmesini sağlar. Bu hizmet, gerekli trafik ışığı süresinin görüntülenmesini sağlamak için mevcut trafik ışığı süresini uzatarak veya sonlandırarak çalışır (Asselin-Miller vd., 2016).</p>
<p>Yeşil ışık optimum hız önerisi (<i>Green Light Optimal Speed Advisory (GLOSA)</i>)</p>	<p>Bu sistem, trafik sinyali zamanlaması ve trafik sinyali konumları hakkında doğru bilgileri kullanarak sürücülere hız tavsiyesiyle (altyapıdan araca iletişim yoluyla) rehberlik etmeyi, trafik ışıklarında daha az zaman geçirilmesini sağlamayı ve daha az durma süresi ile daha optimal bir seyahat sağlamayı hedeflemektedir (Stevanovic vd., 2013).</p>
<p>Gün 1.5 K-AUS Hizmetleri</p>	
<p>Alternatif yakıtlı araç yakıt ikmali & şarj istasyonları bilgileri (<i>Information on AFV</i>)</p>	<p>Bu uygulama, sürücülerin yakıt istasyonlarının ve şarj noktalarının rezervasyon çizelgeleri hakkında bilgilendirilmesine ve rezervasyon yaptırmasına olanak tanır. Bu, daha rahat bir sürüş deneyimi sağlar ve araç</p>

<i>fuelling & charging stations</i>	sahiplerinin, uygun yakıt ikmal noktalarının konumuna ve uygunluğuna göre rota planlamasına olanak tanır (Asselin-Miller vd., 2016).
<i>Savunmasız yol kullanıcı koruması (Vulnerable road user protection)</i>	Korunmasız yol kullanıcıları, yayalar ve bisikletliler gibi motorsuz yol kullanıcıları ile motosikletliler ve engelli kişiler veya hareket kabiliyeti ve yönelimi kısıtlı kişiler olarak tanımlanır. Korunmasız yol kullanıcıları için bir uyarı sistemi, riskli durumların tespit edilmesini hedefleyerek araç sürücülerini uyarma olanağı sağlar.
<i>Yol üstü park bilgileri ve yönetimi (On street parking information and management)</i>	Park yeri arayan sürücülere uygun park yeri bilgisi iletilerek güvenli ve hızlı bir şekilde park etmelerinin sağlanması hedeflenmektedir. Böylelikle uygun park yeri aramak için harcanan süre azaltılır (Asselin-Miller vd., 2016).
<i>Yol dışı park bilgileri (Off street parking information)</i>	Park yeri arayan sürücülere uygun park yeri bilgisi iletilerek güvenli ve hızlı bir şekilde park etmelerinin sağlanması hedeflenmektedir. Böylelikle uygun park yeri aramak için harcanan süre azaltılır (Asselin-Miller vd., 2016).
<i>Park Et & Devam Et (Park & Ride information)</i>	Diğer park bilgi sistemleriyle birlikte bu sistem de sürücülerin en uygun park seçeneğini belirlemesine olanak tanırken, operatörün bakış açısından da maksimum faydanın elde edilmesine olanak tanır. Bu sistem, genel ağ verimliliğini artırır ve verimlilik ve çevresel faydalar sağlayabilir (Asselin-Miller vd., 2016). Ek olarak, toplu taşıma araç bilgilerini de sürücülere sağlamaktadır. Böylelikle sürücülere, araçlarını park ettikten sonra şehir merkezine toplu taşıma ile seyahat etmelerini sağlayacak entegre bir sistem oluşturulmaktadır.
<i>Şehir içi ve şehir dışı bağlantılı ve kooperatif navigasyon (Connected & Cooperative)</i>	Bu K-AUS hizmeti hem trafik yönetim merkezleri hem de yol kullanıcıları için geçerlidir. Kentsel ve kentsel alanlar arasındaki bölgelerde trafik stratejilerinin tutarlı bir dağılımını sağlamak amacıyla yol kullanıcılarının şehir içinde ve dışında bağlantılı bir şekilde gezinmelerini sağlamayı

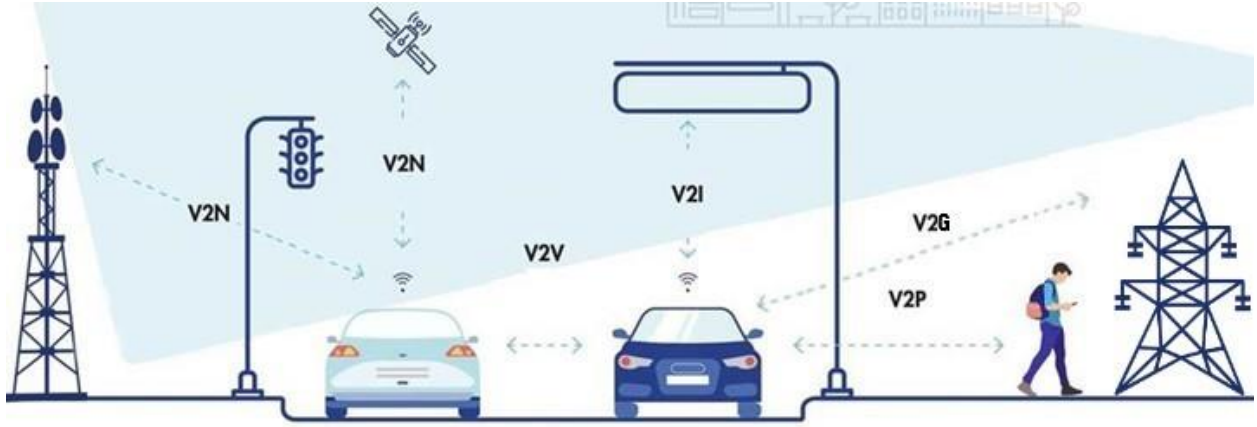
<i>Navigation In and Out of the City</i>	amaçlamaktadır (C-ROADS Germany, 2023a). Bu doğrultuda yolculara uygun rota önerilerinde bulunulması hedeflenmektedir.
<i>Trafik bilgileri ve akıllı yönlendirme (Traffic information and smart routing)</i>	Trafik yönetimi, trafik akım bilgisine, trafik ışıklarına ve hız sınırlarına göre rotaları optimize ederek ve gerçek zamanlı trafik bilgisi durum uyarılarına dayalı olarak araçlara yeniden rota önerileri sunarak elde edilir (Asselin-Miller vd., 2016). Bu bilgiler ve trafik yönetimi ışığında kullanıcılara akıllı yönlendirme yapılabilmektedir.

BÖLÜM IV

4. HABERLEŞME TEKNOLOJİLERİ VE PROTOKOLLERİ

K-AUS, karayolu araçlarının diğer araçlarla, trafik sinyalleriyle, altyapıyla ve diğer yol kullanıcıları ile iletişim kurmasını sağlayan haberleşme teknolojilerinden faydalanmaktadır. Bu kapsamda kullanılan çeşitli haberleşme türleri mevcuttur (CAR 2 CAR Communication Consortium, 2023a).

Modern kablosuz haberleşme teknolojileri, araçların herhangi bir zamanda, herhangi bir yerden, herhangi bir ağ formuna bilgi iletmesine ve bilgi almasına olanak sağlamaktadır (Hasan vd., 2020). Bu kapsamda kullanılan araç haberleşme teknolojilerine verilen genel isim **Araçtan Her Şeye (V2X) Haberleşme** sistemleridir. Bir çatı tanım olarak kullanılan V2X'in altında farklı haberleşme sistemleri mevcuttur. Bunlar araçtan araca (V2V) haberleşme, araçtan altyapıya (V2I) haberleşme, araçtan yayaya (V2P) haberleşme, araçtan ağa (V2N) haberleşme, araçtan şebekeye (V2G) haberleşme vb. sistemlerdir. Şekil 1'de belirtilen haberleşme türleri gösterilmiştir.



Şekil 1. Araçtan Her Şeye (V2X) Haberleşme Teknolojilerinin Örnek Gösterimi (Thales Group, 2023)

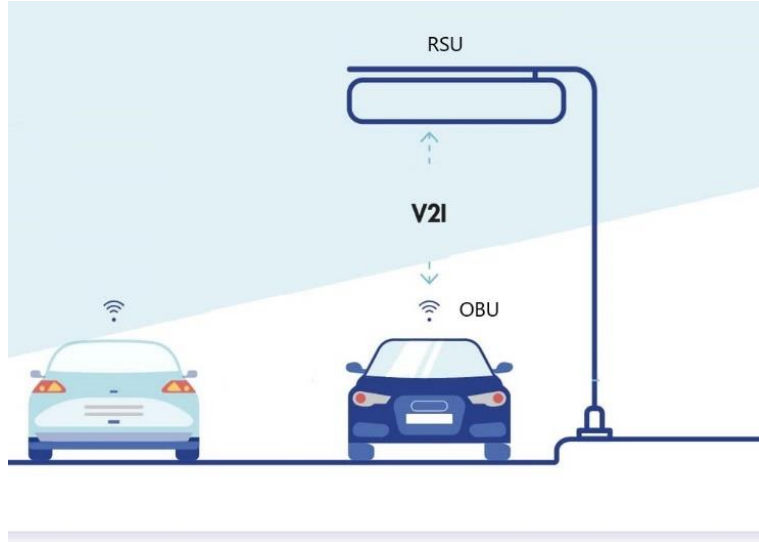
V2V; V2X kapsamında bulunan ve araçların diğer araçlar ile iletişim kurmasını sağlayan kablosuz iletişim sistemidir. V2V teknolojileri, araçların hızları, konumları ve yönleri hakkında bilgi alışverişinde bulunmalarını sağlamaktadır. V2V, araçların çok yönlü mesajlar yayınlamasına ve

almasına olanak tanıyarak, yakındaki diğer araçlar hakkında 360 derecelik bir “farkındalık” yaratmaktadır (NHTSA | National Highway Traffic Safety Administration, 2023).



Şekil 2. Bağlantılı Araçlar ve V2V Haberleşme Teknolojilerinin Örnek Gösterimi (Vehicle to Vehicle (V2V) Connectivity, 2020)

V2I iletişim teknolojileri, V2V’den farklı olarak araçlar ile altyapı üniteleri arasındaki bağlantıyı sağlamaktadır. V2I, öncelikli olarak motorlu araç kazalarını önlemek veya azaltmak ve aynı zamanda güvenlik, mobilite ve çevresel faydalar sağlamak amacıyla araçlar ve karayolu altyapısı arasında kritik güvenlik ve operasyonel verilerin kablosuz alışverişidir (Péter vd., 2014). Araçlar ile Altyapı arasındaki veri alışverişi araç üstü birim (OBU) ve yol kenarı üniteleri (RSU’lar) aracılığı ile sağlanmaktadır. V2I haberleşmesi, Şekil 3’te gösterilmiştir.



Şekil 3. V2I Haberleşme Teknolojilerinin Örnek Gösterimi (Thales Group, 2023)

V2I kapsamında kullanılan OBU, taşınabilir cihazları da içeren araca sabitlenmiş ya da araçla birlikte verilen ünite/donanımdır (Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2022). RSU ise yol boyunca yerleştirilmiş, araçlarla, merkezlerle ve birbiriyle haberleşebilen donanımdır.

V2N, araçların hücreli haberleşme altyapısını kullanarak ağ ile bilgi paylaşmasıdır (Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2022). V2P, yayalar, bebek arabasındaki çocuklar, tekerlekli sandalye veya diğer hareketlilik cihazlarını kullanan kişiler, toplu taşıma araçlarına binen ve inen yolcular ve bisikletliler dahil olmak üzere geniş bir araç-yaya grubunu kapsayan iletişim türüdür (Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2022). V2G ise elektrikli araçların kamu elektrik şebekesi ile iletişim kurmasını sağlayan ve mevcut enerji talebini karşılamak için araç bataryasında depolanan elektriği şebekeye geri verme imkânı sunan bir sistemdir (Aptiv, 2022) (Bknz: Şekil 1).

V2X iletişim teknolojileri dahilinde kullanılan çeşitli kablosuz iletişim teknolojileri mevcuttur. Bunlardan biri tahsil edilmiş kısa mesafeli haberleşme (DSRC) teknolojisidir. DSRC, karayolundaki araçlar için tasarlanmış, araçların birbiriyle ve yol kenarındaki donanımlar arasında çift yönlü haberleşmesini sağlayan kısa veya orta menzilli kablosuz iletişim teknolojisidir (Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2022). Son derece güvenli ve yüksek hızlı doğrudan iletişim sağlayan IEEE 802.11p tabanlı kablosuz bir iletişim teknolojisidir. Ayrıca, kısa mesafe iletişimde herhangi bir hücreli altyapı gerektirmez (Odak R&D Center, 2020).

IEEE 802.11, kablosuz yerel alan ağı (WLAN), Wi-Fi, IEEE 802 LAN protokollerinin bir parçasıdır ve ortam erişim kontrolü (MAC) ve fiziksel katman (PHY) protokollerini, 2.4 GHz, 5 GHz ve 60 GHz frekanslarındaki ayrılmış frekans bantları dahil, ancak bununla sınırlı olmamak üzere çeşitli frekanslarda iletişimi belirtmektedir (Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2022). DSRC iletişim teknolojisinin kullandığı IEEE 802.11p ise otomotiv uygulaması için özel olarak tasarlanmış geçici kısa menzilli WLAN iletişimidir (Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2022). Herhangi bir araç haberleşme sistemine kablosuz erişim eklemek için IEEE 802.11 standardında yapılmış değişiklikler sonucunda oluşturulmuştur (Péter vd., 2014). IEEE 802.11 kapsamında MAC ve PHY protokolleri kullanılmaktadır.

DSRC iletişim teknolojisine ek olarak, hücresel ağ üzerinden araç-her şeye (C-V2X) haberleşme de son yıllarda K-AUS alanında kullanılmaya başlayan bir iletişim teknolojisidir. C-V2X, aracın hücresel sistemler üzerinden altyapı, merkez, yaya vb. trafik unsurları ile haberleşmesini belirtmektedir (Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2022). Bu teknoloji, hücresel şebeke üzerinden güvenli, geniş alanda çalışan ve kısa mesafeli bağlantıyı birleştirmektedir (Bernstein, 2018). DSRC haberleşme teknolojisinin yerini alması ve sağladığı bağlantı avantajları ile daha optimize, güvenli ve efektif bir K-AUS ekosistemi oluşturması için tasarlanan C-V2X haberleşme teknolojisi, hücresel haberleşme teknolojilerinin gelişmesi ile kendi içindeki teknolojik gelişimini sürdürmektedir.

C-V2X, telekomünikasyon endüstrisi tarafından özellikle ulaştırma sistemleri dahilinde kullanılan güvenlik uygulamaları için geliştirilmiş ve daha sonra otomotiv ve ulaştırma paydaşları tarafından uygulama katmanında standartlaştırılmıştır. C-V2X, LTE tabanlı C-V2X olarak adlandırılan bir grup standart ailesi tarafından desteklenmektedir. Bu standartlar, 2017'de yayınlanan 3GPP Sürüm 14 ve 2018'de yayınlanan Sürüm 15'te belirtilmektedir. Ayrıca, 2020'de yayınlanan 3GPP Sürüm 16'da 5G ve NR tabanlı C-V2X de bulunmaktadır (ISEMAG, 2021).

5G haberleşme teknolojisi 2018 yılında çeşitli ülkelerde ve alanlarda yapılan gösterimler ile uygulanmaya başlamıştır. Korea Telecom ve Telstra, sırasıyla 2018 Kış Olimpiyatları ve 2018 İngiliz Milletler Topluluğu Oyunları'nda 5G uygulama örneklerini hayata geçirmiştir. Amerika Birleşik Devletleri'nde ise dört büyük operatörün hepsi (AT&T, Verizon, Sprint, T-Mobile), 5G lansmanlarını bu yıllarda gerçekleştirmiştir. Vodafone, Nisan 2018'de orta bant spektrumunu

kullanarak ilk grup denemelerini yapmıştır ve China Telecom'un 2018'deki ilk 5G organizasyonu da orta bant spektrumunu kullanmaya başlamıştır. 5G haberleşme teknolojisinin yaygınlaşması ile çeşitli kazanımlar elde edilebilecektir. 5G, çoğu koşulda 4G'ye kıyasla üstün hızlar vadetmektedir. Bir diğer kazanım alanı olan gecikme süresi, bir mesajın göndericiden alıcıya iletilmesi için geçen süredir. 5G'nin kullanılmaya başlaması ile gecikme süreleri azaltılabilecektir. 5G mobil ağları, otonom araçlarda ve K-AUS gibi hızlı bir yanıt gerektiren diğer uygulamalarda yanıt sürelerinin düşürülmesine yardımcı olacaktır. Eski ağ standartlarında imkânsız olan birçok yeni kullanım alanı, yüksek bant genişliği, düşük gecikme süresi ve yüksek yoğunluklu bağlantıları içeren 5G ağıyla uygulanmaya başlanabilecektir (CITS, 2023).

Gelişmekte olan haberleşme teknolojileri ile mümkün kılınan 5G tabanlı C-V2X ile çeşitli K-AUS uygulamaları hayata geçirilebilmektedir. Bu uygulamalara örnek olarak araçlarla bisiklet kullanıcılarının haberleşebilmesi, trafik ışıklarının sürücülere bilgi yayınlayabilmesi, tehlike uyarılarının sürücülere aktarılabilmesi, kooperatif sürüş ve mevcut park alanları hakkında sürücülerin bilgilendirilebilmesi verilebilmektedir (alepo, 2021).

DSRC ve C-V2X iletişim teknolojilerinin gösterdiği benzerlikler mevcuttur. İki iletişim teknolojisi de aynı bilgi türlerinin alışverişinde kullanılmaktadır. Bunlar, her cihaz için basitçe konum, ivme ve hız gibi trafik bilgileridir. İkisinde de güvenli ve kurulan iletişimin sağlamlığını garanti etmek için dijital imzalar kullanılmaktadır. Hem C-V2X hem de DSRC, 5,9 GHz bandını kullanarak doğrudan iletişim kurmaktadır (GTT Wireless, 2021). Benzerliklerin yanı sıra, DSRC ve C-V2X teknolojilerinin birbirlerine üstünlük sağladıkları konular da bulunmaktadır. DSRC iletişim teknolojisinin C-V2X'e kıyasla üstün olduğu konular aşağıda özetlenmiştir:

- DSRC'nin tamamen otomotiv endüstrisi için tasarlanmış olması ve yıllarca projelerde ve uygulamalarda kullanılması ile kendini kanıtlamış bir teknoloji olması,
- Düşük gecikme süresi nedeniyle WLAN kullanımının büyük avantaj sağlaması,
- DSRC iletişim teknolojisi ile iletilen mesajların çok düşük veri hacmine sahip olmasıdır.

C-V2X'in DSRC'ye kıyasla daha üstün olduğu konular ise;

- C-V2X'in hem yol kenarlarında hem de araçlarda giderek daha fazla kullanılmaya başlayan mevcut hücresel altyapıyı kullanabilecek olması ve bu nedenle kurulması ve bakımının yapılmasının daha kolay olması,
- Halihazırda köklü hücresel ağ teknolojilerinin kullanılması ve insanların zaten alışık olduğu teknolojiyi kullanarak yüksek yoğunluklu konumlarda yüksek hızlı iletişim sağlayan kapsamlı bir ağ oluşturulabilecek olması,
- C-V2X'in, 5G ağlarının giderek daha fazla kullanılabilir hale gelmesiyle net bir gelişme yolunda olması ve gelecekte 5G'nin kullanılması ile yüksek hızlardan faydalanabilmesi.

Yapılan testlerin, C-V2X iletişim teknolojisinin DSRC'ye kıyasla %20-30 daha fazla mesafede çalışabileceğini ve engellerle karşılaştığında daha iyi performans sağlayacağını göstermesidir (GTT Wireless, 2021)

Bu rapor kapsamında yapılan literatür taraması ve sektördeki kurumların çalışmaları incelendiğinde, ülkemizde hem DSRC hem de C-V2X haberleşme protokollerinin kullanıldığı görülmektedir. Örneğin, Hasdal'da oluşturulması planlanan 30 kilometrelik K-AUS koridorunda hem DSRC hem de C-V2X teknolojilerinin kullanılması öngörülmektedir. Fakat, son yıllarda yaşanan hücresel iletişim teknolojilerindeki gelişmeler ile 5G teknolojisinin uygulanabilirliği artmıştır. Bu nedenle, ülkemizde 5G tabanlı C-V2X üzerine geliştirme çalışmaları yapılmaya başlanmıştır. BTK'nın 5G Açık Test Sahası projesi ve bu saha dahilinde yapılan çalışmalar bu geliştirme çalışmalarına örnek verilebilir. Bu bağlamda, dünya genelinde K-AUS alanında en yoğun şekilde kullanılan DSRC ve C-V2X haberleşme protokolleri, ülkemizde de aynı şekilde yoğun olarak kullanılırken, teknolojik gelişmeler ışığında C-V2X'in sağladığı avantajların daha fazla olması sebebiyle bu alanda Ar-Ge çalışmalarına ağırlık verilmektedir.

BÖLÜM V

5. TÜRKİYE’DE K-AUS ALANINDA YÜRÜTÜLEN AKADEMİK ÇALIŞMALAR

Bu bölümde ülkemizde K-AUS alanında yapılan çalışmalar, tez ve makale/bildiri olmak üzere iki ana başlıkta incelenmiştir.

5.1. Tez Çalışmaları

Türkiye’de K-AUS alanında hazırlanan tezlerin, K-AUS alanında kullanılan teknolojilerin geliştirilmesi ve K-AUS’un trafiğe etkisi olmak üzere, iki ana başlıkta incelendiği görülmüştür.

5.1.1. Teknoloji Geliştirme

K-AUS uygulamalarının sorunsuz, kesintisiz ve verimli bir şekilde çalışması için belirli alanlarda iyileştirmeler yapılması gerekmektedir. K-AUS teknolojilerinin geliştirilmesi konusunda ülkemizde hazırlanan tez çalışmaları incelendiğinde, bu alanların haberleşme teknolojilerinin geliştirilmesi ile siber güvenliğin sağlanmasına odaklandığı gözlenmiştir.

5.1.1.1. Haberleşme Teknolojileri

Türkiye’de K-AUS teknolojileri konusunda hazırlanan tez çalışmalarının büyük bir bölümü, haberleşme teknolojileri ile bu teknolojilerde kullanılan bilgilerin güvenliği üzerinedir. Haberleşme teknolojilerinin gelişimi konusunda hazırlanan tez çalışmaları, gelecekte K-AUS uygulamalarının daha yaygın hale geldiğinde karşılaşılabilecek veri bütünlüğünde bozulma, veri aktarım hızında verimsizlik ve olası kesintiler gibi sorunlara çözüm aramaktadır (Aksoy, 2012; Arslan, 2017; Başaran, 2016; Bozkaya, 2015; Çetinkaya, 2015; Hamza, 2021; Kuzulugil, 2021; Obaida, 2020; Özdemir, 2017; Sarıtaş, 2014).

Belli bir altyapının bulunmadığı ya da kurulmasının mümkün olmadığı yerlerde haberleşme amacıyla ad hoc kablosuz ağları kullanılmaktadır. Araçlara yönelik ad-hoc ağlar ise kablosuz ağ teknolojileri aracılığıyla araçlar ve yakındaki altyapı tabanlı (yol kenarı) ekipmanlar arasında iletişim sağlamak için ortaya çıkan yeni bir teknolojidir ve bunlar kablosuz ad-hoc ağların bir biçimi olarak görülebilecek mobil ad-hoc ağların bir alt kümesini oluşturmaktadır. 2008 yılında hazırlanan “Araçlar Arası Haberleşme için Küme Yapısı Tasarımı” adlı bir tez çalışması

kapsamında yürütülen benzetim çalışmaları, zincirleme kazaların önüne geçmek için kaza bölgesinin 500 metre yarıçapında bulunan tüm araçların 0,5 saniye içerisinde bilgilendirilmesi gerektiğini göstermiştir. Bu kapsamda, CF-IVC protokolü önerilmiştir ve bu protokolün performansını test eden çalışmalar yapılmıştır. Bu protokolün çalışma prensibi, araç ağlarını küçük parçalara ayırarak haberleşme ortamına erişimi düzenleyip sanal ortamda bir yönlendirme omurgası oluşturmaktır. Önerilen sistemin ağ verimliliği ve yönetim etkinliği simülasyon ortamında test edilmiştir. Benzetim çalışmaları OMNeT++ üzerinden yapılmıştır. OMNeT++, bilgisayar ağlarını ve çeşitli dağıtılmış sistemlerin benzetimlerini yapmak için geliştirilmiş C++ tabanlı açık kaynaklı ayırık olay benzetim ortamıdır. Yeniden kullanılabilir model bileşenlerinden oluşturulan çok büyük ağların modellenmesini desteklemektedir. Benzetim çalışmaları sonucunda elde edilen veriler ışığında, CF-IVC protokolünün bağlantı gereksinimleri konusunda başarılı bir protokol olduğu ve bu gereksinimleri diğer protokollere göre daha az maliyetli bir şekilde karşıladığı tespit edilmiştir (Kayış, 2008).

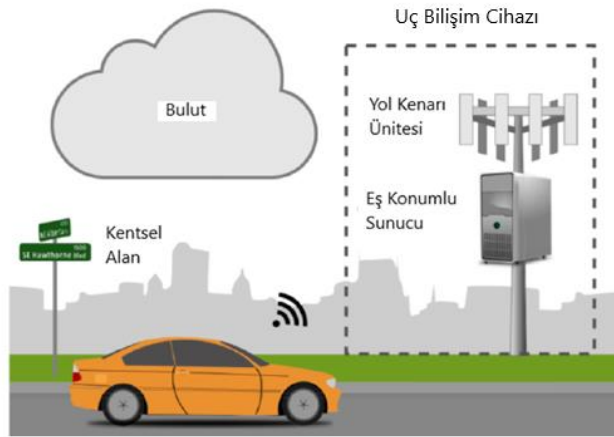
2017 yılında hazırlanan “Otoyollardaki Araç Dizileri İçin Şerit Değişiklikleri Analizi: Dizi Kararlılığı, Sürüş Emniyeti ve Konforu” isimli bir tez çalışmasında, yol değiştirme fonksiyonunun direksiyon sabitliğine etkisi üzerine çalışılmıştır. Direksiyon sabitliği araçların konumları belli bir düzene sahipse sağlanır. Buna bağlı olarak Kooperatif Adaptif Sürüş Kontrolü (CACC) teknolojisinin kısa mesafeli araç takibinde kullanılmasının işe yarayacağı düşünülmüştür. CACC, araçlar arasında konum ve hız bilgilerinin paylaşılmasını sağlayan bir teknolojidir (Sağlam, 2017). Bu sayede, araç takibinin daha güvenli ve doğru olması hedeflenmektedir.

Otonom araçların güvenilir ve verimli bir şekilde şerit değiştirmesi için bir fonksiyon oluşturulması üzerine 2017 yılında hazırlanan “Otonom Araçların Emniyetli ve Verimli Şerit Değişikliklerine Yönelik Optimal Kontrol Problemleri” isimli çalışmada, kavisli yollardaki sorunları çözebilmek için CACC teknolojisinin kullanılması uygun görülmüştür. Konum ve hız verilerinin yanı sıra ivme verisini de işleyebilen CACC, bu sayede diğer sensörlerin entegrasyonu ile beraber uygun hızlandırma işlemini gerçekleştirebilmektedir (Haseeb, 2017).

2017 yılında hazırlanan “Araç İçeri Ağlar İçin Makine Öğrenmesi Tabanlı Anomali Tespit Tekniği” isimli tez çalışmasında ise CAN uygulamaları için makine öğrenimi tabanlı tekniklerin kullanıldığı bir siber saldırı tespit yöntemi önerilmiştir. Bu yöntem ile V2V ve V2I kapsamında gerçekleştirilen

iletişim sırasında siber saldırıya uğrayarak değiştirilebilecek konum, hız ve yön bilgileri koruma altına alınmaktadır. Kazaların önüne geçmek için çok önemli bir potansiyele sahip olan bu yöntem sayesinde araçların birbirine ve çevresine olan farkındalığı artacaktır. V2X haberleşme teknolojisinin de önünü açacak olan bu çalışma ile yol kenarı üniteleri ve araç içi ünitelerin de önemi artmış olacaktır (Akar, 2017).

Literatürde bulunan birçok çalışma RSU ve K-AUS bileşenleri arasındaki iletişim hızını, kalitesini ve sağlamlığını araştırırken bazı çalışmalar ise optimize kaynak dağılımını göz önünde bulundurarak RSU'ların verimli bir şekilde yerleştirilmesi ve bu bağlamda kesintisiz ve hızlı iletişimi sağlamayı hedeflemektedir. Bu kapsamda 2019 yılında hazırlanan “Taşıt Ağları için Yol Kenarı Ünitesi Yerleştirme Uygulaması” isimli tez çalışmasında, Uç Bilişim yöntemlerinin Bulut Bilişim yöntemlerine göre daha etkili ve verimli bir uygulama olduğu belirtilmiştir. Bu doğrultuda, akıllı ulaşım sistemlerinin uygulamasında Uç Bilişim yöntemlerinin daha verimli olacağı ifade edilmiştir. Çalışma içeriğinde kapsama alanı, kaynak talebi ve yol ağının trafik karakteristik konularını göz önünde bulunduran bir RSU yerleştirme yapısı önerilmiştir. Bu uygulamanın testini gerçekleştirebilmek adına bir benzetim aracı geliştirilmiştir ve bu araç çalışma dahilinde oluşturulan senaryoların test edilmesine uygun hale getirilmiştir. Geliştirilen benzetim uygulaması, EdgeCloudSim benzetim yazılımının V2I kapsamında geliştirilmiş bir halidir ve adına V2Isim verilmiştir. Gerçekleştirilen senaryo benzetimlerinin bileşenleri Şekil 4’te gösterilmiştir (Kara, 2019).



Şekil 4. Senaryolarda Kullanılan Sistem Bileşenleri (Kara, 2019)

Bu çalışmada, üç farklı RSU yerleştirme modeli oluşturulmuştur. Bu modeller, kullanılan dağılım modeline göre ayrılmaktadır. Bu dağılım modelleri düzgün, ağırlıklı ve optimize dağılımdır. V2ISim üzerinde benzetimi yapılan senaryolar sekiz farklı trafik talebi değeri ile yürütülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre optimize dağılım modelinin kullanıldığı RSU yerleştirme uygulaması, tüm trafik taleplerinde diğerlerine göre daha iyi sonuç vermiştir. Uygulandığı takdirde verimli bir RSU yerleştirme sisteminin elde edileceği ifade edilmiştir. Bu çalışmayı literatürdeki diğer çalışmalardan ayıran özellik, önceki çalışmaların genellikle iletişim ve ağ kapsama konularını ele alırken bu çalışmanın bilişim ve kaynak dağılımını dikkate almasıdır.

V2X haberleşme teknolojisinin Türkiye'deki gelişimi ve 5,9 GHz frekans bandında iletişim kuran akıllı ulaşım sistemlerinin desteklenmesi için 2021 yılında "5,9 GHz Bandında Hücrel V2X Haberleşmesi için Kanal Ölçümü" isimli bir tez çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada, V2V kapsamında gerçekleştirilen iletişim sırasında alıcı ve verici birimlerin dinamik olduğu gibi çevrenin de dinamik olarak değiştiği belirtilmiştir. Bu bağlamda, iletişim kanallarının karakteristik özelliklerinin belirlenmesindeki öneme dikkat çekilmiştir ve Ankara'nın farklı bölgelerinde farklı trafik durumlarında testler gerçekleştirilmiştir. Bu testler BTK'nın 5G Test Vadisi altyapısı kullanılarak ve Keysight Teknoloji A.Ş.'nin kullandığı sinyaller kullanılarak yapılmıştır. Yapılan testler kapsamında kanala gönderilen sinyaller ve elde edilen sonuçlar incelenerek kanalın karakteristik özellikleri belirlenmiştir. Bu sonuçlar ile Ankara için oluşturulacak ve 5,9 GHz frekans bandında çalışacak C-V2X kanal modelinin oluşturulmasının mümkün kılındığı belirtilmiştir (Arıkan, 2021).

5.1.1.2. Siber Güvenlik

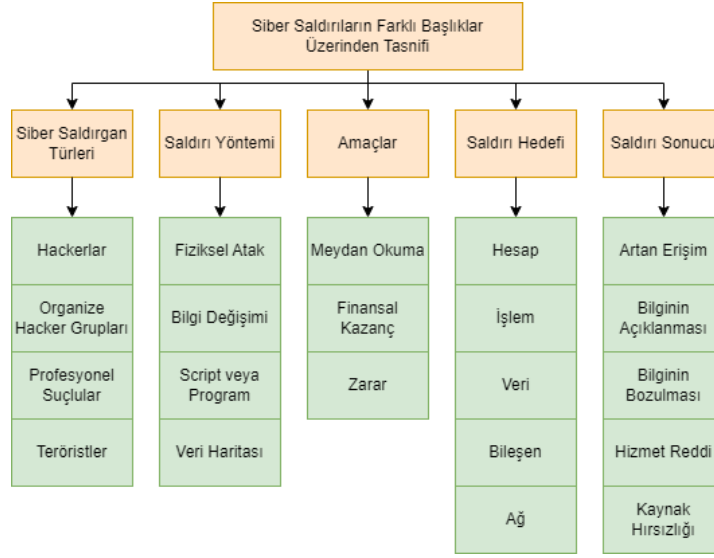
Haberleşme yöntemlerinde teknolojik ilerlemeler kaydederek bilgi aktarım hızının artırılması, bu aktarım sırasında bağlantı kopmalarının önüne geçilmesi, veri bütünlüğünün korunması vb. alanlarda yapılan çalışmalara ek olarak bilgi aktarımının güvenliğini sağlamak da çok önemli bir konu haline gelmiştir ve ülkemizde de literatürde yer alan tez çalışmalarında, bu alanda yeni yöntemler geliştirilmiştir.

Açık Anahtar Altyapısı (PKI), dijital sertifikaları oluşturmak, yönetmek, dağıtmak, kullanmak, depolamak ve iptal etmek ve açık anahtar şifrelemesini yönetmek için gereken bir dizi rol, ilke, donanım, yazılım ve prosedürdür. 2010 yılında, haberleşme teknolojilerinin kullanıldığı araçlarda

siber güvenlik konusunda hazırlanan “Araç Ağlarında Güvenlik ve Mahremiyet” isimli tez çalışmasında, farklı unsurların yanlış bilgiler yayarak bağlantılı araçları güzergahlarından saptırabilecekleri veya hedef aracın konum ve şahsi verilerini kaydedebilecekleri belirtilmiştir (Bayrak, 2010). Çalışmada önerilen protokol, paylaşımlı anahtarlar ve PKI teknikleri ile araçların kendi kimliklerini gizleyerek direkt siber saldırılara karşı korunmasını ve bilgi iletişiminde güvenliği sağlamayı hedeflemektedir. PKI teknikleri sayesinde bu sistemlerin anonimliği sağlanarak sahip olunan veya iletişim sırasında gönderilen bilgiler başkaları tarafından tespit edilememekte ve bu bağlamda siber saldırıya uğrama ihtimali azaltılmaktadır. Böylece, araçlara üçüncü parti şahıslar tarafından yanlış bilgi aktarımı önenebilmektedir. Önerilen protokol, geçmiş güvenlik gereksinimleri üzerinden test edilmiştir ve elde edilen sonuçlar, tüm güvenlik gereksinimlerini karşıladığını göstermiştir.

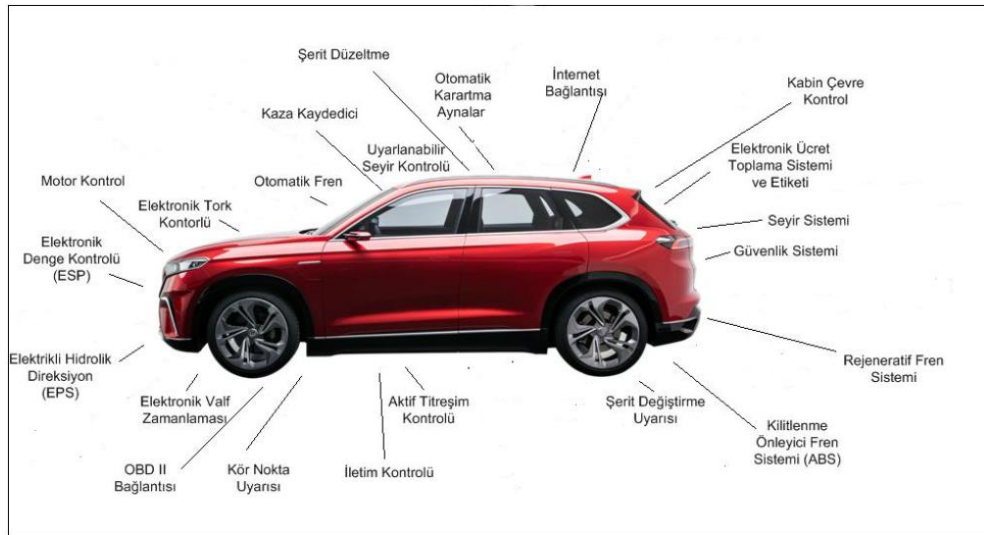
2018 yılında hazırlanan “V2V İletişim Sistemlerinde Güvenlik Saldırıları” isimli çalışmada ise iki farklı siber saldırı tespit algoritması seçilmiştir ve bu algoritmalar çalışma kapsamında oluşturulan veri seti ile test edilmiştir. Çalışmanın ana hedefi, belirlenen iki algoritma arasından hangisinin daha kullanışlı olduğunun ve siber saldırılara karşı daha verimli ve etkili bir algoritma olduğunun ortaya çıkartılmasıdır (Okul vd., 2018).

Şekil 5’te görüldüğü üzere haberleşme teknolojilerinin kullanıldığı araçlar, farklı amaç ve hedeflere yönelik gerçekleştirilen siber saldırılara maruz kalabilmektedir. Bu nedenle yapılan siber saldırının hızlı ve etkisini henüz göstermeden tespit edilmesi çok büyük önem taşımaktadır. Yapılan çalışma kapsamında Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama (EWMA) ve Değişim Noktası Tespiti (CPD) olmak üzere iki farklı siber saldırı tespit algoritması test edilmiştir. EWMA belirli aralıklarda sistem incelemesi yaparak sistemde gerçekleşen büyük ölçekli değişiklikleri saptamaktadır. CPD ise geçmiş veri üzerinden bütün kontrol noktalarının ortalamasını almakta ve genel algoritma akışında anlık elde edilen veriyi tarihsel verinin ortalaması ile karşılaştırarak olağandışı olayları tespit etmektedir. Yapılan testler dahilinde kullanılan veri seti %70-80 siber saldırı olmayan durumları ve %20-30 siber saldırı olan durumları kapsamaktadır. Çalışma sonucunda elde edilen bilgiler ışığında, EWMA siber saldırı tespit algoritmasının CPD algoritmasına göre kullanılabilirliğinin daha yüksek bir algoritma olduğu belirtilmiştir.



Şekil 5. Gerçekleşebilecek Siber Saldırıların Sınıflandırılması (Okul vd., 2018).

2020 yılında hazırlanan “Akıllı Araçlar için Bulanık Mantık Temelli Siber Güvenlik Risk Modeli” isimli çalışmada, akıllı araçların birçok bileşeninin siber saldırılara açık olduğu belirtilmiştir. Şekil 6’da görüldüğü üzere bağlı ve akıllı araç teknolojilerinin ilerlemesi ve araç bileşenlerinin elektronik ve diğer bileşenler ile iletişime geçebilen birimler haline gelmesi ile sayısız bağlı ve akıllı araç bileşeni siber saldırıya açık konuma gelmiştir. Şekil 6’da gösterilen tüm bileşenler fiziksel veya iletişim yapısı üzerinden siber saldırıya maruz kalabilecek niteliktedir (Muratoğlu, 2020).



Şekil 6. Siber Saldırıya Maruz Kalabilecek Bileşenler (Muratoğlu, 2020).

Tez çalışmasında, bu araçlara yapılabilecek siber saldırıların farklı şekillerde gerçekleşebileceği belirtilmiştir. Bilgi sistemine giriş atakları, CAN veri yolu atakları, Sybil atakları ve OBD atakları gerçekleşebilecek siber saldırılara örnek olarak verilebilmektedir. Sybil saldırısı kötü amaçlı aktör ya da aktörler tarafından çok sayıda sahte hesap oluşturmak suretiyle bir ağın ya da sistemin kontrolünün ele geçirildiği bir saldırı türüdür. Özellikle akıllı araç ağlarına, bilişim sistemlerinden miras kalan bir saldırı türü olup bu saldırı türünde kaçak olarak ağa dâhil olmuş kötücül bir düğüm, yanlış mesajlar yayarak ağın stabilitesini kendi lehine olacak şekilde bozabilmektedir (Muratoğlu, 2020). CAN, güvenlik ve performans açısından kritik birimler arasındaki iletişim için tüm araçlar tarafından kullanılan bir iletişim protokolüdür (Tomlinson, 2019). Bu ağa sızılması ile güvenlik ve performans açısından önem taşıyan araç birimlerine istenmeyen ve tehlike yaratabilecek mesajların gönderilmesi mümkün hale gelmektedir (Lin & Sangiovanni-Vincentelli, 2012). Bu siber saldırılara CAN veri yolu atakları denmektedir. OBD atakları, araç içinde yer alan OBD portlarına takılan cihazlar tarafından araç içi ağların siber saldırıya açık hale getirilmesi sonrası gerçekleştirilen saldırı türüdür (Klinedinst, 2016). Bu ve buna benzer siber saldırılar fiziksel olarak araca bağlanma veya bluetooth, CAN ağına erişim gibi bağlantı sistemleri üzerinden gerçekleşebilmektedir. Fakat, bu tarz siber saldırıların tespit edilmesi ve değerlendirilmesi konusunda geliştirilen yöntem sayısı ile bu siber saldırıların geçmiş verisi oldukça azdır. Bu nedenle, uzman görüşlerine dayalı ve şekilsel risk ilişkisi olan CORAS tekniğine dayalı bir model kurulmuştur. CORAS, güvenlik riski analizi yapmak için geliştirilmiş bir yöntem olup tehdit ve risk modelleme için özelleştirilmiş bir grafik dili sağlamaktadır. Bu model kapsamında siber saldırılara yol açabilecek alt olaylar belirlenmiştir. Uzman görüşleri dahilinde bu alt olayların riskleri hesaplanmıştır. Bu doğrultuda, siber saldırı gerçekleşmeden önce tespit edilen alt olaylar ile siber saldırılar öngörülebilecektir ve harekete geçilebilecektir. Bu çalışma kapsamında, can kayıplarının veya trafik aksaklıklarının önüne geçebilecek önemli bir model kurulmuştur.

5.1.2. Trafığe Etki

Artan nüfus ve araç sayıları nedeniyle kentsel bölgelerde trafik hacimleri de artmaktadır. Günümüz koşullarında özellikle kentsel bölgelerde uzun süren ve trafik yoğunluğunun çok üst seviyelere çıktığı trafik sıkışıklıkları ile karşılaşmaktadır. Bu nedenle, trafik yönetimi ile sıkışıklıkların iyileştirilmesi çok önemli bir konu haline gelmiştir. K-AUS kapsamında kullanılan haberleşme

teknolojilerinin geliştirilmesi konusunda hazırlanan tez çalışmalarına ek olarak farklı K-AUS uygulamalarının trafik yönetiminde kullanıldığında trafikte gözlemlenecek etkiler konusunda da tez çalışmaları yapılmıştır.

5.1.2.1.Trafik Yönetimi

Haberleşme teknolojilerinin gelişmesi ve bu teknolojilerin akıllı ulaşım sistemlerine entegrasyonu ile K-AUS kapsamında uygulanabilecek ve umut vadeden yeni ve etkili trafik yönetim seçenekleri ortaya çıkmaktadır.

2011 yılında hazırlanan “GCDC 2011 Yarı Otonom Kooperatif Adaptif Sürüş Yarış Aracının Tasarımı” isimli tez çalışmasında, GCDC’ye (Büyük Kooperatif Sürüş Yarışması) katılmak üzere geliştirilmiş aracın altyapısı, araç sistemi ve geliştirilen yarı otonom kooperatif adaptif hız sabitleyicinin (CACC) benzetim ortamında ve gerçek dünyada testinin yapılarak sonuçları paylaşılmıştır. CACC sisteminin çalışabilmesi için öncelikle araçların birbirleri arasında hız, konum vb. verileri paylaşabilmesi adına bir altyapı oluşturulması gerekmektedir. Bu doğrultuda geliştirilen araca bir modem yerleştirilmiştir ve diğer araçlar ile iletişimine olanak sağlanmıştır. Bu modeme ek olarak aracın çevresini algılayabilmesi için sensörler, LIDAR, GPS gibi çeşitli donanımlar yerleştirilmiştir. Gerekli donanımsal ve yazılımsal teknolojiler hakkında bilgi verildikten sonra CACC sisteminin uygulamasına geçilmiştir. Kooperatif olmayan adaptif hız sabitleyici (ACC) uygulamalarında LIDAR ve sensörlerden alınan bilgilerde gürültü olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle, haberleşme teknolojileri üzerinden aktarılan hız ve konum bilgilerinin kullanıldığı ACC sistemlerinin daha verimli ve etkili olduğu ifade edilmiştir. Yapılan benzetim testleri kapsamında elde edilen sonuçlar, Tuzla pistinde yapılan gerçek testler ile karşılaştırılmıştır ve yarışmada denenmek istenen 0,6 saniyelik takip mesafesi hem benzetimlerde hem de gerçek testlerde başarıyla elde edilmiştir. CACC sisteminin trafikte kullanılması ile araçlar konvoy halinde ilerleyebilecek ve takip mesafeleri düşük tutularak daha verimli bir trafik elde edilebilecektir. Bu kapsamda, bu tez çalışması ile geliştirilen sistem gelecek uygulamalar konusunda önemli kazanımlar içermektedir. Çalışmada belirtilen bir diğer husus ise bağlantı ve iletişim sistemlerinde yaşanan kopmaların CACC sisteminde hatalara yol açtığı ve bu nedenle istenilen takip mesafesine ulaşılamayacak olmasıdır. Sonuç olarak, gelecek çalışmalarda

haberleşme teknolojilerinin geliştirilmesi sayesinde, CACC sistemleri ile trafik yönetiminin daha etkili şekilde gerçekleştirilebileceği ortaya koyulmuştur (Karaahmetoğlu, 2011).

Kooperatif Adaptif Seyir Sistemi, araç-arac ve araç-altyapı haberleşme teknolojileri sayesinde elde edilen verilerle sürücülere destek sistemi olarak tanımlanmaktadır ve donanımsal ve yazılımsal geliştirmelerle bu teknoloji daha da yaygınlaştırabilir (Göl, 2013). 2013 yılında yapılan “Asfalttaki Zekâ” isimli çalışmada, yeni gelişen teknolojilerle beraber kaza oranlarının düşme potansiyeli öne çıkarılmıştır.

K-AUS kapsamında araştırması yapılan veya önerilen trafik yönetim seçeneklerinden trafik verimliliğini arttırmayı planlayan çalışmaların yanı sıra, trafik güvenliğini sağlamayı ve kazaları önlemeyi hedefleyen çalışmalar da mevcuttur. Bu bağlamda 2015 yılında hazırlanan “Arkadan Çarpmalı Kazaların V2V ile Önlenmesi Üzerine Sistem Önerisi” isimli çalışmada, V2V haberleşme sistemlerini kullanarak arkadan çarpmalı kazaları önlemeyi hedefleyen bir sistem önerisi yapılmıştır. Bu çalışmada önerilen sistem ile araçlardan veya altyapıdan toplanan tüm veriler merkezi bir bilgisayarda depolanmaktadır. Oluşturulan bellekteki veriler, yeniden araçlarla paylaşmakta ve böylece birbirini takip eden araçlar arasında iletişim kurulmuş ve takip mesafeleri konusunda araçlar bilgilendirilmiş olmaktadır. Araçlar arasındaki iletişimin DSRC ile hızlı bir şekilde sağlanması hedeflenmektedir. Önerilen yöntemde, takip mesafesi belirlenen eşik altına indiği takdirde sürücüler araç içine yerleştirilmiş ara yüzler ile sesli veya görüntülü olarak uyarılacaktır. Eğer sürücüler bu uyarılara karşı herhangi bir aksiyon almazsa kademeli olarak otomatik müdahale aşamaları devreye girecektir. Bu müdahalenin ACC sistemi ile yapılması hedeflenmektedir. Önerilen arkadan çarpmalı kazaları önleme sisteminin çalışması için araçlara yerleştirilmesi gereken belirli donanımlar olduğu belirtilmiştir. Bu donanımlar radar sensörü, 1s1 sensörü, yağış sensörü, yorgunluk tespit sistemi, akıllı kamera, direksiyona bağlı titreşim motoru, sesli uyarı sistemi, merkezi bilgisayar sistemi ile kontrol ve uyarı sistemi olarak sıralanabilir. Çalışmada belirtildiği üzere, bu sistemin uygulamaya alınması ile trafikte herhangi bir dış denetleyici sistem (trafik polisi, radar, vb.) gerekmeden trafik kontrol edilebilmektedir. Merkezi bilgisayarda toplanan veriler ile trafik kurallarına uymayan sürücüler tespit edilebilmektedir. En önemlisi, önerilen sistem ile arkadan çarpmalı kazaların büyük çoğunluğu önlenebilmektedir (Karabay, 2015).

2018 yılında hazırlanan “Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemleri Avrupa Stratejisinin İncelenmesi ve Türkiye Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Stratejisi İçin Öneriler” isimli tez çalışmasında K-AUS bileşenlerinin tanımı yapılmıştır. V2V (araçtan araca), V2I (araçtan altyapıya) ve V2X (araçtan her şeye) olarak kısaltılan ve sistemin daha entegre ve optimize çalışması için gerekli temel taşların detaylandırılmıştır. Avrupa Komisyonu’ndan yararlanılan çalışmada, Türkiye’deki mevzuat ve standart eksikliği vurgulanmış, bu konudaki çalışmaların hızlandırılması gerektiği önerilmiştir (Koyuncu, 2018).

Trafik verimliliğini arttırmak veya güvenliği sağlamak amacıyla uygulamaya alınacak K-AUS trafik yönetim seçeneklerinin verimli ve etkili bir şekilde çalışması için trafikte herhangi bir tehdit unsuru olmaması ve bu uygulamaların kesintiye uğramaması için trafik yönetimi sırasında araçlar arasında veya araç ve altyapı arasında sağlanan iletişimin siber saldırılara karşı korunaklı olması gerekmektedir. Bu kapsamda, araç konvoylarının iç ve dış siber saldırılara yönelik güvenliğini sağlamak amacıyla 2020 yılında “İç ve Dış Saldırlardan Müfrez Araç Güvenliği” adında bir tez çalışması yapılmıştır. Çalışmada belirtildiği üzere, araç konvoyları, araçlar arasında iletişimin sağlanması konusunda popülerlik kazanmış trafik yönetim seçeneklerinden biridir. Bu sistemin uygulanması ile araç grupları tek ünite halinde hareket etmektedir ve bu grubun liderliğini en öndeki araç yapmaktadır. En öndeki araç ile diğer araçlar arasında sağlanan iletişimin güvenliği büyük önem taşıyan bir husustur. Bu sisteme yapılacak herhangi bir siber saldırı, trafik güvenliği konusunda büyük risk taşımaktadır. Bu kapsamda, yapılan çalışmada iki farklı siber güvenlik uygulaması ele alınmıştır. Bu uygulamalardan biri dış saldırıları ele alırken diğeri konvoy içi siber saldırıları ele almaktadır. Aynı zamanda, önerilen yöntem ile konvoy içi siber saldırılarda tehdit unsuru yaratan araç tespit edilecek, lider araç tarafından bu risk unsuru yaratan araç konvoydan çıkartılacak ve konvoy yeniden düzenlenecektir (Al_sheikhly, 2020).

Yapılan çalışmada dış saldırıların önüne geçmek için mesaj şifreleme ve mesaj doğrulama kodu gibi uygulamalar test edilmiştir ve bu uygulamaların güvenliği sağlayabileceği görülmüştür. Aynı zamanda, yapılan testler sonucunda sybil saldırısının risk faktörü en yüksek siber saldırı tipi olduğu görülmüştür. İç siber saldırılar kapsamında ise önerilen yöntemin verimli ve etkili bir şekilde çalışabildiği görülmüştür. Önerilen sistem ile siber saldırı olduğu ve hangi aracın saldırıya uğradığı tespit edilmektedir. Ardından lider araç siber saldırıya uğrayan aracı konvoyun dışına

atarak konvoyu yeniden ayarlamaktadır. Böylece konvoy dahilinde bulunan araçların güvenliği sağlanmaktadır.

5.2. Makale ve Bildiriler

Türkiye’de K-AUS ile ilgili farklı ya da aynı konuları değişik açılardan ele alarak yazılmış birçok makale ve bildiri literatürde yer almaktadır. Literatür taramasında haberleşme teknolojileri ile güvenlik teknolojileri olmak üzere iki farklı alanda yoğunlaşan teknoloji geliştirme üzerine yapılan çalışmalar tespit edilmiştir. Bu alanlara ek olarak, K-AUS’un trafiğe etkisi üzerine de çalışmaların yapıldığı görülmüştür.

5.2.1. Teknoloji Geliştirme

Literatürde K-AUS teknolojisinin geliştirilmesine dair birçok makale ve bildiri bulunmaktadır. Bu çalışmalarda, K-AUS bileşenlerinin tanımları ve buna bağlı veya bu tanımdan yola çıkılarak potansiyel teknolojik ilerlemeler incelenmiştir. Çalışmaların genellikle teorik olup modelleme ve benzetim temelli ilerlediği gözlemlenmiştir.

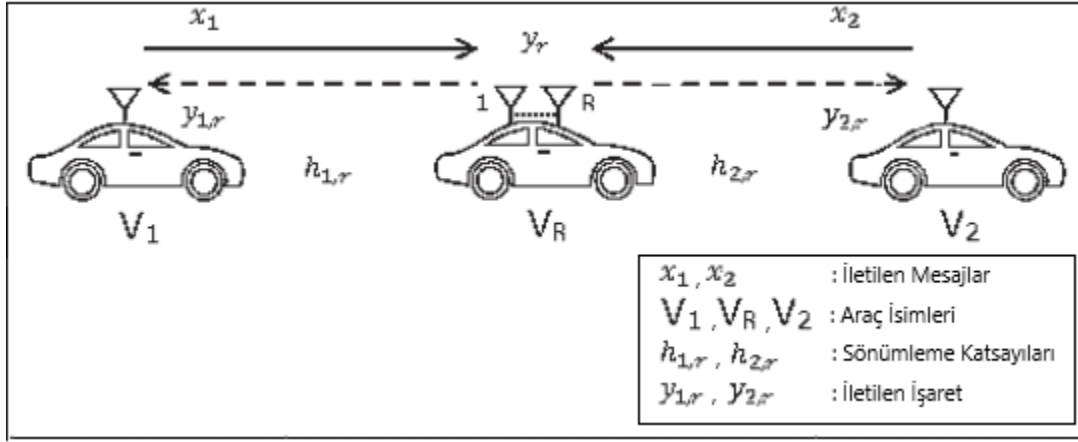
5.2.1.1.Haberleşme Teknolojileri

2008 yılında yayınlanan “Röle Destekli Araçtan Araca (V2V) Kooperatif İletişimin Performans Analizi ve Optimizasyonu” isimli çalışmada, V2V iletişimin verimliliğini analiz etmek hedeflenmiştir. Rayleigh sönümlenme modeli, V2V bağlantılarda gerçekçi bir model olduğu için geliştiriciler bu modelin daha iyi çalışmasını sağlayarak performansını arttırabilmiştir. Rayleigh sönümlenmesi, bir yayılma ortamının, kablosuz aygıtlar tarafından kullanılanlar gibi bir radyo sinyali üzerindeki etkisi için istatistiksel bir modeldir. Yol kenarında bulunan röleler sayesinde daha güvenilir bir araç-araç iletişiminin kurulabileceğini düşünen ekip, bu çalışmada “kuvvetlendir ve aktar” temelli bir yöntem üzerinde durmuştur. Bunun yanı sıra tek röle yerine çeşitleme kullanılarak performans nasıl etki ettiği araştırılmıştır. Çalışmanın modelinde iki araç ve elektrik devre kontrol elemanları üzerinden bir iletişim kurmayı tasarlayan ekip, bunun için gerekli hesaplamaları ve hata analizini yapmışlardır. Hata performansı kapsamında kullanılan veriler, yapılan bilgisayar benzetim çalışmaları sonucunda elde edilmiştir. Araştırmanın ilerleyen aşamalarında ortaya çıkan veriler ışığında yapılan yorumlarda, eşit güç paylaşımı yapılarak çeşitleme arttırılabilmektedir. Bunun yanı sıra, en ideal güç paylaşımı ayarlanırsa performans daha

da yükseğe çekilebilmektedir. Buna göre, ideal güç dağılımı eşit güç dağılımına göre 3 desibele yakın bir performans kazancı sağlamaktadır (İlhan vd., 2008).

2009 yılında yayınlanan “Araçlar Arası İletişim için İşbirliğine Dayalı eşitlilik: Performans Analizi ve Optimizasyon” isimli çalışmada, V2V bağlantılarda kooperatif çeşitlilik üzerine yoğunlaşılmıştır. Süregelen literatürde kooperatif eşitlilik Rayleigh zayıflaması modeliyle sınırlıdır. Bu model, kablosuz bağlantının sokak seviyesinde bir mobil istasyon ile çatı seviyesinin üstünde durağan bir baz anten arasındaki ilişkiyi açıklamaktadır. Bu çalışmada, araçtan araca bağlantıda kooperatif eşitlilik Nakagami zayıflaması üzerinden ele alınmıştır. Bu sayede araçtan araca bağlantıların daha gerçekçi bir tanıma sahip olması hedeflenmiştir. Bununla birlikte, V2V haberleşmenin daha sağlam olması planlanmaktadır. Çalışmada yöntem olarak Monte Carlo benzetim modeli ele alınmıştır. Monte Carlo benzetim modeli, bir durumun diğer tüm bağımsız değişkenlerinin rastgele bir şekilde oluşturulmasıyla çok sayıda olasılığın elde edildiği benzetim yöntemidir. Röle yardımcılı araçtan araca haberleşmeler, rölelerin yerleri değiştirilerek test edilmiştir. Yapılan simülasyonlarda performans kazancı sağlanan bir yöntem olan Nakagami zayıflaması bulunmuştur (İlhan vd., 2009).

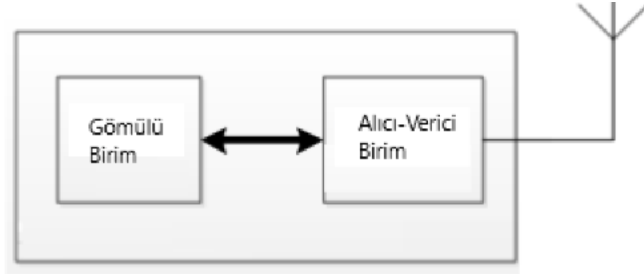
2015 yılında yayınlanan “Araçtan-Araca (V2V) Fiziksel Katman Ağ Kodlamalı Sistem (PLNC) için Röle Anten Seçimi” isimli çalışmada odak röle seçimi problemi araştırılmıştır. Elektromanyetik devre anahtarları V2V iletişiminde sinyali aktaran bir baz olarak görev görmektedir. V2V haberleşmede veri aktarımının sağlıklı olabilmesi için kullanılan rölenin kalitesi ve konumlandırması önemlidir. Bu nedenle, kullanılan “kuvvetlendir ve aktar” sistemine entegre etmek üzere fiziksel katman ağ kodlama (PLNC) modeli denenmiştir. Rölelerin verimliliğini arttırmak amacıyla başlayan bu proje, araçların da bir röle olarak davranması temeline dayanmaktadır. Performans lt olarak sinyal gürültü oranı (SNR) kullanılmıştır (şekil 7) (S. . Ata & Altunbaş, 2015). Yapılan bilgisayar benzetimleri sonucunda, PLNC kullanılan ve geleneksel röleler arasındaki verimlilikler karşılaştırılmıştır. Buna göre, uçtan uca SNR için alt ve üst limitler belirlenmiştir. Ardından röle üstündeki anten sayısı arttıķa kesinti olasılığının artmakta olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 7. PLNC Kullanılan V2V İletişimi (S. Ö. Ata & Altunbaş, 2015)

2016 yılında yayınlanan “Araçlar Arası İletişim için V2V Sistem Modülü” isimli çalışmada, ADAS adlı gelişmiş sürücü asistan sisteminin V2V iletişim teknolojisi ile bağlantısı araştırılmıştır. V2V haberleşme teknolojisinin getirdiği faydalar arasında araç konum ve hız bilgilerinin diğer araçlarla paylaşılabilmesi, duran araç ya da yol çalışma uyarısı gibi bilgilerin diğer sürücüler ile paylaşılması ile sürücülerin araç kullanımının daha güvenli hale getirilmesi gibi hususlar bulunmaktadır. Gelecekte görüş dışı çevrelerden gelen uyarıların da algılanarak daha güvenli bir yolculuk sunulması hedeflenmektedir. Bu çalışmada, proje ekibi tarafından geliştirilen V2V haberleşme teknolojisinin ne kadar verimli olduğu araştırılmıştır. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi kampüsünde gerçekleştirilen test kapsamında arka arkaya park konumunda bulunan iki araca, geliştirilen V2V sistemi entegre edilmiştir (Bknz. Şekil 8). V2V haberleşme teknolojisi ile birinci araçtan ikinci araca kendi konumu, hızı ve işlemci hızı verileri gönderilmiş, ikinci aracın da bu verileri eksiksiz bir şekilde alması beklenmiştir. Farklı test senaryoları oluşturulan bu deneyde, araçlar arası mesafe ve araçların hızı ile veri akışındaki paket kaybı arasındaki ilişki ortaya çıkarılmıştır. Çalışmada elde edilen verilere göre, iki aracın da durağan olduğu durumda 550 metreye kadar paket kaybı yaşanmamıştır. Paket kaybı, bir ağ üzerinden iletildikten sonra hedeflerine ulaşamayan kayıp veri paketlerini tanımlamaktadır (IR, 2023). Bir başka senaryoda birinci araç durağan konumdayken, diğer araç sırasıyla 20 km/h, 40 km/h, 60 km/h ortalama hızlarında hareket ettirilmiştir. V2V modülleri arasındaki senkronizasyonun, Doppler frekansı (fiziksel dalgaların hareketli gözlemci tarafından temel özelliklerinin farklı algılanması) ve yüksek hızlarla arttırılabildiği, 500 metre mesafede 40 km/h ortalama hızda giden 151 paketten 3’ünün

kaybolduğu, 500 metre mesafede 60 km/h ortalama hızda giden 108 paketten sadece 1'inin kaybolduğu görülmüştür. İleriki araştırmalarda hareket halindeki araçlarda V2V haberleşme teknolojisinin verimliliğinin daha da araştırılması gerektiği ve Doppler toleransının ayrıntılı bir şekilde incelenmesi gerektiği belirtilmiştir (Özdemir vd., 2016).



Şekil 8. V2V Sistem Modülünün Genel Blok Diyagramı (Özdemir vd., 2016)

2017 yılında yayınlanan “İzole Kavşaklarda V2X İletişim Teknolojisi ile Trafik Gecikme Tahmini” isimli çalışmada V2X iletişim teknolojisinin kullanıldığı bir trafik gecikme tahmin modeli önerilmiştir. Bu modelin test edilmesi kapsamında gerçekleştirilen benzetim çalışmalarında düşük penetrasyon oranında bağlantılı araçlar kullanılmıştır ve bu araçların ortalama hız verisi tutulmuştur. Elde edilen hız verileri ile araçların izole kavşağa ulaşma ve kavşaktan ayrılma zamanları hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar kullanılarak trafik gecikme tahmini yapılmıştır. Benzetim çalışmaları sonucunda önerilen modelin yüksek doğruluk oranında çalıştığı tespit edilmiştir (Salman vd., 2017b).

2017 yılında yayınlanan “Düşük Penetrasyon Oranına Sahip Kooperatif V2X Protokollerini Kullanan Bulanık Mantık Tabanlı Trafik Gözetim Sistemi” isimli çalışmada yapılan benzetimlerde, sinyalize kavşaklarda bağlantılı araçların bir RSU’ya bağlı şekilde geçirdiği süreler ölçülmüştür. Ölçülen süreler ile trafik durumu arasında ilişki kurulması ve trafik durumunun doğru bir şekilde tespit edilmesi hedeflenmiştir. Benzetim çalışmaları sonucunda, önerilen yöntemin yüksek doğruluk oranı ile çalıştığı tespit edilmiştir. (Salman vd., 2017a).

Binaların, araç sayısının ve yol yapısının V2V iletişime olan etkisi, 2018 yılında yayınlanan “V2V İletişim Kanallarına Binaların, Araç Sayılarının ve Yol Türlerinin Etkisi” isimli çalışmada incelenmiştir. V2V iletişimin farklı trafik senaryolarında nasıl sonuç verdiğini incelemek, bu teknolojinin gelişimi için önemlidir. Bu sebeple, bu araştırmada diğer çalışmalardan farklı olarak

araç sayısının yanı sıra binalar ve yol yapıları da araştırma konusu içine dahil edilmiştir. Bu doğrultuda dört farklı senaryo oluşturulmuştur. Binasız düz bir yol, binalı düz bir yol, binasız kavşak ve binalı kavşak durumları, V2V iletişimin incelendiği senaryolardır. Benzetim modelini oluşturmak için SUMO, OpenStreetMap, GEMV² (araca iletişim için geometri temelli efektif yayılma modeli) adlı MATLAB entegrasyonuna sahip yazılım kullanılmıştır. Uygulama araçtan araca iletişimi LOS, NLOS_v, NLOS_b adlı üç ana kategoriye ayırmış ve bunların kombinasyonları şeklinde bir hesaplama yapmıştır. Araştırmanın sonucunda elde edilen veriler, binaların bulunmasının, araçtan araca iletişimin zayıflamasında önemli rol oynadığını göstermiştir. Buna ek olarak, kavşaklarda yine bir zayıflama meydana geldiği, kavşak ve binaların etkisinin birbiri içinde karşılaştırıldığında ise binaların etkisinin iletişimin zayıflamasında daha etkili olduğu ortaya koyulmuştur (Kuzulugil vd., 2018).

Uzay-zaman kafes kodları (STTC) tekniği ile V2V iletişimin optimizasyonu konusunda 2018 yılında bir çalışma yapılmıştır. Mobil-mobil ve makine-makine iletişimde de kullanılan bu tekniğin V2V iletişime uyarlanması da mümkündür. Benzetimler sonucunda, bu tekniğin V2V performansını arttırdığı gözlemlenmiştir (S. Ata & Altunbas, 2018).

2019 yılında yayınlanan “Otomotiv Sektöründe Nesnelerin İnterneti Uygulamaları Üzerine Bir Derleme” isimli çalışmada, IoT teknolojisinin ulaşım sektörünün üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Buna göre Türkiye’deki bu teknoloji son zamanlarda yaygınlaşmaya başlasa da belli toplanan veri üzerinde işlem yapan firma sayısı sınırlıdır ve teknolojinin sahip olduğu potansiyelin altında kalmıştır. K-AUS için de önemli bir parça olarak kabul edilen IoT teknolojisi, otonom araçların yaygınlaşması konusunda da büyük bir gelecek vadetmektedir (Tokody vd., 2019).

Araçların birbiriyle ve diğer hücresel servislerle iletişim kurmasını sağlayan V2X teknolojisi, şu an yaygın olarak LTE standartları ile tanımlanmaktadır, ancak araç sayısı ve ağ kapasitesine duyulan ihtiyaçlar sonrasında oluşan gecikmeler ve güvenli iletişim konularında henüz yeterli düzeyde ilerleme kaydedilememiştir. 5G standartları çerçevesinde gerçekleştirilirse, bu haberleşme teknolojileri daha geniş ve kapsamlı uygulama alanlarında kullanılabilecektir. 2019 yılında yayınlanan bir çalışmada, V2X iletişim teknolojisinin getirdiği faydalar ve gerçekçi bir ortamdaki performans ölçümü sonuçları incelenmiştir. Büyük ölçekli bir benzetim modeli kullanılarak hazırlanan bu çalışmada, değişken araç sayısı, uygulama ve ağ servisleri, yol ağ

altyapısı bulunmakta olup bunların yanı sıra sistem performansını arttırmak için yeni çözüm önerileri barındırmaktadır. Çalışmada SUMO uygulaması kullanılarak gerçekçi bir trafik ortamı hazırlanmıştır. Buna göre araçlar iki gidiş iki gelişli bir yol ağında, belirli bir hareketlilik modelinde 10 km/h sapmalarla ortalama 50 km/h hızlarla ilerlemektedir. Bu benzetime V2X haberleşme teknolojisi entegre edilerek servisin kalitesi ve performansı analiz edilmiştir. Buna göre V2X haberleşme teknolojisi araç sayısı arttıkça talebi karşılayamamaktadır. Bu konuda yapılan çalışmalar sonucunda kritik araç sayısı eşiğinin 300 olduğu belirlenmiştir. Çünkü çok yoğun araç bulunan ortamlarda yani 350 araç ve daha fazlası durumlarında karşılanamayan talep sayısı 300 araca göre 4 katına ulaşmıştır, bu da tehlikeli sonuçlar doğurabilmektedir. Bir diğer deyişle, 300 ve daha fazla talep gerçekleştiğinde karşılanamayan talep sayısının üstel bir biçimde arttığı gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra gecikme de araç sayısına bağlı olarak artmaktadır. Başarıyla karşılanan talep sayısı arttıkça gecikme süresi de artmaktadır. Başka bir deyişle 300 araç her ne kadar optimum başarılı araç sayısı olsa da buna bağlı olarak en çok gecikme yaşanan senaryodur. Bu teknolojinin gelişmesi için MAC programlayıcının, V2X teknolojisinin içine entegrasyonunun anahtar gelişmelerden biri olacağı belirtilmiştir (Nur Avcil & Soy Turk, 2019).

2020 yılında yayınlanan “Yüksek Hızlı Trenlerde Güvenlik Uygulamaları için 5G NR C-V2V” isimli çalışmada, 5G teknolojisinin V2V teknolojisine yapacağı katkıların yüksek hızlı trenlerde güvenlik konusundaki etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmaya göre, 5G gibi gelecekte çokça yaygınlaşması beklenen bir teknolojinin varlığı göz ardı edilmemeli, aksine buna uygun tasarımlar şimdiden hazırlanarak geleceğe yönelik işlere adım atılmalıdır. 5G NR C-V2V (5G Yeni Radyo Hücreli V2V) henüz gelişmekte olan ve iletişim sırasında çok düşük uçtan-uca gecikme sağlayacağı öngörülen bir haberleşme teknolojisidir. Çalışma kapsamında 5G NR C-V2V teknolojisi yüksek hızlı trenlerde güvenlik uygulamaları dahilinde kullanılmıştır. Bu doğrultuda elde edilen sonuçlar incelendiğinde, kapsama alanında %20’ye kadar iyileşme ve iletişim sırasında daha düşük uçtan-uca gecikme elde edildiği tespit edilmiştir (Bulut, 2020).

2021 yılında yayınlanan “Otonom Araçlar için Algılama, Kontrol ve Sistem Entegrasyonu: Bir Dizi Zorluklar” isimli çalışmada, otonom araçların tasarımında sezgi, kontrol ve sistem entegrasyonunun önemi vurgulanmıştır. Geçmişteki örneklerden yola çıkarak gelecekteki çalışmalara yön verilebileceğini belirten çalışma, araçların yol çizgilerini takip ederek aracın

direksiyon ve fren sistemine sürücü dışında müdahale edilebileceğini ortaya koymaktadır. GPS olarak kısaltılan küresel pozisyonlama sistemi ile aracın konumu gerçek zamanlı bir veri olarak işlenmektedir. Aynı zamanda, IMU olarak kısaltılan atalet ölçüm birimi ile de tekerlek hızı ve devir gibi aracın iç mekanizmalarının sensörle entegre çalışması sağlanmaktadır. Bu, V2I iletişim teknolojisi için önemli bir devrim olarak değerlendirilmektedir (Özgüner & Redmill, 2021).

2021 yılında yayınlanan “V2V İletişimi ve Zaman Gecikmeleri Olan Bağlantılı Araçların Kararlılık Analizi: Bézout'un Sonucu Aracılığıyla CTCR Yöntemi” isimli çalışmada, bağlı araçlar arasındaki V2V iletişimde geçen sürenin optimize edilmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Kablosuz bağlantılar her ne kadar çok kullanışlı olsa ve hayatta çok fazla imkân sağlasa da milisaniyeler boyutlarında gecikme yaşanmaktadır. Bu durumu minimum seviyeye indirmek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Bezout'un CTCR (Karakteristik Köklerin Küme Tedavisi) yöntemi kullanılmıştır. (Akkaya vd., 2021).

2021 yılında yayınlanan “Akıllı Ulaşımın İletişimin Geliştirilmesi için Blokzincir Teknolojisinin Benimsenmesi” isimli çalışmada blokzincir teknolojisinin kablosuz iletişim teknolojilerinin geliştirilmesi konusunda gelecek vadettiği değerlendirilmektedir. Bir para birimi olarak kullanımda olan Bitcoin teknolojisinin temelinde yer alan blokzincir teknolojisinin, IoT konsepti kapsamında veri transferinde güvenli bir zemin olarak sayılmasında bir engel bulunmadığı belirtilmiştir. Bu iletişim sisteminin akıllı ulaşım entegre edilmesi ile veri güvenliğinin sağlandığı bir iletişim yönteminin ortaya çıkabileceği değerlendirilmektedir (Özdenizci Köse, 2021).

2021 yılında yayınlanan “Blok Zincir ve Akıllı Ulaşım Sistemlerinde Uygulama Alanları” isimli benzer bir çalışmada, gelecekte hayatımızda önemli bir yere sahip olması beklenen blokzincir teknolojisinin yararları paylaşılmıştır. Bu teknolojinin özellikle lojistik sektöründe yararlanılmak üzere V2V iletişim sisteminde kullanılmasının kazanımlarına değinilmiştir. Bu kazanımlar, veri güvenliğinin ve şeffaflığının daha hızlı ve akıllı bir şekilde sağlanabilmesi ile ilgilidir (Tektas & Doğan, 2021).

2021 yılında yayınlanan “5G V2X için Hiyerarşik Derin Takviyeli Öğrenme Tabanlı Dinamik RAN Dilimleme” isimli çalışmada, derin öğrenme ile 5G V2X teknolojisinin dinamik radyo erişim ağına (RAN) etkisi araştırılmıştır. RAN, iki veya daha fazla donanımın birbirleri arasındaki bağlantıyı sağlayan çekirdek bir yapı olarak düşünülebilir. Çalışmada, derin öğrenme ile

performans testleri hata paylarına sahip olsa da gerçeğe yakın tahminler sunulabildiği gösterilmiştir (Kaytaç vd., 2021).

2021 yılında yayınlanan “Trafik İhlali Tespit Sistemleri: Bir Anket” isimli çalışmada, trafik ihlali tespit sistemleri kapsamında yapay zekâ, RFID ve Araç Ad Hoc Ağları gibi yeni teknolojilerin önemi vurgulanmıştır. Daha fazla donanıma sahip ve çevresiyle veri alışverişi yapabilen araçlar, ihlal sayılarında gözle görülür bir düşüş sağlamaktadır. Ek olarak yol kenarı ünitelerine sahip gelişmiş altyapılı yollarda da tespit oranlarının yükseldiği gözlenmiştir (El Atigh & Bayram Özer, 2021).

2022 yılında yayınlanan ve otonom araçların akıllı ulaşım politikalarına olan etkisinin araştırıldığı “Otonom Araçların Akıllı Ulaşım Politikaları Üzerindeki Etkileri” isimli çalışmada, altyapının geliştirilmesinin önemine dikkat çekilmiştir. V2I iletişimi ile araçların çevreye daha entegre gideceği belirtilmiştir. Bunun için ise nesne tespiti ve çarpışma önlemede kullanılan çevre radarları ile frekans bandını işleyerek bir optik tarayıcı görevi gören, bu sayede de çevresini üç boyutlu bir şekilde resmedebilen LIDAR, kullanılan iki temel sistemdir (Akkaya & Özbay, 2022).

2022 yılında yayınlanan “Siber-Fiziksel Güç Sistemi (CPPS) Kapsamında Araçtan Her Şeye (V2X) Olarak Çift Yönlü Elektrikli Araç Şarj Sistemine Genel Bir Bakış” isimli çalışmada gelişen teknoloji ve sanal evrenin imkanlarının anlaşılması sayesinde, elektrikli araçların şarj sistemleri üzerine yoğunlaşmıştır. Siber-fiziksel güç sistemleri (CPPS) ile V2X iletişiminin şarj görevi görmesi amaçlanmaktadır. Siber-fiziksel sistemler, fiziksel olarak var olan bir mekanizmanın bilgisayar tabanlı algoritmalar aracılığı ile yönetilmesi kavramıdır. V2X iletişimi ile kablosuz bağlantı kullanılarak uygun konumda olmayan veya sürekli hareket halinde olması gerekebilecek acil durum araçları veya toplu taşıma araçlarında yerel bir güç aktarımı sağlanabileceği belirtilmiştir (Elma vd., 2022).

5.2.1.2.Siber Güvenlik

Haberleşme teknolojilerinin geliştirilmesi konusunda hazırlanan makale ve bildiri çalışmalarına ek olarak K-AUS uygulamaları kapsamında önemli bir husus olan siber güvenlik teknolojileri konusunda da makale ve bildirimler yayınlanmıştır.

2018 yılında, V2V iletişiminin doğurabileceği olası tehlikeleri konu alan “V2V İletişiminde Güvenlik Saldırıları” isimli bir çalışma yayınlanmıştır. Buna göre altyapı alanında oluşabilecek tehlikelerin araç üreticileri ve servis sağlayıcılarından kaynaklanabileceği değerlendirilmiştir. Öte yandan, kullanılacak sistemin protokolüne izinsiz girişler ile sistemin bozulması, kötülük amacıyla kullanılması mümkündür. Bir diğer alanın ise araç içi uygulamalardan kaynaklanan siber saldırılar olduğu paylaşılmıştır (Okul vd., 2018).

2022 yılında yayınlanan “Akıllı Ulaşım Araçlarında Siber Güvenlik ve Çok Katmanlı Güvenlik Önlemi” isimli çalışma, akıllı ulaşım sistemlerinin gelişmesi ve yaygınlaşması ile birlikte bağlantılı araç ve altyapılarının rahatlıkla saldırılabilecek bir alan olduğunu işaret etmektedir. Akıllı araçlara siber saldırı türleri birden fazla olup hepsinin kendine özel savunma mekanizması bulunmaktadır. Bu siber saldırılara karşı ayrı savunma yapılabilir olsa da çok katmanlı bir savunma sistemi oluşturmak toplu ve daha güvenli bir sistem sağlayabilmektedir. Bir aracın elektronik kontrol ünitelerine (ECU’larına) saldırmak ve bir çarpışmaya veya kontrol kaybına neden olmak için bir saldırgan kablosuz bağlantılardaki bir kusurdan yararlanılabilmektedir. Telematik kontrol birimindeki (TCU) güvenlik açıklarından yararlanarak bir araç içerisinde gerçekleştirilen özel sohbetler dinlenebilmektedir. Sürücülerini yönlendirmek ve kontrol etmek için sıklıkla kullanılan ve mahremiyetlerini ihlal eden GPS navigasyon sisteminden yararlanarak bir araba izlenebilmektedir. Bu doğrultuda, çalışma dahilinde çok katmanlı bir siber saldırı savunma sistemi önerilmiştir. Çok katmanlı bir yapıya sahip olan savunma sistemi, sürekli tanımlama ve çeşitli katmanlı savunmalarla tam güvenliğin yanı sıra çeşitli katmanlarda güvenlik sunarak, aracın sürüş kontrolünün hiçbir zaman saldırgan tarafından elde edilememesini sağlamaya çalışmaktadır. Önerilen Çok Katmanlı Savunma Sistemini üç katman oluşturmaktadır: Algılama Katmanı, Ağ Katmanı ve Uygulama Katmanı. Üç katmanlı mimaride, algılama katmanı en alttadır. Bu sistemdeki algılama katmanı, fiziksel ve veri bağlantı katmanlarından oluşmaktadır. Bağlantıyı kurduğu göz önüne alındığında, ağ katmanı olarak adlandırılmaktadır. Bu katman, otomobiller ve diğer araçlar, altyapı ve yayalar arasındaki tüm V2V, V2I, V2P ve diğer sensör iletişimlerini kontrol etmektedir. Veri işleme ve depolamayı sağlayan kısım uygulama katmanıdır. Çok katmanlı koruma sistemi, siber saldırıları tespit etmek için otomobilin ana ünitesini izleyerek otomobil üzerinde tam kontrole sahip olup olmadığını belirlemektedir. Bu savunma sistemi sayesinde,

yapılan siber saldırıları savuşturma oranı geleneksel yöntemlere göre daha fazla olarak saptanmıştır (Avcı vd., 2022).

5.2.2. Trafiğe Etki

2015 yılında yayınlanan “Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Türkiye’de Karayolu Taşımacılığı Sektöründeki Uygulamaları” isimli çalışmada, kablosuz veri akışının önemine dikkat çekilmiştir. GPS yani küresel konumlandırma sistemi temelli teknolojiler başta olmak üzere, V2V ve DSRC ile araçların, yayaların ve hatta hayvanların bilgisinin yol kenarı üniteleri üzerinden sürücülere gönderilmesi ile kazaların önüne geçilebileceği belirtilmiştir (Ersoy & Börühan, 2015).

2020 yılında yayınlanan “22@Barcelona Projesi Analizi; Bandırma Ölçeğinde Uygulanabilirliği” isimli çalışmada, Barselona (İspanya) şehrinin, akıllı kent ve akıllı ulaşım modeli incelenmiştir. Yeni nesil ulaşım çözümlerinin irdelendiği bu çalışmada, V2V, V2I, V2X teknolojilerinin önemi vurgulanmış, bu iletişim teknolojileri ile algılama ve konum belirleme teknolojilerinin gelişmesi ve yaygınlaşması ile beraber bağlantılı araçların kullanımının arttırılabileceğinden bahsedilmiştir (Kocakaya & Engin, 2020).

2020 yılında yayınlanan “Türkiye’de Bağlantılı Araç Teknolojisinin Gelişimi” isimli çalışmada, Türkiye’de bağlantılı araç teknolojilerinin gelişimi incelenmiştir. Yayınlanan bu çalışma, Türkiye’de son yıllarda bu alan üzerine çalışmaların hız kazandığını ve yeni kurulan Togg gibi markaların da bu konuya önem verdiğini göstermektedir (Erceylan & Akcayol, 2022).

BÖLÜM VI

6. TÜRKİYE’DE K-AUS ALANINDA YÜRÜTÜLEN ÇALIŞMALAR

K-AUS’un Türkiye’deki mevcut durumunun ortaya çıkarılması adına, bu bölümde derlenen K-AUS projeleri hem firmaların ve projelerin web sitelerinden yapılan araştırmalar hem de paydaşlar ile yürütülen anket çalışmaları sonucu elde edilmiştir.

6.1. Kurum ve Kuruluşlarla Yapılan Anket Çalışmaları

Bu bölümde kurum ve kuruluşlarla yapılan anket çalışması kapsamında elde edilen projelere ve çalışmalara yer verilmiştir.

6.1.1. Kamu Kurum ve Kuruluşları

UAB

HGM: K-AUS alanında yürüttüğü çalışmalar aşağıda özetlenmiştir:

- “Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı’nda sorumlu kuruluş olarak Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM)’nün belirlendiği “1.8. K-AUS için Test ve Uygulama Koridorunun Kurulması” eylemi yer almaktadır. Eylem kapsamında Hasdal ile İstanbul Havaalanı arasında 30 km’lik alanda K-AUS test koridoru kurulmasına yönelik çalışmalar devam etmektedir.
- “Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı’nda yer alan “1.2. AUS Mimarisinin Geliştirilerek Yayınlanması” eylemi kapsamında HGM, TÜRKSAT ve UDHAM arasında 28 Ekim 2021 tarihinde “Uydu Destekli Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Otomasyon Projesi” protokolü imzalanmıştır. Proje ile ülkemizde hızla artan AUS yatırımlarına çatı oluşturmak, yol göstermek, çalışmaları ortak paydada buluşturmak; birbiri ile uyumlu, gelişen ihtiyaçlara cevap veren sistemler geliştirebilmek, ulaşım modlarının birbiri ile entegrasyonunu sağlamak amaçlanmaktadır. Proje kapsamında;
 - Uydu Yer Sistemleri Geliştirilmesi ve Uydu Üzerinden Çalışan Network Mimarisinin Oluşturulması,
 - AUS Standartlarının Tespit Edilmesi ve Sınıflandırılması,

- AUS Alanında Yıkıcı Yenilikçi Teknolojiler ile Etkilerinin Araştırılması,
- Mevcut Durum Analizi ve Envanter Çalışması Yapılması,
- Dünya Literatürünün Taranması ve Ülke Raporlarının Hazırlanması,
- Kullanıcı Hizmetlerinin Belirlenmesi,
- Ulusal AUS Mimarisi Hizmet Paketlerinin Oluşturulması,
- Ulusal AUS Mimarisinin Oluşturulması,
- AUS Mimarisi Yazılımının Geliştirilmesi ve Kullanım Kılavuzunun Hazırlanması,
- İnsan Kaynağı Kapasitesinin Geliştirilmesi, bu kapsamda Çalıştaylar ve Organizasyonlar Düzenlenmesi,
- Ulusal AUS Platformunun Hazırlanması çalışmaları yürütülmektedir.

Proje ile V2V, V2I ve araç-merkez haberleşmesi, uydu teknolojileri üzerinden veri, bilgi, görüntü vb. iletimin sağlanması amaçlanmıştır. Böylece akıllı ulaşım sistemlerinde kullanılan yenilikçi haberleşme teknolojilerini kullanarak K-AUS senaryolarının uygulanabileceği, yeni nesil akıllı araçların, karayolu ağında sorunsuz seyahat edebilmelerini tesis etmek amacıyla uyumlu yol altyapısının ve haberleşme sistemlerinin kurulmasına ilişkin çerçevenin oluşturulması hedeflenmiştir.

- “Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı’nda yer alan “3.3. Araç İçi Bilgi ve Haberleşme Sistemi (ABHS)” eylemi kapsamında UAB HGM ile Marmara Üniversitesi arasında 8 Eylül 2022 tarihinde “Araç İçi Bilgi ve Haberleşme Sisteminin (ABHS) Teknik Özelliklerinin Belirlenmesi Projesi” protokolü imzalanmıştır.

ABHS; trafik/sürüş emniyeti, trafik etkinliği, yakıt tasarrufu, zararlı gaz emisyonlarında azalma, enerji verimliliği, ulaşım sürelerinde azalma ve konforlu sürüşe yönelik sürücüyü (araçta bulunan hedef kullanıcıları) bilgilendirme, tehlikeli durumlara karşı uyarıda bulunma ve tehlikeli durumları önlemeye yönelik olarak araç içinde bulunan sistemleri, yol kenarı altyapısında bulunan sistemleri, bunların birbiri ile ve merkezle iletişimde kullanılan birimleri ve bu kapsamda kullanılan yazılımları içermektedir. Bu nitelikleri ve gereksinimleri sağlamak için ABHS, araçta bulunan V2X haberleşme radyo birimi (ve yazılımları) aracılığıyla diğer araçlar ve altyapı ile sürekli ve düzenli olarak iletişim sağlamakta, bilgi

alışverişinde bulunmaktadır. ABHS’de, araç, altyapı ve merkez tarafında donanım ve yazılım içeren pek çok bileşen (OBU, RSU, Anten, K-AUS yönetim platformu vb.) bulunmaktadır. Bu proje ile söz konusu bileşenlerin özelliklerinin belirlenmesi, söz konusu bileşenlerin üretiminde ve birbiri ile iletişimde kullanılan standartları, yazılımları, mimariyi, güvenlik yapısını içeren bütüncül bir sistemin tasarımının yapılması hedeflenmektedir. Böylece, ilerleyen süreçte, ABHS bileşenlerinin, ülkemiz yerli ve milli kaynakları ile üretiminin yapılması ve kaynakların yurt dışına gitmesinin önüne geçilerek ülkemizde kalmasının sağlanması amaçlanmaktadır.

HGM; STB tarafından oluşturulan otonom araç çalışma grubu faaliyetlerine katılım ve katkı sağlamaktadır. Ayrıca, K-AUS hizmetlerini test etmek ve uygulamak için Avrupa Üye Devletlerinin ve yol operatörlerinin ortak girişimi olan C-Roads Platformuna gözlemci üyedir ve akıllı ulaşım sistemleri ile hizmetlerinin Avrupa’da yaygınlaştırılması kapsamında çalışmalar yürüten ERTICO-AUS Avrupa uluslararası organizasyonuna üyedir.

Ulaştırma Hizmetleri Düzenleme Genel Müdürlüğü: Akıllı takograf donanımlarının kullanım izni ve koordinasyonu ile ilgili çalışmalar yürütülmektedir. Akıllı takograf ile sürücünün sürüş ve dinlenme süreleri kaydedilmekte, bilgiler otomatik olarak çekilebilmektedir. Akıllı takograf, DSRC standardında kablosuz iletişim yapabilmektedir. Bu donanımın teknik spesifikasyonları, STB tarafından belirlenmektedir. Donanım, UN ECE 2014/165 ve UN ECE 2016/799 standartlarına uygundur. Akıllı takograf ile önleyici denetim yapılabilmesi sayesinde, ön ihbar sistemi olarak kullanılması hedeflenmektedir. Bu sayede denetimlerin verimliliklerinin artırılması, çalışmanın kazanımı olarak değerlendirilmektedir.

Strateji Geliştirme Başkanlığı: Yıldız Teknik Üniversitesi ile “Sürdürülebilir ve Akıllı Hareketlilik Stratejisi ve Eylem Planı’nın hazırlanması çalışmaları yürütülmektedir. Eylem Planı’nda yer alan “Teknoloji, İnovasyon ve Dijitalleşmenin Geliştirilmesi” amacı kapsamında; bağlantılı, otonom araç altyapısının geliştirilmesi konusunda Ar-Ge çalışmaları yapılması, yasal çerçeve ve yol haritası oluşturulması hedeflenmektedir.

STB: Bakanlık tarafından yayımlanan “Mobilite Araç ve Teknolojileri Yol Haritası”nda belirtilen teknolojilerin yerli ve milli olarak geliştirilmesi için politika ve eylem planları oluşturulmuştur. Doğrudan bir saha uygulaması olmasa da bu teknolojilerin geliştirilmesi için teşvik sağlanması ve

yeni yatırımların özendirilmesi planlanmaktadır. Yol haritası kapsamında yapılması planlanan otonom araç teknolojileri test merkezinde, V2X teknolojilerinin test edilebileceği bir alan oluşturulması hedeflenmektedir. Yapılan çalışmalarda Avrupa Birliği'nin yayınladığı regülasyonlar ve Birleşmiş Milletler tarafından yayınlanan regülasyonlar uyumlaştırılmaktadır.

STB öncülüğünde kamu kurumları, özel sektör, üniversite ve sivil toplum kuruluşları temsilcilerinin katılımlarıyla otonom araç çalışma grubu oluşturulmuş olup ülkemizde 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 işaretlemelerinin ve K-AUS çalışmalarının hız kazanması öncelikli görülen aksiyon adımları arasında yer almaktadır.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB): İtfaiye araçlarının önceliklendirilmesi için İBB iştirak şirketi İSBAK ile V2I haberleşmesi test çalışması yapılmaktadır. İtfaiye aracına yerleştirilen araç içi birimin (OBU) kavşak kontrol cihazı ile iletişim kurarak itfaiye aracına öncelik verilmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca, İBB iştirak şirketi Metro İstanbul tarafından tramvay takip sistemi kullanılmaktadır. Araçlarda RFID anten bulunmakta olup araçların hangi konumda olduğunu tespit etmek için kullanılmaktadır. RFID donanımı kullanılarak veri aktarımı gerçekleştirilmektedir. Yapılan uygulamalar ile işletmenin iyileşmesi, ses ve gürültünün azaltılması ve bakım sürecinin kolaylaştırılması gibi kazanımlar elde edilmiştir. Yürütülen projeler kapsamında İBB'nin kendi geliştirdiği yazılımlar kullanılmaktadır.

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK): EPDK tarafından doğrudan K-AUS'a yönelik bir çalışma yürütülmemesine rağmen, K-AUS altyapısını kullanan araçlardan elektrikli olanların ve diğer elektrikli araçların şarj altyapısının geliştirilmesine yönelik çalışmalar yürütülmektedir. Bu kapsamda yapılan çalışmalar arasında yer alan ve Dünya Bankası ile birlikte yürütülen “Elektrikli Araç (EV) Şarj Altyapısının Yaygınlaştırılması ve Türkiye’de Elektromobilité Teknolojilerinin Ölçeğini Desteklemeye Yönelik Teşvikler” projesi devam etmektedir. “Şarj İstasyonları ve Elektrikli Araçların Şebekeye Etkisinin İncelenmesi ve Bu Yüklerin Optimize Edilmesi İçin Gerekli Yerli Yazılım Geliştirilmesi” projesi uygulama aşamasına geçmiştir. Bu alandaki donanımlar şarj hizmeti yönetmeliği (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2022) kapsamındaki

kablolama altyapısı, şarj ünitesi, şarj besleme donanımı (EVSE) ve ilgili bilişim sistemi altyapısı vb. olarak listelenebilir. Bu donanımlarda, EPDK Şarj Hizmeti Yönetmeliği'nde bulunan TS62196-2 ve TS62196-3 sayılı standartlar kapsamında tanımlanan şarj sistemleri ve soket tipleri, kablolama standartları ve AC-DC güçlerini belirleyecek birleşik şarj güçleri sistemleri ile ilgili içerik hakkında bilgi veren standartlar kullanılmaktadır (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2022). Bu donanımlarda yazılım olarak EPDK tarafından geliştirilen “Şarj Otomasyon Sistemi” mobil uygulaması kullanılmaktadır. Uygulama, kurulu olan şarj istasyonlarından web servisleri ile veri aktarılması, istasyonların takibi ve harita üzerinde müsaitlik/arıza-bakım durumlarının tespiti, rezervasyon yapılması için iletişiminin sağlanması amaçları doğrultusunda, dinamik ve statik veri paylaşımı hizmetleri sunmaktadır. Bu donanım ve yazılımlar sayesinde web servis kılavuzu yönergeleri takip edilerek şarj ağı operatörleriyle web servisleri oluşturulmuş ve veri protokolleri imzalanmıştır. Bilişim altyapıları kurulduktan sonra, web servisi kılavuzları ile veri protokolleri doğrultusunda ilgili testler yapılarak veriler elde edilmektedir. Kurulan sistem sayesinde şarj ağı operatörlerinin şarj hizmetlerine ilişkin süreçlerinin sağlıklı işleyişi ve takipleri gibi kazanımlar sağlanmaktadır. Gelecekte ise çeşitli benzetimler ve testler ile güç ve kullanım oranları başta olmak üzere diğer faktörlerle birlikte şebeke etki analizleri yapılacaktır Saha uygulamalarında şarj ağını oluşturan operatörler; kablolama alt yapılarında, şarj üniteleri ve elektrikli araç besleme ekipmanlarında (EVSE) ve ilgili bilişim altyapılarında, ağ ve iletişim teknolojilerini kullanmaktadır. Ayrıca, EPDK tarafından “Şarj Hizmeti Yönetmeliği” hazırlanarak yayınlanmıştır.

Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM): KGM tarafından Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı'nda AUS altyapısının geliştirilmesi stratejik amacı kapsamında, Hasdal ve İstanbul Havalimanı arasında kurulması planlanan 30 km uzunluğunda K-AUS Test ve Uygulama Koridoru projesi çalışmaları yürütülmektedir.



Şekil 9. Hasdal-İstanbul Havalimanı ~30km’lik K-AUS Test Güzergahı

Koridor boyunca fiber optik (F/O) kablo döşenecek olup araç-araç, araç-altyapı, altyapı-AUS Yönetim Merkezi arasında haberleşme sağlanması ve veri alışverişi yapılması planlanmaktadır. Koridor boyunca iletişimin, F/O kablolar, kısa menzilli kablosuz veya hücreli haberleşme teknolojileri (4.5G, 5G, C-V2X) kullanılarak araç içi üniteler (OBU’lar), yol kenarı üniteleri (RSU’lar), K-AUS Yönetim Merkezi ve geliştirilecek olan yerli bir yazılım vasıtasıyla gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir. Bu koridorun AUS merkezi, Karayolları 1. Bölge Müdürlüğü FSM Ana Kontrol Merkezi olarak belirlenmiştir. Değişken mesaj işareti, değişken trafik işareti, meteorolojik sensörler kurularak bu sistemlerden elde edilen verilerin, yol kenarı üniteleri ve araç içi üniteler kullanılarak doğrudan sürücülere aktarılması planlanmaktadır. “Yol çalışması var” uyarısını aktifleştirmek için mobil değişken mesaj işareti kullanılması öngörülmektedir. Kameralar sayesinde de olay tespit yönetimi yapılarak duran araç ve geri giden araçların tespit edilmesi; yol kenarı üniteleri, araç içi üniteler ve merkezi yazılım aracılığıyla yol üzerindeki ve gerideki araçlara bu bilgilerin iletilmesi planlanmaktadır. Donanımlarda C-Roads 2.0 dokümanındaki tüm standartların (EN3026372, EN302637-3, ISO 19091 ve EN302571) kullanılacağı öngörülmektedir. Tüm AUS sistemlerini yöneten bir çatı yazılım geliştirilmesi, bu çatı yazılımın modüler olması, sinyalizasyon sistemleri, araç algılayıcıları vb. AUS bileşenlerini kontrol etmesi, değişken mesaj işareti, değişken trafik işaretlerini kontrol eden alt yönetim yazılımlarının bu çatı

yazılımda yer alması öngörülmektedir. Bu yazılım ve donanımların entegrasyonu ile trafik yoğunluklarının azaltılarak çevreye olan zararlı gaz emisyonlarının azaltılması, trafiğin yönlendirilmesiyle sıkışıklıkların azaltılması, sinyalize kavşaklarda akıcı trafik elde edilmesi sağlanacaktır. Saha uygulamalarında haberleşme teknolojileri arasında V2I ve V2V teknolojilerine öncelik verilecektir. Bu teknolojilerin standartları oluşturulduktan sonra V2X alanında çalışmalar hızlandırılacaktır. Bu uygulamalarda sürücülere güvenlik koşullarına dair bilgi aktarımının zamanında ve güvenilir yapılabilmesi için OBU ve RSU güvenlik servisleri, güvenlik mimarisi ve ETSI güvenlik standartlarının uygulanması hedeflenmektedir. KGM, yapmış olduğu K-AUS çalışmalarında C2C-CC belgelerini ve C- Roads Platformu dokümanlarını referans almakta, AUS ve K-AUS alanında yapılan projelerde kullanılmak üzere teknik şartnameler hazırlamaktadır.

Jandarma Genel Komutanlığı Trafik Daire Başkanlığı: Bilginin en küçük Jandarma birimine kadar kesintisiz, eş zamanlı, doğru ve emniyetli şekilde ulaştırılmasını sağlamak amacıyla geliştirilmiş kamu güvenliği haberleşme projesi JEMUS ile araç takibi, plâka tanıma, T.C. kimlik numarası ile kişi sorgulama ve plâka numarası ile araç sorgulama gibi birçok işlemi aynı anda yapma imkânı bulunmaktadır. Bu uygulamada, sürücülere dair bilgi aktarımının zamanında ve güvenilir yapılabilmesi için çeşitli platformlarda yol kullanıcılarına eğitim, seminer vb. etkinliklerle bilgilendirme yapılmaktadır. Bu uygulamalarda, Karayolu Trafik Güvenliği Strateji Belgesi 2021-2030 ve Karayolu Trafik Güvenliği Eylem Planı 2021-2023 belgeleri göz önünde bulundurulmaktadır.

Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK): Türkiye’de telekomünikasyon sektörünü düzenleyen ve denetleyen BTK, çalışmalarında, Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU), Avrupa Posta ve Telekomünikasyon İdareleri Konferansı (CEPT) gibi kurumların regülasyonları yanında Avrupa Birliği (AB) kararları ve ilgili Elektronik İletişim Komitesi (ECC) raporları gibi dokümanları göz önünde bulundurmaktadır.

“Frekans Tahsisinden Muaf Telsiz Cihaz ve Sistemleri Hakkında Yönetmelik” (FTM Yönetmeliği) kapsamında, BTK tarafından yayınlanan “Frekans Tahsisinden Muaf Telsiz Cihaz ve Sistemlerine İlişkin Teknik Ölçütler” dokümanı “Tablo 5-Ulaştırma ve trafik telematik sistemleri teknik ölçütleri”nde; K-AUS kapsamında araç-arac, araç-altyapı, araç-kullanıcı

haberleşmesinde kullanılan frekans bantları ve teknik ölçütler belirtilmiştir (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2019).

6.1.2. Üniversiteler

Marmara Üniversitesi: Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümünde “Araçsal Ağlar ve Akıllı Ulaşım Sistemleri Araştırma Laboratuvarı- VeNIT Lab” 11 Şubat 2013 tarihinde kurulmuştur. VeNIT Lab, V2X haberleşmesi, V2X uygulamaları, K-AUS mimarisi ve K-AUS uygulamaları alanlarında Ar-Ge ve uygulamalı çalışmalar yapmaktadır.

2017 yılında Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) Marmara Araştırma Merkezi tarafından Kalkınma Bakanlığı’na sunulan “Araç İçi Sistemler, İleri Sürücü Destek Sistemleri, Bağlı Araçlar ile Ulaşım Altyapı ve Servisleri için Test Alanı Geliştirilmesi ve Uygulanması” projesinde yer alınmış ve teknik destek ve altyapı hazırlanması konusunda katkı sağlanmıştır.

2018 yılında V2X haberleşmesi Gün 1 hizmetleri geliştirilmiş, saha testleri ve gösterimleri yapılmıştır. İleri seviyesi olan Gün 2 hizmetleri geliştirilmiş, saha testleri ve gösterimleri ise 2020 yılında gerçekleştirilmiştir.

İBB ve İSBAK tarafından yapılması planlanan “İstanbul K-AUS ve Otonom Araç Test Koridoru Projesi kapsamında; Marmara Üniversitesi ve İSBAK arasında 2019 yılının mayıs ayında iş birliği protokolü imzalanmıştır.

2020 yılından itibaren Marmara Üniversitesi Mehmet Genç (Dragos) Kampüsünde K-AUS altyapısı oluşturulmuş olup Ar-Ge ve ürün geliştirme çalışmaları yürütülmekte olup Tablo 3’te kampüste test edilen V2X uygulamalarının listesi sunulmuştur.

2020 yılında kurulan Marmara Üniversitesi ve VeNIT Lab’ın spinoff firması olan BigTRI tarafından K-AUS, V2X haberleşmesi, bağlantılı araç servisleri ve uygulamaları alanlarında milli ürünler geliştirilmiştir. Ayrıca, Marmara Üniversitesi Mehmet Genç (Dragos) Kampüsünde Akıllı Kavşak altyapısı kurulmuştur ve bu altyapıda trafik ışıkları ve kavşak altyapısına entegre V2X haberleşme cihazları bulunmaktadır. Kavşak cihazları ve araçlar arasında haberleşme ile V2X senaryoları, gerçek saha ortamında gerçekleştirilmektedir. V2X haberleşmesine yönelik 5G ve kısa mesafe haberleşme standartları takip edilmektedir. Buna ek olarak bir diğer kampüs olan Recep

Tayyip Erdoğan Kampüsünde K-AUS altyapısı oluşturma çalışmaları devam etmektedir.

Tablo 3. Dragos Kampüsü K-AUS Test Koridorunda Test Edilen V2X uygulamaları

Test Edilen V2X Uygulamaları		
<ul style="list-style-type: none">• Boyuna Çarpışma Riski Uyarısı• Yüzey Durumu Uyarısı• Şerit / Yol Kapatma-V2I• Trafik Işığı İhlal Uyarısı• Yüzey Durumu Uyarısı (Tümsekler ve Çukurlar)• Elektronik Acil Fren Lambası (EEBL)• Yolda Hayvan veya İnsan Uyarısı• Elektrikli Araç Şarj Noktası Bildirimi	<ul style="list-style-type: none">• Yol Çalışması Uyarısı-V2I• Yolda Engel Uyarısı• Tehlikeli Eğim Uyarısı• Yol Operatörü Aracı Yaklaşıyor Uyarısı• Acil Durum Araç Önceliği• Trafik Işığı Önceliklendirme• Yeşil Işık Optimum Hız Uyarısı• Trafik Işığı İhlal Uyarısı	<ul style="list-style-type: none">• Tehlikeli Konum Bildirimi• İleride Trafik Sıkışıklığı Uyarısı• Acil Durum Aracı Yaklaşma Uyarısı• Duran Araç/Durmuş Araç/Arızalı Araç/Kaza Sonrası Durum Bilgisi• Kaza Bölgesi Uyarısı• Hava Durumu Uyarısı Sis/Yağış/Çekiş Kaybı Uyarısı

2020 yılında Bağlantılı Araçlar/V2X Haberleşmesi Dijital İkiz (Connected Cars/V2X Communications Digital Twin) platformu geliştirilmiştir. Belirtilen platform, V2X uygulamalarının geliştirilmesine, testlerine ve büyük ölçekli gösteriminin sanal ve gerçek saha ortamında yapılmasına imkân sunmaktadır. Ayrıca, V2X haberleşmesi siber güvenlik testleri için de kullanılmaktadır.

İki adet Horizon Europe ve 2020 yılından bu yana yürütülen iki adet H2020 projesinde, V2X Haberleşmesi ve K-AUS alanlarında Ar-Ge çalışmaları yapılmakta, saha gösterimleri gerçekleştirilmektedir.

2020 yılında başlayan bir H2020 projesi olan “Akıllı Güvenli Güvenilir Nesnelere (Intelligent Secure Trustable Things - InSecTT)”, endüstriyel uygulamalar için akıllı, güvenli ve güvenilir sistemler sağlayarak IoT ve yapay zeka arasında eksiksiz, maliyet-etkin çözümler sunmak için

başlatılmıştır. InSecTT, yapay zekâ temelli akıllı sistemler ve çözümlerde güven oluşturmayı hedefleyerek akıllı, uçtan uca güvenli, güvenilir bağlantı ve birlikte çalışabilirlik üzerine kapsamlı çözümler sunmaktadır (VeNIT, 2023b).

Bir diğer H2020 projesi, “BEYOND5– *Building the fully European supply chain on RFSOI, enabling New RF Domains for Sensing, Communication, 5G and beyond*” isimli projedir. BEYOND5, en ileri SOI (yalıtkan üstü silikon) teknolojilerine dayalı olarak Avrupa’da üretilen tek bir teknoloji platformunda mobil geniş bant (5G), Nesnelerin İnterneti (IoT) ve otonom araçlar için otomasyon bağlantısını bir araya getirmeyi hedeflemektedir (VeNIT, 2023a). İki proje de devam etmektedir ve planlanmış bitiş tarihi 2023 mayıs ayıdır.

Horizon Europe kapsamında yürütülen projelerden biri “LoLiPoP-IoT: Nesnelerin İnterneti için Uzun Ömürlü Güç Platformları” projesidir. Bu proje kapsamında IoT uygulamalarında kullanılan kablosuz sensör ağ modüllerinin güçlendirilmesine olanak tanımak için yenilikçi uzun ömürlü güç platformlarının geliştirilmesi hedeflenmektedir. Bu platformlar, endüstri 4.0, akıllı hareketlilik ve enerji verimli binalar için hayata geçirilen uygulamalarda kullanılmaktadır. LoLiPoP IoT, daha düşük güç tüketimi/uzun pil ömrü, kurulum ve bakım kolaylığına odaklanarak bu platformları geliştirmek için geliştiriciler, entegratörler ve kullanıcıların dahil olduğu bir ekosistem oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu projenin 2023 yılının mayıs ayında başlaması, 2026 yılında tamamlanması öngörülmüştür (BigTRI Bilişim A.Ş., 2023).

“BRIGHTER: Mikro-bolometre görüntülemeye çığır açan bir teknoloji gelişimi” isimli bir diğer Horizon Europe projesinde ise kompakt, hafif, düşük güç tüketimine sahip, güvenilir ve ekonomik kızılötesi görüntüleme bileşenleri olan mikro-bolometre sensörleri ele alınacaktır. BRIGHTER’da mikro-bolometrelerin soğutmalı muadilleri ile arasındaki performans farkını azaltan çözümlerin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Marmara Üniversitesi, “Akıllı Kavşak/Savunmasız Yol Kullanıcılarının Güvenliği” uygulamalarıyla ilgili sunulan kullanım senaryosuna Yapay Zekâ, İletişim, Görüntü İşleme ve Uç Bilişimi teknolojileri ile katkıda bulunacaktır. Bu proje 2022’nin aralık ayında başlamıştır ve 2025 yılının aralık ayında tamamlanması öngörülmektedir (Marmara Üniversitesi Akademik Veri Yönetim Sistemi, 2023).

2021 yılında, V2X Haberleşmesi Araç İçi Kullanıcı Ara yüzü ve Uygulamaları ile V2X Haberleşmesi ağ cihazları ve altyapısının yönetim platformu ile Bağlantılı Araçlar Servis

Platformu (Connected Cars Service Platform) geliştirilmiştir.

UAB tarafından yayımlanan Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı'nda yer alan “3.3. Araç İçi Bilgi ve Haberleşme Sistemi (ABHS)” eyleminin gerçekleştirilmesi amacıyla 8 Eylül 2022 tarihinde UAB HGM ile Marmara Üniversitesi arasında Araç İçi Bilgi ve Haberleşme Sisteminin (ABHS) Teknik Özelliklerinin Belirlenmesi Projesi Protokolü imzalanmıştır. Bu projeyle;

- ABHS bileşenleri belirlenecek ve tanımlanacak,
- K-AUS kapsamında bağlantılı araçlarda yer alan araç içi haberleşme bileşenlerinin ve araçların altyapı ile haberleşmede kullanacağı iletişim birimlerinin araştırması yapılacak,
- Örnek uygulamaların ve ilgili standartların belirlenmesi sağlanacak,
- Hücresel ve kablosuz haberleşme teknolojileri kullanılan araç içi bilgi ve haberleşme sistemlerinin ve bu sistemler aracılığıyla veri toplanmasına yönelik teknik altyapının gereklilikleri belirlenecektir.

Yukarıdakilere ek olarak, ASELSAN ile Milli RSU ve Milli OBU geliştirme projeleri devam etmektedir. Bu projelerde donanım olarak araç içi üniteleri, yol kenarı üniteleri, araç içi ara yüz (tablet, cep telefonu vb.), araç içi haberleşme birimleri ve ağ cihazları kullanılmaktadır. Bu donanımlar, V2X haberleşmesi, V2X uygulamaları ve uçtan uca bağlantılı araç servisleri için kullanılmaktadır. Bu donanımların çalışmasında kullanılan yazılımlar; OBU ve RSU üreticilerinin donanımlar ile birlikte verdiği yazılımlar, VeNIT Lab tarafından geliştirilen yazılımlar, BigTRI firması tarafından geliştirilen yazılımlar ve üçüncü parti AUS yazılımlarıdır (Traffic Lights Controller vb.). Bu donanımlarda V2X haberleşmesi ve veri iletim standartları ve protokolleri kullanılmaktadır. Bunlar; IEEE 802.11p, ITS-G5 ETSI ağ ve tesis katmanı protokolleridir. Geliştirilen projeler sonunda Ar-Ge çıktıkları, ticarileşebilecek ürünler, test platformları, siber güvenlik platformları elde edilmiştir. Yapılan K-AUS çalışmalarında ETSI standartları ve teknik raporları, SAE yayınları ve raporları, UN ECE mevzuatları ve stratejileri, CCAM Ortaklığı, C-Roads Platformu ve C2C-CC teknik raporları göz önünde bulundurulmaktadır.

İstanbul Okan Üniversitesi: TOFAŞ Türk Otomobil Fabrikası, Ford Otosan, Telemetri ve Koç

Sistem'e danışmanlık desteği verilerek "Güvenli Trafik için Araçlar Arası Haberleşme Teknolojileri" çalışması yürütülmüştür. Projenin hedefleri; araçlar ile araçlar ve çevre birimleri arasında güvenli bir iletişim sisteminin kurulması, akıllı sensörler vasıtası ile toplanacak veriler ve geliştirilecek uygulamalar kapsamında sürücülere aktarılacak bilgiler ile güvenli sürüşün sağlanması ve çarpışma erken uyarı sistemleri, araç pozisyonu ile trafik durum bilgisi ileti sistemleri, kavşak çarpışma uyarı sistemleri, trafik ışıkları ile haberleşme sistemleri, ölü nokta uyarı sistemleri gibi katma değerli uygulamalar geliştirilmesidir. Bu çalışma kapsamında donanım olarak akıllı sensörler kullanılmıştır. Bu sensörler ile yol durumuna ait bilgilerin elde edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın hedefi sürücülerin trafikte daha güvenli seyretmelerini sağlamaktır. 2011 yılında yayınlanan "Okan Üniversitesi Akıllı Ulaştırma Teknolojileri Çalıştay Raporu" kapsamında "Altyapı-Araç İletişim Sistemi Kurulması", "Otonom Sürüş için V2V ve V2I Sistemlerinin Geliştirilmesi" ve "V2V ve V2I sistemleri ile güvenliğin iyileştirilmesi" stratejileri belirlenmiştir.

6.1.3. Sivil Toplum Kuruluşları

Görüşülen sivil toplum kuruluşlarının K-AUS alanında çalışmaları bulunmamaktadır.

6.1.4. Özel Sektör Kuruluşları

TEMSA A.Ş.: V2I, bağlantılı araç teknolojileri ve bu araçların çevresindeki cisimlerin tespit edilmesi konularını içeren bir proje yürütülmektedir. Bu projede; donanımsal olarak 1 katmanlı LIDAR, 32 katmanlı LIDAR, kameralar ve Araç CAN veri yolu telemetrisi kullanılmaktadır. Bu donanımlardan LIDAR ve stereo kameralar, araç çevresindeki cisimlerin taranması ve tespit edilmesi için kullanılırken telemetri cihazı bu bilgilerin ana sunucuya iletilmesi ve herhangi bir kaza durumunda bilgi toplanması amacı ile kullanılmaktadır. Telemetri cihazının ana sunucu ile iletişimi kurulurken SAE J1939 standardından ve TCP/IP iletişim protokolünden faydalanılmıştır. TCP/IP protokolü, bir ağa bağlı birkaç bilgisayar (ana bilgisayar olarak adlandırılır) arasında iletişime olanak sağlamaktadır [85]. Kullanılan telemetri cihazları TEMSA tarafından üretilmektedir. Kurulan haberleşme sistemi ile donanımlar, toplanan bilgileri SIM kart üzerinden altyapıya göndermektedir. Altyapıdan da ana sunucuya gönderilmektedir. Altyapı sorunu olduğunda bilgiler ara belleğe (buffer) kaydedilip belediye sahasında bulunan W-Fi ile ana sisteme aktarılmaktadır. Bu projede, TEMSA'nın kendi ürettiği yazılımlar kullanılmaktadır. Çalışma

kapsamında araçlar hakkında bilgi ve araç çevresinde gerçekleşen olaylar ile ilgili istatistiksel veri toplayabilmek hedeflenmektedir. Böylece, araçlara kör nokta, arkadan çarpmalı kaza veya şeritten ayrılma uyarısı verilebilmesinin mümkün kılınması amaçlanmaktadır. Yürütülen K-AUS çalışmalarında CEN/TC 278 AUS Komitesi'nin oluşturduğu standartlar takip edilmektedir.

OTOKAR A.Ş.: Genel Emniyet Regülasyonu (GSR) kapsamındaki uygulamalar, araçlar üzerinde Ar-Ge ve seri üretim amacıyla test edilmektedir. Bu doğrultuda kullanılan donanımlar, uzun menzilli gelişmiş acil fren sistemi (AEBS) radarı, kısa menzilli kör nokta radarı, AEBS-LWDS (Gelişmiş Acil Fren Sistemi – Şeritten Ayrılma Uyarı Sistemi) kamerası ve siber güvenlik elektronik kontrol ünitesi (ECU)/ağ geçididir. Bu donanımlar, Genel Emniyet Regülasyonu 2 (GSR 2)'deki M ve N kategorisi araçları kapsayan fonksiyonlar için kullanılmaktadır. Belirtilen donanımlarda; akıllı araç, akıllı yollar ve bilişim güvenliği standartları kullanılmaktadır (ISO 11898, ISO 14229-1, ISO 15765-2, ISO 8855, ISO 4926, ISO/SAE 21434, ISO 26262, UN ECE R155, UN ECE R156). OTOKAR'ın projelerinde kullandığı yazılımlar, AEBS, LDWS, Kör Nokta Bilgi Sistemi (BSIS), Kör Noktada Savunmasız Yol Kullanıcısı Mevcudiyeti Bilgi Sistemi (MOIS), Akıllı Hız Asistanı (ISA), Acil Duruş Sinyali (ESS), Sürücü Uyuklama ve Dikkat Uyarısı (DDAW), Lastik Basıncı İzleme Sistemi (TPMS) fonksiyonlarını sağlayan yazılımlardır. Proje kapsamında geliştirilen sistem ile kazaya veya sürücünün yaralanmasına neden olabilecek olayların önceden tespit edilip sürücünün uyarılması hedeflenmektedir. Ek olarak, V2X haberleşme teknolojileri kapsamında telemetri benzeri sistemler üzerinde çalışılmaktadır. Bu tür projelerle, geliştirilecek önleyici bakım sistemleri sayesinde beklenmeyen arızaların ve bu arızaların neden olabileceği kazaların önlenmesi, düzenli olarak planlanmış bakım faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır. Sürücülere güvenlik koşullarına dair bilgi aktarımının zamanında ve güvenilir yapılabilmesi için GSR 2 paketindeki güvenlik uygulamaları kapsamında, satış sonrası hizmetlerle beraber sürücülere eğitim verilmesi hedeflenmektedir. Bunlara ek olarak, kurum tarafından yürütülen projelerde, ECE-4807, ECE-14101, ECE-14201, ECE-15100, ECE-15800, ECE-15900, ECE-16000, EEC-2021/535, ECE-2021/1341 ve EEC-2021/1958 standartları da göz önünde bulundurulmaktadır.

HAVELSAN A.Ş.: K-AUS kapsamında yürütülen çalışmalar askeri uygulamalara yöneliktir, sivil alanda K-AUS'a ilişkin çalışmalar bulunmamaktadır. HAVELSAN, AUS ile ilgili olarak yazılım

alanında çalışmalar yapabilecek kapasitede olup donanım üretiminde partnerlerle birlikte çalışılmaktadır.

Hamle Programı kapsamında K-AUS ortak çalışması yürütülmekte olup asıl koordinatör olan ULAK Haberleşme ile birlikte çalışılmaktadır. Hamle programı kapsamında daha çok V2I ile ilgili çalışılmakta olup V2V ve V2X'e de yer verilecektir.

Hamle Programı Kapsamında Yürütülen K-AUS Ortak Projesi: Hamle Programı kapsamında yapılan başvuru ile ülkemizin otonom araç sistemlerinin altyapısını oluşturacak C-V2X bileşenlerinin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Bu kapsamda ULAK Haberleşme, TUALCOM, Hitit Savunma ve HAVELSAN firmalarıyla birlikte gerçekleştirilecek çalışmalar aşağıda listelenmiştir:

Araç İçi Birim (OBU – On-board Unit): C-V2X'e yönelik özelleşmiş işlemcilerle OBU için kart tasarımı Hitit Savunma tarafından gerçekleştirilecektir.

OBU Yazılım Katmanlarının Geliştirilmesi: OBU kapsamında K-AUS için tanımlanan protokol katmanları, ULAK Haberleşme tarafından geliştirilecektir.

Yol Kenarı Birim (RSU – Roadside Unit): C-V2X'e yönelik özelleşmiş işlemcilerle RSU için donanım tasarımı, TUALCOM tarafından gerçekleştirilecektir.

RSU Yazılım Katmanlarının Geliştirilmesi: OBU iş paketi kapsamında ULAK Haberleşme tarafından geliştirilen yazılım katmanları, RSU'ya uyarlanacaktır.

Akıllı Ulaşım Platformu: Bu platform yardımıyla sahada konumlanan cihazların izlenmesinin, kontrolünün ve yönetiminin tek bir merkezden gerçekleştirilmesi sağlanacaktır. Bu sayede, ulaşım işlevlerinin merkezi olarak yönetilmesi planlanmaktadır. Bu platform içerisinde daha önce HAVELSAN tarafından açık kaynak kodlu yazılımlar kullanılarak geliştirilmiş ve özelleştirilmiş olan Özel Bulut Platformu, IoT Platformu ve Büyük Veri Platformu kullanılacaktır. Bu platformlar sayesinde hızlı, maliyet etkin ve hedef odaklı, dünyada K-AUS sistemleri için önerilen mimarilere uygun bir altyapı sağlanacaktır. Proje kapsamında, K-AUS Gün 1 hizmet senaryolarının bir alt kümesinin geliştirilmesi hedeflenmektedir.

Video Analitik ve IoT Gateway Uç Birim Cihazları ile Uç Birim Yazılımları: Uç birim cihazları ile sahada bulunan kameralardan gelen görüntüler gerçek zamanlı analiz edilerek video analitiklerinin

gerçekleştirilmesine olanak sağlanacaktır (Örneğin, yolun üzerine düşen ve araçlara zarar verebilecek cisimler, bu birimler yardımıyla anında tespit edilebilecek ve ilgili birimlere bu bilgiler anında aktarılacaktır). Ayrıca sahada bulunan ve TCP/IP bağlantısı olmayan sensör ve cihazların merkezi platform ile haberleşmesi, yine bu cihazlar üzerinden gerçekleştirilecektir.

Ayrıca, OBU ve RSU'lerden alınan bilgilerin uç işlemci biriminde değerlendirilip ulaşım güvenliğini ve verimliliğini sağlayacak yazılımların geliştirilmesi de HAVELSAN tarafından gerçekleştirilecektir. Yapılan çalışmalar kapsamında kullanılan yazılımlar, HAVELSAN merkezinde konumlandırılan BT donanımları üzerinde çalışmaktadır.

Proje kapsamında kullanılan yazılımlara ait bilgiler aşağıda verilmiştir:

AUS Merkezi Yazılımı: Sistem merkezi yazılımı, ARC-IT ve FRAME referans mimarisine kolaylıkla uyumlanabilecek esnekliğe sahiptir. Bunun yanında yol kenarı-araç-yaya bileşenlerinden gelen tüm veriler ve iş akışı, mevcut kural motoru sayesinde ihtiyaca uygun bir şekilde kolaylıkla uyarlanabilmektedir.

Video Yönetimi ve Analiz Sistemleri: Entegre Görüntüleme ve Kayıt Sistemi (Orbit) ve Yapay Zekâ Tabanlı Video Analiz Sistemi (Eyeminer) sistemleri; kamera ve NVR (ağ kayıt cihazı) sistemlerinden bağımsız, büyük ölçekli video sistemlerinin yönetimini ve video analizi yapılmasını sağlayan yazılım-donanım tümleşik yapılarıdır.

AUS IoT Platformu Yönetim Sistemi: ABD AUS mimarisinde kullanılan NTCIP (Akıllı Ulaşım Sistemi için Ulusal Ulaşım İletişimi Protokolü) standardı dahil olmak üzere diğer açık iletişim kanalları ile uç noktaların izlenmesini, yönetilmesini, raporlanmasını ve AUS merkezi yazılımı ile entegre edilmesini sağlayan esnek, kolay uyarlanabilir bir yapıdadır.

Yapay Zekâ Yetkinliği: Yukarıda tarif edilen sistemlerin yanı sıra, şirket bünyesinde yer alan Yapay Zekâ Ekibi, ihtiyaç duyulması durumunda gereksinime özel yapay zekâ çözümleri de oluşturmaktadır. Merkezde konumlandırılan sistemin, entegrasyon ara yüzünde yapılan geliştirmeler sayesinde, herhangi bir protokol ile iletişim sağlanabilmektedir.

Yürütülen projelerde ARC-IT, FRAME ve ETSI referans dokümanları göz önünde bulundurulmaktadır.

FORD OTOSAN A.Ş.: Bağlantılı ve otonom araçlar konularında çalışmalar yürütülmektedir. Ana

odak noktası, ticari olarak seviye 4 otonom araçlar ile gişeden gişeye taşımacılık merkezleri arasında taşıma yapmaktır. Şu an için araçlarda K-AUS kapsamında herhangi bir çalışma yapılmamakla birlikte, bu konunun ilerleyen süreçteki çalışmalarda değerlendirilmesi öngörülmektedir. Bununla birlikte otonom araçlara yerleştirilen OBU ile V2V iletişim testleri yapılarak mesajların OBU üzerinden araca başarılı bir şekilde iletildiği gözlemlenmiştir.

Ford Otosan, bir AB projesi olan 5G MOBIX projesinde yer almıştır. 5G MOBIX projesi ile koordineli sürüş, otoyol şerit birleştirme, katarlama, otonom araç park etme, yol kullanıcılarını algılama, araçların uzaktan kumanda edilmesi, çevre kontrolü, HD (yüksek çözünürlüklü) harita güncelleme gibi çeşitli otonom hareketlilik kullanım senaryoları incelenmiştir. Bağlantılı araç özelinde kullanılan donanımlar arasında en göze çarpan ürün, halihazırda seri üretimde olan kamyonlardaki telematik üniteleridir.

Ford Otosan'ın veri depolama ve veri paylaşımı için global güvenlik prosedürleri bulunmaktadır. Global bir anahtar yönetim sistemi ve güvenlik yapısı vardır. Mesajlaşmalar şifreli olup farklı güvenlik anahtarları keyholder'larda tutulmaktadır. Aynı zamanda bulut ile araç arasında başka bir katman bulunmadığından yetkisiz erişim de söz konusu değildir.

ASELSAN A.Ş.: K-AUS alanında yapılan Ar-Ge çalışması ve V2I haberleşmesi üzerine senaryo çalışmaları yürütülmektedir. Ar-Ge projesinin amacı donanımları geliştirmek olmayıp bu donanımları hazır bir şekilde temin ederek bu donanımlar üzerinden servisleri çalıştırmaktır. V2I, I2V iletişiminin, merkezi bir AUS yazılımı üzerinden gerçekleştirilmesi planlanmaktadır. Projenin 2023 yılı mart ayında tamamlanması öngörülmüştür. Servisler, iki senaryo üzerinde çalışmaktadır: biri kavşaklarda öncelikli araç geçişi, diğeri ise bir tuşa basarak Değişken Mesaj İşareti (DMI)'ndeki mesajların araç içi bir ekranda gösterilmesi senaryosunu içermektedir. Aracın konum bilgisi RSU'ya gönderilmekte ve DMI'de gösterilen bilgi şoföre iletilmektedir. Bu çalışmalarda ETSI, DSRC, ITS-G5 standartları kullanılmaktadır. Donanım üzerinde çalışan yazılım ve merkezi yazılım ASELSAN tarafından geliştirilmektedir. Şu an için V2V haberleşmesi konusunda herhangi bir çalışma yapılmamaktadır.

TURKCELL A.Ş.: K-AUS alanında V2X kapsamında Qualcomm firmasıyla araştırma çalışmaları yapılmaktadır. Ayrıca, 2013 yılından bu yana yönetim ekibinde buldukları Yeni Nesil Mobil Şebekeler (NGMN) grubunda, V2X ile ilgili doküman hazırlanmasında firmanın katkıları

olmuştur. NGMN tarafından Almanya’da kapalı test alanında yapılan deneme gösterimlerine ve 5G Otomotiv Birliği (5GAA) grubunun toplantılarına katılım sağlanmıştır. 5GAA grubunun yayınladığı dokümanlar ve güncellemeler de yakından takip edilmektedir. K-AUS donanımı olarak NGMN tarafından Almanya’da organize edilen deneme gösteriminde, araç içinde kullanılan OBU’da 5,9 GHz bandı kullanılmıştır. 5,9 GHz bandının ücretsiz olması ve mobil şebekenin olmadığı lokasyonlarda kullanılabilmesi avantaj sağlamaktadır. Bu donanımda NB-IoT (Dar bant IoT) ve CAT-M standartları; uygulamalarda ise V2I, V2V, V2X haberleşme teknolojileri kullanılmıştır. Bu donanım ile ilgili hazırlanan rapor, NGMN aracılığıyla herkesle paylaşılmaktadır ve TURKCELL de bu raporu takip etmektedir. Bunlara ek olarak TURKCELL, 5G-MOBIX projesi kapsamında çalışmalar yapılan iki sınır ötesi koridordan biri olan İpsala-Kipi sınır bölgesinde, koridor liderliği yapmıştır ve bu koridorun Türkiye tarafında 5G test altyapısının kurulmasını ve belirli uygulamaların bulut entegrasyonunun yapılmasını üstlenmiştir. Bu projenin final gösterimi, 5G teknolojilerini kullanan uygulamalar ile donatılmış tırların bu güzergâh üzerinde ilerleyerek Türkiye-Yunanistan sınırını geçmesi ile başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir (Foreks, 2022).

ANADOLU ISUZU A.Ş.: K-AUS alanında kullanılan V2I, V2P, V2V, V2N ve V2X haberleşme teknolojilerinde çalışmalar yapılmakta olup bu çalışmalar Ar-Ge aşamasındadır. Bu alanda kullanılan RSU ve OBU donanımları üzerine çalışmalar devam etmektedir. Bu alanda kullanılan standartlar, ETSI TS 102 894-1, ETSI TS 102 894-2, ETSI TS 102 941, ETSI TS 136 101, ETSI TS 136 133, ETSI EN 302 665, ETSI EN 302 637-3, ETSI TS 102 942, UN ECE R155, UN ECE R156 ve UN ECE R10’dur.

ADASTEC A.Ş.: K-AUS alanında yapılan çalışmalarda, donanım olarak modem ve OBU kullanılmaktadır. Bu donanımlar, trafik ışıkları altyapısı ile iletişimi sağlamayı amaçlamaktadır. Bu çalışmalarda, haberleşme teknolojilerinden yararlanılmakta ve uygulamalarda IEEE 802.11-2012 ve ETSI ES 202 663 standartları kullanılmaktadır. İletişim standardı olarak ise IEEE 802.11p kullanılmaktadır ve bu çalışmalar sayesinde konfor, güvenlik ile enerji tasarrufu alanlarında ilerlemeler kaydedilmesi hedeflenmektedir. Bu alanda göz önünde bulundurulmuş bir diğer standart ise SAE J2735’tir.

TÜRK TELEKOM A.Ş.: Uluslararası şirketler ile V2X saha deneme projesi fizibilite çalışmaları

yapılmaktadır. K-AUS alanında yapılan bu çalışmalarda, donanım olarak mobil şebeke ekipmanları üzerinde RSU ve OBU kullanılmaktadır. Bu donanımlarda kullanılan haberleşme teknolojileri ITS-G5, IEEE 802.11p, DSRC, LTE-V ve C-V2X/5G'dir. Kullanılan yazılımlar, firmaların sağladığı ara yüz ve uygulama yazılımlarıdır. Yapılan çalışmalarda GSMA (Mobil İletişim için Küresel Sistem Birliği), 5GAA, Qualcomm tarafından yayınlanan referans dokümanları göz önünde bulundurulmaktadır. Proje, fizibilite aşamasından henüz uygulama aşamasına geçmemiştir.

Kuruluş bünyesinde 5G ve ötesi şebeke altyapı çalışmalarında, uygulama alanlarından biri olarak akıllı ulaşım/V2X yer almaktadır. Bu nedenle V2X alanındaki gelişmekte olan uygulamalar yakından takip edilmektedir.

ULAK HABERLEŞME A.Ş.: ULAK Haberleşme bünyesinde, dış kaynaklarla dört, iç kaynaklarla bir proje yürütülmekte olup konuya ilişkin birçok analiz, gereksinim ve teknik özellik belirleme ve geliştirme çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu projelere yönelik bilgiler aşağıda listelenmiştir:

- Anadolu Isuzu ile gerçekleştirilen OBU Geliştirme Projesi kapsamında araç içi haberleşme birimleri geliştirilmektedir.
- Savunma Sanayii Başkanlığı (SSB) ile gerçekleştirilen KARINCA projesi kapsamında, V2V, araç-dron haberleşmesine yönelik birimler geliştirilmektedir.
- TÜBİTAK 1004 Programı kapsamında desteklenen SUİT projesinde, V2V ve V2I haberleşmesine yönelik birimler geliştirilmektedir. Geliştirilecek birimler otonom araca entegre edilerek doğrulama çalışmaları gerçekleştirilecektir.
- SSB ile gerçekleştirilen SAHRA Projesi kapsamında V2X Ağ Geçidi geliştirilmektedir. Geliştirilen ağ geçidi, askeri haberleşme şebekesi ile V2X şebekesinin birbirleri ile haberleşmesini sağlayacaktır.
- ULAK Haberleşme tarafından iç kaynaklı olarak yürütülen proje kapsamında, RSU geliştirilmesine yönelik çalışılmaktadır.
- HAMLE Dijital Dönüşüm Çağrısı kapsamında Akıllı Ulaşım Sistemlerine yönelik bir başvuru gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda V2X Terminalleri ve Çoklu Erişim Uç Bilişimi (MEC)

Platformu gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir. MEC, trafiğin ve hizmetlerin programlanmasını ve işlenmesini merkezi bir buluttan, ağın ucuna ve müşteriye daha yakına taşımaktadır. Ağ ucu, tüm verileri işlenmek üzere bir buluta göndermek yerine verileri analiz etmekte, işlemekte ve depolamaktadır (Juniper Networks US, 2023).

Yukarıda belirtilen çalışmalar kapsamında ULAK Haberleşme bünyesinde; V2X Terminalleri, MEC Platformu ve V2X Ağ Geçidi geliştirme çalışmalarına devam edilmektedir. Geliştirilen bu ürünlerin yanı sıra, akıllı trafik işaretleri ve üçüncü taraf üreticilerin terminalleri kullanılmaktadır. Belirtilen donanımlar C-V2X ve DSRC teknolojilerini destekleyecek şekilde geliştirilmektedir ve V2V, V2I ve V2N haberleşme işlevlerini gerçekleştirebilecektir. Bu donanımlarda; ETSI EN 302 637 2, ETSI EN 302 637 3, ETSI EN 302 895, ETSI TS 102 894-2, ETSI TS 102 636 4, ETSI TS 102 636-4-1, ETSI TS 102 636-4-2, ETSI TS 102 636 5, ETSI TS 102 636 6, ETSI TS 302 665, ISO 16750-4, ISO 16750-3, ETSI 301 489-1, ETSI EN 302 571, ETSI EN 303 413, ETSI EN 301 908-13, ETSI EN 301 908-25, EN 62368-1, UN ECE R10, UN ECE R155, UN ECE R156, IEEE 802.11p standartları kullanılmaktadır.

Kurum bünyesinde C++ ve Java programlama dilleri kullanılmakta ve ETSI standartlarına uygun olarak özgün yazılımlar geliştirilmektedir. Bu sistemlerin geliştirilmesi ile ülkemizdeki teknoloji gelişimi artacak ve kritik haberleşme altyapısı yerli ve milli tasarımlarla kurulabilecektir. Bu sistemlerin kullanımı ile de akıllı kavşaklar başta olmak üzere akıllı şehir uygulamaları gerçekleştirilebilecektir.

K-AUS uygulamaları kapsamında bilginin zamanında ve güvenilir bir şekilde aktarılabilmesi amacıyla gecikme hassas uygulamalar için uç bilişim platformları kullanılacak şekilde bir mimari belirlenmiştir. Güvenlik amacıyla da ilgili siber güvenlik önlemleri ve HSM (Donanım Güvenlik Modülü) kullanımı gerçekleştirilmektedir.

ULAK Haberleşme tarafından STB Hamle Programı Dijital Dönüşüm Çağrısı kapsamında yapılan başvuruya yönelik olarak geliştirme stratejisi, pazarın geleceği ve öncelikli alanlar belirlenmiştir.

K-AUS çalışmaları kapsamında 5GAA, Avrupa Karayolu Taşımacılığı Telematik Uygulama Koordinasyon Örgütü (ERTICO), Avrupa Karayolu Taşımacılığı Araştırma Danışma Konseyi (ERTRAC), Otomotiv Uç Nokta Bilgi İşlem Konsorsiyumu (AECC), Avrupa Otomobil Üreticileri

Derneği (ACEA), ETSI tarafından yayınlanan dokümanlar ile uluslararası çalışmalar takip edilmektedir. Ayrıca UAB tarafından yayınlanan “Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı” ve STB Otonom Araç Çalışma Grubu faaliyetleri takip edilmektedir.

6.1.5. Yol Kullanıcıları

Bisikletli, yaya, sürücü ve savunmasız yol kullanıcıları ile yapılan anket çalışmalarında, kullanıcıların K-AUS ile ilgili bilgilerinin olmadığı görülmüş, bu nedenle sadece GZFT analizi kapsamında görüşleri alınarak değerlendirilmiştir.

6.2. Diğer Çalışmalar

Bu bölümde firmaların ve projelerin web sitelerinden yapılan araştırmalar sonucu elde edilen çalışmalara yer verilmektedir. Araştırma sonucu tespit edilen K-AUS çalışmaları, çeşitli kurum ve kuruluşlar tarafından farklı amaçlarla gerçekleştirilmektedir. Çalışmaların geneli incelendiğinde, büyük bir bölümünün araçları bağlantılı hale getirerek merkezi bir sistemle, diğer bağlantılı araçlarla veya altyapıyla veri alışverişini mümkün kılacak teknolojiler ve bu teknolojiler ile K-AUS uygulamalarının test edilebileceği test sahalarının kurulması üzerine odaklandığı görülmektedir.

KoçDigital ve Otokoç Otomotiv’in birlikte yürüttüğü “Connected Car” (Bağlantılı Araç) projesi kapsamında, önümüzdeki beş yıl içerisinde Otokoç Otomotiv’e ve iş ortaklarına ait 45 bin bağlantılı aracın merkezi bir sistem tarafından yönetilmesi amaçlanmaktadır. Bağlantılı araçların merkezi sistem ile iletişiminin, KoçDigital’in geliştirdiği “Platform360” IoT yönetim sistemi üzerinden sağlanması hedeflenmektedir. Platform360, IoT üzerine oluşturulmuş bir yönetim sistemidir ve önümüzdeki beş yılda, 45 bin bağlantılı aracın verisinin bu sistem ile yönetilmesi planlanmaktadır.

K-AUS projeleri kapsamında kullanılan haberleşme teknolojilerinin tam verimlilikle, kesintisiz ve hızlı bir şekilde çalışması büyük önem arz etmektedir. Bu kapsamda, 5G teknolojisinden etkili bir şekilde yararlanılabilmesi önemlidir. 2017 yılında BTK, Hacettepe Üniversitesi, İhsan Doğramacı Bilkent Üniversitesi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, TURKCELL A.Ş., Türk Telekom A.Ş. (Avea İletişim Hizmetleri A.Ş.) ve Vodafone Telekomünikasyon A.Ş. arasında imzalanan protokol ile 5G Açık Test Sahası İşbirliğine başlanmıştır ([BTK, 2017](#)). Ankara’da Hacettepe Üniversitesi

Beytepe kampüsü, Bilkent ve ODTÜ (Orta Doğu Teknik Üniversitesi) yerleşkeleri ile BTK merkez binası arasındaki alanı kapsayacak bölgede, 5G ve ötesine ilişkin uygulama ve teknolojilerin test edilebileceği bir ortamın oluşturulması amaçlanmıştır. K-AUS kapsamında uzun mesafe haberleşmenin gerçekleştirilebilmesi ve gecikmelerin en aza indirilmesi açısından C-V2X haberleşmesinin test edilmesi ve geliştirilmesi kapsamında çok önemli bir adım atılmıştır. K-AUS uygulamalarının hayata geçirilmeden önce 5G Açık Test Sahası'nda test edilerek iletişimde yaşanan gecikmelerin minimum düzeye indiğinin ve güvenli bir şekilde seyahat imkânı sağlandığının test edilebileceği önemli bir projedir.

BÖLÜM VII

7. TÜRKİYE’DE K-AUS ÇALIŞMALARINDA KULLANILAN STANDARTLAR

Bu bölümde, Türkiye’de K-AUS ile ilişkili projelerde kullanılan standartlar hakkında bilgiler ile K-AUS alanında takip edilen standartların sınıflandırılması ve tanımları yer almaktadır. Tablo 4’te bu çalışma kapsamında görüşme yapılan kurumların kullandıkları standartlar paylaşılmıştır.

Tablo 4. Türkiye’de Kurumların K-AUS Çalışmalarında Kullandığı Standartlar

Kurum	Kullanılan Standartlar		
EPDK	TS62196-2	TS62196-3	ISO/IEC 27001
KGM	EN302637-2	ISO 19091	EN302571
	EN302637-3	TS 102 440	TS 103 701
UAB - Ulaştırma Hizmetleri Düzenleme Genel Müdürlüğü	UN ECE 2014/165	UN ECE 2016/799	
ANADOLU ISUZU	ETSI TS 102 894-1	ETSI TS 136 133	UN ECE R155
	ETSI TS 102 894-2	ETSI EN 302 665	UN ECE R156
	ETSI TS 102 941	ETSI EN 302 637-3	UN ECE R10
	ETSI TS 136 101	ETSI TS 102 942	
ADASTEC	IEEE 802.11-2012	ETSI ES 202 663	SAE J2735
	IEEE 802.11p		
OTOKAR	ISO11898	UN ECE R156	ECE-15800
	ISO14229-1	ISO 8855	ECE-15900
	ISO15765-2	SAE J1939	ECE-16000

	ISO 4926	ECE-4807	EEC-2021/535
	ISO/SAE21434	ECE-2021/1341	ECE-14101
	ISO 26262	EEC-2021/1958	ECE-14201
	UN ECE R155	ECE-15100	
TURKCELL	NB-IoT	CAT-M	
TEMSA	SAEJ1939		
TÜRK TELEKOM	IEEE 802.11p		
ULAK HABERLEŞME	ETSI EN 302 637-2	ETSI EN 302 637-3	ETSI EN 302 895
	ETSI TS 102 894-2	IEEE 802.11p	ETSI TS 102 636-4-1
	ETSI TS 102 636-4-2	ETSI TS 102 636-5	ETSI TS 102 636-6
	ETSI EN 302 665	ISO 16750-4	ISO 16750-3
	ETSI 301 489-1	ETSI EN 302 571	EN 62368-1
	ETSI EN 303 413	ETSI EN 301 908-13	ETSI EN 301 908-25
	UN ECE R10	UN ECE R155	UN ECE R156

K-AUS çalışmaları dahilinde kullanılan standartlar, beş başlık altında sınıflandırılmıştır. Bu başlıklar; (i) K-AUS'a, (ii) araçların yazılım, donanım, tasarım ve parçalarına, (iii) haberleşme teknolojilerine, (iv) elektrikli araçlara ve (v) takograflara yönelik standartlardır. Bu bölümde yer verilen standartlar, Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Avrupa Standartları (EN), Uluslararası Standartlar Kurumu (ISO), Uluslararası Telekomünikasyon Birliği Telekomünikasyon Standardizasyon Birimi (ITU-T), Elektrik Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (IEEE), Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü (ETSI), Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu (ECE), Avrupa Birliği Avrupa Ekonomik Topluluğu (EEC) ve Otomotiv Mühendisleri Topluluğu (SAE) kurumları başta olmak üzere farklı kurumların çalışmalarını içermektedir.

7.1. K-AUS'a Yönelik Standartlar

EN Standartları

- EN 302 637-2** : Kooperatif Farkındalık temel hizmetinin özelliklerini içermektedir. Kooperatif Farkındalık temel hizmeti, yol güvenliği uygulamalarının temel set ve uygulamalarını desteklemektedir. Bu standart, ayrıntılı mesaj işleme özelliği ve Kooperatif Farkındalık mesajlarının söz dizimi ve tanımlarını içermektedir. Kooperatif Farkındalık mesajları, AUS ağı ile AUS istasyonları (AUS-İ'ler) arasında farkındalığı ve kooperatif performansı artırarak araçların performansını yükseltmek için gönderilen mesajlardır (European Telecommunications Standards Institute (ETSI), 2019c).
- EN 302 637-3** : Bu standart, Yol Tehlike Uyarısı uygulamasını destekleyen Merkezi Olmayan Çevresel Bildirim Temel Hizmetinin (DEN) özelliklerini içermektedir. Daha spesifik olarak, “Merkezi Olmayan Çevre Bildirim Mesajı” (DENM) ve DENM protokolünün söz dizimini ve anlamını taşımaktadır. DEN, bir araç AUS istasyonunda, yol kenarı AUS istasyonunda veya kişisel bir AUS istasyonunda uygulanabilmektedir (European Telecommunications Standards Institute (ETSI), 2019d).

ISO Standartları

- ISO 19091** : Güvenliği, hareketliliği ve çevresel verimliliği iyileştirmeye yönelik uygulamaları ele almak için yol kenarındaki ekipman ve araçlar arasındaki veri alışverişini desteklemek adına mesaj, veri yapıları ve veri öğelerini tanımlamaktadır. Tanımlanan mesajların bu uygulamaları karşılayacağını doğrulamak için kullanım durumlarını, gereksinimlere ve gereksinimleri mesajlara ve veri kavramlarına kadar izleyen bir sistem mühendisliği süreci uygulanmıştır. Bu standart, yol kenarı ekipmanları ve araçlar arasındaki iletişimin gerçekleştiği ara yüzü de

kapsamaktadır (International Organization for Standardization (ISO), 2019).

TS Standartları

TS 103 701 : IoT uygulamaları kapsamında güvenli olarak kabul edilen IoT ürünleri için esasları belirtmektedir. IoT cihazları için uygunluk değerlendirme metodolojisi, bunların ilişkili hizmetlerle ilgisi, diğer IoT standartları ile ilgili süreçler, tamamlayıcılar, zorunlu ve önerilen yöntemler ve tüm bu yöntemler için test senaryoları ve değerlendirme kriterleri de bu standardın altında yer almaktadır (European Telecommunications Standards Institute (ETSI), 2021c).

ETSI Standartları

ETSI EN 302 637-2 : Kooperatif Farkındalık temel hizmetinin özelliklerini içermektedir. Kooperatif Farkındalık temel hizmeti, yol güvenliği uygulamalarının temel set ve uygulamalarını desteklemektedir. Bu standart, ayrıntılı mesaj işleme özelliği ve Kooperatif Farkındalık mesajlarının sözdizimi ve anlamsal tanımlarını içermektedir. Kooperatif Farkındalık mesajları, AUS ağı ile AUS istasyonları arasında farkındalığı ve kooperatif performansı arttırarak araçların performansını yükseltmek için gönderilen mesajlardır (European Telecommunications Standards Institute (ETSI), 2019c).

ETSI EN 302 637-3 : Bu standart, Yol Tehlike Uyarısı uygulamasını destekleyen Merkezi Olmayan Çevre Bildirim Temel Hizmetinin (DEN) özelliklerini içermektedir. Daha spesifik olarak, “Merkezi Olmayan Çevre Bildirim Mesajı” (DENM) ve DENM protokolünün sözdizimini ve anlamını belirtmektedir. DEN, bir araç AUS istasyonunda, yol kenarı AUS istasyonunda veya kişisel bir AUS istasyonunda uygulanabilmektedir (European Telecommunications Standards Institute (ETSI), 2019d).

ETSI TS 102 894-1 : AUS istasyonlarının tesis katmanları için mimari ve işlevsel özellikleri içermektedir. Temel Uygulamalar Seti (TUS) ile ilgili olarak “ETSI TC AUS WG1” dahilinde gerçekleştirilen önceki çalışmalara dayanmaktadır.

AUS uygulamaları, kablosuz iletişim kullanarak bilgi paylaşmak için birden fazla AUS istasyonu kullanmaktadır. TUS, “ETSI TC” tarafından standardizasyonun tamamlanmasından sonra üç yıllık bir zaman çerçevesi içinde makul bir şekilde uygulanabilen bir dizi AUS uygulaması olarak tanımlanmıştır. Bu standartta belirtilen spesifikasyonlar, AUS uygulamalarının birlikte çalışabilirliğini ve temel işleyişini sağlamak için ihtiyaç duyulan minimum işlevsellikler, hizmetler ve verileri kapsamaktadır (European Telecommunications Standards Institute (ETSI), 2013).

ETSI TS 102 894-2 : AUS uygulamalarında ve tesis katmanı mesajlarında yaygın olarak kullanılan, veri çerçeveleri olarak belirtilen bir dizi veri elemanı ve veri elemanı kümesi havuzunu tanımlamaktadır. Her veri ögesi, söz konusu veri ögesinin bir dizi perspektifte tanımlanmasını sağlayan öznitelikle tanımlanmaktadır (Örneğin tanımlayıcı ad, ASN.1 tanımı, veri tanımı, minimum veri ayrıntı düzeyi gereksinimi vb.). Bu standart, Kooperatif Farkındalık servisinin veri elemanları üzerine yoğunlaşmıştır (European Telecommunications Standards Institute (ETSI), 2014).

ECE Standartları

UN ECE R10 : Aracın doğrudan kontrolünü etkileyen ve sürücü, yolcu ve yolun tüm kullanıcılarının güvenliğini olumsuz anlamda etkileyebilecek tehditleri, sürücünün kafasının karışmasına neden olabilecek veri işlevleriyle ilgili gereklilikleri, elektrikli veya elektronik ekipmanlardan veya araca sonradan takılabilecek aksesuarlardan kaynaklanan arızaların

kontrolüne ilişkin spesifikasyonları kapsamaktadır (United Nations Economic Commission for Europe, 2021a).

ECE 2021/1341 : İnsan katılımcıları içeren testlerde sürücü yorgunluğunu ölçmek için üreticiler tarafından kullanılacak bir referans ölçek sağlamaktadır. Üreticilerin alternatif bir ölçüm yöntemi kullanmayı tercih ettiği durumlarda, usulüne uygun olarak belgelenmeli ve bu standartta önerilen referans ölçeğe denklik sağlanmalıdır (European Union Law, 2021b).

ECE 15900 : M2, M3, N2 ve N3 kategorisindeki araçların, aracın yakın ön kör noktasında yayaların ve bisikletlilerin varlığını tespit etmek ve sürücüye bildirmek amacıyla oluşturulmuş yerleşik sistemle ilgili olarak kullanılmaktadır. Üretici stratejisine göre gerekli görüldüğü takdirde, yerleşik sistem sürücüyü olası bir çarpışmaya karşı uyarmaktadır (United Nations Economic Commission for Europe, 2021e).

EEC Standartları

EEC 2021/1958 : Bu yönetmelik, akıllı hız kontrolü sistemleri ve akıllı hız limiti (AHL) sistemlerinin genel gerekliliklerini içermektedir. Ayrıca aşağıdaki sistemler de bu standart içerisinde yer almaktadır (European Union Law, 2021c):

- Sürücüye görsel ve kademeli sesli uyarılar sağlayan AHL sistemleri.
- Sürücüye görsel ve kademeli kinestetik uyarılar sağlayan AHL sistemleri.
- Sürücüye tamamen kinestetik uyarılar sağlayan AHL sistemleri.
- Araç hızını otomatik olarak düşüren AHL sistemleri.

7.2. Araçların Yazılım, Donanım, Tasarım ve Parçalarına Yönelik Standartlar

SAE Standartları

SAE J1939 : CAN sağlayıcılarının standartlarını belirleyen protokoldür. Ağır vasıta araçlar, tarım araçları, inşaat araçları gibi araçlar için dizayn edilmiş endüstriyel dizel motorlarında yoğun olarak kullanılan bir protokoldür (Society of Automobile Engineers, 2023)

ISO Standartları

ISO/SAE 21434 : Karayolu taşıtlarındaki elektrikli ve elektronik (E/E) sistemlerin bileşenleri ve ara yüzleri de dahil olmak üzere konsept, ürün geliştirme, üretim, işletim, bakım ve devreden çıkarma ile ilgili siber güvenlik risk yönetimi için mühendislik gereksinimlerini içermektedir (International Organization for Standardization (ISO), 2021).

Siber güvenlik süreçleri için gereksinimleri ve siber güvenlik riskinin yönetilmesi konusunda ortak dil ile oluşturulmuş bir çerçeve tanımlanmaktadır.

ISO 16750-4 : Karayolu araçları kapsamında elektrikli ve elektronik sistemler/bileşenler için geçerli olan bir standarttır. Potansiyel çevresel baskıları açıklamakta ve karayolu taşıtı üzerinde/içinde bulunan belirli montaj konumları için tavsiye edilen testleri ve gereklilikleri belirtmektedir. Bu standart, özellikle iklimsel yükleri tanımlamaktadır (International Organization for Standardization (ISO), 2010).

ISO 16750-3 : Karayolu araçları kapsamında elektrikli ve elektronik sistemler/bileşenler için olan bir standarttır. Potansiyel çevresel baskıları açıklamakta ve karayolu taşıtı üzerinde/içinde bulunan belirli montaj konumları için tavsiye edilen testleri ve gereklilikleri belirtmektedir. Bu standart, özellikle mekanik yükleri tanımlamaktadır (International Organization for Standardization (ISO), 2012).

- ISO 8855** : Karayolu taşıt dinamiği için kullanılan temel terimleri tanımlamaktadır. Şartlar, bir veya daha fazla yönlendirilmiş dingili olan binek otomobiller, otobüsler ve ticari araçlar ile çok üniteli araç kombinasyonları için geçerli olan bir standarttır (International Organization for Standardization (ISO), 2011a).
- ISO 4926** : Bu belge, karayolu taşıtlarına monte edilen hidrolik fren sistemlerinin ve bileşenlerinin uyumluluk testi için kullanılan bir referans sınıfının bileşimini ve özelliklerini belirtmektedir (International Organization for Standardization (ISO), 2020c).
- ISO 26262** : Bir veya daha fazla elektrikli ve/veya elektronik (E/E) sistemi içeren ve maksimum brüt araç kütlesi 3.500 kg'a kadar olan seri üretim binek otomobillerine kurulan güvenlikle ilgili sistemlere uygulanmak üzere tasarlanmıştır. Bu standart, bu sistemlerin etkileşimi de dahil olmak üzere, E/E güvenlikle ilgili sistemlerin arızalı davranışlarından kaynaklanan olası tehlikeleri ele almaktadır (International Organization for Standardization (ISO), 2011b).

ECE Standartları

- UN ECE R156** : M, N, O, R, S ve T kategorisindeki araçların yazılım güncellemelerinin kimin tarafından yapılacağı, uyumluluk gerekliliklerini ve bu yazılım güncellemelerinin izinleri üzerine spesifikasyonları içermektedir (United Nations Economic Commission for Europe, 2021c)
- ECE 4807** : Aydınlatma ve ışıklı sinyal cihazlarının montajı ile ilgili olarak M ve N kategorisindeki araçlara ve römorklara (Kategori O) uygulanmaktadır (United Nations Economic Commission for Europe, 2020b).
- ECE 14101** : Kategori M (3.500 kg altında olma koşulu ile), N ve O araçlara yerleştirilmiş lastik basıncı izleme sistemlerinin değerlendirilme ve onaylanma süreçlerini içermektedir (United Nations Economic

Commission for Europe, 2021b)

- ECE 14201** : Lastiklerin montajı ile ilgili olarak M, N ve O kategorisindeki araçlar için geçerli olan bir standarttır. Geçici yedek parça kullanımı, mobilitesi artırılmış lastikler, lastik basınç kontrol sistemleri gibi konularda spesifikasyonlar içermektedir (United Nations Economic Commission for Europe, 2020a)
- ECE 15100** : 8 ton ve üzeri N2 araçların ve N3 kategorisindeki araçların kör nokta bilgi sistemi için geçerli olan bir standarttır. N2 (teknik olarak izin verilen maksimum kütle ≤ 8 ton), M2 ve M3 kategorisindeki araçlar, üreticinin talebi üzerine onaylanmaktadır (United Nations Economic Commission for Europe, 2020b).
- ECE 15800** : Trafik güvenliğini artırmak adına sürücülerin araçların tampon ve yan bölgelerinde yeterli görüşü sağlayabilmesi için spesifikasyonları içermektedir (United Nations Economic Commission for Europe, 2021d).
- ECE 16000** : Olay Veri Kaydedicileri ile ilgili olarak M ve N kategorilerindeki motorlu taşıtların onayına ilişkin tek tip hükümler oluşturmayı amaçlamaktadır. Hükümler, motorlu araç çarpışma olayı verilerinin toplanması, saklanması ve çarpışmadan sonra verinin kaybedilmemesi ile ilgilidir (United Nations Economic Commission for Europe, 2023a)

EEC Standartları

- EEC 2021/535** : Sistemler, bileşenler ve ayrı teknik ünitelerin yanı sıra M, N ve O kategorisindeki araçların AB tip onayı için tek tip prosedür ve teknik şartname oluşturulması konusunda hükümleri ortaya koymaktadır (European Union Law, 2021a).

EN Standartları

- EN 62368-1** : Ses, video, bilgi ve iletişim teknolojisi alanındaki elektrikli ve elektronik ekipmanların ve gerilimi 600V’u aşmayan iş ve ofis makinelerinin güvenliği için geçerlidir. Bu standart, ekipmanların performansına veya işlevsel özelliklerine ilişkin gereklilikleri içermemektedir (International Electrotechnical Commission, 2020).

7.3. Haberleşme Teknolojilerine Yönelik Standartlar

ISO Standartları

- ISO 11898** : CAN veri bağlantı katmanını uygulayan modüller arasında dijital bilgi alışverişi kurmanın spesifikasyonlarını içermektedir. CAN, karayolu taşıtları ve diğer kontrol uygulamalarında kullanım için dağıtık gerçek zamanlı kontrolü ve çoğullamayı destekleyen bir seri iletişim protokolüdür (International Organization for Standardization (ISO), 2015).
- ISO 14229-1** : Diyagnostik test cihazlarının elektronik yakıt enjeksiyonu, otomatik şanzıman, kilitlenmeyen frenleme gibi araç elektronik kontrol ünitesindeki fonksiyonlarını kontrol etmesine izin veren diyagnostik servislerinin; veri bağlantısından bağımsız gereksinimlerini belirtmektedir. Test cihazının veri bağlantısı üzerinde tanısal olmayan mesaj iletimini durdurmasına veya sürdürmesine izin veren genel hizmetleri belirtmektedir (International Organization for Standardization (ISO), 2020b).
- ISO 15765-2** : Denetleyici alan ağlarında (CAN’larda), araç ağı sistemlerinin gereksinimlerini karşılamak için özel olarak hazırlanmış bir taşıma protokolü ve ağ katmanı hizmetlerini içermektedir. Diğer ISO yönetmeliklerinde kurulan tanı hizmetlerine göre tanımlanmıştır, ancak bu kullanımla sınırlı değildir ve araç içi ağlar için diğer iletişim

gereksinimlerinin çoğuyla uyumludur (International Organization for Standardization (ISO), 2016).

ISO/IEC 27001 : Bilgi güvenliği için kullanılan uluslararası bir standarttır. Bir bilgi güvenliği yönetim sistemi oluşturulması için gereken spesifikasyonları belirlemektedir (IT Governance, 2022).

IEEE Standartları

IEEE 802.11-2012 : IEEE 802.11’de yapılmış bir revizyondur. WLAN’lar için IEEE 802.11’deki teknik düzeltmeleri ve açıklamalar ile mevcut ortam erişim kontrolü (MAC) ve fiziksel katman (PHY) işlevlerindeki geliştirmeleri içermektedir (IEEE Standards Association, 2012).

IEEE 802.11p : Araçlar arası iletişim sistemlerine kablosuz erişim teknolojisini eklemek için IEEE 802.11’de yapılmış bir değişiklik sonucu yayınlanmış bir standarttır. AUS uygulamalarını desteklemek için Wi-Fi geliştirmelerini tanımlamaktadır. 5 GHz AUS frekansında, araçlar ile yol altyapısı arasındaki V2I iletişimi kapsamında gerçekleşen veri alışverişi spesifikasyonlarını içermektedir (IEEE Standards Association, 2012).

ETSI Standartları

ETSI ES 202 663 : 5 GHz AUS bandında iletişim için Avrupa profil standardını sağlamaktadır. Standartta belirtilen işlevsellik “ITS-G5” olarak adlandırılmakta ve birkaç frekans aralığını ayırt etmektedir. Fiziksel katman ile veri bağlantısı katmanı bölümlerine yönelik spesifikasyonları içermektedir (European Telecommunications Standards Institute (ETSI), 2009).

ETSI TS 102 941 : Akıllı Ulaşım Sistemleri kapsamında kullanılan iletişim teknolojilerinin güvenilirliğinin ve gizliliğinin yönetimini içermektedir. ETSI TS 102 731’de tanımlanan güvenlik hizmetlerine ve ETSI TS 102 940’te tanımlanan güvenlik mimarisine dayanarak AUS ortamında güvenliği

desteklemek için gereken güven oluşturma ve gizlilik yönetimini ve bunlar arasında var olan ilişkileri tanımlamaktadır. Ayrıca, Akıllı Ulaşım Sistemlerinde kimliklerin ve kriptografik anahtarların oluşturulması ve bakımı için güvenlik hizmetlerini tanımlamaktadır. AUS alanında güvenlik ve gizlilik sağlayacak fonksiyonları tanımlamayı amaçlamaktadır (European Telecommunications Standards Institute (ETSI), 2021b).

ETSI TS 136 101/ TS 136 133 : Bu standartlar, Gelişmiş Evrensel Karasal Radyo erişimi için radyo frekanslarının performans ve gerekliliklerini içeren çok kapsamlı bir standartlar bütünüdür (European Telecommunications Standards Institute (ETSI), 2020b).

ETSI EN 302 665 : Akıllı Ulaşım Sistemleri için küresel iletişim mimarisini içermektedir. Bu versiyonu karayolu taşımacılığı bağlamında oluşturulmuştur. AUS-İ'nin zorunlu ve isteğe bağlı öğelerini ve ara yüzlerini belirtmektedir. AUS uygulamalarının bazı unsurları, özellikle doğrudan AUS-İ ile ilgili olanlar da dikkate alınmıştır (European Telecommunications Standards Institute (ETSI), 2010).

ETSI TS 102 636-4-2 : ITS-G5 üzerinden ETSI EN 302 636-4-1'de tanımlanan GeoNetworking için ortama bağlı işlevleri belirtmektedir (European Telecommunications Standards Institute (ETSI), 2020a).

ETSI TS 102 636-5 : Paketlerin, AUS ad hoc ağındaki AUS istasyonları arasında taşınması için AUS Temel Taşıma Protokolünü belirtmektedir. Uçtan uca, bağlantısız ve güvenilir olmayan bir taşıma hizmeti sunmaktadır (European Telecommunications Standards Institute (ETSI), 2011a).

ETSI TS 102 636-6 : IPv6 paketlerinin GN6ASL (GeoNetworking-IPv6 Adaptasyonu Alt Katmanı) olarak anılan bir protokol uyarlama alt katmanı yoluyla ETSI GeoNetworking protokolü üzerinden iletilmesini tarif etmekte olup

standardın kapsamı GN6ASL ile sınırlıdır (European Telecommunications Standards Institute (ETSI), 2011b).

(IPv6, bilgisayarların diğer bilgisayarları ve cihazları tanımlamasına ve konumlarını bulmasına olanak tanıyan internet protokolünün en son sürümüdür (V2 Cloud, 2022))

- ETSI TS 301 489-1** : Elektromanyetik uyumluluk ile ilgili olarak radyo ekipmanı ve yayın alıcıları hariç ilgili yardımcı ekipmanlar için ölçüm yöntemlerini ve teknik özellikleri belirtmektedir (European Telecommunications Standards Institute (ETSI), 2019a).
- ETSI EN 302 571** : 5855 MHz ile 5925 MHz frekans aralığında çalışan radyo vericileri ve alıcıları için teknik özellikleri ve ölçüm yöntemlerini belirtmektedir (European Telecommunications Standards Institute (ETSI), 2017a).
- ETSI EN 303 413** : Küresel navigasyon uydu sistemi kullanıcı ekipmanı için teknik özellikleri ve ölçüm yöntemlerini belirtmektedir (European Telecommunications Standards Institute (ETSI), 2017b). Bu kullanıcı ekipmanı; bir nesnenin konumunun, hızının veya diğer özelliklerinin radyo ile belirlenmesi veya radyo dalgalarının yayılma özellikleri aracılığıyla bu parametrelerle ilgili bilgilerin elde edilmesi amacıyla bir veya daha fazla küresel navigasyon uydu sisteminden radyo sinyallerini almaktadır.
- ETSI EN 301 908-13** : Geliştirilmiş Evrensel Karasal Radyo Erişimi için Kullanıcı Ekipmanı kapsamında geçerli olan bir standarttır. Bu ekipmanın çalışabildiği frekans bantlarını tanımlamaktadır (European Telecommunications Standards Institute (ETSI), 2019b).
- ETSI EN 301 908-25** : ETSI tarafından tanımlandığı şekliyle NR (New Radio-Yeni Radyo) için Kullanıcı Ekipmanı standardıdır (European Telecommunications Standards Institute (ETSI), 2021a).

ETSI TS 102 942 : AUS hizmetlerine yetkisiz erişimi önlemek için kimlik doğrulama ve yetkilendirme hizmetlerini içermektedir. Ayrıca, AUS mesaj iletimi için gerekli güvenlik ve gizlilik düzeyini sağlamaya yönelik önlemleri de belirtmektedir (European Telecommunications Standards Institute (ETSI), 2012).

SAE Standartları

SAE J2735 : Araç ortamlarında kablosuz erişim kapsamında 5,9 GHz kısa menzilli iletişim kullanmayı hedefleyen uygulamalar tarafından özel olarak kullanılmak üzere mesaj setlerini, veri çerçevelerini ve veri öğelerini belirtmektedir (Society of Automobile Engineers, 2009).

ECE Standartları

UN ECE R155 : Siber güvenlikle ilgili olarak M ve N Kategorilerindeki araçlar için geçerli olan bir standarttır. En az bir elektronik kontrol ünitesi ile donatılmış olması halinde, Kategori O'daki araçlar için de geçerlidir. Ayrıca 3. seviyeden itibaren otonom sürüş teknolojileri ile donatılmışsa L6 ve L7 Kategorilerindeki araçlar için de geçerlidir. Bu standart, bu tipteki araçlar için siber güvenlik ve siber güvenlik yönetimi üzerine yoğunlaşmıştır (United Nations Economic Commission for Europe, 2021c).

EN Standartları

EN 302 571 : 5,855 MHz ile 5,925 MHz frekans aralığında çalışan radyo vericileri ve alıcıları için teknik özellikleri ve ölçüm yöntemlerini belirtmektedir. Bu frekans aralığı, 5 GHz AUS frekans aralığı olarak seçilmiştir (European Telecommunications Standards Institute (ETSI), 2017c).

TS Standartları

TS 102 440 : ECMA-354, Uygulama Oturumu Hizmetleri ve taşıma katmanı protokollerinden bağımsız uygulama oturumları oluşturmak ve yönetmek

için kullanılabilen XML protokollerini belirtmektedir. TS 102 440, ECMA-354’de tanımlanan Uygulama Oturumu Hizmetleri için web servislerini ve basit bir nesne erişim protokolü bağlantısını içermektedir. Uygulama Oturumu Hizmetleri; uygulamaların, uygulama oturumu adı verilen sunucularla bir ilişki oluşturmasına ve sürdürmesine olanak tanımaktadır. Burada belirtilen web servisleri, hizmet talep edenlerin ve hizmet sağlayıcıların bu tür Uygulama Oturumlarını oluşturmasına ve sürdürmesine izin vermektedir (European Telecommunications Standards Institute (ETSI), 2012).

Diğer Standartlar

- NB-IoT** : NB-IoT, Çok çeşitli yeni IoT cihazlarını ve hizmetlerini etkinleştirmek için geliştirilmiştir ve düşük güçlü geniş alan ağı (LPWAN) teknolojilerini içermektedir (GSMA, 2023). NB-IoT; hücresel cihazlar ve hizmetler için 3GPP tarafından geliştirilmiş, LPWAN radyo teknolojisi standardıdır.
- CAT-M** : Bant genişliği daraltma işlemi (1,4 MHz), A/B modlarını kullanan kapsama geliştirmeleri, yarı çift yönlü iletişim desteği, bant içi çalışma modu, Radyo Kaynak Kontrolü (RRC) bağlantısını askıya alma/devam ettirme imkânı, kontrol düzlemi yoluyla veri gönderme, hareketlilik desteği ve gelişmiş güç tasarrufu modu teknolojileri hakkında spesifikasyonlar içermektedir (Release 13) (Masek vd., 2019).

7.4. Elektrikli Araçlara Yönelik Standartlar

TS 62196; fişler, prizler, araç konnektörleri, araç girişleri ve elektrikli araçların iletken şarjları ile ilgili standartları içeren kitapçıktır.

- TS 62196-2** : TS 62196’da belirtilen fişler, prizler, soket çıkışları, araç konnektörleri ve araç girişlerinin belirli tasarımlarını içermektedir. Bu tasarımlar, farklı üreticilerin ürünlerinin birbirleri ile uyumlu olması için tasarlanmıştır. Tek fazlı 16 ve 32

amper, üç fazlı 63 amper şarj sistemlerini desteklemektedir. Ayrıca üç tip temel konnektör tasarımı da bu standart altındadır (International Electrotechnical Commission, 2022a).

TS 62196-3 : Doğru akımla şarj edilebilen elektrikli araçların fiş, priz çıkışları, araç konnektörleri ve araç girişlerinin belirli tasarımlarını içeren standarttır. Bu tasarımlar, farklı üreticilerin ürünlerinin birbirleri ile uyumlu olması için tasarlanmıştır. Ayrıca, bu standardın alt standardı olan TS-62196-3-1 ise tüm küçük enine kesitli iletken içeren kablolu araç konnektörleri ve girişlerinin termal yönetim altındaki spesifikasyonlarını belirtmektedir (International Electrotechnical Commission, 2022b).

7.5. Takograflara Yönelik Standartlar

UN ECE 2014/165 : UN ECE'nin daha önce çıkardığı yönetmeliklerle uyumluluğu doğrulamak için karayolu taşımacılığında kullanılan takografların yapımı, kurulumu, kullanımı, test edilmesi ve kontrolü ile ilgili zorunlulukları ve gereklilikleri ortaya koymaktadır (United Nations Economic Commission for Europe, 2016).

UN ECE 2016/799 : Takograflarla ilgili olarak aşağıdaki hususların düzgün bir şekilde uygulanması için gerekli hükümleri ortaya koymaktadır:

- Sürücünün günlük çalışma süresi boyunca belirli noktalarda aracın konumunun kaydedilmesi,
- Akıllı takografların olası manipülasyonu veya kötüye kullanımının uzaktan erken tespiti,
- AUS ile entegre ara yüz,
- Güvenlik mekanizmaları dahil olmak üzere takografların tip onay prosedürleri için idari ve teknik gereklilikler.

Akıllı takografların ve bileşenlerinin yapımı, testi, kurulumu, muayenesi, çalıştırılması ve onarımı, bu standart kapsamındadır (United Nations Economic Commission for Europe, 2016).

BÖLÜM VIII

8. K-AUS'UN TÜRKİYE'DE MEVZUAT, STRATEJİ VE POLİTİKA BELGELERİNDEKİ YERİ

Türkiye’de K-AUS alanında yapılan çalışmalara yön vermek amacıyla bakanlıklar ile kamu kurum kuruluşları ve uluslararası kuruluşların üst politika belgeleri, mevzuat, strateji belgeleri ve eylem planlarında yer alan K-AUS altyapısının oluşturulmasına ilişkin çalışmalar, bu bölümde ele alınmıştır.



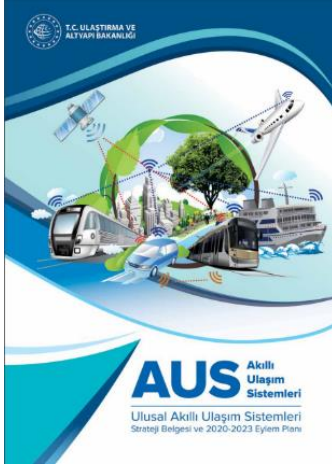
“On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023)”nda öncelikli sektörler; kimya, ilaç ve tıbbi cihaz, elektronik, makine-elektrikli teçhizat, otomotiv ve raylı sistem araçları olarak belirlenmiştir.

K-AUS bağlamında değerlendirildiğinde, On Birinci Kalkınma Planı’nda otonom ve bağlantılı araçların gerçek hayata entegre edilmesini mümkün kılacak haberleşme teknolojilerinin geliştirilmesi, altyapıların kurulması ve ülkemizde bu araçların üretiminin ve geliştirilmesinin kolaylaştırılması konularında eylemlerin yer aldığı görülmektedir.

On Birinci Kalkınma Planı’nda elektronik ve otomotiv sektörüne yönelik ilişkili politika ve tedbir maddeleri aşağıda listelenmiştir:

- **369.2.** Yerli üretim ve Ar-Ge faaliyetleri yeni nesil mobil haberleşme teknolojileri kapsamında desteklenecektir.
- **384.** Otomotiv sanayiinin rekabet gücünün korunarak geliştirilmesi amacıyla; küresel gelişmeler, yeni teknolojiler ve değişen müşteri beklentileri çerçevesinde çevre teknolojileri, bağlantılı ve otonom araçlar, akıllı hareketlik gibi kritik teknolojilerin geliştirilmesine önem verilecektir.
- **385.** Yeni nesil araçlar için uygun altyapı oluşturulacaktır.
- **385.2.** Otonom ve bağlantılı araçların geliştirilmesi ile kullanılmasına ilişkin teknik mevzuat ve altyapı ihtiyacı belirlenecektir.

- **385.4.** Yeni nesil araçlardan veri toplanması, kullanılması ve katma değerli hizmetlere dönüştürülmesi konusunda mevzuat ve uygulamaya yönelik belirsizlikler giderilecektir.



UAB'nin "Türkiye'de tüm ulaşım türlerine entegre, güncel teknolojileri kullanan, yerli ve milli kaynaklardan yararlanan, verimli, güvenli, etkin, yenilikçi, dinamik, çevreci, katma değer sağlayan ve sürdürülebilir akıllı bir ulaşım ağı oluşturmak" AUS misyonu doğrultusunda, 5 Ağustos 2020 tarihinde Cumhurbaşkanlığı genelgesi ile yayımlanarak yürürlüğe giren "Ulusal AUS Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı"nda stratejik amaçlar aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

1. AUS Altyapısının Geliştirilmesi
2. Sürdürülebilir Akıllı Hareketliliğin Sağlanması
3. Yol ve Sürüş Güvenliğinin Sağlanması
4. Yaşanabilir Çevre ve Bilinçli Toplum Oluşturulması
5. Veri Paylaşımı ve Güvenliğinin Sağlanması.

Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı incelendiğinde, AUS ve K-AUS uygulamalarının test edilmesi, bir AUS mimarisi oluşturulması ve AUS uygulamalarının entegrasyonlarının sağlanması hususlarını içeren eylemlerin yer aldığı görülmektedir. Ayrıca, otonom ve bağlantılı araçların, test sahası dışında da kesintisiz bir şekilde çalışmalarını sağlayacak altyapının kurulmasının önemi de vurgulanmıştır. Yukarıda belirtilen beş stratejik amaç altında, eylem planında yer alan ilişkili eylemler, aşağıda özetlenmiştir:

- *Eylem 1.2. AUS Mimarisinin Geliştirilerek Yayınlanması*

Ulusal bir AUS mimarisi; akıllı ulaşım sistemlerini planlama, tanımlama, yaygınlaştırma ve entegre etmek için bir çerçeve sunacaktır. Ulusal AUS mimarisi; AUS standartları, hizmetleri, fonksiyonları, teknolojileri ve verileri arasında ilişkiyi ortaya koyacak, ayrıca veri paylaşımı, yönetimi ve planlaması için bir yol haritası sunacaktır.

- *Eylem 1.8. K-AUS için Test ve Uygulama Koridorunun Kurulması*

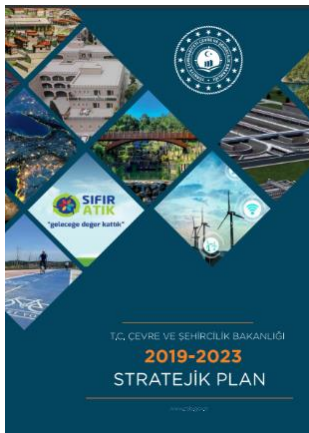
K-AUS teknolojilerinin gereksinimleri doğrultusunda geliştirilen çözümlerin, nihai ürüne dönüşümüne katkı sağlamak amacıyla bir K-AUS test ve uygulama koridoru kurulacaktır.

- *Eylem 3.3. Araç İçi Bilgi ve Haberleşme Sistemi (ABHS)*

Hücrel ve kablosuz haberleşme teknolojileri kullanan araç içi bilgi ve haberleşme sistemleri ve bu sistemlerden veri toplanabilmesi için teknik gerekliliklerin belirlenmesine yönelik bir çalışma yapılacaktır.

Ayrıca Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı'nda;

- Mevcut altyapının bağlantılı araçlar ve otonom sürüşe uygun hale getirilmesi amacıyla hazırlık çalışmalarının yapılması ve tam otonom araçların geliştirilerek ulaşım modlarında yaygınlaştırılması,
- Başta araç içi bilgi ve haberleşme sistemleri olmak üzere otonom ve bağlantılı araç teknolojilerinin yerli ve milli olarak üretimine yönelik çalışmaların yapılması,
- Otonom araçlara ait fonksiyonel ve operasyonel testlerin yapıldığı, sertifikalandırma hizmetlerinin gerçekleştirildiği Otonom Sürüş Test ve Sertifikasyon Merkezlerinin kurulması,
- Toplanan ulaşım verilerinin anonimleştirilerek araştırma ve yenilikçi uygulamaların geliştirilmesi için kullanılması, uzun dönem hedefler arasında yer almaktadır.



Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayımlanan “**2019-2023 Stratejik Plan**” kapsamında oluşturulması hedeflenen akıllı şehirlerde, AUS ve K-AUS uygulamalarının hayata geçirilebilmesi için gerekli bileşenlerin yerli ve milli üretimi için uygun ortamın sağlanması ve hem altyapısal olarak hem de üretimde teknolojik olarak yeterli seviyeye ulaşılması konusunda çalışma yapılmıştır. Bu stratejik plan kapsamında ve “**Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı**” doğrultusunda, ülkemizdeki akıllı şehir

ekosisteminin sağlıklı, kapsamlı ve sürdürülebilir biçimde oluşturulması ile bu alanda yerli ve milli teknolojilerin geliştirilmesi için gerekli rekabet ortamı, teknoloji altyapısı ve etkin veri güvenliği sağlanacaktır.



2019

Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayımlanan “**2020-2023 Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı**” kapsamında, genel anlamda ulaşım sistemlerinin akıllı hale getirilmesi ve bu bağlamda erişimin, yönetimin, bağlanabilirliğin ve güncel teknolojilerin uygulanabilirliğinin artırılması ve geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu strateji ve eylem planında yer alan “*15.6. Akıllı ulaşım bileşenlerinin olgunluğu artırılabilecektir*” eylemi doğrultusunda; şehirlerde, Akıllı Şehir Teknoloji Portföyü ve Ulusal Akıllı Şehir Çözüm Portföyünden faydalanılarak şehirlerin Akıllı

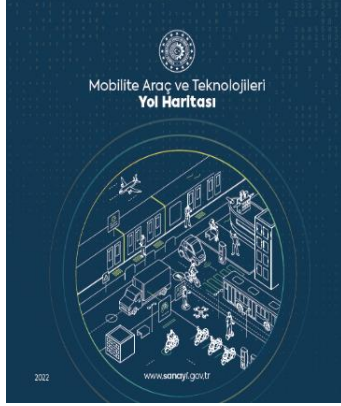
Şehir dönüşümünün sağlanmasında Akıllı Şehir Olgunluk Değerlendirme uygulamalarıyla belirlenen Akıllı Ulaşım bileşeninin olgunluğunun artırılması için yeni nesil araçların ve ulaşım modellerinin kullanılması, ulaşımda erişilebilirliğin desteklenmesi, ulaşım altyapısının geliştirilmesi, acil durum ve lojistik yönetimi sağlanacaktır.



STB tarafından yayımlanan “**2023 Sanayi ve Teknoloji Strateji Belgesi**”nde, özellikle otonom ve bağlantılı araç teknolojilerinin test edilmesi, uygulanabilir hale getirilmesi ile ülkemizdeki hareketlilik ihtiyacı ve taleplerine güncel teknolojiler ile çözüm bulunması hedeflenmiştir. Bu strateji belgesinde yer alan ilişkili hedefler aşağıda listelenmiştir:

- Türkiye’de de otonom ve bağlantılı mobilite uygulamalarına yönelik canlı test ve geliştirme sahası tespit edilerek buranın altyapı ihtiyaçlarının destek fonları ile tamamlanması ve kullanıma açılması için girişimlerde bulunulacaktır.
- Mobilite ihtiyacının uçtan uca tanımlanması ve farklı iş modellerinin değerlendirilmesi ile Türkiye’nin henüz çözüm bulunamamış ihtiyaçlarına yönelik ürün geliştirmesi ve dünya lideri markalar yaratması için gerekli destekler sağlanacaktır.

- Yapılacak test merkezinin, yalnızca mevcut otomotiv sanayi için değil, aynı zamanda yeni nesil mobilite sektörlerinin ihtiyacı göz önünde bulundurularak yapılandırılması planlanmaktadır.



STB tarafından 2022 yılında yayımlanan “**Mobilite Araç ve Teknolojileri Yol Haritası**”nda bağlantılı, otonom ve paylaşımlı araçlar kapsamında yer alan politika ve eylem planları ile bu araçların teknolojik ve yasal altyapısının tamamlanması ve sorunsuz şekilde uygulanabilmesi konusunda çalışmalar yer almaktadır. Bu eylemlerin hayata geçirilmesi ile belirtilen araç teknolojileri, sorunsuz ve kesintisiz bir şekilde mevcut ulaşım sistemlerine entegre edilebilecektir. Söz konusu yol haritasında bağlantılı, otonom ve paylaşımlı araçlar kapsamında yer alan politika ve eylemler aşağıda listelenmiştir:

- **M9.** Bağlantılı ve otonom araç geliştirilmesi için gereken altyapı yatırımları yapılacaktır.
- **M10.** Bağlantılı, otonom ve paylaşımlı mobilite araçları ve bağlantı teknolojilerinin pilot çalışmaları için test merkezleri kurulacaktır.
- **M11.** Bağlantılı ve otonom araç kullanımı için gereken düzenlemeler yapılacaktır.
- **M12.** Bağlantılı ve otonom araç yatırımları teşvik edilecek ve yeni yatırımlar özendirilecektir.
- **M13.** “Türkiye’nin Otonom Araçları Programı” başlatılacaktır.
- **M14.** “3. Mobilite Yazılım ve Donanım Geliştirme Merkezi”nde yazılım teknolojileri geliştirilecektir.
- **M15.** Mobilite Yazılım ve Donanım Geliştirme Merkezi’nde sensör, kamera, radar LIDAR, telematik gibi donanım teknolojileri geliştirilecektir.
- **M16.** Sektörün dönüşümü ve ileri teknolojilerde ürün geliştirilmesi desteklenecektir.
- **M17.** Katma değerli hizmet yazılımları geliştirilecektir.

Mobilite Araç ve Teknolojileri Yol Haritası'nın “*Kritik Projeler*” başlığı altında yer alan “*Bağlantılı ve Otonom Araçlar Kritik Projeleri*” önerilerinden, “*Mobilite Geliştirme ve Test Merkezleri Kurulması*” kapsamında; Akıllı Taşıt ve Yol Sistemleri Geliştirme Merkezi, Araç Haberleşme Sistemleri, AUS ve Otonom Araç Sistemleri, Otoyol Uygulama Koridorları gibi geleceğin akıllı araç ve ulaşım/yol sistemlerinin kurgulanacağı, uygulanacağı ve test edilebileceği birbiri ile koordineli çalışan geliştirme merkezleri kurulması, kurulmuş olanların koordinasyonunun ve yönetişimin yapılacağı yapının oluşturulması amaçlanmaktadır. Aynı zamanda birbiri ile koordineli çalışacak tüm test ve geliştirme merkezlerinde kullanılması ve test edilmesi planlanan sistemler aşağıdaki gibidir:

- Otonom ve yarı otonom araç sistemleri,
- Sürücü destek ve güvenlik sistemleri,
- Kaza ve acil durum yönetim sistemleri,
- Yolcu bilgilendirme sistemleri,
- Akıllı ulaşım/trafik yönetim sistemleri,
- Toplu taşımaya yönelik akıllı sistemler,
- Elektronik ücret toplama sistemleri,
- Yol-hava durumu sistemleri,
- V2V, V2I, V2X sistemleri,
- C-ITS Gün 1, Gün 1.5 Hizmetleri.



İçişleri Bakanlığı Emniyet Genel Müdürlüğü tarafından yayımlanan “**2021-2030 Karayolu Trafik Güvenliği Strateji Belgesi**” ile trafikte gerçekleşen insan kaynaklı kazaların önüne geçebilmek amacıyla yeni bir sistemin oluşturulması ve bu sistem ile karayolu güvenliğinin bir bütün olarak geliştirilmesi hedeflenmektedir. Söz konusu strateji belgesi ile verimli ve güçlü iletişim sistemlerinin oluşturulması, iş birliği ve koordinasyona dayalı “Trafik Güvenliğinde Sorumluluk Paylaşımı” ile

gerçekleşecek ölümlü ve yaralanmalı kazaların önüne geçilmesi hedeflenmektedir (T.C. Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Başkanlığı, 2021).



İçişleri Bakanlığı Emniyet Genel Müdürlüğü tarafından yayımlanan “**Karayolu Trafik Güvenliği Eylem Planı 2021-2023**”te yer alan ve yol kullanıcılarının trafik kurallarına uymalarının sağlanması bakımından en etkili müdahale yöntemi olarak belirtilen trafik denetim faaliyetlerinden biri de güvenli sistem yaklaşımı çerçevesinde; “*Araç İçi Sistemler*” ile trafik denetimi yapılmasıdır. Araç içi akıllı sistemler arasında; takograf, araç içi kamera sistemleri, Akıllı Hız Yardım (ISA) Sistemi, Takip Mesafesi Uyarı Sistemi, Emniyet Kemer Uyarı Sistemi, Arkadan Çarpma Uyarı Sistemi ve ACC Sistemi gibi sistemler bulunmaktadır. Bu sistemlerin her biri riskli sürücü davranışlarından bir veya birkaçının önlenmesini amaçlamaktadır. Bu kapsamda planlanan eylemler aşağıda özetlenmiştir:

1. Takograf Denetimi,
2. Araç İçi Kamera Sistemleri ile Trafik Denetimi,
3. Alkol Kilitleri (Alcolock) ve Olay Veri Kaydedicileri (EDR) ile benzeri Araç İçi Sistemlerle Trafik Denetimidir.

BÖLÜM IX

9. ÇALIŞMALARI TAKİP EDİLEN ULUSLARARASI ORGANİZASYONLAR

Türkiye’de K-AUS alanında faaliyet gösteren paydaşların, uluslararası alanda çalışmalarını takip ettikleri organizasyonlar ve bu organizasyonların yayınladığı çeşitli raporlar, mimariler ve dokümanlar mevcuttur. Bu bölümde, ülkemiz K-AUS paydaşlarının çalışmalarını takip ettikleri uluslararası organizasyonlar ve takip edilen dokümanlar hakkında bilgiler yer almaktadır.

Avrupa Komisyonu yayınladığı çeşitli K-AUS regülasyonları ile Avrupa’da K-AUS uygulamalarının yaygınlaşmasını, regülasyonların tanımlanmasını ve K-AUS’un trafik güvenliğini ve verimliliğini arttırmasını hedeflemektedir (European Commission, 2023). STB Milli Teknolojiler Genel Müdürlüğü, yürüttüğü projelerde Avrupa Birliği tarafından yayınlanan regülasyonları uyumlaştırmaktadır.

Araçtan Araca Haberleşme Konsorsiyumu (C2C-CC), mümkün olan en yakın tarihte kazasız bir trafiğe ulaşmayı hedefleyen bir konsorsiyumdur. Ayrıca, en düşük maliyetlerle, çevreye ve son kullanıcılara verimli ve güvenli bir trafik koşulları sağlamayı amaçlayan çalışmaları mevcuttur. Konsorsiyum, yol güvenliğini ve yol verimliliğini arttıran sistemlerin birlikte çalışabilirliğini sağlamak için K-AUS’un Avrupa standartlarını geliştirmek amacıyla araç üreticileri tarafından kurulmuştur. Bu konsorsiyum tarafından K-AUS’un farklı alanları üzerine yayınlanmış çeşitli regülasyonlar, teknik raporlar, beyaz kitaplar, vb. dokümanlar bulunmaktadır (CAR 2 CAR Communication Consortium, 2023b).

C-Roads Platformu, sınır ötesi uyum ve birlikte çalışabilirlik ışığında K-AUS hizmetlerini test etmek ve uygulamak için Avrupa üye devletlerinin ve yol operatörlerinin ortak girişimidir. Avrupa’nın çeşitli bölgelerinde pilot projeler yürütülmektedir. Bu platform kapsamında uygulanan K-AUS projelerine ilişkin güvenlik, trafik etkisi, genel değerlendirmeleri, operasyonel test çalışmaları vb. konularda belgeler yayınlanmaktadır (C-ROADS, 2023). KGM, projelerinde C2C-CC ve C-Roads tarafından yayınlanan dokümanları göz önünde bulundurmaktadır.

Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU), Birleşmiş Milletler’in bilgi ve iletişim teknolojileri konusunda uzmanlaşmış kuruluşudur. İletişim ağlarında uluslararası bağlantıyı kolaylaştırmak için 1865 yılında kurulan bu kuruluş, ağların ve teknolojilerin sorunsuz bir şekilde

birbirine bağlanmasını sağlayan teknik standartları geliştirmektedir (International Telecommunication Union (ITU), 2023).

Avrupa Posta ve Telekomünikasyon İdareleri Konferansı (CEPT)'nin ana rolü, posta ve telekomünikasyon alanındaki görüşmelerin ve fikir alışverişlerinin yürütülmesi için bir Avrupa forumu oluşturmaktır. Bu kapsamda, birlikte çalışabilirliği kolaylaştırmak ve teşvik etmek hedeflenmektedir (Office of Communications (Ofcom), 2023).

Elektronik İletişim Komitesi (ECC), CEPT'in üç iş komitesinden biridir. ECC, Avrupa için elektronik iletişim ve ilgili uygulamalarda ortak politikalar ve mevzuatlar geliştirmektedir ve spektrum kullanımı hakkında bilgi için bir odak noktasıdır (The Electronic Communications Committee, 2011). BTK çalışmalarında, üyesi olduğu ITU, CEPT gibi kurumların regülasyonları yanında, Avrupa Birliği kararları ve ilgili ECC raporları gibi dokümanları da göz önünde bulundurmaktadır.

Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu (UN ECE), araç düzenlemelerinin uyumlu hale getirilmesi için düzenlediği forumda, otomotiv sektörüyle ilgili başlıca düzenleyici gelişmeler ve faaliyetler hakkında yıllık bir çalışma raporu yayınlamaktadır. Ayrıca, bu komisyon, araç onayı alanında BM düzenlemelerine AB'nin katılımı hakkında yıllık bir durum raporu yayınlamaktadır (United Nations Economic Commission for Europe, 2023b).

Bağlantılı, Kooperatif ve Otonom Hareketlilik (CCAM) Ortaklığı; yenilikçi bağlantılı, kooperatif ve otonom hareketlilik teknolojileri ve hizmetleri konusunda farkındalığı arttırmayı ve uygulamaların hayata geçirilmesini hızlandırmayı hedeflemektedir. Bu bağlamda, Avrupa'da yürütülen Ar-Ge çalışmalarını uyumlu hale getirmeyi, bağlantılı, kooperatif ve otonom hareketlilik ile sağlanan yeni mobilite çözümlerinin tüm faydalarından (artırılmış güvenlik, azaltılmış çevresel etkiler ve kapsayıcılık, vb.) yararlanmayı hedeflemektedir (CCAM - European Partnership on Connected Cooperative and Automated Mobility, 2023). Marmara Üniversitesi VENIT Laboratuvarında yürütülen projelerde, UN ECE mevzuatları ve stratejileri, CCAM Ortaklığı, C-Roads Platformu ve C2C-CC teknik raporlarından yararlanılmaktadır.

BÖLÜM X

10. TÜRKİYE’DE K-AUS’UN YAYGINLAŞTIRILMASI İÇİN GZFT ANALİZİ

K-AUS’un ülkemizde yaygınlaştırılması için güçlü ve zayıf yönler ile dış çevreden kaynaklanan fırsatlar ve tehditlerin belirlenmesine yönelik Tablo 5’te yer alan GZFT analizi yapılmış ve ülkemizin K-AUS alanında izleyeceği yolu şekillendirirken kullanılacak stratejik önerilerde bulunulmuştur. GZFT analizi, paydaşlarla yürütülen anket çalışmaları kapsamında Türkiye’nin K-AUS alanındaki güçlü, zayıf yanları ve dış etkenlerden kaynaklanan tehdit ve fırsatlar konularında yöneltilen sorulara verilen cevaplar kullanılarak oluşturulmuştur.

Bu bölümde, K-AUS alanında yetkinliğe sahip kurum ve kuruluşların görüşlerine ek olarak K-AUS alanında yeterli bilgi birikimine sahip olmadıklarını belirten bisikletli, yaya, sürücü ve savunmasız yol kullanıcılarının görüşleri de değerlendirilmiştir.

Tablo 5’te yer alan GZFT analizi incelendiğinde, K-AUS ile ilgili yasal süreçleri ve test süreçlerini ilgilendiren mevzuatların eksik olması, bölgesel altyapılar arasında farklılıkların bulunması, denetleme ve izin süreçlerinde yer alan kurum sayısının fazlalığından dolayı zaman ve efor kaybının yaşanması gibi zayıf yönlerin mevcut olduğu gözlenmiştir. Diğer yandan, Türkiye’de teknoloji alanında bilgi birikimi yüksek köklü kuruluşların olması, genç nüfusun fazlalığı, son yıllarda K-AUS bileşenleri konularında yapılan Ar-Ge çalışmalarının artması gibi güçlü yönler göze çarpmaktadır.

Diğer ülkelerin K-AUS alanında uygulamalarda ülkemize kıyasla daha önde olması ve K-AUS bileşenlerinin yerli üretiminde bir miktar geride olmamız, K-AUS uygulamalarının yerli ve milli olarak tesis edilmesinde dışa bağımlılık riski taşımaktadır. Yurt dışı olanaklarını değerlendirmek isteyen nitelikli genç nüfusun kaybı da Türkiye açısından risk teşkil etmektedir. Bu tehditlerin yanı sıra, Türkiye için K-AUS alanında birçok fırsat da bulunmaktadır. Bu alanda kullanılan teknolojilerin Türkiye’de geliştirilmekte olması ve uluslararası kuruluşların çalışmalarının yakından takip edilmesi, uluslararası projelerde kazanılan deneyimler, dünyadaki gelişmeleri yakalamayı kolaylaştırmaktadır. K-AUS dünyada hâlâ gelişme sürecinde olduğundan zamanında kararlar alınması ve mevzuat eksikliklerinin tamamlanması ile K-AUS uygulamalarında Türkiye’nin öncü rol oynama potansiyeli bulunmaktadır.

Tablo 5. GZFT Analizi

GÜÇLÜ YÖNLER



- Genç nüfusu fazla olan Türkiye’de gelişen teknolojilere hızlı adaptasyon sağlanması.
- Türkiye’nin coğrafi konumu ve yüklendiği jeopolitik görev nedeniyle birçok farklı ticari, ekonomik, askeri ve siyasi uluslararası kuruluşlara üye olması ve güçlü ilişkilerinin bulunması ile K-AUS gelişmelerinin yakından takip edilebilmesi.
- Türkiye’de ulaştırma ve haberleşme teknolojileri konusunda köklü kuruluşların ve bilgi birikimine sahip uzmanların bulunması.
- Togg üretimine başlanması ve oluşturulan altyapı ile Ar-Ge faaliyetlerine katkı sağlanacak olması.
- Kentlerdeki artan nüfus yoğunluğu ile K-AUS’un şehircilik uygulamalarında her zaman yer bulabilecek nitelikte olması.
- Ulaşım altyapımızın güçlü ve gelişmekte olması ve K-AUS çalışmalarına duyulan ilginin artması.
- K-AUS alanında yürütülen Ar-Ge ve pilot çalışmalarla kurulan uluslararası iş birlikleri ile doğru ve sağlam temeller atılması ve uluslararası arenada güçlü bir konumda yer alınması.
- Türkiye’de teknolojiyi geliştirme faaliyetlerinin teşvik edilmesi

OLAN ZAVAN



- Paydaşları yönlendirecek, uygulamaları denetleyebilecek, farklı kurumlar tarafından yapılan çalışmaların birlikte çalışabilirliğini arttıracak bir çatı kuruluş ihtiyacının olması.
- Türkiye’nin doğu ve batı bölgeleri arasındaki sosyal, ekonomik, teknolojik ve altyapısal farklılıkların olması.
- K-AUS uygulamalarına yönelik haberleşme sistemlerinin henüz yaygın olmaması.
- K-AUS bileşenlerinin işlem ve bakım maliyetlerinin yüksek olması.
- Ürün geliştiren kurumların uyumluluk açısından takip edeceği ulusal bir mevzuatın bulunmaması.
- K-AUS uygulamalarında yaşanacak olası bir sorunda (kaza, hatalı bilgi aktarımı, yaralanma vb.) sorumluların belirlenmesinde devreye girecek yasal düzenlemelerin ve mevzuatın henüz bulunmaması.

FIRSATLAR



- K-AUS'un henüz pilot çalışmalar düzeyinde olması ve yaygın kullanım alanı bulunmaması (Örneğin, yapılacak her türlü geliştirme, mevcut ihtiyaçların karşılanmasına destek olacaktır.).
- K-AUS alanında çalışmaların artırılması ve hızlandırılması için üniversitelere, araştırma kuruluşlarına ve firmalara özel teşvikler getirilmesi ile K-AUS alanında öncü olma potansiyelinin olması.
- 5G'nin yaygınlaşması ile K-AUS sistemlerinin uygulanabilirliğinin artacak olması.
- Ülkemizdeki üretim hızı ve kalitesi sayesinde, K-AUS bileşenlerinin ihracatı ile ekonomik kazanımlar sağlanabilecek olması.
- K-AUS uygulamalarının yeni olması nedeniyle tedarikçilerin bu uygulamalarla ilgili yerli ürün geliştirip piyasaya sunabilme imkanının olması.
- İş gücü maliyetlerinin daha uygun olması dolayısıyla projelerin geliştirilmesinde yurtdışından yatırımcı çekebilmesi.
- Dünyadaki bilimsel ve teknolojik gelişmelere Türkiye'nin hızlı uyum sağlayabilmesi, adaptasyon yeteneğinin yüksek olması.

TEHDİTLER



- K-AUS'un yaygınlaşması ile kullanılan araç ve ekipmanlar bağlamında yurt dışı ürünlerine bağımlılık oluşturma olasılığının olması.
- K-AUS uygulamalarının yaygınlaşabilmesi için Türkiye'de nitelikli insan kaynağının henüz yeterli düzeyde olmaması.
- Dünyada yaşanabilecek olası sorunların tedarik zincirinde gecikmelere sebep olması dolayısıyla K-AUS uygulamalarını etkileme riski bulunması (Örneğin, dünyada yaşanan çip tedarik sorunu).
- Yurt dışında çalışmayı tercih edenler nedeniyle nitelikli ve genç nüfusun azalma eğiliminin olması.

BÖLÜM XI

11. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

“Otonom Araçlar İçin Sürüş Mimarisi ve Bağlantılı Araç Trafik Test Senaryolarının Belirlenmesi Projesi” kapsamında hazırlanan “K-AUS Türkiye Mevcut Durum Analizi Raporu” kapsamında Türkiye’de K-AUS alanında faaliyet gösteren kurum ve kuruluşlar araştırılmış, söz konusu kurum ve kuruluşların çalışmalarının kalitesini ve verimliliğini artırmak amacıyla atılması gereken adımlar ortaya koyulmuştur.

Raporun hazırlanmasında; tez, makale, bildiri ve projelerin yer aldığı geniş çaplı bir literatür taraması yapılmıştır. Yapılan literatür taramasında, çalışmaların büyük bir bölümünün haberleşme teknolojilerinin geliştirilmesine odaklandığı gözlenmiştir. Bunlara ek olarak, siber güvenlik ve K-AUS’un trafik koşullarına etkisi alanında çalışmalar olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, K-AUS alanında faaliyetleri bulunan belirli kurum ve kuruluşlar ile gerçekleştirilen yüz yüze ve çevrim içi anket toplantıları ile Türkiye’de yürütülen K-AUS çalışmaları hakkında bilgiler derlenmiştir.

Yapılan anketlerde, yürütülen K-AUS çalışmalarının genellikle ürünleşme ve ticarileşme seviyesine geldiği gözlenmiş; ancak bu alanda ilerleme kaydedilebilmesi için gerçek ortam testlerine geçiş sürecinin hızlandırılması gerektiği görülmüştür. Bu bağlamda, test senaryolarının ve genel test hususlarının yer aldığı mevzuatların hazırlanması önem arz etmektedir. Bu mevzuatların UAB bünyesinde, birleştirici bir misyonu olan, ilgili tüm paydaşların iş birliğine, bilgi ve veri paylaşımına dayalı bir çatı kuruluş tarafından hazırlanması önerilmektedir.

Yapılan araştırmalarda, K-AUS alanındaki öncelikli konuların ve senaryoların büyük bir bölümünün trafik güvenliğini sağlamayı hedeflediği gözlenmiştir. Bu kapsamda değerlendirilen ve öncelikli görülen senaryolara örnek olarak yol çalışması uyarısı, ileride trafik sıkışıklığı olduğu uyarısı ve acil durum aracı yaklaşıyor uyarısı verilebilir. Güvenliği ön planda tutan K-AUS uygulamalarının Türkiye’de hayata geçirilmesi ile trafik kazalarının, yolcu ve sürücülerin emniyetini tehlikeye atan olayların önüne geçebilmesi mümkündür.

Yapılan literatür taraması, araştırmalar ve anket toplantıları ile elde edilen bilgiler ve görüşler kullanılarak Türkiye’de K-AUS’un yaygınlaştırılması için bu çalışma kapsamında GZFT analizi yapılmıştır. Bu analizler sonucunda, K-AUS’un Türkiye’de mevcut durumunun geliştirilmesi

amacıyla sunulan öneriler aşağıda özetlenmiş olup önerilen stratejik adımların atılması ile dünyada gelişmekte olan ve araştırmaların halihazırda devam ettiği K-AUS alanında, Türkiye'nin önemli bir oyuncu haline gelmesi mümkündür.

- Türkiye'de K-AUS alanında referans alınacak mevzuatın, UAB tarafından oluşturulacak bir çatı kuruluşun çalışmaları kapsamında hazırlanması ve kullanılacak standartların belirlenmesi. Bu çalışmaların tek bir çatı kuruluş öncülüğünde yürütülmesinin çeşitli avantajları olacaktır. Tüm paydaşların tek bir kuruluş ile muhatap olması, verilerin ve bilgilerin paylaşılması, izinlerin tek bir yerden alınması, zaman ve efor kaybının minimize edilmesi gibi kazanımlar elde edilebilecektir.
- Türkiye'nin doğu ve batı bölgeleri arasındaki sosyal, ekonomik, teknolojik ve altyapısal farklılıklar dolayısıyla K-AUS uygulamalarının ülke çapında yaygınlaşmasında zorluklar bulunduğu için altyapısal olarak yeterli seviyede olmayan doğu bölgelerinde, K-AUS dahilinde oluşacak taleplerin ve ihtiyaçların anketler, görüşmeler vb. yöntemlerle tespit edilmesi ve ilgili K-AUS gereksinimleri doğrultusunda çalışmaların hayata geçirilmesi.
- Hem geliştirme hem de saha testleri kapsamında kullanılması hedeflenen hızlı ve kesintisiz haberleşme altyapılarının yaygınlaştırılması. Bu doğrultuda, altyapının kapsadığı bölgeler ve bağlantı kalitelerinin analiz edilerek kesintisiz bir haberleşme altyapısının oluşturulabilmesi için bağlantı konusunda zayıf olan bölgelere yönelik çalışmaların yoğunlaştırılması.
- K-AUS alanındaki teknolojik gelişmeleri desteklemek ve bu alanda çalışmayı hedefleyen genç nüfusun beyin göçünü tersine çevirmek amacıyla teşviklerin artırılması.
- Tedarik zincirinde yaşanabilecek sorunların önüne geçmek amacıyla K-AUS bileşenlerinin yerli olarak seri üretimine başlanması. Atılacak bu adım hem ekonomik kazanım açısından hem de K-AUS uygulamalarının sağlam bir temele dayandırılabilmesi açısından önem arz etmektedir.
- K-AUS alanında kullanılan bileşenlerin işletim ve bakım maliyetlerinin oldukça yüksek olması nedeniyle yerli ve milli üretimi hızlandıracak ve zenginleştirecek teşvikler ile kullanılan donanımların ve yazılımların geliştirilmesi.
- K-AUS uygulamaları kapsamında yaşanacak olası bir sorunda (kaza, hatalı bilgi aktarımı, yaralanma vb.) sorumluların belirlenmesinde devreye girecek yasal düzenlemelerin ve mevzuatın oluşturulması. Bu çalışmalar, kapsamlı bir tarihsel verinin incelenmesi, farklı

disiplinlerden (hukukçular, polis, ulaştırma mühendisleri vb.) uzmanların bir arada bulunduğu bir çalışma grubunun oluşturulması ve yaşanan sorunların incelenmesi ile mümkün olacaktır. Geniş ve kapsamlı bir veri setine ihtiyaç olduğu için K-AUS özelinde testlerin kamuya kapalı alanlarda yapılması ve her türlü verinin depolanması, yaşanan sorunların kaydedilmesi büyük önem taşımaktadır. Elde edilen bilgi ve birikimin incelenmesi ve anlamlandırılması ile pilot bölgelerin sınırları genişletilebilir. Böylece adım adım ve sağlam bir zeminde yürütülen çalışmalarla ilerleme kaydedilebilir.

KAYNAKÇA

- Akar, A. (2017). *Araç İçi Ağlar İçin Makine Öğrenme Tabanlı Anomali Tespit Tekniği*. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=vbVkJXe1KChYWNElr1MuLZnuRoAr9ezj_Sur86nKvl6LHKfTNIRKH8luLN9wdgOxo
- Akkaya, S., Akbati, O., & Ergenc, A. F. (2021). Stability analysis of connected vehicles with V2V communication and time delays: CTCR method via Bézout's resultant. *Transactions of the Institute of Measurement and Control*, 43(8), 1802-1829. <https://doi.org/10.1177/0142331220981426>
- Akkaya, S., & Özbay, H. (2022). Otonom Araçların Akıllı Ulaşım Politikaları Üzerindeki Etkileri. *Journal of Intelligent Transportation Systems and Applications*, 5(2), 200-210. <https://doi.org/10.51513/JITSA.1160891>
- Aksoy, S. C. (2012). *Akıllı Ulaşım Sistemlerinde Kullanılacak Haberleşme Ağının Planlanması*. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=luKhhkKOHP2Bp9EB4QuEjQ&no=LQyCFxT1T8FsLw5hz2ENAw>
- alepo. (2021, Ekim 8). *5G and the future of cellular vehicle-to-everything (C-V2X) services*. <https://www.alepo.com/5g-core-enabled-cellular-vehicle-to-everything-c-v2x-services/>
- Al_sheikhly, M. I. (2020). *İç ve Dış Saldırlardan Müfreze Araç Güvenliği*. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=Av5aqpvUgEP6kKElkDzAg&no=PCWqHKQKi1CahUHT56wH-w>
- Aptiv. (2022, Temmuz 11). *What Is Vehicle-to-Grid?* <https://www.aptiv.com/en/insights/article/what-is-vehicle-to-grid>
- Arıkan, H. S. (2021). *5.9 GHz Bandında Hücreyel V2X Haberleşmesi için Kanal Ölçümü*. <http://www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/11655/25641/10426225.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arslan, S. (2017). *Doğrudan Görüş Hattı Olan/Olmayan Kavşaklarda V2V Haberleşme Saha Test Verileri ile Başarım Değerlendirmesi, Modellenmesi ve V2X Haberleşme HIL Benzetim Çalışmaları*. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=EYjE7jxtOaEdD9zqa60ZxA&no=587TxT7iwC10V-z7JIoNYA>
- Asselin-Miller, N., Biedka, M., Gibson, G., Kirsch, F., Hill, N., White, B., & Uddin, K. (2016). *Study on the Deployment of C-ITS in Europe: Final Report*. <https://unece.org/transport/documents/2021/03/standards/un-regulation-no-155-cyber-security-and-cyber-security>
- Ata, S., & Altunbas, I. (2018). STTC design for vehicular communication systems employing fixed-gain AF PLNC over cascaded fading channels. *IET Communications*, 12(11), 1283-1289. <https://doi.org/10.1049/IET-COM.2017.0702>

Ata, S. Ö., & Altunbaş, İ. (2015). Araçtan-Araca Fiziksel Katman Ağ Kodlamalı Sistem için Röle Anteni. *2015 23rd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*. <https://doi.org/10.1109/SIU.2015.7129958>

Avcı, İ., Özarpa, C., Özdemir, M., Kınacı, B. F., & Kara, S. A. (2022). Akıllı ulaşım araçlarında siber güvenlik ve çok katmanlı güvenlik önlemi. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*. <https://doi.org/10.51513/jitsa.1034370>

Başaran, İ. (2016). *Araç Tasarsız Ağlarda Veri Dağıtım Çerçevesi*. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=5QfrJXNmclxZ_N5w-DON7Q&no=1O2PMPaTUmmJReSoPgV4hQ

Bayrak, A. O. (2010). *Araç Ağlarında Güvenlik ve Mahremiyet*. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=CfCFCu-BUCOQFC9XtVaLVA&no=GsbJxNUeJdUsXV3cZ4ILYw>

BigTRI Bilişim A.Ş. (2023). *Long Life Power Platforms for Internet of Things*. <https://bigtri.net/project/3/>

Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu. (2019). *FREKANS TAHSİSİNDEN MUAF TELSİZ CİHAZ VE SİSTEMLERİNE İLİŞKİN TEKNİK ÖLÇÜTLER*. <https://www.btk.gov.tr/uploads/pages/slug/frekans-tahsisinden-muaf-telsiz-cihaz-ve-sistemlerine-ilis-kin-teknik-olc-u-ler-taslag-i.pdf>

Bozkaya, E. (2015). *Gelecek Nesil Araçlar Arası Haberleşme Ağlarında Bağlantı ve Güvenilirlik Modellemesi*. <https://polen.itu.edu.tr/items/35d98461-3ec0-4dfe-ba3b-a10ecd60cbbc>

Bulut, B. (2020, Ekim 5). Yüksek Hızlı Trenlerde Güvenlik Uygulamaları için 5G NR C-V2V. *2020 28th Signal Processing and Communications Applications Conference, SIU 2020 - Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/SIU49456.2020.9302510>

CAR 2 CAR Communication Consortium. (2020). *2020 Roadmap*. https://www.car-2-car.org/fileadmin/downloads/PDFs/roadmap/Roadmap_2020_figure.pdf

CAR 2 CAR Communication Consortium. (2023a). *About C-ITS*. <https://www.car-2-car.org/about-c-its>

CAR 2 CAR Communication Consortium. (2023b). *General Documents*. <https://www.car-2-car.org/documents/general-documents>

CCAM - European Partnership on Connected Cooperative and Automated Mobility. (2023). *What is CCAM?* <https://www.ccam.eu/>

CITS. (2023). *5G (Next-Generation Communication)*. <https://www.cits.com.tr/en/blog/5g-next-generation-communication-4>

Cooperative Urban Mobility Portal. (2021a). *Emergency Brake Light (EBL)*. <https://co-ump.eu/portal/emergency-brake-light/>

Cooperative Urban Mobility Portal. (2021b). *Probe Vehicle Data (PVD)*. <https://co-ump.eu/pvd/>

Cooperative Urban Mobility Portal. (2021c). *Why C-ITS?*. <https://co-ump.eu/why-c-its/>

- CORDIS | European Commission. (2023a). *Co-operative networks for intelligent road safety | COOPERS Project* . <https://cordis.europa.eu/project/id/026814>
- CORDIS | European Commission. (2023b). *Cooperative systems for road safety “Smart Vehicles on Smart Roads” | SAFESPOT Project* . <https://cordis.europa.eu/project/id/026963>
- CORDIS | European Commission. (2023c). *Co-operative Vehicle-Infrastructure Systems | CVIS Project*. <https://cordis.europa.eu/project/id/027293>
- C-ROADS. (2021). *An overview of harmonised C-ITS deployment in Europe*. https://www.c-roads.eu/fileadmin/user_upload/media/Dokumente/C-Roads_Brochure_2021_final_2.pdf
- C-ROADS. (2023). *Documents*. <https://www.c-roads.eu/platform/documents.html>
- C-Roads. (2023). *Objectives*. <https://www.c-roads.eu/platform/objectives.html>
- C-ROADS Germany. (2023a). *CONNECTED & COOPERATIVE NAVIGATION IN AND OUT OF THE CITY* - . <https://www.c-roads-germany.de/english/c-its-services/route-advice/>
- C-ROADS Germany. (2023b). *Road Works Warning*. <https://www.c-roads-germany.de/english/c-its-services/rww/>
- C-ROADS Germany. (2023c). *Shockwave Damping*. <https://www.c-roads-germany.de/english/c-its-services/swd/>
- C-ROADS Germany. (2023d). *Slow or Stationary Vehicle Warning*. <https://www.c-roads-germany.de/english/c-its-services/ssvw/>
- C-ROADS Germany. (2023e). *Traffic Jam Ahead Warning*. <https://www.c-roads-germany.de/english/c-its-services/tjw/>
- Çetinkaya, K. (2015). *Akıllı Ulaşım Sistemleri için Genel ve Genişletilebilir bir Sistem Mimarisi*. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=sVa6l9Bo2C1CS4Yqn4T2lw&no=nT7Lw7VycgKOYMXBekFDYA>
- El Atigh, H., & Bayram Özer, Z. (2021). Traffic violation detection systems : A survey. 2. *Uluslararası Akıllı Ulaşım Sistemleri Konferansı*. https://www.researchgate.net/publication/356865181_Traffic_violation_detection_systems_A_survey
- Elma, O., Cali, U., & Kuzlu, M. (2022). An overview of bidirectional electric vehicles charging system as a Vehicle to Anything (V2X) under Cyber–Physical Power System (CPPS). *Energy Reports*, 8, 25-32. <https://doi.org/10.1016/J.EGYR.2022.10.008>
- Erceylan, G., & Akcayol, M. A. (2022). Türkiye’de Bağlantılı Araç Teknolojisinin Gelişimi. *European Journal of Science and Technology Special Issue*, 37, 139-146. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1136901>
- Ersoy, P., & Börühan, G. (2015). Intelligent Transportation Systems and Their Applications in Road Transportation Industry in Turkey. *12th International Conference on Logistics & Sustainable Transport*. https://www.researchgate.net/publication/284284887_Intelligent_Transportation_Systems_and_Their_Applications_in_Road_Transportation_Industry_in_Turkey

European Commission. (2023). *C-ITS Documents*. <https://ec.europa.eu/search/?QueryText=c-its>

European Council. (2022). *Clean and sustainable mobility for a climate-neutral*. <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/clean-and-sustainable-mobility/>

European Telecommunications Standards Institute (ETSI). (2009). *ES 202 663 V1.1.0 (2009-11)*. https://www.etsi.org/deliver/etsi_es/202600_202699/202663/01.01.00_50/es_202663v010100m.pdf

European Telecommunications Standards Institute (ETSI). (2010). *ETSI EN 302 665 - V1.1.1. İçinde Intelligent Transport Systems (ITS); Communications Architecture*. https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302600_302699/302665/01.01.01_60/en_302665v010101p.pdf

European Telecommunications Standards Institute (ETSI). (2011a). *TS 102 636-5-1 - V1.1.1 - Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; GeoNetworking; Part 5: Transport Protocols; Subpart 1: Basic Transport Protocol*.

European Telecommunications Standards Institute (ETSI). (2011b). *TS 102 636-6-1 - V1.1.1 - Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; GeoNetworking; Part 6: Internet Integration; Subpart 1: Transmission of IPv6 Packets over GeoNetworking Protocols*.

European Telecommunications Standards Institute (ETSI). (2012). *TS 102 942 V1.1.1 (2012-06) Intelligent Transport Systems (ITS); Security; Access Control*. https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102900_102999/102942/01.01.01_60/ts_102942v010101p.pdf

European Telecommunications Standards Institute (ETSI). (2013). *TS 102 894-1 V1.1.1 (2013-08). Intelligent Transport Systems (ITS); Users and applications requirements; Part 1: Facility layer structure, functional requirements and specifications*. https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102800_102899/10289401/01.01.01_60/ts_10289401v010101p.pdf

European Telecommunications Standards Institute (ETSI). (2014). *TS 102 894-2 - V1.2.1 Intelligent Transport Systems (ITS); Users and applications requirements; Part 2: Applications and facilities layer common data dictionary*. https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102800_102899/10289402/01.02.01_60/ts_10289402v010201p.pdf

European Telecommunications Standards Institute (ETSI). (2017a). *EN 302 571 - V2.1.1 - Intelligent Transport Systems (ITS); Radiocommunications equipment operating in the 5 855 MHz to 5 925 MHz frequency band; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.2 of Directive 2014/53/EU*. <https://portal.etsi.org/TB/ETSIDeliverableStatus.aspx>

European Telecommunications Standards Institute (ETSI). (2017b). *EN 303 413 - V1.1.1 - Satellite Earth Stations and Systems (SES); Global Navigation Satellite System (GNSS) receivers; Radio equipment operating in the 1 164 MHz to 1 300 MHz and 1 559 MHz to 1 610 MHz frequency bands; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.2 of Directive 2014/53/EU*.

European Telecommunications Standards Institute (ETSI). (2017c, Haziran 8). *EN 302 571 V2.1.1 (2017-02) Intelligent Transport Systems (ITS); Radiocommunications equipment operating in the 5 855 MHz to 5 925 MHz frequency band; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.2 of*

Directive 2014/53/EU. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/etsi/be9a4621-721d-4158-bef5-7ab81067a33e/etsi-en-302-571-v2-1-1-2017-02>

European Telecommunications Standards Institute (ETSI). (2019a). *EN 301 489-1 - V2.2.3 - ElectroMagnetic Compatibility (EMC) standard for radio equipment and services; Part 1: Common technical requirements; Harmonised Standard for ElectroMagnetic Compatibility.*

European Telecommunications Standards Institute (ETSI). (2019b). *EN 301 908-13 - V13.0.1 - IMT cellular networks; Harmonised Standard for access to radio spectrum; Part 13: Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) User Equipment (UE).* <https://portal.etsi.org/TB/ETSIDeliverableStatus.aspx>

European Telecommunications Standards Institute (ETSI). (2019c, Nisan 1). *EN 302 637-2 Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 2: Specification of Cooperative Awareness Basic Service.* <https://standards.globalspec.com/std/13271189/EN%20302%20637-2>

European Telecommunications Standards Institute (ETSI). (2019d, Nisan 2). *EN 302 637-3 VI.2.1 (2019-04) Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 3: Specifications of Decentralized Environmental Notification Basic Service.* <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/etsi/37b8ef26-95b8-40aa-9ce8-9890a7edc4bd/etsi-en-302-637-3-v1-3-1-2019-04>

European Telecommunications Standards Institute (ETSI). (2020a). *TS 102 636-4-2 - VI.2.1 - Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; GeoNetworking; Part 4: Geographical addressing and forwarding for point-to-point and point-to-multipoint communications; Sub-part 2: Media-dependent functionalities for ITS-G5.*

European Telecommunications Standards Institute (ETSI). (2020b). *TS 136 101 V16.7.0 (2020-12) LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception (3GPP TS 36.101 version 16.7.0 Release 16).* https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/136100_136199/136101/16.07.00_60/ts_136101v160700p.pdf

European Telecommunications Standards Institute (ETSI). (2021a). *EN 301 908-1 - V15.0.1 - IMT cellular networks; Harmonised Standard for access to radio spectrum; Part 1: Introduction and common requirements Release 15.* <https://portal.etsi.org/TB/ETSIDeliverableStatus.aspx>

European Telecommunications Standards Institute (ETSI). (2021b). *TS 102 941 - VI.4.1 Intelligent Transport Systems (ITS); Security; Trust and Privacy Management.* https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102900_102999/102941/01.04.01_60/ts_102941v010401p.pdf

European Telecommunications Standards Institute (ETSI). (2021c). *TS 103 701 - VI.1.1 European Telecommunications Standards Institute (ETSI) CYBER; Cyber Security for Consumer Internet of Things: Conformance Assessment of Baseline Requirements.* https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/103700_103799/103701/01.01.01_60/ts_103701v010101p.pdf

European Transport Safety Council. (2017). *BRIEFING Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS).* <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52016DC0766&from=EN>

European Union Law. (2021a). *EUR-Lex* - 32021R0535 - EN - *EUR-Lex*. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2021/535/oj

European Union Law. (2021b). *EUR-Lex* - 32021R1341 - EN - *EUR-Lex*. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2021/1341/oj

European Union Law. (2021c). *EUR-Lex* - 32021R1958 - EN - *EUR-Lex*. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2021/1958/oj

Foreks. (2022, Mayıs 13). *Turkcell'in koridor liderliğindeki AB Ar-Ge Projesi tamamlandı*. <https://foreks.com/haber/detay/627e1b0446e0fb00013de8a8/FRKS/tr/turkcellin-koridor-liderligindeki-ab-ar-ge-projesi-tamamlandi>

Göl, M. (2013). *Asfalttaki Zeka*. https://www.researchgate.net/publication/303722204_Asfalttaki_Zeka

Göncü, S. (2017). *Ulaştırma Sektörünün Çevre Üzerine Etkisi*. [https://etonet.org.tr/uploads/bolgelesektorel/117-](https://etonet.org.tr/uploads/bolgelesektorel/117-201704/G%C3%96R%C3%9C%C5%9E/Ula%C5%9Ft%C4%B1rma%20Sekt%C3%B6r%C3%BCn%C3%BCn%20%C3%87evre%20%C3%9Czerine%20Etkisi-Serdar%20G%C3%96NC%C3%9C.pdf)

[201704/G%C3%96R%C3%9C%C5%9E/Ula%C5%9Ft%C4%B1rma%20Sekt%C3%B6r%C3%BCn%C3%BCn%20%C3%87evre%20%C3%9Czerine%20Etkisi-Serdar%20G%C3%96NC%C3%9C.pdf](https://etonet.org.tr/uploads/bolgelesektorel/117-201704/G%C3%96R%C3%9C%C5%9E/Ula%C5%9Ft%C4%B1rma%20Sekt%C3%B6r%C3%BCn%C3%BCn%20%C3%87evre%20%C3%9Czerine%20Etkisi-Serdar%20G%C3%96NC%C3%9C.pdf)

GSMA. (2023). *Narrowband – Internet of Things (NB-IoT) | Internet of Things*. <https://www.gsma.com/iot/narrow-band-internet-of-things-nb-iot/>

GTT Wireless. (2021). *DSRC vs C-V2X: Comparing the Connected Vehicles Technologies* - . <https://www.gttwireless.com/dsrc-vs-c-v2x-comparing-the-connected-vehicles-technologies/>

Hamza, O. S. (2021). *Yol Kenarı Ünitesi Kullanılarak AD-HOC Tabanlı Gezgin Araç Performansının İyileştirilmesi*. <https://acikerisim.aksaray.edu.tr/xmlui/handle/20.500.12451/8740>

Hasan, M., Mohan, S., Shimizu, T., & Lu, H. (2020). Securing Vehicle-to-Everything (V2X) Communication Platforms. *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*, 5(4), 693-713. <https://doi.org/10.1109/TIV.2020.2987430>

Haseeb, A. A. M. (2017). *Otonom Araçların Emniyetli ve Verimli Şerit Değişikliklerine Yönelik Optimal Kontrol Problemleri*. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=ijX72oINWsB5YzWxbrxbuA&no=3JfkYRE3lx a9IPEwVier0w>

IEEE Standards Association. (2012). *IEEE SA - IEEE 802.11-2012*. <https://standards.ieee.org/ieee/802.11/4523/>

İlhan, H., Altunbaş, İ., & Uysal, M. (2008). Röle Destekli Taşıttan Taşıta İşbirlikli İletişimin Performans Analizi ve Optimizasyonu. *2008 IEEE 16th Signal Processing, Communication and Applications Conference*. <https://doi.org/10.1109/SIU.2008.4632593>

İlhan, H., Uysal, M., & Altunbaş, İ. (2009). Araçlar Arası İletişim için İşbirliğine Dayalı Çeşitlilik: Performans Analizi ve Optimizasyon. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 58(7), 3301-3310. <https://doi.org/10.1109/TVT.2009.2014685>

International Electrotechnical Commission. (2020). *EN IEC 62368-1:2020 | Audio/video, information and communication technology equipment. Part 1, Safety requirements.* <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/clc/2497c02d-66b2-4d75-bbbc-10c7c3efe6b6/en-iec-62368-1-2020>

International Electrotechnical Commission. (2022a, Ekim 19). *IEC 62196-2:2022.* <https://webstore.iec.ch/publication/64364>

International Electrotechnical Commission. (2022b, Ekim 19). *IEC 62196-3:2022.* <https://webstore.iec.ch/publication/59923>

International Organization for Standardization (ISO). (2011a). *ISO - ISO 8855:2011 - Road vehicles — Vehicle dynamics and road-holding ability — Vocabulary.* <https://www.iso.org/standard/51180.html>

International Organization for Standardization (ISO). (2011b). *ISO - ISO 26262-1:2011 - Road vehicles — Functional safety — Part 1: Vocabulary.* <https://www.iso.org/standard/43464.html>

International Organization for Standardization (ISO). (2015). *ISO - ISO 11898-1:2015 - Road vehicles — Controller area network (CAN) — Part 1: Data link layer and physical signalling.* <https://www.iso.org/standard/63648.html>

International Organization for Standardization (ISO). (2016). *ISO - ISO 15765-2:2016 - Road vehicles — Diagnostic communication over Controller Area Network (DoCAN) — Part 2: Transport protocol and network layer services.* <https://www.iso.org/standard/66574.html>

International Organization for Standardization (ISO). (2019, Haziran). *ISO/TS 19091:2019 - Intelligent transport systems — Cooperative ITS — Using V2I and I2V communications for applications related to signalized intersections.* <https://www.iso.org/standard/73781.html>

International Organization for Standardization (ISO). (2020a). *Cooperative intelligent transport systems (C-ITS) Guidelines on the usage of standards.* International Organization for Standardization (ISO). (2020e). *Cooperative intelligent transport systems (C-ITS) Guidelines on the usage of standards.* <https://www.itsstandards.eu/app/uploads/sites/14/2020/10/C-ITS-Brochure-2020-FINAL.pdf>

International Organization for Standardization (ISO). (2020b). *ISO - ISO 14229-1:2020 - Road vehicles — Unified diagnostic services (UDS) — Part 1: Application layer.* <https://www.iso.org/standard/72439.html>

International Organization for Standardization (ISO). (2020c, Temmuz). *ISO - ISO 4926:2020 - Road vehicles — Hydraulic braking systems — Non-petroleum-based reference fluid.* <https://www.iso.org/standard/79099.html>

International Organization for Standardization (ISO). (2021). *ISO - ISO/SAE 21434:2021 - Road vehicles — Cybersecurity engineering.* <https://www.iso.org/standard/70918.html>

International Organization for Standardization (ISO). (2023a). *ISO 16750-3:2012 - Road vehicles — Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment — Part 3: Mechanical loads.* <https://www.iso.org/standard/77579.html>

International Organization for Standardization (ISO). (2023b). *ISO 16750-4:2010 - Road vehicles — Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment — Part 4: Climatic loads*. <https://www.iso.org/standard/77580.html>

International Telecommunication Union (ITU). (2023). *About ITU*. <https://www.itu.int/en/about/Pages/default.aspx>

IR. (2023). *Packet Loss Explained - Causes and Best Solutions* . <https://www.ir.com/guides/what-is-network-packet-loss>

ISEMAG. (2021, Aralık 2). *Cellular-Vehicle-to-Everything (C-V2X)* . <https://www.isemag.com/5g-6g-and-fixed-wireless-access-mobile-evolution/article/14266388/cellularvehicletoeverything-cv2x>

IT Governance. (2022). *What is ISO/IEC 27001? | Implement, Certify & Comply*. <https://www.itgovernance.co.uk/iso27001>

Juniper Networks US. (2023). *What is multi-access edge computing?* <https://www.juniper.net/us/en/research-topics/what-is-multi-access-edge-computing.html>

Kara, B. (2019). *Taşıt Ağları için Yol Kenarı Ünitesi Yerleştirme Uygulaması*. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=4J_FzTwrMCH4qBR0pXPHxEnR464fKXSxjLvZV99ifjk977jAEjCLjogB9eDZKYh

Karaahmetoğlu, R. (2011). *GCDC 2011 Yarı Otonom Kooperatif Adaptif Sürüş Yarış Aracının Tasarımı*. <https://polen.itu.edu.tr/items/2a062447-adfa-4b72-9fc8-acdb46b8f9a5>

Karabay, D. (2015). *Arkadan Çarpmalı Kazaların V2V ile Önlenmesi Üzerine Sistem Önerisi*. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=cbOXH84ZayrLjc0tI-QXKk8BNuKCGQd7kMde5iIXGGIk5Nvk-mo80MagvkYNyFWG>

Kayış, Ö. (2008). *Araçlar Arası Haberleşme için Küme Yapısı Tasarımı*. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=6SffMm0dcgqe_JeLIGuS_Q&no=HAOTatIGEJBm2j2wqzmz6_A

Kaytaz, U., Sivrikaya, F., & Albayrak, S. (2021). Hierarchical Deep Reinforcement Learning based Dynamic RAN Slicing for 5G V2X. *2021 IEEE Global Communications Conference, GLOBECOM 2021 - Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/GLOBECOM46510.2021.9685588>

Klinedinst, D. (2016, Ağustos 20). *On Board Diagnostics: Risks and Vulnerabilities of the Connected Vehicle*. <https://insights.sei.cmu.edu/blog/board-diagnostics-risks-and-vulnerabilities-connected-vehicle/>

Kocakaya, K., & Engin, T. (2020). *22@Barcelona projesi analizi; Bandırma ölçeğinde uygulanabilirliği*. <https://dergipark.org.tr/pub/jitsa/issue/53369/717087>

Kotsi, A., Mitsakis, E., & Tzani, D. (2020). Overview of C-ITS Deployment Projects in Europe and USA. *2020 IEEE 23rd International Conference on Intelligent Transportation Systems, ITSC 2020*. <https://doi.org/10.1109/ITSC45102.2020.9294441>

Koyuncu, A. Ş. (2018). *Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemleri Avrupa Stratejisinin İncelenmesi ve Türkiye Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Stratejisi İçin Öneriler*. <https://hgm.uab.gov.tr/uploads/pages/akilli-ulasim-sistemler-aus/ahmet-senol-koyuncu-kooperatif-akilli-ulasim-sistemleri-avrupa-stratejisinin-incelemesi-ve-turkiye-ulusal-akilli-ulasim-sistemleri-stratejisi-icin-oneriler.pdf>

Kuzulugil, K. (2021). *Araçlar-arası (V2V) Haberleşme Kanalınnın Ölçülmesi ve Modellenmesi*. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=8tbPippmWV_b-Irrn9YEApg3vOcJ1d6VBcYhLURuzIeuZeWvYXppiYbZI7FP-RUS

Kuzulugil, K., Tuğcu, Z. H., & Cavdar, İ. H. (2018). *V2V İletişim Kanallarına Binaların, Araç Sayılarının ve Yol Tiplerinin Etkisi*. https://www.researchgate.net/publication/324862568_The_Effect_of_Buildings_Number_of_Vehicles_and_Road_Types_on_Vehicle_to_Vehicle_V2V_Communication_Channel

Lin, C.-W., & Sangiovanni-Vincentelli, A. (2012). *Cyber-Security for the Controller Area Network (CAN) Communication Protocol*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/6542519>

Lu, M., Türetken, O., Mitsakis, E., Blokpoel, R., Gilsing, R. A. M., Grefen, P. W. P. J., & Kotsi, A. (2018). *Cooperative and Connected Intelligent Transport Systems for Sustainable European Road Transport*. https://pure.tue.nl/ws/portalfiles/portal/96727188/TRA_2018_C_MobILE_v03.pdf

Marmara Üniversitesi Akademik Veri Yönetim Sistemi. (2023). *BRIGHTER: Breakthrough in micro-bolometer imaging*. <https://avesis.marmara.edu.tr/proje/baf6e8ce-6f0d-48be-b0c4-ebd387014f63/brighter-breakthrough-in-micro-bolometer-imaging>

Masek, P., Stusek, M., Zeman, K., Drapela, R., Ometov, A., & Hosek, J. (2019). Implementation of 3GPP LTE Cat-M1 Technology in NS-3: System Simulation and Performance. *International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops, 2019-October*. <https://doi.org/10.1109/ICUMT48472.2019.8970869>

Ministry of Land Infrastructure and Transport, & Korea Expressway Cooperation. (2023). *About C-ITS*. <https://www.c-its.kr/english/introduction.do>

Muratoğlu, O. (2020). *Akıllı Araçlar için Bulanık Mantık Temelli Siber Güvenlik Risk Modeli*. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=Eb5EkakJlp3olBdo_wNEGRVodPT8Xa1CMdhpRAAtZlyGy-MnimkVCH2rYsgCEcnb5

NHTSA | National Highway Traffic Safety Administration. (2023). *Vehicle-to-Vehicle Communication*. <https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/vehicle-vehicle-communication>

Nur Avcil, M., & Soyuturk, M. (2019). *Performance Evaluation of V2X Communications and Services in Cellular Network with a Realistic Simulation Environment*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8965610>

Obaida, A. (2020). *Highways traffic safety enhancement using mobile vehicles as RSU*. <https://openaccess.altinbas.edu.tr/xmlui/handle/20.500.12939/2518>

Odak Arge Merkezi. (2023). *What is DSRC?* <https://www.odakarge.com/en/what-is-dscr.html>

Office of Communications (Ofcom). (2023). *Ofcom at CEPT (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations) and at ECC (Electronic Communications Committee) - Ofcom*. <https://www.ofcom.org.uk/about-ofcom/international/spectrum/cept>

Okul, Ş., Muratoğlu, O., Aydın, M. A., & Bilge, H. Ş. (2018). *Security Attacks in V2V Communication*. https://www.researchgate.net/publication/332247661_SECURITY_ATTACKS_IN_V2V_COMMUNICATION

ÖZGÜNER, Ümit, & Redmill, K. (2008). Sensing, Control, and System Integration for Autonomous Vehicles: A Series of Challenges. *SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration*, 1(2), 129–136. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.9746/jcmsi.1.129>

Özdemir, Ö. (2017). *Araç-Araç Haberleşmesi için Veri Link Tasarımı*. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=q3-d9QtLoVA2OMExHskJpTWk7-jiL-q3Qd1xbrnEhB76ZMwRA_-p6KeIXug7uWcK

Özdemir, Ö., Kılıç, İ., Yazıcı, A., & Özkan, K. (2016). Araçlar Arası İletişim için V2V Sistem Modülü. *Applied Mechanics and Materials*, 850, 16-22. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.850.16>

Özdenizci Köse, B. (2021). Akıllı Ulaşımında İletişimin Geliştirilmesi için Blockchain Teknolojisinin Benimsenmesi. *European Journal of Science and Technology*. <https://doi.org/10.31590/ejosat.823102>

Péter, Dr. G., Zsolt, Dr. S., & Szilárd, A. (2014). Chapter 9. Vehicle to Infrastructure interaction (V2I). İçinde BME MOGI (Ed.), *Highly Automated Vehicle Systems* (BME MOGI). https://www.mogi.bme.hu/TAMOP/jarmurendszerek_iranyitasa_angol/math-ch09.html

Robinson, R., & Dion, F. (2013). *Multipath SPAT Broadcast Project Project Final Report*. <https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/97024/102940.pdf>

Sağlam, H. B. (2017). *Otoyollarda Şerit Değişim Analizi: Şerit İstikrarı, Süriş Güvenliği ve Konforu*. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=vbVkXe1KChYWNELr1MuLZmIaySyplKkvsAubKmKJGxOCdo3eNjsYC2PsjKjVtZzq>

Saleem, F., & Nodes, S. (2008). *Arizona Emergency VII (E-VII) Program Overview and Focus Areas The Arizona E-VII Initiative is Underway*. <https://trid.trb.org/view/897716>

Salman, M. A., Ozdemir, S., & Celebi, F. V. (2017a). Fuzzy logic based traffic surveillance system using cooperative V2X protocols with low penetration rate. *2017 International Symposium on Networks, Computers and Communications, ISNCC 2017*. <https://doi.org/10.1109/ISNCC.2017.8071997>

Salman, M. A., Ozdemir, S., & Celebi, F. V. (2017b). Traffic Delay Estimation With V2X Communication For An Isolated Intersection. *2017 International Symposium on Networks, Computers and Communications, ISNCC 2017*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8308174>

Sarıtaş, Ö. F. (2014). *Tasarsız Araçsal Ağlarda Hareketliliğin Etkisi*. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=gyLHMouPes-CvnhRcjQsKbTAc_iEVRff99iNnqdR3vmcWz3BmeM1yGS_1HHfc8N0

Society of Automobile Engineers. (2009). *J2735_200911: Dedicated Short Range Communications (DSRC) Message Set Dictionary™* - SAE International. https://www.sae.org/standards/content/j2735_200911/

Society of Automobile Engineers. (2023). *SAE J1939 Standards Collection*. https://www.sae.org/publications/collections/content/j1939_dl/

Stevanovic, A., Stevanovic, J., & Kergaye, C. (2013). Green Light Optimized Speed Advisory Systems. <https://doi.org/10.3141/2390-06>, 2390(2390), 53-59. <https://doi.org/10.3141/2390-06>

SWARCO. (2023). *C-ITS – an overview* . <https://www.swarco.com/stories/c-its-overview>

T.C. Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Başkanlığı. (2021). *2021-2023 Karayolu Trafik Güvenliği Eylem Planı*. http://www.trafik.gov.tr/kurumlar/trafik.gov.tr/01-Haberler/03-2021/2021_2023-Karayolu-Trafik-Guvenligi-Eylem-Plani.pdf

TechTarget. (2023). *What is Cellular Vehicle to Everything (C-V2X)?* <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/Cellular-Vehicle-to-Everything-C-V2X>

Tektas, M., & Doğan, S. (2021). Blok Zincir ve Akıllı Ulaşım Sistemlerinde Uygulama Alanları. 2. *Uluslararası Akıllı Ulaşım Sistemleri Konferansı*. https://www.researchgate.net/publication/356064072_Blok_Zincir_ve_Akilli_Ulasim_Sistemlerinde_Uygulama_Alanlari

Thales Group. (2023). *V2X or Vehicle-to-Everything*. <https://www.thalesgroup.com/en/markets/digital-identity-and-security/iot/industries/automotive/use-cases/v2x>

The Electronic Communications Committee. (2011). *All About Our Organization*. https://cept.org/files/18450/ECC_Leaflet_v4-4%20April%202022rev1.pdf

Tokody, D., Mezei, I. J., & Schuster, G. (2019). Otomotiv Sektöründe Nesnelerin İnterneti Uygulamaları Üzerine Bir Derleme. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 2(2), 66-72. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/bsengineering/issue/43703/505655>

Tomlinson, A. J. (2019). *Detecting Cyber Attacks on the Automotive Controller Area Network*. https://pure.coventry.ac.uk/ws/portalfiles/portal/37618582/Andrew_Tomlinson_PhD_Pure.pdf

TÜİK Kurumsal. (2022, Mayıs 18). *Karayolu Trafik Kaza İstatistikleri, 2021*. TÜİK Kurumsal. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Karayolu-Trafik-Kaza-Istatistikleri-2021-45658>

Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2022). *Akıllı Ulaşım Sistemleri Terimler Sözlüğü*. <https://hgm.uab.gov.tr/uploads/pages/akilli-ulasim-sistemleri-aus/aus-terimler-sozlugu.pdf>

Türkiye İstatistik Kurumu. (2020, Ocak 30). *Motorlu Kara Taşıtları, Aralık 2019*. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-%20Kara-Tasitlari-Aralik-2019-33648>

Türkiye İstatistik Kurumu. (2022, Ocak 26). *Motorlu Kara Taşıtları, Aralık 2021*. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara-Tasitlari-Aralik-2021-45703>

United Nations Economic Commission for Europe. (2016, Temmuz 11). *UN Regulation No. 39-01*. <https://www.interregs.com/catalogue/details/ece-3901/regulation-no-39-01/speedometers-and-odometers/?ref=ece-n-01>

United Nations Economic Commission for Europe. (2020a). *UN Regulation No. 142-01 Proposal*. <https://unece.org/sites/default/files/2023-02/R142r1am1e.pdf>

United Nations Economic Commission for Europe. (2020b). *UN Regulation No. 151-00*. <https://unece.org/sites/default/files/2021-08/R151e.pdf>

United Nations Economic Commission for Europe. (2020c). *UN Regulation No. 48-07*. <https://www.interregs.com/catalogue/details/ece-4807/regulation-no-48-07/lighting-and-light-signalling-installation/>

United Nations Economic Commission for Europe. (2021a). *UN Regulation No. 10 - Rev.6 - Amend.1*. <https://unece.org/transport/documents/2021/05/standards/un-regulation-no-10-rev6-amend1>

United Nations Economic Commission for Europe. (2021b). *UN Regulation No. 141-01 Proposal*. <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2017/R141e.pdf>

United Nations Economic Commission for Europe. (2021c). *UN Regulation No. 155 - Cyber security and cyber security management system | UNECE*. <https://unece.org/transport/documents/2021/03/standards/un-regulation-no-155-cyber-security-and-cyber-security>

United Nations Economic Commission for Europe. (2021d). *UN Regulation No. 156 - Software update and software update management system | UNECE*. <https://unece.org/transport/documents/2021/03/standards/un-regulation-no-156-software-update-and-software-update>

United Nations Economic Commission for Europe. (2021e). *UN Regulation No. 158 - Devices for means of rear visibility or detection | UNECE*. <https://unece.org/transport/documents/2021/07/standards/un-regulation-no-158-devices-means-rear-visibility-or-0>

United Nations Economic Commission for Europe. (2021f). *UN Regulation No. 159-00. International Regulations*. <https://unece.org/sites/default/files/2021-12/R159e.pdf>

United Nations Economic Commission for Europe. (2023a). *UN Regulation No. 160 - Event Data Recorder (EDR) | UNECE*. <https://unece.org/transport/documents/2021/10/standards/un-regulation-no-160-event-data-recorder-edr>

United Nations Economic Commission for Europe. (2023b). *UNECE Regulations*. https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/automotive-industry/legislation/unece-regulations_en

United States Department of Transportation. (2023). *In-Vehicle Signage*. <https://www.arc-it.net/html/servicepackages/sp115.html>

V2 Cloud. (2022). *IPv6 Definition*. <https://v2cloud.com/glossary/internet-protocol-version6-definition>

Vehicle to Vehicle (V2V) Connectivity. (2020, Kasım 4). <https://www.github.org/infrastructure-technology-use-cases/case-studies/vehicle-to-vehicle-v2v-connectivity/>

VeNIT. (2023a). *BEYOND5 - Building the fully European supply chain on RFSOI, enabling New RF Domains for Sensing, Communication, 5G and beyond (H2020)*. <https://www.venit.org/projects/30/>

VeNIT. (2023b). *InSecTT - Intelligent Secure Trustable Things (H2020)*. <https://www.venit.org/projects/29/>

Williams, B. (2011). INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS. İçinde *SUSTAINABLE BUILT ENVIRONMENT - Vol. II*. <http://www.eolss.net/sample-chapters/c15/e1-32-08-05.pdf>

EK-A. Anket Soru Seti

SORU SETİ			
ANKET SORU SETİ	1	1.0	Kurumunuzda K-AUS alanında yapılan araştırmalar, çalışmalar, saha uygulamaları var mı?
	2	2.1	K-AUS donanımları nelerdir?
		2.2	Bu donanımların kullanıldıkları projelerdeki işlevleri ve kullanım amaçları nedir?
		2.3	Bu donanımlarda hangi K-AUS standartları kullanılıyor?
		2.4	Bu donanımlarda kullanılan yazılımlar nelerdir?
		2.5	Bu donanımların birbiri ile ve yol kenarı altyapısı ile iletişiminde kullanılan haberleşme ve veri iletişimi protokolleri nelerdir?
		2.6	Bu sistemlerin kullanımı ile elde edilen kazanımlar nelerdir?
	3	3.0	K-AUS saha uygulamalarınızda V2I, V2V, V2X vb. haberleşme teknolojilerinden yararlanmakta mısınız?
	4	4.0	K-AUS uygulamalarınızda; sürücülere güvenlik koşullarına dair bilgi aktarımının zamanında ve güvenilir yapılabilmesi için nasıl bir süreç izliyorsunuz?
	5	5.0	K-AUS alanındaki yetkinlikleriniz nelerdir?
	6	6.0	K-AUS sistemlerini kullanırken ihtiyaç duyulacağını düşündüğünüz hizmetler nelerdir?
	7	7.0	Kurumunuzca hazırlanan rapor, mevzuat, strateji ve/veya politika belgelerinde K-AUS ile ilgili hususlar yer almakta mıdır?
	8	8.0	Yapmış olduğunuz K-AUS çalışmalarında göz önünde bulundurduğunuz ulusal-uluslararası raporlar, mevzuatlar, stratejiler ve politika belgeleri nelerdir?
	9	9.0	K-AUS alanında kullanılmak üzere geliştirilmiş, literatüre sizin tarafınızdan kazandırılan ve/veya katma değere sahip ürünleriniz var mı?
		9.1	Söz konusu ürün ne zaman geliştirildi?
		9.2	Söz konusu ürün ne için geliştirildi?
9.3		Söz konusu ürünün kullanımı ile elde edilen kazanımlar nelerdir?	
10	10.0	K-AUS'un ülkemizde yaygınlaştırılması kapsamında, güçlü/zayıf yönler ve dış vreten kaynaklanan fırsatlar ve tehditler ile ilgili görüşleriniz nelerdir?	



K-AUS TÜRKİYE MEVCUT DURUM ANALİZ RAPORU

