



# COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

## Akıllı Şehir Rehberlik Uygulamaları Projesi

### TOPLU TAŞIMA ARAÇ İÇİ KONTROL SİSTEMLERİ

### UYGULAMASI

### AKILLI ŞEHİR UYGULAMA REHBERLİK KILAVUZU

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı © 2024

Tüm hakları saklıdır. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın izni olmadan bu belgenin hiçbir kısmı elektronik ya da mekanik yollarla (fotokopi, kayıtların ya da bilgilerin arşivlenmesi, vs.) çoğaltılamaz.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı © 2024

# TOPLU TAŞIMA ARAÇ İÇİ KONTROL SİSTEMLERİ

## UYGULAMASI

Bu kılavuz, akıllı şehir uygulamalarından olan “Toplu Taşıma Araç İçi Kontrol Sistemleri Uygulaması” yapmak isteyen kurum ve kuruluşlara, projenin geliştirme ve uygulama aşamalarında destekleyici rehber doküman olması amacıyla hazırlanmıştır.

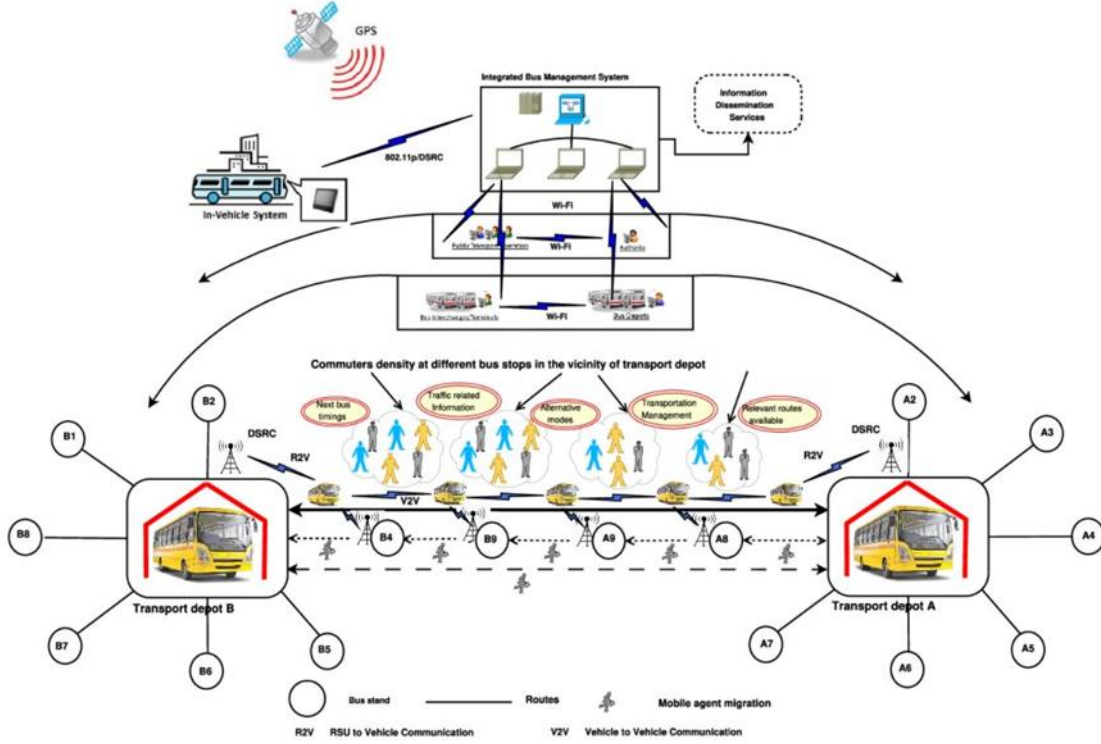
Kılavuzda uygulamaya yönelik bir vaka üzerinden aşamalı ve detaylı olarak açıklama yapılmıştır.

Rehberlik kılavuzu ile uygulamanın projelendirilmesine ve fizibilite çalışmalarının yapılmasına destek olunması hedeflenmektedir.

### 1. Uygulamanın Tanımı

Akıllı sistemlerin hızla ilerlediği bu son yıllarda, insan faktörlerinden kaynaklanan hataların en aza indirilmesi için çalışmalar hızla devam etmektedir. Özellikle yoğun nüfuslu bölgelerde, insan hatalarının akıllı kontrol mekanizmalarıyla denetlenmesi kaçınılmaz hale gelmiştir. Toplu taşıma araçlarında denetlenmesi gereken en önemli taraf, toplu taşıma kamera sistemleri ve toplu taşıma GPS gibi sistemlerin bulunduğu Araç İçi Kontrol Sistemleridir.

Araç İçi Kontrol Sistemleri, akıllı toplu taşıma yönetimi sistemlerinin vazgeçilmez bir parçasıdır. Bu sistemlerin ürettiği, kaydettiği ve yorumladığı verilerin kullanımıyla, araç kullanımının verimliliği ve yolcu güvenliği artırılmaktadır. Bununla birlikte, tüm sürecin yönetimi kolaylaşmakta ve kontrol seviyesi yükselmektedir. Bu durum, tüm toplu taşıma süreçlerinin birlikte çalışmasını desteklemektedir [3].



Şekil 1. Akıllı Toplu Taşıma Sistem Altyapı Senaryosu [7]

Araçlarda kullanılacak olan Mobil NVR (MNVR) cihazları, dahili GPS donanımı, IP kameralar, OBD, ADAS, Panik Butonu, Yolcu sayımı, Yolcu Bilgilendirme Sistemleri ve Araç içi WI-FI donanımlarında üretilen ve kaydedilen verilerin düzenli aralıklarla bulut sunucularda işlenerek anlamlandırılması, daha verimli ve sürdürülebilir bir filo oluşturulmasına ve yolcuların güvenliği ile memnuniyetinin artırılmasına imkân tanımaktadır.

### 1.1. Projenin Adı, Uygulama Yeri ve Süresi

- Toplu Taşıma Araç İçi Kontrol Sistemleri projesinin hazırlık aşamasında ilk olarak projenin adı belirlenir.
- Proje adı belli olduktan sonra projenin uygulama alanı, büyüklüğü ve yapısı belirlenerek projenin ne kadar sürede biteceği planlanır.
- Proje uygulamaya alınmadan önce projenin tanıtıcı özeti olan Akıllı Şehir Proje Yönetimi Standartları kapsamındaki Proje Fişi hazırlanır.

Örnek Vaka	
Proje Adı	Toplu Taşıma Araç İçi Kontrol Sistemleri Uygulaması Projesi
Uygulama Alanı	1000 Ha yerleşim alanı – 200.000 kişi

Proje Süresi	12 ay
Akıllı Şehir Proje Fişi, Akıllı Şehir Proje Yönetimi Standartları kapsamında hazırlanmış olup doküman <a href="http://www.akillisehirler.gov.tr">www.akillisehirler.gov.tr</a> adresinde yayınlanan Akıllı Şehir Bilgi Paylaşım Portalı'ndan erişilebilmektedir.	

## 1.2. Proje Teknik Bileşenleri

Toplu Taşıma Araç İçi Kontrol Sistemlerine ait teknik bileşenler şunlardan oluşmaktadır:

- Araç Takip Sistemi (GPS)
- Yolcu Bilgilendirme Ekranları
- Kablosuz İnternet
- Panik Butonu
- Kara Kutu & Eco Driving
- Sensörler/Kameralar
  - Görüntüleme ve ölçüm cihazları (kamera, radar, sensör, vb.)
  - Yol ve hava durumu sensörü
  - İletişim araçları (donanım, yazılım, kablolu ve kablosuz iletişim araçları)

Bu bileşenler, Araç İçi Kontrol Sistemlerinin oluşturulması için kullanılacak tek araçlık Araç İçi Kontrol Sistemi setidir.

## 1.3. Proje Girdileri

Araç içi kontrol sistemlerinin etkili ve verimli çalışabilmesi için diğer akıllı teknolojilerden ve yapısal bileşenlerden girdilerin olması gerekmektedir. Bu bilgiler, ihtiyaçların, gerekli ekipmanların türlerinin ve sayılarının bu girdilere dayalı olarak ayrıntılı şekilde belirlenmesine ve detaylandırılmasına olanak sağlayacaktır. Toplu Taşıma Araç İçi Kontrol Sistemlerine ait proje girdileri aşağıda sıralanmıştır:

- Proje alanı vaziyet planı
- Proje alanı yol geometrilerini içeren CAD çizimleri (Kavşak konumu, Şerit Sayısı, Şerit Genişliği, Yol Eğimi, İşletme Hızı, Yoldan ayrılma ve katılma kesimleri)
- Toplu Taşıma için hatlar güzergâhı, hat sayısı ve hatta kullanılacak taşıt sayısı
- Durak konumları & sayıları
- Araçların mevcut araç içi kontrol sistemleri

## 1.4. Beklenen Çıktılar

Toplu Taşıma Araç İçi Kontrol Sistemlerine ait beklenen çıktılar şu şekildedir:

- Yolculuk süresinde azalma ve standardizasyonu sağlanması
- Güzergâh optimizasyonları (Yapay zekâ ile ORER önermeleri)
- Yolcu talebi ile araç kapasitelerinin etkin şekilde dengelenmesi
- Yolculuk kalitesinden ödün verilmeden yolcu güvenliği ve emniyetinin artması
- Sürüş güvenliğinin yükselmesi (ADAS uyarıları sayesinde)
- Yakıt tüketimi ve sera gazı salımı azalması
- Şoför araç kullanımı sürekli takip edilmesi
- Şoförlerden kaynaklanan hata ve kaza oranlarının azalması
- Araç bakım sistemleri ile problemlerin erken tespit edilmesi
- Araçları anlık takip edilmesi
- Yüksek derecede vatandaş ve kullanıcı memnuniyeti
- Sürdürülebilirlik (Yapay zekâ önermeleri ile CO2 salınımının azaltılması)
- Yönetilebilir Akıllı Şehir Filoları

### 1.5. Projenin performans göstergeleri

Toplu Taşıma Araç İçi Kontrol Sistemleri uygulamasının performans göstergeleri, projenin başarı seviyesini ölçmek için kullanılan ölçülebilir ve belirli hedeflerdir. Bu performans göstergeleri, Toplu Taşıma Araç İçi Kontrol Sistemleri projesinin amaçlarına ulaşip ulaşmadığını değerlendirmek, etkinliğini ve verimliliğini ölçmek için kullanılır.

Performans göstergeleri arasında:

- Hızlı ve etkili müdahale, kamera izleme ve yolcu sayma gibi güvenlik önlemlerinin uygulanması,
- Otobüs veya trenlerin zamanında hareket etmesi, düzenli seferlerin yapılması ve hat kapasitesinin etkin bir şekilde kullanılması,
- Yolcuların anlık bilgilere erişebilmesi, hat ve varış saatleri hakkında doğru ve güncel bilgilere sahip olması, rahat bir seyahat deneyimi yaşaması,
- Düşük maliyetli donanım ve yazılım çözümlerinin kullanılması, bakım ve işletme maliyetlerinin optimize edilmesi ve
- Doğru ve anlamlı veri analizi yapabilme yeteneği, kullanıcı dostu raporlama araçları ve karar verme süreçlerinin desteklenmesi bulunmaktadır.

## 2. Proje Kapsamı ve Gerekçe

### 2.1. Proje Kapsamı

Proje, planlama, tasarım, uygulama, test, devreye alma ve işletme süreçlerini içerir. Ayrıca, proje yönetimi, bütçeleme, kaynak yönetimi, zaman çizelgesi oluşturma ve paydaş yönetimi gibi yönetimsel unsurları da kapsar.

Bahsedilen doğrultuda, projenin bir parçası olarak toplu taşıma araçlarına yerleştirilen donanım bileşenleri, yolcu sayma cihazları, GPS izleme cihazları, validatörler, acil durum butonları ve kameraları içerir. Bu donanımlar, araç içindeki faaliyetleri izler, veri toplar ve merkezi bir sistemle iletişim kurar.

Araç içi kontrol sistemleri için özel yazılımlar, donanım bileşenleriyle etkileşim halinde çalışır. Bu yazılımlar, toplanan verileri analiz eder, kayıt altına alır, raporlar oluşturur ve yolculuk verilerini yönetir. Ayrıca, acil durum durumlarını yönetmek, güzergâh planlaması yapmak ve araç takibi gibi işlevleri de yerine getirebilir.

Araç içi kontrol sistemleri, toplanan verileri merkezi bir konumda toplamak ve yönetmek için bir iletişim altyapısı gerektirir. Bu iletişim, araçlar ile merkezi kontrol sistemi veya operatör merkezi arasında kablosuz veya kablolu bağlantılarla sağlanır.

Proje genellikle bir merkezi kontrol sistemi veya operatör merkezi içerir. Bu merkezi sistem, araçlardan gelen verileri alır, analiz eder, yönetir ve raporlar oluşturur. Ayrıca, acil durum yönetimi, yolculuk planlaması, takip ve kontrol gibi işlevleri gerçekleştirir.

Toplu Taşıma Araç İçi Kontrol Sistemleri, diğer sistemlerle entegre çalışabilir. Örneğin, yolcu bilgilendirme sistemleri, akıllı duraklar, ödeme sistemleri ve merkezi ulaşım yönetim sistemleriyle entegrasyon sağlanabilir. Bu entegrasyon, veri paylaşımını, yolcu bilgilendirmeyi ve yönetimi kolaylaştırır.

### 2.2. Proje Gerekçesi

Projenin temel amacı, akıllı toplu taşıma araçları ve yönetim sistemiyle entegre bir şekilde çalışan, güvenli, sürdürülebilir ve yolcu memnuniyetini artıran bir akıllı ulaşım sistemi oluşturmaktır. Bu sistem, gelen verilerin işlenerek ilgili birimlerin işlerini hızlı, kolay ve etkin bir şekilde yerine getirebilmesini sağlamakta ve takibi kolaylaştırmaktadır.

### 2.3. Mevcut Durum

*Proje konusu ile ilgili dünyada mevcut durumun tespiti*

- Toplu Taşıma Araç İçi Kontrol Sistemlerine yönelik dünyadaki güncel trendler incelenir.
- Bu trendlere bağlı güncel teknoloji, yazılım, otomasyon, ekipman, yapı, ürün vs. incelenir.

#### ***Proje konusu ile ilgili Türkiye’de mevcut durumun tespiti***

- Türkiye’deki mevcut Toplu Taşıma Araç İçi Kontrol Sistemlerine yönelik alt ve üst yapı uygulamaları incelenir.
- Proje için gerek duyulan alanlarda hizmet alınabilecek firmalar belirlenir.

#### ***Daha önce yapılan çalışmaların başarı-başarısızlık durumlarının tespiti***

- Bu uygulamaları gerçekleştiren kurum ve firmalarla bilgi-tecrübe-fikir alış verişi yapılır.
- Başarılı süreçler arasında kıyaslama yapılarak bölge için en uygun teknoloji, yapı, ekipman, otomasyon, yöntem ve ürün belirlenir.
- Süreç içerisindeki karşılaşılan olumlu ve olumsuz durumlara dair bilgi notları hazırlanır ve bilgi havuzuna eklenir.

#### ***Literatür Araştırması***

Literatür araştırması kısmı, bu projeyi uygulayacak kurum ve kuruluşlara mevcut durum hakkında bilgi vermek ve konu hakkında fikir sahibi olmalarını sağlamak amacıyla hazırlanmıştır.

#### ***Tarihsel süreç***

İlk Akıllı Ulaşım Sistemiyle ilgili çalışmalar Japonya’da 1960’ların sonu ve 1970’lerin başında CACS (Comprehensive Automobile Traffic Control Systems - Kapsamlı Otomobil Trafik Kontrol Sistemleri) adıyla, ABD ve Almanya’da ise ERGS (Electronic Route Guidance System - Elektronik Rota Kılavuzluk Sistemi) adıyla başlamıştır. 1980’lerin ortasından itibaren iletişim teknolojilerindeki ilerlemeler, AUS (Akıllı Ulaşım Sistemleri) uygulamalarına hız kazandırmıştır. Devlet ve sanayi işbirliğiyle büyük projeler başlatılmış ve bu projeler sayesinde 1990’lı yıllarda elektronik ücret toplama sistemleri, akıllı kavşak kontrol sistemleri, yolcu ve sürücü bilgilendirme sistemleri ve trafik kontrol merkezleri gibi uygulamalarla genişleyen Akıllı Ulaşım Sistemleri, ayrı bir disiplin olarak tanınmaya başlamıştır [6].

1994 yılında Paris’te düzenlenen uluslararası ölçekte ilk Akıllı Ulaşım Sistemleri kongresi, bu tarihten itibaren her yıl farklı bir ülkede düzenli olarak gerçekleştirilmiştir. Bu etkinlikler ve Akıllı Ulaşım Sistemleri alanında yapılan akademik çalışmalarla birlikte bilgi birikimi ve teknolojik gelişmelerin ortaya çıkması, ülkelerin kendi Akıllı Ulaşım Sistemleri organizasyonlarını kurmasına yol açmıştır. Ulusal düzeyde kurulan organizasyonların yanı sıra ERTICO, ITS Amerika, ITS Asya Pasifik gibi bölgesel yapılanmalar da bulunmaktadır. Şekil 2’de Akıllı Ulaşım Sistemleri’nin 1960’lardan günümüze uzanan tarihsel gelişimi özetlenmektedir [2].



Şekil 2. Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Tarihsel Gelişimi [2]



## **Dünya'daki mevcut durum**

Ulaşımın daha sürdürülebilir, verimli ve güvenli hale getirilmesi için Akıllı Ulaşım Sistemlerine geçiş yapmak ve aynı zamanda mevcut teknolojileri kullanarak sürekli olarak geliştirmek gerekmektedir. Bu sayede insan kaynaklı kayıpların azaltılması, emisyon miktarının düşürülmesi ve trafik hareketliliğinin artırılması gibi önemli konular etkili bir şekilde yönetilebilir. Bu amaçla, günümüzdeki Akıllı Sistemlerin kullanılmasıyla Akıllı Ulaşım Sistemlerinin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması hedeflenmektedir.

Bu hedefe ulaşmak için ulusal karayolu ağı ve kentsel trafik yönetimi, seyahat bilgisi, biletleme, ulaşım modlarının entegrasyonu, lojistik ve filo yönetimi, K-AUS, bağlantılı ve otonom araçlar, veri yönetimi, yol güvenliği, emisyon azaltma, elektrikli araçlar, haberleşme teknolojileri, hareketlilik ve erişilebilirlik, akıllı şehir gibi Akıllı Ulaşım Sistemleriyle ilişkili bileşenlerin uygulanması ve hayata geçirilmesi sağlanmaktadır [2].

Gelişen şehirlerde, özellikle gelişmiş ülkelerde, nüfus artışıyla birlikte yoğunlaşan bölgelerde, yakıt tasarrufu sağlama, trafik yönetimi, karbon salınımını azaltma, yolcu güvenliğini artırma, yolculuk süresini daha konforlu hale getirme ve çevreyi koruma gibi temel hedefler için Akıllı Ulaşım Sistemlerinden yararlanılmaktadır [2].

Akıllı ulaşım sistemlerinde kullanılan güncel teknolojiler arasında hücreli haberleşme büyük bir öneme sahiptir. 5G teknolojisinin hayatımıza entegre edilmesiyle birlikte iletişim gecikme süresi 10 milisaniyenin altına düşecek ve gerçek zamanlı verilerin kullanımı mümkün hale gelecektir. Bu durum otonom araçların yaygınlaşmasına olanak sağlayacaktır. Ayrıca yapay zekâ ve derin öğrenme alanındaki ilerlemeler de bu sürece katkı sağlayacaktır. Gelişmiş sürücü destek sistemlerinin geliştirilmesiyle kazaların önlenmesi ve yolcuların güvenli seyahat etmeleri hedeflenmektedir. Bunun yanı sıra araç-araç, araç-altyapı ve araç-merkez iletişimi sağlanarak ulaşımında konfor, güvenlik ve verimliliğin artırılması amaçlanmaktadır [2].

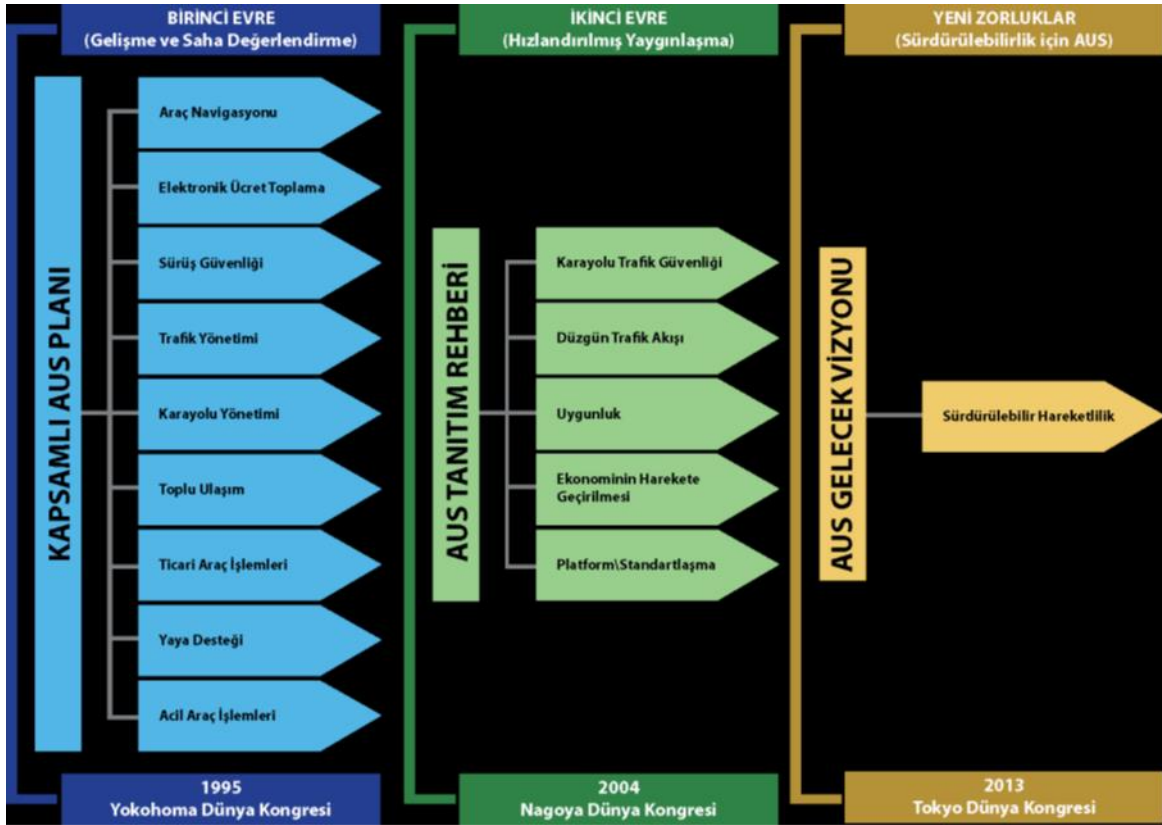
Akıllı Ulaşım Sistemleri kapsamında yaşanabilir bir çevre ve sürdürülebilir hedeflere katkı sağlamak amacıyla gelişmiş ülkelerin çoğu tarafından yakıt tüketimini ve emisyonları azaltmak için önemli adımlar atılmaktadır. Bu adımlar arasında elektrikli araç sayısının 2030-2035 yıllarına kadar kademeli olarak artırılması ve fosil yakıt kullanan araçların üretiminin durdurulması gibi kararlar yer almaktadır [2].

Bazı ülkelerin Akıllı Ulaşım Sistemi projesi aşağıda yer almaktadır:

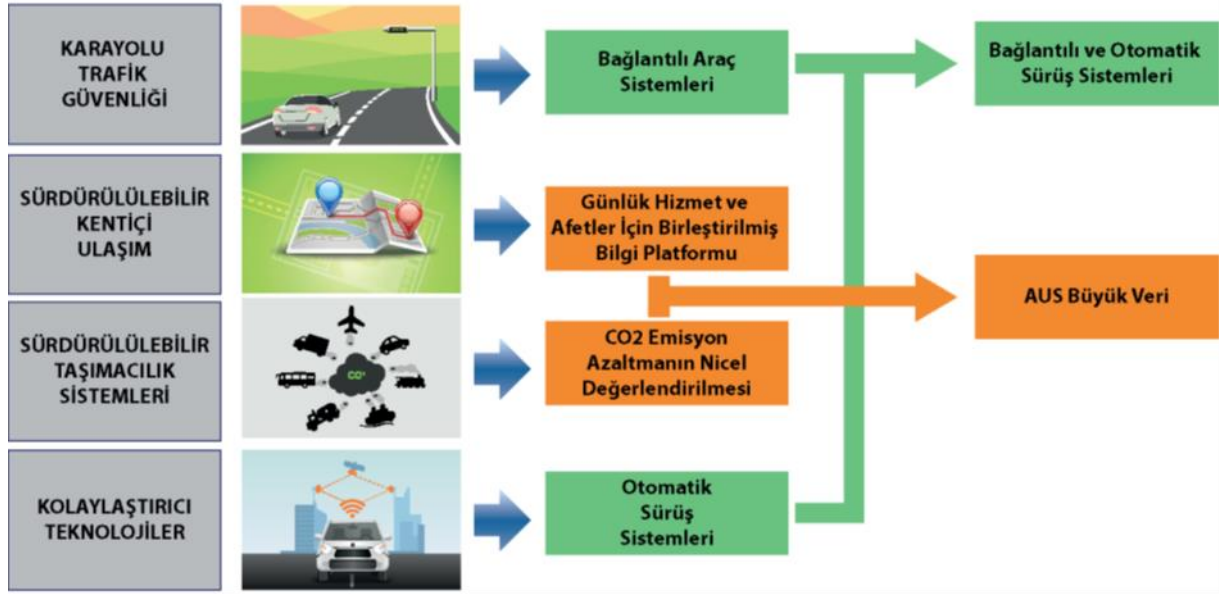
### **Japonya Akıllı Ulaşım Sistemleri Politikaları**

AUS Japonya, gelecekte dünyanın en güvenli yollarına ve ulaşımına sahip olmayı hedefleyen AUS stratejileri ve eylem planları doğrultusunda çalışmalarını sürdürmektedir. Bu hedef doğrultusunda kazaların önlenmesi, kazaların yol açtığı zararın ortadan kaldırılması, ulaşım güvenliğinin artırılması, insan hayatının korunması ve kamu bilinci oluşturma konularında öncelikli çalışmalar yapılması ve sürdürülebilirlik için gerekli politik önlemlerin uygulanması AUS Japonya'nın odak noktalarıdır.

Japonya'da AUS çalışmaları, Şekil 3'te görüldüğü gibi 1995-2013 yılları arasında kapsamlı olarak üç aşamalı planla başlatılmıştır [2]:



Şekil 3. Japonya AUS Çalışmalarının Evreleri [2]



Şekil 4. Japonya Ulusal AUS Projesi

### Almanya Akıllı Ulaşım Sistemleri Politikaları

Almanya'nın yakın ve uzun vadeli stratejik hedefleri, Şekil 5'te özetlenmiştir. Almanya, AUS konusunda dijital mobilitayı ön planda tutmaktadır. Hamburg, Münih, Berlin ve Stuttgart gibi büyük metropollerde toplu taşımanın daha fazla dijitalleştirilmesine ve mobil uygulamalarla desteklenmesine önem vermektedir. Ayrıca altyapının dijitalleştirilmesine de büyük önem vermektedir. Hamburg altyapı dijitalleştirmede, Stuttgart e-mobilite konusunda ve Münih paylaşım (sharing) alanında liderliği elinde tutmaktadır [2].

Yakın Dönem	Uzun Dönem
Yol, trafik ve seyahat bilgilerinin optimum kullanımı	Dijital hareketlilik
İleri trafik yönetimi	K-AUS ülke çapında yaygınlaştırılması
Verimli ulaşım	Çok modlu ulaşımın optimizasyonu
Sürdürülebilir çevre	Elektrikli araçların yaygınlaştırılması
Güvenli sürüş	Otonom sürüş sistemleri

Şekil 5. Almanya'nın AUS Stratejik Amaçlar Özet Tablosu [7]

### Türkiye'deki Mevcut Durum

TÜİK'in 2010-2018 verilerine göre, şehirlerde nüfus artış oranı %35 ve özel otomobil sayısı artış oranı %64,33 olarak belirlenmiştir. Şehirleşme, otomobil sahipliği ve sürücü sayısındaki artışlar, karayolu ulaşımına olan talebi ve trafik yoğunluğunu artırmaktadır. Bu durum, Türkiye'de de AUS uygulamalarının yaygınlaşmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır [2].

Bu doğrultuda Türkiye'de birçok kurum ve kuruluş, Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) ile ilgili farklı çalışmalar yürütmektedir. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, bu çalışmaların koordinasyonunu sağlamak için AUS politikalarını, stratejilerini, hedeflerini belirlemekte ve uygulanmalarını takip etmektedir. Ayrıca, ülke genelinde belirlenen standartların kullanılmasının sağlanması, AUS sistemleri için haberleşme altyapısının yaygınlaştırılması ve bu alanda uluslararası ilişkilerin kurulmasını amaçlayan çalışmalar yönetmektedir [2].

Bu bağlamda, Türkiye'de Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) ile ilgili ilk strateji belgesi ve eylem planı T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından hazırlanmış ve 25.10.2014 tarihinde 29156 sayılı Resmî Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu strateji belgesinin eki 2014-2016 yılları için olan eylem planını kapsamaktadır. Bu eylem planı, 5 stratejik amaç, 21 hedef ve 38 eylemden oluşmaktadır [2].

Son yıllarda bilgi ve iletişim teknolojilerindeki ilerlemeler, endüstriyel ve dijital alanlarda büyük ve kapsamlı değişimlere yol açmıştır. Ulaştırma sektörü, bu gelişmelerden en çok etkilenen sektörlerden biridir ve tüm ulaşım modlarını derinden etkilenmektedir. Yıkıcı teknolojilerin ortaya çıkmasıyla birlikte, Kooperatif AUS, bağlantılı araçlar, otonom araçlar, sürücüsüz araçlar gibi birçok yeni kavram türemiştir. Toplumsal ihtiyaçların değişmesi ve teknolojik dönüşümler nedeniyle, 2014 yılında hazırlanan strateji belgesinin güncellenmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır [2].

Türkiye'deki çeşitli kurum ve kuruluşlar, organizasyon yapılarına bağlı olarak farklı çalışmalar yürütmektedir ve farklı yeteneklere sahiptir. Bu çalışmalar ve yetenekler aşağıdaki gibi incelenmektedir:

- **Kamu Kurumları**

- **Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü:** Karayolu ulaşımında, Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) çerçevesinde çeşitli uygulamalar bulunmaktadır. Bu uygulamalar arasında sinyalizasyon sistemleri, yol ve hava durumu kontrol sistemleri, ücret toplama sistemleri, ağırlık ve boyut kontrol sistemleri, olay algılama sistemleri, tünel kontrol sistemleri, radyo yayın sistemleri, mobil uygulamalar ve değişken mesaj işaretleri yer almaktadır. Bu çalışmalara ek olarak trafik kontrol ve yönetim merkezleri kurulmakta, haberleşme altyapısı ve sistem kurulumları yapılmakta ve ulaşımaya yönelik planlama faaliyetleri yürütülmektedir [2].



Şekil 6. Karayolu Akıllı Ulaşım Sistemleri [2]

- **Yerel Yönetimler**

- **İstanbul Büyükşehir Belediyesi:** İBB, mobil ulaşım uygulaması aracılığıyla anlık toplu ulaşım bilgilerine, otobüslerin konumuna, duraktan geçen hat bilgilerine, otobüslerin durağa varış sürelerine ve bir noktadan diğerine toplu ulaşım araçlarıyla nasıl gidileceğine dair bilgilere erişim imkânı sunmaktadır. Uygulama, yolculuk deneyimini değerlendirmek için geri bildirim olarak hizmet kalitesini artırmaktadır. Ayrıca, uygulama içinde yer alan İspark Otoparkları fonksiyonu, özel araç kullanıcılarına otopark bulma konusunda yardımcı olmaktadır [2].

- **Üniversiteler**

- **Yıldız Teknik Üniversitesi (YTÜ):** İstanbul Teknik Üniversitesi (YTÜ) Lokal Trafik Kontrol Merkezi ve Akıllı Ulaşım Sistemleri Laboratuvarı'nda, İstanbul'un trafiğini 7/24 binlerce kamera, sensör, loop dedektör ve radar ile gerçek zamanlı olarak takip edilebilmektedir. Bu cihazlar, İstanbul'un dört bir yanına dağılmış durumdadır. İstanbul'un akıllı ulaştırma sistemi verileri, veri aktarımı bileşenleri üzerinden aktarılabilmektedir. Laboratuvardaki cihazlar ve elde edilen veriler, akademik çalışmalara destek sağlamaktadır. Ayrıca, laboratuvarda çeşitli düzeylerde bilimsel araştırma projeleri yürütülmekte, bilimsel yayınlar yapılmakta ve kamu ile özel sektörün ulaşım sistemleri ve trafik problemleri konusundaki çözüm taleplerine cevap verilmektedir. Laboratuvar, inşaat mühendisliğinin yanı sıra elektrik mühendisliği, elektronik mühendisliği, kontrol mühendisliği ve harita mühendisliği gibi farklı disiplinlerden olan kişiler tarafından da kullanılabilir. Ayrıca, laboratuvarda akıllı ulaşım sistemleri başta olmak üzere ulaşım ile ilgili birçok alanda, yerel, ulusal ve uluslararası düzeyde hizmet imkânları sunulmaktadır [2].

- **Özel Sektör**
  - Özel sektör kuruluşları, AUS (Akıllı Ulaşım Sistemleri) paydaşları olarak mobil ağ operatörleri, otomotiv üreticileri, hizmet sağlayıcılar, tedarikçiler ve trafik/ulaşım sektörü gibi kategorilere ayrılabilir. Bu kuruluşlar, coğrafi bilgi sistemleri, ücret toplama sistemleri, trafik yönetim sistemleri (olay algılama, hava/yol durumu ölçümü, trafik verilerinin toplanması, kavşak katılım denetimi, yolcu bilgilendirme/yönlendirme), navigasyon ve otomasyon sistemleri üzerine çalışmalar yürütmektedir. Ayrıca, ağ cihazları, büyük veri analizi, acil çağrı merkezi çözümleri gibi alanlarda da çalışmalar yapılmaktadır [2].
- **Sivil Toplum Kuruluşları**
  - **Akıllı Ulaşım Sistemleri Derneği (AUSTÜRKIYE):** AUS çerçevesinde, ilgili tüm paydaşların katılımıyla çalışmalar yürütülmektedir. AUS'un ulusal ve uluslararası düzeyde gelişimine destek olmak için çaba harcanmaktadır [2].

Projenin başarılı durumları Tablo 1 ile, başarısız durumları ise Tablo 2 ile aşağıda verilmektedir.

**Tablo 1.** Başarılı Durumlar

SN	BAŞARILI DURUMLAR
1	Yakıt sarfiyat miktarlarında azalmanın olması
2	Şoför takip sistemi ile kaza oranlarındaki azalışın sebebi olarak trafik güvenliğinin artması.
3	Alternatif güzergâh sağlanması sonucu ulaşımda geçirilen sürenin minimize edilmesi.

**Tablo 2.** Başarısız Durumlar

SN	BAŞARISIZ DURUMLAR
1	Akıllı Ulaşım Sistemleri altında Çok Modlu Taşıma durumunu farklı ulaşım sistemlerine entegrasyon edilememesi
2	Araç içerisindeki "Blackbox"ta bulunan GPS sisteminin doğru entegre edilememesi sonucunda anlık takip bilgilerine sahip olunamaması.
3	Yakıt Sarfiyatı için sisteme entegre edilmiş olan programın birbiri ile uyum sağlayamaması ve bunun sonucunda doğru bilgi aktaramaması.
4	Araç içi sistemlerin, toplu taşıma yönetim sistemleri ile entegre edilememesi ve sürdürülebilir bir yapının ortaya konmaması

### ***Projenin bağlantılı olduğu alanlar***

Toplu Taşıma Araç İçi Kontrol Sistemleri projesinin bağlantılı olduğu alanlar listelenmiştir:

- Akıllı Ulaşım/ Entegre Trafik Yönetimi,
- Akıllı Ulaşım/ EDS/Arıza Kaza Tespit Sistemleri
- Akıllı Ulaşım Akıllı Yönlendirme Sistemleri
- Akıllı Ulaşım/Çok Modlu Toplu Taşıma Sistemleri
- Akıllı Ulaşım/Kişiselleştirilmiş Ulaşım Bilgileri,
- Akıllı Ulaşım/Akıllı Durak Sistemleri,
- Akıllı Ulaşım/Ulaşımında Sanal İkiz sistemleri,
- Akıllı Çevre/ Çevre İzleme Sistemleri,
- Akıllı Güvenlik/Akustik Algılama ve Konum Tespit Sistemleri,
- Akıllı Afet Yönetimi/ Erken Uyarı Sistemleri,
- Akıllı Aydınlatma Sistemleri

## **2.4. İhtiyaç Analizi**

### ***Projeye duyulan ihtiyacı ortaya koyan verilerin incelenmesi***

TÜİK verileri incelendiğinde sadece 2022 yılında 1 milyon 269 bin 912 adet araç trafiğe kayıt yaptırmıştır [1]. Taşıt sahipliği ve kullanımının artması, trafikte çeşitli sorunlara yol açmaktadır. Bu sorunlardan biri de trafik sıkışıklığıdır.

Proje kapsamında, vatandaşların ve yolcuların anlık ihtiyaçlarına doğrudan yanıt verilmesinin yanı sıra sağladığı dolaylı faydalarla da memnuniyetlerinin artırılması hedeflenmektedir. Bu bağlamda aşağıdaki noktalara dikkat edilmektedir:

- Şoför hareketleri, blackbox sistemi sayesinde izlenecek ve bu sayede trafik güvenliği insan faktöründen bağımsız olarak sağlanacaktır.
- Araçların anlık takibi MNVR ve IP kamera sistemleriyle gerçekleştirilecek ve panik butonu konumlandırılarak özellikle erken ve geç saatlerde güvenlik zafiyetlerinin önüne geçilecektir.
- Yolcu yoğunluğu, güzergâhlar ve duraklar raporlanabilecektir.
- Tüm hijyen önlemleri alınacaktır.
- Sağlanan ücretsiz Wi-Fi hizmetiyle vatandaşların ihtiyaçları ücretsiz olarak karşılanacaktır.

- Araç içi blackbox sistemi sayesinde yakıt tüketimi ölçülecek ve anlık tasarruf hamleleri ile daha uzun bir sürüş esnekliği sağlanabilecektir.
- Araç içi LED ekranlar sayesinde yolcular, araç konumlarını, yaklaşan durak bilgilerini ve şoför/araç bilgilerini takip edebilecektir.
- Yapay zekâ destekli rotasyon optimizasyonu ile en uygun ORER (Organizasyonel Emniyet Risk Raporu) ve araç tipi önerileri raporlanabilecektir.
- Araçların kullanım, tüketim ve bakım bilgileri işlenerek en uygun araç önerileri raporlanabilecektir.

Bu proje, şehir yönetimi ve üçüncü taraflar için de büyük fayda ve katma değer sağlayan boyutlarıyla birlikte birçok soruna çözüm olanağı sunmaktadır. Bu bağlamda, vatandaş ve yolcu memnuniyetinin artırılmasının ötesinde şu noktalara dikkat edilmektedir:

- Araçlara yerleştirilen yolcu yoğunluğu, canbus, Wi-Fi, araç içi yolcu bilgilendirme, IP kamera sistemleri vb. gibi veri toplama cihazları sayesinde şehir yönetimleri, anlık müdahale ve sorunlara çözüm bulma yeteneği kazanacak ve uzun vadede projelerini geliştirirken gerçek verileri kullanabilecektir. Bu veriler, IoT Veri Platformunda toplanacak ve anlık olarak değerlendirilebilecektir.
- Araçlarda meydana gelebilecek vandalizm gibi zarar verici ve güvenlikle ilgili olaylar, MNVR IP kamera sistemleriyle anlık olarak izlenecek ve minimize edilecektir.
- Araç duraklarında e-scooter ve e-bisiklet park ve şarj noktaları sayesinde mikromobilité araçlarıyla entegrasyon sağlanacak ve toplu taşımanın teşvik edilmesine önemli katkılar sunulacaktır.
- Araç içi LED tabelaları ve diğer akıllı sistemler aracılığıyla üçüncü tarafların reklam olanakları artırılacak ve reklam etkinlikleri daha da güçlendirilecektir.

***Proje ile ilgili beklentiler ve paydaşlara sağlanan faydalar ile çözüm getirilen problem ve sıkıntıların tespiti***

Toplu Taşıma Araç İçi Kontrol Sistemleri projesinde bazı temel faydalar şunlar olabilir:

- Hareketliliğin artması,
- Trafik sıkışıklığındaki azalma ve toplu ulaşımın katkılar,
- Trafik kazaları ile buna bağlı ölümlerin, yaralı sayılarının ve maddi kayıpların azalması,
- Ulaşımında geçen zamanın azalmasıyla yakıt tasarrufunun sağlanması,
- Karbon salımı ve çevre kirliliğinin azalması,



- Araçların yıpranma süresinin gecikmesiyle bakım maliyetlerinde tasarruf sağlanması,
- Acil yönetim sistemlerinin verimliliğinin ve etkinliğinin artması,
- Araç-araç, araç-altyapı, araç-merkez haberleşme sistemleri ile seyahat süresini azaltıp ulaşım kolaylığı sunması,
- Trafik güvenliğine ve toplu ulaşımına katkı sağlayan web-mobil uygulamalarının ortaya çıkmasının sağlanması,
- Kameralar, algılayıcılar ve benzeri uygulamalar yardımıyla araç, çevre ve altyapıdan elde edilen büyük verinin analizi ile ulaşım kolaylığının sağlanması,
- Elektrikli ve hibrit araçların artışına bağlı olarak akıllı enerji sistemlerine geçişle enerji tasarrufunun sağlanması,
- Kameralardan ve benzeri uygulamalardan elde edilen verilerle kamu güvenliğinin sağlanması,
- Gerçek zamanlı verilere dayanan mobil uygulamalar ve hizmetler sayesinde elde edilecek doğru ve anlık bilgiler ile yolcu ve yük hareketliliğinin optimize edilmesi gibi fayda ve yararları örnek gösterilebilir.

Toplu Taşıma Araç İçi Kontrol Sistemleri projesi ile ilgili beklentiler genellikle aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Artırılmış sensörler ve kameralar sayesinde yolcuların ulaşım süresi boyunca daha yüksek bir konfor seviyesi, güvenlik ve hizmet kalitesi elde etmesi
- Toplu taşıma araçları için yakıt tasarrufu sağlanması ve bunun sonucunda ekonomik refahın artması
- Her araçta bulunan geliştirilmiş sistemler sayesinde araçların yıpranma süresinin azalması ve bunun da bakım zamanları gibi teknik konularla ilgili ekonomik faydaları beraberinde getirmesi

Yukarıda özetlenen beklentiler göz önünde bulundurulduğunda Toplu Taşıma Araç İçi Kontrol Sistemleri projesi için hedefler tespit edilmiştir:

- a) Mobil NVR (MNVR) cihazlarının kurulması ve sunucu bağlantılarının hazırlanması
- b) OBD CANBUS donanımları ile araç bilgisayarı verilerinin alınması
- c) ADAS donanımı sayesinde şerit takibi, sürücü tanıma, dikkat, sigara ve uyku takibi yapılması
- d) Dahili GPS takip donanımı üzerinden araçların enlem, boylam, açı, hız, zaman bilgilerinin alınması

- e) Bu bilgiler ışığında araçların içinde MNVR cihazına bağlı bulunan IP kameralar ile konum bilgilerinin video kayıtlarına işlenerek cihazın içindeki disk üzerinde kaydedilmesi
- f) Araç içinde konumlandırılan panik butonlarından gelen sinyallerin işlenmesi
- g) Kameralardan gelen anlık görüntü işleme verileri sayesinde araca binen ve inen yolcuların sayılması
- h) Verilerin bulut sunucularına istenilen periyotlarda aktarılması
- i) İzleme merkezi üzerinden anlık olarak konum, sürat, doluluk oranı, sürücü takibi, canlı kamera görüntülerinin izlenmesi, görüntü kayıtlarının uzaktan izlenmesi ve indirilmesi, panik durumunda yetkili birimlere doğrudan görüntülü bilgi aktarımının sağlanması

Amaç ve hedeflerin takip edilmesi ve etkinliğinin değerlendirilmesi için aşağıdaki ölçütler kullanılacaktır:

- Yolcu memnuniyet oranları
- Toplanan veri miktarı / beklenen veri miktarı
- Toplu taşıma içinde ücretsiz wifi kullanım miktarı
- Güzergâh, durak ve gün bazlı biniş bilgileri ışığında yapay zeka tabanlı ORER önerileri
- Araçların KM/Yakıt/Yedek Parça/Bakım giderleri hesaplamaları ile en uygun araç marka model önerileri
- Şüpheli takibinin yüksek görüntü çözünürlüklü IP kameralar ile daha kolay yapılabilmesi
- Sürücü yorgunluğu, dikkat dağınıklığı sebebiyle oluşan kazaların sesli ve titreşimli uyarı sistemleri sayesinde can ve mal kaybının en aza indirilmesi

Toplu Taşıma Araç İçi Kontrol Sistemleri projesinin paydaşlara sağladığı faydaların yanı sıra, projenin çözüm getirdiği problem ve sıkıntılar da bulunmaktadır.

Toplu Taşıma Araç İçi Kontrol Sistemleri, yolcuların seyahatleri sırasında bilgilendirilmesini sağlar. Bu sistemler sayesinde yolcular, güncel seyahat bilgilerine erişebilir, duraklar ve hat bilgileri hakkında bilgilendirme alabilir ve güzergâh değişiklikleri hakkında bilgilendirme alabilir. Böylece yolcuların seyahatleri daha planlı ve kolay olur.

Ödeme işlemlerini kolaylaştırır. Kartlı ödeme sistemleri veya temassız ödeme seçenekleri sayesinde yolcular, nakit kullanmadan hızlı ve güvenli bir şekilde ödeme yapabilirler. Bu da yolcuların zaman tasarrufu yapmasını sağlar ve ödeme süreçlerindeki sıkıntıları azaltır.

Yolcu sayımı ve verimlilik analizlerini gerçekleştirebilir. Bu sayede toplu taşıma operatörleri, yoğun saatlerde daha fazla araç tahsis edebilir veya hatlarda düzenlemeler yapabilir. Yolcu akışı verileri, yolculuk süresi ve sıklığı gibi faktörlerin analiz edilmesine yardımcı olur.

Güvenlik önlemlerini artırır ve araçların kontrolünü sağlar. Kamera sistemleri ve acil durum düğmeleri gibi özellikler, yolcuların güvende hissetmesini sağlar. Ayrıca, merkezi kontrol sistemleri sayesinde operatörler, araçların konumunu izleyebilir, hızı kontrol edebilir ve acil durumlarda müdahale edebilir.

Operasyonel verimliliği artırır. Araçların bakım süreleri ve yakıt tüketimi gibi verilerin izlenmesi ve analizi sayesinde, operatörler daha verimli bir şekilde kaynakları kullanabilir ve maliyetleri azaltabilir. Ayrıca, araçların rotalarının optimize edilmesiyle trafik sıkışıklığından kaçınılabilir.

Bu problem ve sıkıntılarının çözülmesi, toplu taşıma hizmetlerinin daha etkili, verimli ve kullanıcı dostu olmasını sağlar. Ayrıca, yolcuların deneyimini iyileştirir ve toplu taşıma sistemlerinin tercih edilme oranını artırır.

***Projenin başarılı olmasını sağlayacak güçlü yönlerin ve başarısızlığa neden olabilecek zayıf yönlerin tespiti***

● **Güçlü Yönler:**

- Sağlanacak imkânlar, kolaylıklar ve konfor ile vatandaş ve yolcu memnuniyetinin artması
- Anlık toplanan veriler ile kontrol-müdahale, sürdürülebilirlik, sürekli gelişim imkân ve kabiliyetlerinin şehir yönetimine kazandırılması
- Reklam/ilan süreçlerinin daha etkin ve verimli yönetilebilmesi
- 3. şahıslara sağlanan imkânlardan (kira, reklam, vb.) elde edilen/edilecek gelirlerin varlığı
- Araç İçi Yolcu Bilgilendirme Sistemleri sayesinde yolcu ve vatandaş ile doğrudan iletişim şansı elde edilmesi (duyuru, video, infografi ve benzeri durumların anlık iletimi)

● **Zayıf Yönler:**

- Bazı araç üreticilerinin OBD Canbus verilerini paylaşmaması, eksik ya da şifreli olarak göndermesi ihtimali
- Araçlarda kullanılacak olan 4,5G sim kart hizmeti alınan operatörlerin kapsama alanı gücünün ihtiyaca cevap verememesi
- Dijitalleşme ile birlikte artan siber saldırı tehdidi ve veri güvenliği riski
- Amaçlı ve amaçsız şekilde bilerek ve isteyerek akıllı ulaşım sistemlerine zarar verilmesi ve bakım maliyetlerinin aşırı yükselmesi

- **Geliştirilmesi gereken alanlar:**

- Kullanılacak donanımların birbirleri ile entegrasyonları sayesinde çatı yazılımlar üzerinden tek bir noktadan yönetimlerinin yapılabilmesi
- Gelecekte kullanılacak donanımların eş güdümlü çalışabilirliğinin sağlanması

## 2.5. Talep Analizi

### ***Proje ile üretilecek ürünlere ve/veya sunulacak hizmetlere yönelik mevcut talebin tespiti***

- Nüfus, tüketim alışkanlıkları, dikkate alınarak talep miktarları belirlenir.

Araç İçi Kontrol Sistemlerinin konumlandırılması, birçok farklı açıdan değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, hat uzunluğunun doğru bir şekilde belirlenmesi, günlük yolcu sayısı kadar önemlidir. İlk ve son durak arasındaki mesafe, yolcuların otobüsle yapacakları seyahat süresini ve araçların yakıt sarfiyatını doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle, yenilenmiş sistemlerle daha kısa rotaların planlanması, yakıt sarfiyatının azaltılması ve vatandaşların otobüsle seyahat sürelerinin kısılması anlamına gelirken, rota planlama sisteminin etkin olmadığı durumlarda bu mesafeler ve seyahat süreleri açıkça uzamaktadır. Elbette vatandaşlar, kısa bir yolculuğun yanı sıra güvenli, sürdürülebilir ve konforlu bir seyahat deneyimi isteyeceklerdir. Ancak otobüs işletmecileri de yakıt sarfiyatını ve zamanı en etkin şekilde kullanarak maksimum yolcu taşımayı ve minimum sarfiyatı hedeflemektedir. Bu açıdan, Araç İçi Kontrol Sistemlerinin optimum noktalara yerleştirilmesi öncelikli bir husus olarak öne çıkmaktadır.

Talebin belirlenmesinde etkin rol oynayan etmenler aşağıda verilmektedir:

- Proje alanı içerisinde planlanan güzergâhların uzunluğu
- Proje alanı içerisinde planlanan güzergâhların sayısı
- Proje alanı içerisinde güncel kullanıcı sayıları
- Proje alanı içerisinde gerçekleşecek yolculuk esnasında planlanmayan durumların yaşanabileceği öngörülerek Araç İçi Kamera Sistemlerinin etkin bir şekilde kullanılmak istenmesi.
- Artan nüfus ile mesai saatlerinde büyük bir yoğunluğun oluşmasından kaynaklanan sıkıntılar

### ***Talebin gelecekteki gelişim potansiyeli ve talep için gelecek öngörülerin tespiti***

- Geleceğe yönelik nüfus, ekonomi ve teknoloji öngörülerini dikkate alınarak hesaplamalar yapılır.

Ülke genelinde artan yolcu sayılarından dolayı her şehir, gelecek 5-10 yıl planlamasında doğru adımlar atma teşvikinde bulunmalıdır. Şekil 7'de görüldüğü gibi, toplam yolcu sayısının doğrusal olarak artması, planlama sürecinde bu durumun dikkate alınması gerektiğini göstermektedir [4].

	Devlet Yolu	İl Yolu	Otoyol	Toplam
2003	31.358	30.133	1.753	63.244
2004	31.446	30.368	1.662	63.476
2005	31.371	30.568	1.667	63.606
2006	31.335	30.429	1.908	63.672
2007	31.333	30.579	1.908	63.820
2008	31.311	30.712	1.922	63.945
2009	31.271	30.948	2.036	64.255
2010	31.395	31.390	2.080	64.865
2011	31.372	31.558	2.119	65.049
2012	31.375	31.880	2.127	65.382
2013	31.341	32.155	2.244	65.740
2014	31.280	32.474	2.278	66.032
2015	31.213	33.065	2.282	66.560
2016	31.106	33.513	2.542	67.161
2017	31.066	33.896	2.657	67.619
2018	31.021	34.153	2.842	68.016
2019	31.006	34.165	3.060	68.231
2020	30.974	34.136	3.523	68.633

Şekil 7. Yıllara Göre Yolcu Taşıma Rakamları [4]

2020 yılı Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) verileri doğrultusunda, yolcu artışının en yüksek oranda otoyollarda olduğu görülmektedir [4]. Bu durum, şehir içindeki alanlarda yolcu transferinin artmaya devam ettiğini göstermektedir. Toplu taşımanın yaygın kullanımı ve şahsi araçların kent merkezlerindeki kullanım oranlarının artması, bu durumun başlıca nedenidir. Bu durum aynı zamanda akıllı ulaşım sistemlerine olan talebin de artmasına yol açmaktadır.

### 3. Teknik Analiz ve Alternatif Teknolojilerin Değerlendirilmesi

#### *Fiziki/Mekânsal Büyüklük*

- Fiziki/mekânsal büyüklük projenin gerçekleşeceği şehir, kent, mahalle, bölge, yaşam alanına bağlıdır.

#### *Kapasitenin Belirlenmesi*

- Yolcu talebi/sayısı
- Araç tipi, boyutu ve kalitesi

- İşlevselliğin kapsamı (örneğin yolcu sayımı, ödeme işlemleri, yolcu bilgilendirme, GPS takibi vb.)
- Veri işleme ve depolama
- Teknoloji ve altyapı

### **Yapısal Proje Gereksinimleri**

Toplu Taşıma Araç İçi Kontrol Sistemleri uygulaması için yapısal proje gereksinimleri aşağıda verilmiştir:

- Yolcu sayımı için sensörler, ödeme sistemleri için kart okuyucular, güvenlik kameraları ve yolcu bilgilendirme ekranları gibi donanım bileşenlerinin hassaslık, doğruluk, dayanıklılık ve uyumluluk açısından belirlenmesi
- Yolcu verilerini işleme, ödeme işlemlerini yönetme, seyahat bilgilerini takip etme ve yönetim arayüzleri sağlama gibi işlemlere sahip olan özel yazılımlar ve uygulamalar geliştirilmesi
- Araçlar ile merkezi sistem arasında güvenilir ve hızlı veri iletişimi sağlamak için uygun bir iletişim altyapısı kurulması (kablolu iletişim teknolojileri, GPS sistemleri ve internet bağlantısı vb.)
- Güç kaynağının sağlanması (pil, araç elektrik sistemi vb.)
- Donanım bileşenlerinin monte edilmesi ve sistemlerin araçlara entegre edilmesi
- Yolcu verileri, ödeme bilgileri ve diğer hassas bilgilerin güvenliğinin sağlanması

### **Yazılım ve Donanım Gereksinimleri**

Proje kapsamında ihtiyaca göre kurulacak çeşitli sistemlerin yazılım ve donanım gereksinimleri aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- MNVR Sistemleri, Panik Butonları, OBD Canbus, IP Kameralar
- WIFI Router ve Araç İçi İnternet Paylaşımı
- Araç İçi Yolcu Bilgilendirme Sistemleri (AIYBS)
- ADAS (Gelişmiş sürücü yardımcı sistemleri)
- AI tabanlı Kişi Sayım Sistemleri

### **Alternatif teknolojiler nelerdir? Karşılaştırma yapınız.**

Araç içindeki temel etmenler "Araç Seti" olarak tanımlanmaktadır. Bu etmenler arasına Mobil Nvr Cihazı (Mnvr), IP kamera, Harddisk, araç içi yolcu bilgilendirme sistemi, Wi-Fi Router, OBD Canbus, ADAS, panik butonu, kablolu ve montaj işçiliği, yönetim ve raporlama yazılımı girmektedir. Trafiğin

yoğun olmadığı, en kısa rota planlamasının yapıldığı, yakıt tüketiminin minimum olduğu gibi durumlarda Akıllı Araç İçi Kontrol Sistemleri belirleyici bir rol oynamaktadır [7].

Alternatif çözümler genellikle yerli kaynaklardan temin edilmekte olup, akıllı duraklar ve HES kodu entegrasyonu bu konuda örnek olarak gösterilebilir [7].

İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nde gerçekleştirilen HAYAD Projesi kapsamında ilk kez 2008 yılında Metrobüs hattında kullanılmıştır. Ayrıca, yeni nesil akıllı durak konseptiyle tasarlanan ilk durağın da Yıldız Teknik Üniversitesi durağı olarak 2016 yılında hizmete girdiği gözlemlenmektedir [7].

2021 yılına gelindiğinde, birçok büyükşehirde akıllı durak uygulamalarının otobüs hatlarıyla sınırlı kalmayıp, metro, metrobüs ve tramvay hatlarında da yaygınlaştığı gözlemlenmektedir. Akıllı durak konsepti ile belediyelerin öncelikli hedefinin yolcu memnuniyetini sağlamaktır. Bu amaçla, duraklara yerleştirilen ekranlar aracılığıyla otobüs, metrobüs, metro, tramvay gibi araçların hat ve zaman bilgileri paylaşılmaktadır [7].



Şekil 8. Akıllı Durak (Denizli)



Şekil 9. Akıllı Durak (Kocaeli)



Şekil 10. Akıllı Durak Uygulamaları (İstanbul)

İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin planlaması sonucunda, Hayat Eve Sığar uygulaması kapsamında HES kodu tanımlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Yolcular, istedikleri takdirde HES Kodunu Hayat Eve Sığar uygulaması veya SMS aracılığıyla alarak, kişisel bilgilerini ve telefon numaralarını İstanbul Kart kişileştirme sitesindeki [5] ilgili alanlara girerek tanımlayabilmektedir. Ayrıca, yolcu İstanbul Kart Mobil kullanıcısı ise uygulamaya ilk girişte yönlendirmelerle birkaç adımda tanımlama yapabilecektir.



Şekil 11. HES Kodu Uygulama Afışı

Alternatif teknolojilerin kullanımıyla birlikte, özellikle akıllı ulaşım sistemleriyle entegre edilmesi gereken bu teknolojilerin önemi büyüktür. Bu projede entegre edilecek olan teknolojilerin sürdürülebilirliğini sağlamak, toplu taşıma araçlarının içinde bulunan kontrol sistemlerinin başarılı bir şekilde çalışabilmesi için kritiktir.

Bu projenin gerçekleştirilmesi için, araç setinde bulunan her bir teknolojik bileşenin maliyetinin hesaplanması sonucunda oluşacak tablo için bütçe ayrılmalıdır. Sistemlerin uygulanması, üretimi ve bakımı, ilgili belediyelerin trafik müdürlükleri tarafından yapılmalıdır.

**Teknoloji seçiminin dayandığı kriterler nelerdir? Açıklayınız.**

1) Teknoloji yeni mi?



- 2) Teknoloji yerli mi?
- 3) Teknoloji yerli değilse yerleştirilebilir mi?
- 4) İşlevsellik
- 5) Uyumluluk
- 6) Güvenilirlik
- 7) Kullanıcı dostu arayüz
- 8) Maliyet
- 9) Güncellik
- 10) Entegrasyon kolaylığı

***Teknik tasarım süreçlerini (süreç tasarımı, makine-donanım, inşaat işleri, arazi düzenleme, yerleşim düzeni vb.) açıklayınız.***

Toplu Taşıma Araç İçi Kontrol Sistemleri projesinin teknik tasarım süreçleri, sırasıyla aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır:

1. Akıllı Toplu Taşıma Araçları ve Yönetim Sistemleri takılacak araçların belirlenmesi
2. Belirlenen araçlarda uygulama noktası ve adet belirlenmesi
3. Akıllı Toplu Taşıma Araçları ve Yönetim Sistemleri maliyetlendirme ve fizibilite çalışmalarının yapılması
4. Projenin kesinleştirilmesi ve onaylanması
5. Akıllı Toplu Taşıma Araçları ve Yönetim Sistemleri üretilmesi
6. Araç montajlarının yapılması
7. Uygulamaya uygun olarak kişi sayma özelliklerinin özel olarak geliştirilmesi ve uygulanması
8. Sunucu sistemlerinin kurulması ve verilerin toplanmaya başlanması
9. Test ve validasyon
10. Full entegre sistemin devreye alınması ve veri toplama
11. Toplanan veriler ışığında önermeler ve dönemsel raporların verilmesi

## 4. Finansal Analiz

### Örnek Vaka

2020 yılı TÜİK verilerine göre Türkiye’de 1000 kişiye 281 taşıt düştüğü saptanmıştır. Finansal analiz kapsamında 1000 hektarlık bir alanda 200.000 kişinin yaşayacağı varsayılan proje alanı için bölgede yaşayan vatandaşların toplu taşımayı aktif kullanım sayısı ortalama 125.000 olarak öngörülmektedir. Bunun yanı sıra, çevre bölgelerden proje alanına gelecek bir kitlenin olması muhtemeldir. Bu durumun mevcut kullanımı %50 oranında artıracığı kabul edilirse (yürüyüş alanları ve turizm alanlarının varlığı dolayısıyla talep değişkenlik gösterebilir) yaklaşık 187.500 kişilik bir talep oluşacağı varsayılmaktadır.



Şekil 12. Araç İçi MNVR ve Donanım Bileşenleri

Tablo 3. Öngörülen Proje Bütçesi

Sıra No	Açıklama	Adet	Birim	Toplam
1	Mobil Nvr Cihazı (Mnvr)	1	800\$	800\$
2	IP Kamera	10	100\$	1.000\$

3	2 Tb 2,5" Harddisk	1	120\$	120\$
4	Araç İçi Yolcu Bilgilendirme Sistemi	1	450\$	450\$
5	Wifi Router	1	450\$	450\$
6	OBD Canbus	1	150\$	150\$
7	ADAS	1	350\$	350\$
8	Panik Butonu	3	15\$	45\$
9	Kablolama ve Montaj İşçiliği	1	100\$	100\$
10	Yönetim ve Raporlama Yazılımı (Araç Başına)	1	30TL	30TL/AY
<b>ARAÇ BAŞINA TOPLAM</b>			<b>3.465\$</b>	

\* Tabloda yer alan adet değerleri tahmini verilmiştir. Adet değerleri projelendirme ve saha çalışması sonrası güncellenmelidir.

\*\* Birim maliyet değerleri önceki çalışmalarda kullanılan değerler göz önünde bulundurularak tahmini olarak yazılmıştır. Projelendirme yapıldıktan sonra üreticiden fiyat teklifi alınarak kesin değerler ile güncellenmelidir.

\*\*\* Toplu Taşıma Yönetim Sistemleri ve onunla ilişkili olan tüm maliyetler değerlendirme dışına çıkarılmıştır.

\*\*\*\* 2023 Temmuz döneminin kuru baz alınarak 1 Dolar=26 TL olarak hesap yapılmıştır.

Finansal analiz kapsamında varsayılan proje alanı için 12m araçlar için 8 adet IP kamera, 1 adet Mobil NVR sistemi, 1 adet 2TB Depolama Diski, 1 adet Araç içi Yolcu Bilgilendirme Sistemi, 1 adet Wifi Router, 1 adet OBD Canbus, 1 adet ADAS, 2 adet panik butonu ve kablolama montaj işçiliği kullanılması öngörülmektedir.

Birim maliyet değerleri, önceden yapılan çalışmalara dayanarak tahmini olarak belirlenmiştir. Ancak, projelendirme tamamlandıktan sonra kesin değerlerle güncellenmesi gerekmektedir. Toplam maliyet değeri, ilk yılın bakım, onarım ve işletme maliyetlerini içermektedir. Bununla birlikte, sonraki yıllarda kamera ve GPS sistemlerinin bütçelerinin %10'u kadar yıllık bakım ve onarım harcamalarının ortaya çıkması beklenmektedir.

Akıllı Ulaşım Sistemleri, doğrudan etkileyebilecek gelir kaynakları ve dolaylı etkisi olan alanlardan gelir kaynakları sağlamaktadır. Her hat üzerinde tahmin edilen 8 aracın trafikte olduğu ve bu araçların araç içi kontrol sistemleri sayesinde daha az yoğun olan yolları tercih ettiği varsayılmaktadır. Bu tercih sonucunda her aracın ortalama 20 saniye zaman kazandığı düşünülürse, tüm araçların günde 167 saat,

aylık 5.010 saat trafikte zaman harcamayacağı öngörülmektedir. Tablo 4'teki verilerin minimum değerlerine dayanarak yakıt tüketimi (50 km/saat hızla km başına minimum 3,3 kuruş) göz önüne alındığında, bir ayda yaklaşık 826.650 TL tasarruf edilecektir. Ayrıca, şoförler araç içi akıllı sistemlerle daha az yoğun olan yolları tercih ettiklerinde zaman kazanacaklardır. Zamanın değeri de hesaba katıldığında, şoförlerin toplam kazancı artacaktır.

**Tablo 4.** Yakıt Tüketim Verileri

<b>Bir Araç Ort. Kaç KM Yol Gider</b>	200 - 300
<b>Bir Araç Ort. Kaç Litre Alır</b>	220 - 250
<b>Her Bir Araç için Hat Başı Gidilen KM (Günlük)</b>	200

12 metrelik araçlar, 100 km yol için ortalama 40-45 litre yakıt tüketirken, 18 metrelik araçlar ise ortalama 50-55 litre fosil yakıt tüketmektedir. Günlük olarak yaklaşık 200 km yol alan 12 metrelik

araçlar için ortalama 95 litre ve 18 metrelik araçlar için 105 litre yakıt tüketir. Mesai saatlerinin başlangıcından bitimine kadar, yoğun hatlarda 18 metrelik araçlar gün boyunca kullanılmaktadır.

**Tablo 5.** Gelir Gider Tablosu

<b>Gelir-Gider Tablosu</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>
Toplam Araç Sayısı (Körüklü)	1.080	1.080	1.080
Aktif Sayı	875	875	875
Araç Başına Ortalama Tasarruf (Lt)	10	12	15
Toplam Tasarruf (Lt)	3.200.000	3.830.000	4.800.000
Toplam Yakıt Tasarrufu	\$10.109.350	\$12.099.630	\$15.164.000
İlk Yatırım Maliyeti	\$11.822.260		
Bakım Maliyeti	\$2.021.870	\$2.419.930	\$3.032.800
Toplam Gider	\$13.844.130	\$2.419.930	\$3.032.800
Kar/Zarar	-\$3.734.780	\$8.364.850	\$23.528.850

Araç ve hat yoğunluk verilerinin araç içi kontrol sistemlerinden toplandığı düşünülerek, gün içinde yoğunluğun düşük olduğu saatlerde yönetim sistemi tarafından daha küçük araçlar kullanılmasıyla başta yakıt tüketimi olmak üzere çeşitli tasarruflar elde edilecektir. Ortalama yakıt tüketimi, araç başına 105 litreden 95 litreye düşerek günlük 10 litre yakıt tasarrufu sağlayacaktır. Örneğin, ortalama 8 araç çalıştığı düşünülürse, toplamda 80 litre tasarruf edilecektir. Ayrıca, bakım ve tamir masrafları daha yüksek olan 18 metrelik araçların daha az kullanılmasıyla tasarruf miktarı artacaktır. Tahmini tasarruf miktarı ve yatırım geri dönüş Tablo 5 üzerinde gösterilmiştir. 1,5 yıl içinde yatırım başa baş noktasına gelmektedir.

Filoda olduğu varsayılan 1080 körüklü aracın %80'inin hatlarda aktif çalıştığı düşünüldüğünde yaklaşık 875 araç aktif olarak hizmet vermektedir. Bu 875 aracın çalıştığı hatlarda günlük araç başına 10 litre

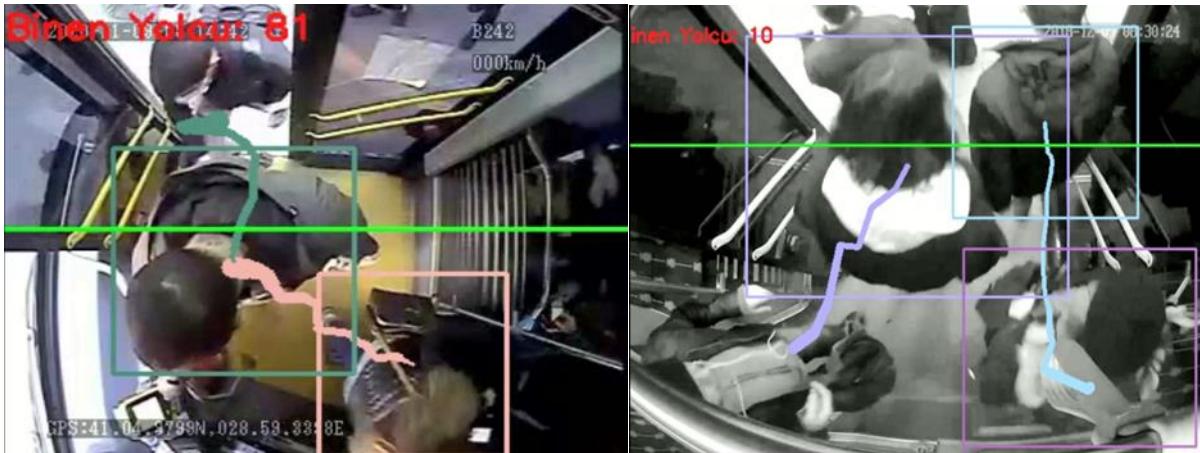
tasarruf yaşanması ile gün bazında maksimum 8.750 litre yakıt tasarrufu sağlanabilecektir. Yıllık olarak üç milyon iki yüz bin litre (3.200.000) yakıt tasarrufu sağlanacaktır.

Filo yönetim sisteminin hat, durak yoğunluk verileri ışığında yaptığı ORER önermeleri sayesinde pik saatlerde kullanılan tüm araçların sefer sayısı ve sürelerinin değişimi ile gün içinde yoğun olmayan zamanlarda yeterli araç sayısı ve kapasitesi ile filonun hizmet vermesi sağlanacaktır. Bu sayede aktif çalışan araç sayısında %20 oranında bir düşüş beklenmektedir. Bu da gaz salınımı ile yakıt ve araç bakım sarfiyatlarının düşürülmesinde %20 oranında bir katkı daha sağlayacaktır.



Şekil 13. Araçlarda Kişi Kart Bilgilerinin Eşleştirilmesi Örneği [7]

Araçlarda bulunan kameralar ve validatör cihazlarının entegrasyonu sayesinde kişi ve kart bilgileri eşleştirilerek kaydedilecektir. Bu entegrasyon sayesinde kural dışı kart kullanımlarının tespit edilmesi mümkün olacak ve böylelikle kural dışı kart kullanımı azaltılabilecektir.



Şekil 14. Araçlarda İnen Binen Yolcu Sayımı [7]

Araçlara yerleştirilecek kişi sayma özellikli donanımlar, yolcuların binip inme işleminin sayılmasının yanı sıra kaçak binişlerin tespitinde de önemli bir rol oynayacaktır. Bu donanımlar sayesinde binecek ve inecek yolcuların sayısı kaydedilecek ve aynı zamanda binişlerle kart kullanımları arasındaki karşılaştırmalar yapılarak analizler gerçekleştirilebilecektir.

Hatlar üzerinde kullanılan araç tiplerine yönelik bakım ve yakıt tüketimi raporları oluşturularak en düşük yakıt tüketimi ve bakım masrafına sahip araçların önerileri sunulabilecektir. Bu sayede mevcut yakıt ve bakım maliyetleri daha da düşürülecektir.

## 5. Ekonomik Analiz

Proje, ekonomiye dolaylı olarak katkı sağlayacaktır. Akıllı ulaşım sistemi, sürücülere trafik yoğunluğu düşük olan uygun güzergâhlara yönlendirerek istedikleri noktaya daha hızlı ulaşmalarını sağlamaktadır. Bu durum, sürücülerin ve yolcuların trafikte geçirdikleri süreyi azaltacak ve daha verimli bir şekilde seyahat etmelerine olanak sağlayacaktır. Zaman kazancıyla birlikte, tüm kullanıcıların elde ettiği zamanın ekonomik değeri hesaplanarak, dolaylı olarak ekonomiye olan katkı görülebilecektir. Ayrıca, daha az zaman harcanması yakıt tasarrufuna yol açacak ve doğrudan ekonomiye katkı sağlayacaktır.

Bu proje ile sürücülere olumsuz hava koşulları, acil durumlar, afetler ve yol üzerindeki trafik kazaları gibi trafik güvenliğini etkileyebilecek durumlar hakkında bilgi ekranında uyarı mesajları verilecektir. Bu mesajlar, kaza sayısını azaltarak maddi kayıpların da azalmasına katkı sağlayacaktır. Bu durum, projenin ekonomiye olumlu etkileri olduğunu göstermektedir.

## 6. Sosyal Etkinin Analizi

Toplu Taşıma Araç İçi Kontrol Sistemleri, sürücülere trafik yoğunluğu hakkında bilgi sağlamak ve alternatif güzergâhlar önermektedir. Böylelikle sürücülerin yolculukları kolaylaşmaktadır. Daha az trafik yoğunluğuna sahip olan yolları tercih eden şoförler sayesinde yolcular daha az zaman harcayacaktır, bu da sosyal hayatta olumlu etkilere yol açacaktır. Ayrıca toplu taşımanın tercih edilmesi ve araç kullanımının azalması, trafik gürültüsünü azaltarak sosyal çevrede gürültü kirliliğinin oluşmasını engelleyecektir.

## 7. Çevresel Etkinin Analizi

Araç İçi Kontrol Sistemlerinin hat güzergâhının etkin bir şekilde kullanılmasını sağlaması, sürücülerin trafikte harcadıkları zamanı azaltacaktır. Bu durum, daha az yakıt tüketilmesine ve karbon salınımının azalmasına katkı sağlayacaktır. Araç İçi Kontrol Sistemlerinin çevre üzerinde dolaylı olarak olumlu etkisi

bulunmaktadır. Ayrıca, Akıllı Ulaşım Sistemi kapsamında yerleştirilen akıllı duraklar, çevresel faktörlere dikkat edilerek belirlenmelidir. Bu duraklar, şehrin estetik ve kültürel yapısını ya da doğal güzellikleri olumsuz etkilemeyecek konumlara yerleştirilmelidir.

Akıllı ulaşım sistemi için durakların yerleştirilmesiyle ilgili başka bir dikkat edilmesi gereken konu, yolcu bilgilendirme ekranının ve durak konumlandırmasının doğru seçilmesidir. GPS sisteminin konumlandırılacağı aracın özellikleri detaylıca incelenmeli ve uygun seçimler yapılmalıdır.

## 8. Risk Analizi

Akıllı ulaşım sisteminde kullanılan şoför bilgi ekranında güncellenmeyen mesajlar, sürücülerin dikkatini güzergâha odaklanmaktan uzaklaştırabilir. Örneğin, aynı hat üzerinde sefer yapan şoförlerin aynı bilgilendirme mesajını sürekli görmesi, kullanıcıları zamanla ekranlara bakmaktan vazgeçirebilir. Yolcu Bilgilendirme LED ekranının doğru şekilde entegre edilmemesi durumunda, yolcuların duraklarını kaçırmaları ve memnuniyet seviyelerinin düşmesi olasıdır. Yapılan büyük yatırımlarla kurulan sistemin güncel olmaması ve amacına uygun kullanılmaması, projedeki önemli riskleri beraberinde getirmektedir. Bu riskleri önlemek için Araç İçi Kontrol Sistemine ait ekranlar gerçek zamanlı verilerle güncellenmeli ve mesaj verilecek bir durum yoksa ekranlar geçici olarak kapatılmalıdır. Ayrıca, amaç dışı bilgiler vermekten kaçınılarak yalnızca amaç odaklı bilgiler sunulmalıdır.

Hat tabelasında verilen bilgilerin, yolcuların kolayca anlayabileceği uzunlukta olması önemlidir. Uzun ve anlaşılması zor metinler, yolcuların tabela yazılarını algılamak için araçları gereksiz yere durdurmalarına sebep olabilir. Bu durum, toplu taşıma aracının bulunduğu bölgede trafik sıkışıklığına veya kaza riskinin artmasına neden olabilir. Bu riski önlemek için verilen mesajların açık ve kısa bir yazı standardına uygun şekilde hazırlanması gerekmektedir.

Kişi sayma sensörlerinin doğru bir şekilde kurulmadığı durumlarda, araç içerisinde gereğinden fazla yolcu bulunabilir ve bu durum seyir güvenliğini ve sağlık durumunu tehlikeye atabilir.

5G haberleşme sistemleri ve Nesnelerin İnterneti gibi teknolojilerin yaygınlaşmasıyla birlikte araçlara entegre edilen sensörler ve GPS gibi sistemlerde bağlantı problemleri gibi riskler ortaya çıkabilir.

## 9. Genel Değerlendirme ve Sonuç

Artan demografik yapıya bağlı olarak ulaşımın geliştirilmesi gerekliliğinden dolayı akıllı ulaşım sistemlerinin entegre edilmesi hedeflenmektedir. Bu hedef doğrultusunda, ulaşım alanında büyük bir ilerleme sağlamak için gelişen akıllı sistemlerle entegrasyon adımları atılmaktadır. Toplu taşıma araçlarına Araç İçi Kontrol Sistemleri entegre edilerek, akıllı sistemlere destek sağlanması



hedeflenmektedir. Bu Araç İçi Kontrol Sistemleri sayesinde yakıt tasarrufu sağlanacak, şoför hareketleri denetlenecek ve kontrol altına alınacak, yolcu güvenliği artırılabilecek, maliyet düşürülerek en uygun rota planlaması yapılarak sürdürülebilir bir yaklaşımla çevrenin korunması hedeflenmektedir. Dolayısıyla, Araç İçi Kontrol Sistemlerinin doğru entegrasyonu maliyet, zaman ve trafik sürelerinde önemli bir azalma sağlanacaktır.

Öncelikli olarak, akıllı ulaşım sistemleri için proje alanında altyapı planlaması yapılmalı ve toplu taşıma hatları belirlenmelidir. Bu aşamada, bölgenin ihtiyaçları dikkatlice değerlendirilmelidir. Örneğin, kaza riski taşıyan bölgeler, hava koşullarından etkilenebilecek alanlar, yoğun trafik çekebilecek bölgeler, millet bahçeleri veya kongre merkezleri gibi cazibe merkezleri ve ulaşım noktaları göz önünde bulundurularak hat oluşturulmasıyla ilgili talep olasılıkları analiz edilmelidir.

Toplu taşıma araçlarında kullanılacak sistemler, sürdürülebilir bir hedefe yönelik olarak seçilmeli ve yerleştirme işlemleri yapılmalıdır. Ayrıca, bu sistemlerin kullanımı maliyetleri göz önünde bulundurularak belirlenmelidir. Bu değişkenlerin göz ardı edilmesi, uygulama ve maliyet sorunlarına yol açabilir.

## 10. Yol Haritası

- Proje girdilerinin proje alanı için temin edilmesi
  - Proje alanı vaziyet planı
  - Proje alanı yol geometrilerini içeren CAD çizimleri (Kavşak konumu, Şerit Sayısı, Şerit Genişliği, Yol Eğimi, İşletme Hızı, Yoldan ayrılma ve katılma kesimleri)
  - Kaza kara noktaları verisi
  - Mevcut durumda bulunan diğer trafik işaretleri
  - Durak mesafeleri ve araç içerisindeki yolcu sayısının kontrolü gibi değişkenler hakkında bilgiler toplanmalıdır.
- Temin edilen bilgiler ile proje alanı içerisinde güzergâh planlanması yapılması ve uygulama planlarının çizilmesi
- Belirlenen hat üzerindeki araç sayısının belirlenip güzergâh üzerinde test sürüşleri yapılması
- Belirlenen güzergâh üzerinde uygun aralıklar ile akıllı durak planlaması yapıp uygulamaya geçirilmesi
- Araç İçi Kontrol Sistemindeki araç setinin entegre edilip çalışır durumunun kontrolünün yapılması ile proje tamamlanmış olacaktır.

## 11. Kaynakça

- [1] <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara-Tasitlari-Aralik-2022-49436#:~:text=T%C3%BCrkiye'de%202022%20y%C4%B1%C4%B1nda%20bir,bin%20327%20adet%20art%C4%B1%C5%9F%20ger%C3%A7ekle%C5%9Fti.>
- [2] T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2020). Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı. Ankara.
- [3] S. Chavhan, D. Gupta, B. N. Chandana, A. Khanna & J. J. Rodrigues. (2019). IoT-based context-aware intelligent public transport system in a metropolitan area. IEEE Internet of Things Journal, cilt 7, pp. 6023-6034.
- [4] T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. Ulaşan ve Erişen Türkiye İstatistikleri 2003/2020 <https://sgb.uab.gov.tr/uploads/pages/yayin-sunum-ve-tablolar/istatistik-2003-2020.pdf> Erişim tarihi: 21.12.2023
- [5] <https://kisisellestirme.istanbulkart.istanbul>
- [6] Tektaş, M., & Tektaş, N. (2019). Akıllı Ulaşım Sistemleri (Aus) Uygulamalarının Sektörlere Göre Dağılımı. Akıllı Ulaşım Sistemleri Ve Uygulamaları Dergisi, 2(1), 32-41.
- [7] TÜBİTAK - TÜSSİDE. (Nisan 2021). Esenler Belediyesi Akıllı Şehir Uygulamaları Fizibilite Projesi. Araç İçi Kontrol Sistemleri Uygulması Ön Fizibilite Raporu.