



COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Akıllı Şehir Rehberlik Uygulamaları Projesi

ENTEGRE TRAFİK YÖNETİMİ UYGULAMASI

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

ENTEĞRE TRAFİK YÖNETİMİ UYGULAMASI

Bu kılavuz, akıllı şehir uygulamalarından olan "Entegre Trafik Yönetimi 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

Kentlerin büyümesi ve kalabalıklaşmasıyla birlikte yoğunluklar artmakta ve özellikle de şehir içindeki ulaşım sıkıntıları günlük hareketliliğin oldukça sıkışık olmasına sebep olmaktadır. Sürücüler, var olan trafik kurallarının bir kısmına uymadığında kazalar ve kayıplar yaşanmaktadır. Bu kayıp ve kazaların azaltılması ve trafik yoğunluğunun tüm ulaşım ağında dengelenmesindeki çözümlerden birisi de Entegre Trafik Yönetimidir. Dünyada da örnekleri bulunmaktadır. Özellikle de kalabalık şehirlerdeki Entegre Trafik Yönetimi projesi birçok alt sistemin bağlı olduğu ve bu sistemler üzerinde elde edilen veriler ile trafik akışını yöneten, denetleyen ve gerekli müdahaleleri yapan sistemdir. Bu sistem, denetleme ve arıza tespit sistemleri, akıllı yönlendirme sistemleri ve değişken mesaj sistemleriyle bir arada çalışmaktadır. Özetle, farklı trafik sistemlerinden elde ettiği verileri hızlı şekilde toplayan, analiz eden ve olası trafik yoğunluklarını tespit ederek yoğunluğu giderici önlemler alan akıllı trafik sistemidir.

Entegre Trafik Yönetimi uygulamasının amacı, trafik ağındaki tüm mevcut sistemleri, alt-sistemleri ve sensörleri (dinamik kavşak kontrol sistemleri, akıllı katılım kontrol sistemleri, değişken mesaj işaretleri, sinyalizasyon kavşaklar), uzaktan kontrol ve kumanda edilebilen bir sistemin kurgulanmasıdır.

1.1. Projenin Adı, Uygulama Yeri ve Süresi

- Entegre Trafik Yönetimi 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 | Entegre Trafik Yönetimi Uygulaması Projesi |
| Uygulama Alanı | 1000 Ha yerleşim alanı – 200.000 kişi |
| Proje Süresi | 9 ay |
| Akıllı Şehir Proje Fişi, Akıllı Şehir Proje Yönetimi Standartları kapsamında hazırlanmış olup dokuman www.akillisehirler.gov.tr adresinde yayınlanan Akıllı Şehir Bilgi Paylaşım Portalı'ndan erişilebilmektedir. | |

1.2. Proje Teknik Bileşenleri

Entegre Trafik Yönetimi birçok alt sistemden oluşan, entegre çalışan sistemlerdir ve teknik bileşenleri iki alt bileşen grubundan oluşmaktadır. Bu bileşenlerin kurulması ve entegre edilmesiyle Entegre Trafik Yöntemi sistemi oluşturulabilir:

- Akıllı Yönlendirme ve Değişken Mesaj Sistemleri
 - Değişken mesajın yansıtıldığı LED ekran
 - Kamaşma panosu
 - Taşıyıcı konstrüksiyon
 - Kontrol ünitesi
 - Dış ortam ışık seviyesi algılayan sensör
 - Kesintisiz güç kaynağı
 - Kablosuz iletişim cihazları
- Elektronik Denetleme Sistemi (EDS) ve Arıza Tespit Sistemleri
 - Elektronik Denetleme Sistemi Kontrol Merkezi
 - Ortalama Hız İhlal Tespit Sistemi
 - Kırmızı Işık İhlal Tespit Sistemi
 - Taralı Alan İhlal Tespit Sistemi
 - Park İhlal Tespit Sistemi
 - Mobil Elektronik Denetleme Sistemi
 - Arıza Tespit Sistemi

1.3. Proje Girdileri

Entegre Trafik Yönetimi projesi hayata geçirildikten sonra, sürekli olarak sisteme yeni girdiler eklenmeli ve var olan girdiler de güncellenmelidir.

Bu projenin başlangıç girdileri aşağıda listelenmektedir:

- Proje alanını belirleme ve proje alanı planı
- Proje alanındaki yol düzeni bilgileri, örneğin, kavşak konumları, şerit sayıları, genişliği, yol eğimi, hızı bağlı yapılan sapma hesapları vb.
- Karayolu ağ bilgileri
- Gerçekleşmiş kaza yerleri
- Mevcut trafik işaretlerinin konumu ve dizilimi
- Kavşaklara yerleştirilecek sensör sayıları ve sinyal tespiti
- Otoparkların konum bilgisi
- Elektronik denetleme sisteminin konumu
- Arıza tespit alanlarının konum bilgisi
- Meteorolojik veriler

1.4. Beklenen Çıktılar

Entegre Trafik Yönetimi projesi kapsamında beklenen çıktılar şu şekildedir:

- Tüm trafik alt sistemlerinin bir arada ve entegre çalışmasının sağlanması
- Yönlendirme ve uyarı sistemleri ile sürücülerin anlık olarak yol ve hava durumu hakkında bilgilendirilmesi
- Olumsuz hava şartları sebebiyle yaşanacak kazaların azalması
- Hem bölge hem de trafik güvenliği için araç plakalarıyla taşıt takiplerinin yapılması
- Trafik kurallarına uymayan kişilerin tespit edilmesi ile kurallara uyma oranının artırılması
- Trafik yoğunluğunda azalma
- Trafik akışının daha verimli hale getirilmesiyle trafik sıkışıklığında azalma
- Trafik sıkışıklığını azaltarak sürücülerin seyahat süresinin kısalması
- Yolculuk süresinin düşürülmesi
- Şehir içinde güvenli bir yolculuk sürecinin sağlanması ve yolculuğun güvenli şekilde sonlanması
- Yaşanabilecek kazaların önlenmesi ve azalması
- Acil durumlarda hızlı müdahalenin sağlanması
- Yakıt tüketimini azaltarak ve sera gazı emisyonlarını düşürerek çevre dostu ulaşımın sağlanması
- Kurulacak sensörler yardımıyla kapasiteye ve yoğunluğa bağlı olarak trafik akışının değiştirilmesi ve yönlendirilmesi
- Trafikte kural dışı hareket edenlerin plaka yardımıyla tespiti ve raporlanması

- Denetleme sistemi sayesinde kişi ve araç bilgilerinin saklanması

1.5. Projenin Performans Göstergeleri

Entegre Trafik Yönetimi projesinde amaç ve hedeflerin gerçekleşmesi kapsamında takibinin ve etkinliğinin ölçülebilmesi için aşağıdaki kriterlere göre sistem değerlendirmesi yapılabilir. Bu veriler doğrultusunda süreçlerde dinamik olarak sürekli iyileştirme sağlanabilir.

Performans göstergeleri arasında aşağıdaki durumlar yer almaktadır:

- Gerçekleşen kaza sayıları ve geçmiş yıllara göre oranları
- Kurallara uymayan sürücü sayısı ve yıllara göre değişimi
- Yol bazlı trafik yoğunluğu ve tüm yol ağındaki ortalama yoğunluk oranı
- Arıza/Kaza tespit edilmesi, müdahale süreleri ve ortalaması
- Yol ağındaki araç sayısı ve yıllara göre değişimi
- Önlem alınmadan önce ve alındıktan sonraki trafik yoğunluğu değişimi

2. Proje Kapsamı ve Gerekçe

2.1. Proje Kapsamı

Entegre Trafik Yönetimi, trafik akışını yönetmek, trafik kazalarını azaltmak, çevre kirliliğini azaltmak ve sürücülerin seyahat süresini kısaltmak için tasarlanmış bir sistemdir. Bu sistem, yolculara hızlı, güvenli ve verimli bir şekilde seyahat etmelerine yardımcı olmayı hedeflemektedir.

Entegre Trafik Yönetimi, trafik akışını analiz etmek, sürücülerini yönlendirmek, trafik kazalarını önlemek ve trafiği düzenlemek için bir dizi teknolojik araç kullanır. Bu araçlar arasında trafik kameraları, yol işaretleri, sensörler, ışıklar ve otomatik araç tanıma (OCR) sistemleri yer alır.

Sistem; trafik yoğunluğu, hava durumu, yol yapısı ve diğer faktörler gibi bir dizi değişkene göre trafik akışını yönetir. Bu sistem ile trafik akışının düzenlenmesi için sürücülere yönlendirmeler sunulur ve acil durumlarda hızlı müdahale sağlanır.

2.2. Proje Gerekçesi

Şehirlerde yaşayan insanlar trafik sıkışıklığı nedeniyle zaman kaybı, stresli bir seyahat deneyimi, hava kirliliğine maruz kalma ve trafik kazaları riskiyle karşı karşıya kalmak zorunda kalırlar. Bu noktada, Entegre Trafik Yönetimi projesi, şehirlerdeki trafik sıkışıklığını azaltmayı ve sürücülerin daha hızlı, daha güvenli ve daha çevre dostu bir şekilde seyahat etmelerini sağlamayı amaçlar.

Entegre Trafik Yönetimi, trafik akışını daha verimli hale getirmek için farklı bileşenleri birleştirir. Bu bileşenler arasında trafik sinyalizasyonu, trafik yönlendirme sistemleri, yolculuk planlama ve trafik verilerinin analizi yer alır. Tüm bu bileşenler, trafik akışını optimize etmeyi, trafik sıkışıklığını azaltmayı ve trafik kazalarını önlemeyi amaçlar.

Bunun yanı sıra, Entegre Trafik Yönetimi projesi, sürücülerin zaman ve enerji tasarrufu sağlamasına yardımcı olur. Bu proje sayesinde, sürücüler daha az zaman kaybederler ve işlerine daha verimli bir şekilde giderler. Ayrıca, bu proje araçların yakıt tüketimini azaltarak çevre dostu bir ulaşım sağlar.

Sonuç olarak, Entegre Trafik Yönetimi, şehirlerdeki trafik sıkışıklığı sorununa çözüm olabilecek önemli bir girişimdir. Bu proje, sürücülerin güvenliği, zaman tasarrufu ve çevresel sürdürülebilirlik gibi konulara katkı sağlayabilir.

2.3. Mevcut Durum

Proje konusu ile ilgili dünyada mevcut durumun tespiti

- Entegre Trafik Yönetimi uygulamalarına yönelik dünyadaki güncel trendler incelenir.
- Bu trenlere bağlı güncel teknoloji, yazılım, otomasyon, ekipman, yapı, ürün vs. incelenir.

Proje konusu ile ilgili Türkiye’de mevcut durumun tespiti

- Türkiye’deki mevcut Entegre Trafik Yönetimi 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 alışverişi 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, bu projeyi uygulayacak kurum ve kuruluşlara mevcut durum hakkında bilgi vermek ve konu hakkında fikir sahibi olmalarını sağlamak amacıyla hazırlanmıştır.

Dünya genelinde akıllı şehirlerin kurulması için ilk adımlar 2014 yılında Singapur’da atılmıştır. Daha sonra özellikle kalabalık şehirler ve ülkelerde, şehir içi aktivitelerin yoğunluğunu azaltmak ve güvenliği artırmak amacıyla bütçeler ayrılmaya başlamıştır. Dünyada birçok şehirde ulaşım altyapısını geliştirmek için çalışmalar yapılmıştır. Ancak günümüzde bile tam çözümler bulunamamıştır çünkü nüfus arttıkça

ve buna bağlı olarak da araç sayısı arttıkça bu sorunlar devam etmektedir. Amerika'da 1000 kişi başına dufen araç sayısı yaklaşık 830 iken Batı Avrupa'da 500 ila 900 arasında değişmektedir. Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte, uygun bütçeye sahip dünya ülkelerinde akıllı şehirlerin kurulması ile bu sorunlara çözüm bulunabilir. Akıllı trafik yönetim sistemleri; denetim sistemlerinin, mesaj sistemlerinin, yönlendirme ve arıza tespitlerinin entegrasyonlarından oluşur. Avrupa'da, akıllı trafik sistemlerini geliştirmeyi ve yaygınlaştırmayı teşvik etmek için kamusal/özel sektör ortaklığıyla ulusal bir grup kurulmuştur. Bu topluluk, resmi olarak 7 Ekim 2014'te Londra'da duyurulmuştur. Ayrıca, Amerika'da her eyalette akıllı trafik sistemlerini tanıtmak ve sergilemek için teknolojilerini ve fikirlerini paylaşmak amacıyla yıllık bir konferans düzenlenmektedir [1].

Akıllı ulaşım sistemi (Intelligent Transportation System- ITS), farklı ulaşım modları ve trafik yönetimi ile ilgili yenilikçi hizmetler sunmayı amaçlayan ve kullanıcıların daha iyi bilgilendirilmelerini ve ulaşım ağlarını daha güvenli, daha koordineli ve akıllı kullanmalarını sağlayan gelişmiş bir uygulamadır [2]. Bu teknolojilerden bazıları, bir kaza olduğunda acil servis çağırmaı, trafik yasalarını uygulamak için kameraları kullanmaı veya koşullara bağlı olarak hız limiti değişikliklerini gösteren işaretleri içerir.



şekil 1. Macaristan Karayolu Ağını ve Veri Noktalarını Görüntüleyen ITS (Intelligent Transportation System- Akıllı Ulaşım Sistemi) [3]

Akıllı Ulaşım Sistemleri, üç aşamalı bir gelişme süreci geçirmiştir. İlk aşama, 1960-1970 yıllarında Japonya'da yapılan araştırmalarla başlamıştır ve büyük merkezi bilgisayar ve iletişim sistemleri kullanılarak güzergâh/rota kılavuzlama yöntemi üzerinde yoğunlaşılmıştır. Ancak, bazı sınırlamalar ve teknolojik eksiklikler uygulamaların gerçek hayatta kullanımını engellemiştir. İkinci aşama, 1980'den 1995'e kadar sürmüştür ve bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle birlikte Japonya'da şu anki araç rota

belirleme sistemi kurulmuştur. Günümüzde ise üçüncü aşamaya girilmiştir. Bu aşamada ilk olarak, Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS)'nin pratik uygulamaları görülmeye başlanmıştır. İkinci olarak, AUS artık sadece otomobil trafiğinin sorunlarına değil, diğer ulaşım türlerinin sorunlarını da çözmek için kullanılmaya başlanmıştır. Üçüncü olarak, AUS ulusal ve uluslararası genel bilgi teknolojisi hiyerarşisinde önemli bir unsur olarak kabul edilmektedir ve aşamaların devam edeceği öngörülmektedir [1].

Entegre Trafik Yönetiminin ilk uygulama alanlarına bakıldığında sistemler birbirinden bağımsız ve ayrıık şekilde uygulanmıştır. Elektronik denetleme sistemi olarak düşünülebilecek ilk örneklerden biri 1973 yılında Köln ile Frankfurt kentleri arasındaki otoyola kurulan radar sistemidir. Değişken mesaj sistemleri ise ilk olarak 1960'larda Amerika Birleşik Devletleri'nde kullanılmaya başlanmış ve Türkiye'de ilk kez 1999 yılında kullanılmıştır. Tüm bunların entegre olmasıyla kurulan akıllı şehirler ise ilk olarak Singapur'da 2014 yılında uygulanmıştır. Şu anda ise dünyanın 8 ülkesinde aktif olarak bu sistemler faaliyet göstermeye devam etmektedir. Özellikle de Çin gibi kalabalık bir ülkenin yaklaşık 800 noktasında kavşaklardaki sensörler ve sinyalizasyon teknolojisi kullanılmaktadır. Bazen oldukça fazla maliyetlere sebep olacağı düşünülse de Londra'da 5G teknolojisi kullanılarak trafikte takılı kalan sürücüler için zamanı %10 azaltabileceği, ekonomiyi yılda 880 milyon £ tasarruf ettirebileceği ve CO₂ emisyonlarını yılda 370.000 metrik ton azaltabileceği düşünülmektedir [1].

Ülkemizde ilk değişken mesaj sistemleri Karayolları Genel Müdürlüğüne 1999 yılında yapılmıştır. 2017 yılı itibariyle ülkemiz genelinde Karayolları Genel Müdürlüğü sorumluluğu altında toplam 410 adet DMS kurulumu gerçekleştirilerek uygulamaya konulmuştur [4]. Bununla birlikte günümüzde belediyeler de değişken mesaj sistemi uygulamaları yapmaktadır. İstanbul ilinde mevcut olan değişken mesaj sistemi pano sayıları, İstanbul Büyükşehir Belediyesinin 2021 yılı faaliyet raporu içerisinde yer almaktadır (Tablo 1).

Tablo 1. İBB 2021 Yılı Faaliyet Raporunda Bulunan Değişken Mesaj Sistemi (DMS) Panoları Verileri [5]

| Yıl | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | Aktif Sistem Sayısı |
|--------------|------|------|------|------|------|---------------------|
| DMS Panoları | 16 | 1 | 1 | 0 | 6 | 145 |

Türkiye'de AUS konusundaki ilk atılımlar 1980'li yıllarda inşa edilen Gebze-İzmit Ekspres Yolu'na kadar dayandırılabilir. Somut çalışmalar ise 1992'de hizmete sokulan "Otoyol Ücret Toplama Sistemi" ile başlar. Bu sistem, otoyol üzerinde seyreden araçların kat ettikleri mesafe ve araç sınıfına göre ücretlendirilmesi amacıyla geliştirilmiş operatörlü bir sistemdir [1].

Büyük şehirlerdeki araç sayısındaki artış sebebiyle bekleme süresini kısaltmak amacıyla 1999 yılında Fatih Sultan Mehmet Köprü'nde OGS yani "Otomatik Geçiş Sistemi" uygulamaya konulmuştur.

Günümüze kadar araç sayısındaki artıştan dolayı ise ücret ödemelerinin Kartlı Geçiş Sistemine dönüştürülmesi sağlanmıştır [1].

Akıllı Ulaşım Sistemlerine olan ilginin son yıllarda artması ile Türkiye’de diğer başlangıç uygulamaları olarak 1999’da Bolu Dağı Trafik Bilgi Sistemi Projesi, 2000’de Ankara Trafik Bilgi Sistemi Projesi, 2001’de İstanbul Trafik Bilgi Sistemi Projesi ve 2004’te Ankara Trafik Bilgi Sistemi hayata geçirilmiştir. Tüm bu projelerde değişken mesaj işaretleri, değişken trafik işaretleri, değişken şerit ve hız limit işaretleri, plaka tespit ekipmanları, radarlar ve çeşitli tipte sensörler kullanılmıştır [1].

Projenin bağlantılı olduğu alanlar

Proje birçok unsurun entegre edilmesi sonucunda ortaya çıkacağı için bağlı olduğu alanlar geniştir. Ancak projenin doğrudan teknolojiyle ve teknolojik aletlerle bağlantılı olduğu söylenebilir. Özellikle de bazı altyapı çalışmalarında kullanılacak wireless iletişim, internet bağlantıları, sensörler ve sinyalizasyonu bünyesinde barındırmaktadır.

Projenin bağlantılı olduğu alanlar şunlardır:

- 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/ Yaya Butonu
- 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

2.4. İhtiyaç Analizi

Projeye duyulan ihtiyacı ortaya koyan verilerin incelenmesi

Türkiye İstatistik Kurumunun verilerine göre 2021 yılında 25.249.119 araç, 2022 yılında ise toplam 26.482.847 adet araç trafik kayıtlarında resmi veriler olarak kayıtlıdır. Bu sayılardan anlaşılan, trafikteki sıkışıklık sorununun artarak devam edeceğidir. Ayrıca, bu yoğunluk sonucunda ortaya çıkan kazalar 2021 yılında 1.186.353 olarak kaydedilmiştir. Bu kazalarda 5.362 kişi hayatını kaybetmiş, 274.615 kişi yaralanmıştır. Yüksek oranlarda olan bu kaza ve ölümlere bakıldığında sebep olarak ise genelde trafik kurallarına uyulmadığı gözlemlenmiştir. Aynı zamanda ülkemizde en çok kazaların yaşandığı il olarak verilerde İstanbul’un ortaya çıkması, nüfus yoğunluğunun etkisini vurgulamaktadır.

Projenin gerçekleştirilmesine yönelik ihtiyaçlar şunlardır:

- Şehirlerdeki trafik sıkışıklığı ve yoğunluğunun artması
- Trafik kazalarının ve sürücülerin stresli seyahat deneyimlerinin artması
- Artan nüfus ve araç sayısı ile trafikteki hareketliliğin artması
- Hızlı kentleşme ve altyapı yetersizliği nedeniyle trafik sorunlarının daha da büyümesi
- Toplu taşıma araçlarının yetersizliği ve kullanımındaki zorluklar
- Çevresel faktörlerin ve sürdürülebilirlik endişelerinin artması
- Acil durumlarda hızlı müdahale imkânlarının sağlanması gerekliliği

Entegre Trafik Yönetimi projesi ile sürücülerden kaynaklı hatalarda, trafik güvenliğini etkileyecek planlanmayan olaylarda, kötü hava koşulları gibi sebeplerle meydana gelen kazalarda azalmaların olacağı öngörülmektedir. Aynı zamanda ülke, şehir ve bölge olarak trafikte yaşanan sıkışıklık durumunun en aza düşürülmesi beklenmekte ve yolculuk sürecinin kısaltıp güvenli hale getirilmesi amaçlanmaktadır. Tüm bu varsayılan faydalar projeye olan ihtiyacı ortaya koymaktadır.

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

Beklentiler:

- Trafik sıkışıklığının azaltılması ve seyahat sürelerinin kısaltılması
- Araçların daha az yakıt tüketmesi ve emisyon salınımının azaltılması
- Trafik kazalarının önlenmesi ve güvenliğin artırılması
- Kamu kaynaklarının daha etkin ve verimli kullanılması
- Trafik yönetiminin daha hızlı, daha doğru ve daha güvenilir hale getirilmesi
- Toplu taşıma ve özel araç kullanıcıları arasında daha iyi bir denge sağlanması

Paydaşlara sağlanan faydalar:

- Halkın daha hızlı, daha güvenli ve daha rahat seyahat etmesi
- Toplu taşıma işletmecilerinin daha verimli çalışması ve hizmet kalitesinin artması
- Emisyon salınımının azaltılması sayesinde çevrenin korunması
- Trafik kazalarının azaltılması sayesinde insan hayatının korunması
- İşletmelerin ve şehirlerin daha çekici hale gelmesi sayesinde ekonomik fırsatların artması

Problem ve sıkıntıların tespitinde aşağıdaki durumlar önem taşımaktadır:

- Projenin, tedarik sürecindeki aracı kurumlardan kaynaklanan fiyat değişimine etkisinin analiz edilmesi

- Entegre Trafik Yönetimi teknolojilerinin yaygın kullanımı için gereksinimlerin belirlenmesi
- Entegre Trafik Yönetimi teknolojilerinin uygulanacağı bölgelerde yaşanacak uygulama zorluklarının belirlenmesi

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

• Güçlü Yönler:

- Elektronik denetleme sistemleri ile kural dışı trafik hareketlerini azaltarak kazaların azalmasına yardımcı olur.
- Gerçek zamanlı veriler kullanılarak yolculara trafik yoğunluğu, alternatif yollar, yol durumu, planlanmayan durumlar ve hava durumu hakkında bilgilendirme yapılmasıyla trafik yoğunluklarının azalmasına olanak sağlar.
- Acil durumlarda hızlı müdahaleyi sağlayarak itfaiye, polis ve ambulans hizmetlerinin trafik sıkışıklığına rağmen hızlı bir şekilde müdahale etmesine yardımcı olur.
- Yakıt tüketiminde ve emisyon salınımında azalma sağlar.
- Sürücülerin zaman ve enerji tasarrufu yapmasına imkân tanır.
- Trafik düzeninin sağlanmasıyla birlikte yolculuk daha güvenli hale gelecektir.
- EDS sistemi ile belediye ek gelir elde edilebilecektir.
- Trafik verilerinin toplanması ve analizi için araçları içerir, bu da trafik akışının daha iyi anlaşılmasına ve gelecekteki trafik projelerinin geliştirilmesine yardımcı olur.

• Zayıf Yönler:

- Dijitalleşme ile artan siber saldırı tehdidi ve veri güvenliği riski
- Sistemler, kameralar ve sensörlerin sürekli olarak yenilenmesi ve eski-yeni sistem uyumsuzluğu
- Sistemlerin, kameraların ve sensörlerin birim fiyatlarının sürekli olarak artış göstermesi

2.5. Talep Analizi

Proje ile üretilen ürünlere ve/veya sunulacak hizmetlere yönelik mevcut talebin tespiti

Projenin uygulanacağı bölgelerin nüfus oranı ve kişi başına düşen araçların oranına bakılarak bölgenin trafik yoğunluğuna göre akıllı ulaşım sistemlerine ne kadar ihtiyaç duyulacağı tespit edilebilir. Çıkan verilere göre elektronik denetleme sistemleri ve değişken mesaj sistemleri için yeterli oranlarda altyapıların gerekliliği belirlenmelidir. Özellikle de trafik yoğunluğunu azaltmak ve oluşabilecek kazaları önlemek amacıyla yeterli niteliklere sahip uygulamalar olmalıdır. Bununla birlikte seçilen bölgenin heyelan risk noktalarının ve kazaların yaşanabileceği kavşak ve yol ayrımları gibi noktaların tespit edilmesi ve risk haritasının çıkarılması gereklidir.

Aşağıdaki etmenler talebin belirlenmesinde etkin rol oynayacaktır:

- Bölgedeki araç sayısının yükselmesi
- Bölgedeki gelir düzeyinin yükselmesi ve daha fazla aracın trafiğe çıkması
- Stadyum ve kongre merkezleri gibi trafiği etkileyebilecek alanların olması, etkinlik alanları sayısı ve büyüklüğü
- Buzlanma, kuvvetli rüzgâr, yoğun yağışlar sonucu görüş kaybı gibi trafik akışında problem oluşturabilecek ve kazalara sebep olabilecek meteorolojik durumların oluşması talebi etkileyebilir.

Talebin gelecekteki gelişim potansiyeli ve talep için gelecek öngörülerin tespiti

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

Örnek Vaka

TÜİK 2021 verilerine göre Türkiye’de 1000 kişiye düşen taşıt sayısı 161 olarak belirtilmiştir. 1000 hektar büyüklüğünde ve 200.000 kişinin yaşayacağı varsayılan bir bölgede, bölgedeki sakinlere ait taşıt sayısı 32.200 olacağı öngörülebilmektedir. Bunun yanında ticari, turistik, rekreasyon gibi kullanımların olması, planlanan alanın çevresinden bölgeye gelen talebi %50 arttıracığı kabul edilirse araç sayısının yaklaşık 48.300 olacağı tahmin edilmektedir.

Bölgede uygulanması planlanan akıllı ulaşım sistemlerinin istenilen seviyede hizmet vermesi sonucunda bölgede iş istihdamına destek verilmiş olacaktır. Yeni bir iş potansiyeli yaratması sayesinde bölge talep görebilir ve yeni yerleşim yeri olarak tercih edilebilir. Bunun sonucunda kurulan bu sisteme daha çok ihtiyaç duyulacaktır.

3. Teknik Analiz ve Alternatif Teknolojilerin Değerlendirilmesi

Fiziki/Mekânsal Büyüklük

- Projenin mekânsal büyüklüğü, uygulanacağı bölgenin büyüklüğüne bağlı olup, proje başında yapılacak detaylı teknik analizlerle belirlenecek ihtiyaç doğrultusunda planlanmalıdır.

Kapasitenin Belirlenmesi

Akıllı Ulaşım Sistemi için kapasite seçiminde belirleyici birçok etmen bulunmaktadır. Bunlar:

- Trafik yoğunluğunun sık yaşandığı bölgeler
- Kazalara sebep olan hava koşulları
- Doğal afetlere yatkın coğrafik koşullar
- Kazaların sıkça tekrarlandığı kavşaklar.

Bu etmenlerin düzeyi nüfus yoğunluğuna göre değişiklik gösterebilir. Örneğin projenin yapılacağı bölgenin sakinleri ve dışarıdan gelebilecek kişiler ve onların araç sayılarının tahminine yönelik kapasite değişimleri olabilir. Bölge dışından gelenleri hesaplarken, bölgenin içerisinde bulunan iş imkânlarına, alışveriş merkezlerine, park ve bahçelere, stadyum ve etkinlik alanlarına, sahillere piknik alanlarına bakılarak yoğunluk öngörülebilir.

Entegre Trafik Yönetimi projesinde kapasitenin belirlenmesindeki kriterler aşağıdaki gibi olabilir:

- Trafik hacmi
- Araç türleri
- Yol düzeni
- Sinyalizasyon sistemleri
- Yol genişliği
- Hız sınırları
- Geçiş noktaları
- Güvenlik faktörleri
- Araç park alanları
- Acil durum çıkışları
- Yol yapısı ve durumu
- Trafik verileri analizi
- Araç yoğunluğu
- Yol kullanımı yoğunluğu
- Yaya ve bisiklet trafiği

Yapısal Proje Gereksinimleri

Entegre Trafik Yönetimi projesi için yapısal proje gereksinimleri şunlardır:

- Entegre yönetim merkezinin (Bilgisayar donanım ve yazılımları, sunucu, iletişim cihazları) projelendirilmesi
- Değişken mesaj ve yönlendirme sistemleri / ekipmanlar / sensörler/ kameraların kurulumunun projelendirilmesi
- Elektronik Denetleme ve Arıza Tespit Sistemlerinin projelendirilmesi

Yazılım ve Donanım Gereksinimleri

Entegre Trafik Yönetimi projesinde yazılım ve donanım gereksinimleri, proje kapsamına bağlı olarak değişebilir. Bununla birlikte, genel olarak bir Entegre Trafik Yönetimi sistemi için aşağıdaki yazılım ve donanım bileşenleri gereklidir:

Yazılım gereksinimleri:

- Trafik akış verilerini toplayan, analiz eden ve işleyerek trafik akışını optimize eden merkezi yazılım
- Kullanıcı arayüzü yazılımı
- Trafik akış verilerini saklayan ve yöneten veri tabanı yazılımı

Donanım gereksinimleri:

- Trafik yoğunluğu, hız, araç sayısı, kamera görüntüleri vb. gibi verileri toplayan sensörler
- Trafik yoğunluğu, araç türü, plaka tanıma gibi bilgileri sağlayan kameralar
- Yönlendirme tabelaları ve trafik işaretleri
- Sensörlerin topladığı verileri merkezi yazılım sistemine aktarmak için kullanılan haberleşme ekipmanları

Alternatif teknolojiler nelerdir? Karşılaştırma yapınız.

Akıllı Ulaşım Sistemleri; konum belirleme, haberleşme gibi çalışmalarını yapmak adına birden fazla teknolojinin entegre edilerek kullanıldığı sistemdir. Bünyesinde telekomünikasyon, elektronik ve bilgisayar teknolojileri bulundurmaktadır. Uygulamada kullanılan teknolojiler şunlardır:

Yaya Butonu: Yaya talebiyle yaya geçişine izin veren, yayanın olmadığı durumlarda trafik akışının devam etmesini ve araçların vakit kaybı olmaksızın trafik ışığında beklememesini sağlayan sinyal direği üzerine yerleştirilmiş düğmedir [6].



Şekil 2. Yaya Butonu Örneği [6]

Erişilebilir Yaya Sinyalleri: Sinyalize edilmiş kavşaklarda bulunan yaya geçişlerinde yayalar için yaya ulaşılabilirliği ve güvenliğinin sağlanması amacı ile sesli olarak uyarıda bulunan mekanizmalardır. Genellikle yararlanması için hedeflenen kitle, görme engeli bulunan vatandaşlar olsa da yaşlıların veya başka engeli olan kişilerin de güvenli şekilde yaya geçidini kullanmasına yardımcı olmaktadır.

Kullanılacak bölgede gerekli geometrik düzenlemelerin yapılması ve buna uygun altyapı düzenlemesi gereklidir [6].

Geri Sayım Cihazı: Hem sürücü hem de yolcu için fayda sağlayan bu teknoloji ile amaçlanan, kırmızı ışıkta bekleyen araç ve yayaların bekleme süresinden haberdar olmaları ve başlangıç gecikmesinin (Start-up Lost) azalmasıdır. Sürücülerin yaklaşım hızlarını tehlike oluşturacak şekilde artırma eğiliminde oldukları tespit edildiğinde yeşil fazındaki uygulama iptal edilmektedir. Kırmızı ışıkta ne kadar beklemesi gerektiğini bilen yolcu ve sürücülerin bu uygulamadan sonra kırmızı ışık kuralına daha çok uydukları gözlemlenmiştir [6].

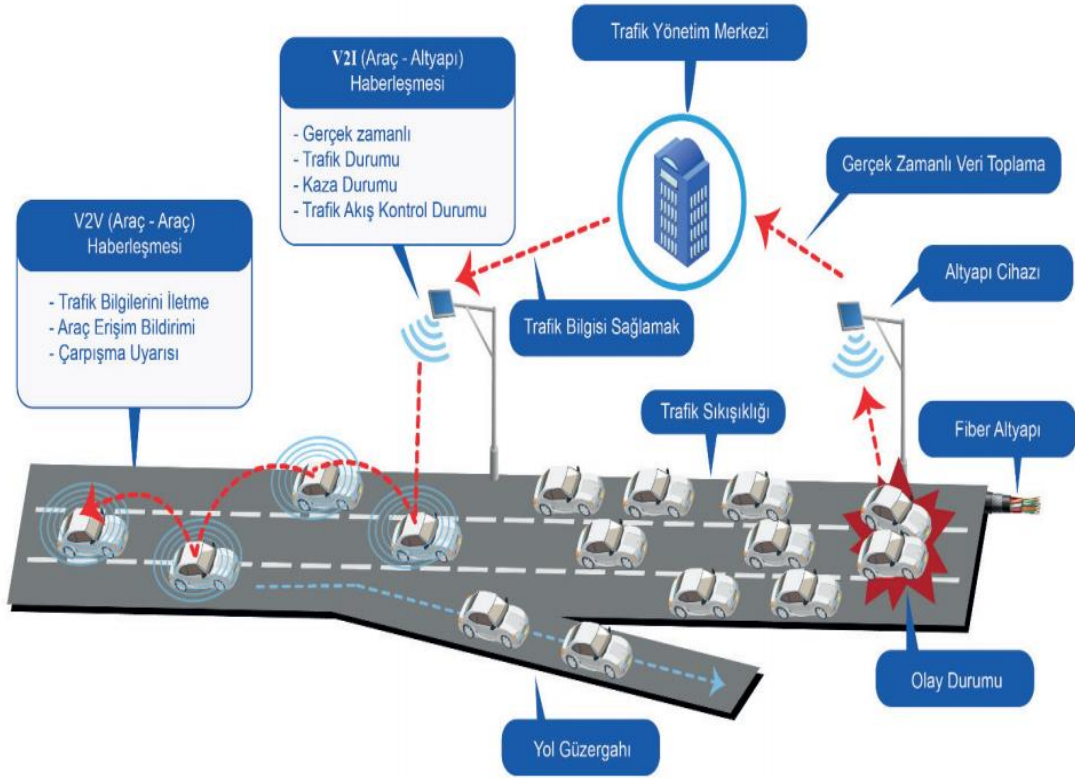


Şekil 3. Geri Sayım Cihazı [6]

Haberleşme: Trafik esnasında değişken mesaj sistemleri yardımıyla hava durumundan ve yol güvenliğinden haberdar olabilmek çok önemlidir. Yolculuğu daha güvenli hale getirebilmek ve trafik yoğunluğunu azaltabilmek için yol gidişatından haberdar olan sürücülere başka alternatifleri deneme imkânı sağlanır. Alternatif teknoloji olarak bu sistem, araçların birbirleri ile olan haberleşmesinin entegrasyonu ile eksiksiz olabilecektir. Yolcuların haberleşmesinin yanında saha elemanlarının, trafik mühendislerinin ve sistemlerin kendi içinde arızaları tespit etmek ve düzeltmek amacıyla birbirleri ile iletişimde olabilmeleri çok önemli bir husustur.

Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemleri (K-AUS), karayolu taşımacılığının verimliliğini, güvenliğini ve çevresel performansını artırmayı amaçlayan, araçların birbirleriyle ve çevresindeki yol altyapısıyla doğrudan etkileşime girmesini sağlayan yenilikçi teknolojilerden biridir. K-AUS, araç-araç (V2V), araç-altyapı (V2I) ve / veya altyapı-altyapı (I2I) iletişimi ve araçlar ile yayalar veya bisikletliler (araç-herşey, V2X) arasındaki iletişimi içerir. K-AUS sayesinde araç içinde ve yol kenarına yerleştirilmiş olan haberleşme cihazları ile araç-araç ve araç-altyapı iletişimi sağlanarak yolda meydana gelen tüm olaylar hakkında sürücüler bilgilendirilerek güvenli ve konforlu bir seyahat sağlanacaktır. Bunun yanında gelişen haberleşme teknolojileri sayesinde özellikle geçiş önceliği bulunan ambulans, polis ve benzeri araçlar

hakkında sürücülere gerekli bilgilendirme yapılarak karayolu üzerinde meydana gelen olaylara müdahalenin daha hızlı olması sağlanacaktır [7]. Şekil 4'te görüldüğü gibi bu alternatif teknolojinin uygulanması sonucunda problemler önlenebilecektir. Örnekte görüldüğü üzere ileride oluşan bir kazayı birbirlerine haberleşme ve mesaj sistemleri ile ileten sürücüler sayesinde trafik sıkışıklığı önlenerek yolcular tarafından alternatif bir yol tercih edilebilmektedir. Bu alternatif yolun da değişken mesaj sistemleri (DMS) yardımıyla sürücülere iletilmesi büyük fayda sağlayacaktır.



Şekil 4. Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemleri [7]

Endüktif Loop Dedektör: Araçların algılanmasına yönelik olarak, yol üzerinde ihtiyaç duyulan yerlerde, kabloların manyetik alan oluşturacak şekilde asfaltın altına döşenmesiyle oluşturulan, hız, işgalie ve hacim verileri sunan bir sensör tipidir. Trafik uyarı ve adaptif kontrol tiplerinde yaygın olarak kullanılmaktadır [6].

LED Teknolojisi: Yüksek çözünürlükte oldukça küçük trafik işaretlerini bile görebilmeyi sağlayan bir teknolojidir. Uzun ekonomik ömrü ve bakım avantajı ile daha az karbon emisyonu, düşük ısı ve ışık kirliliği oranı, %85'e varan düşük güç tüketimi sağlayarak çevrenin korunmasına da katkıda bulunur [6].

Kavşak Gözlem Kamerası: Kavşaklarda yaşanan trafik yoğunluğuna göre sinyal sürelerinde anlık değişim sağlar. Ayrıca kavşaklarda oluşan kazalar, geçici yol çalışmaları ve benzeri olağan dışı durumlar bu kameralar yoluyla takip edilmektedir.



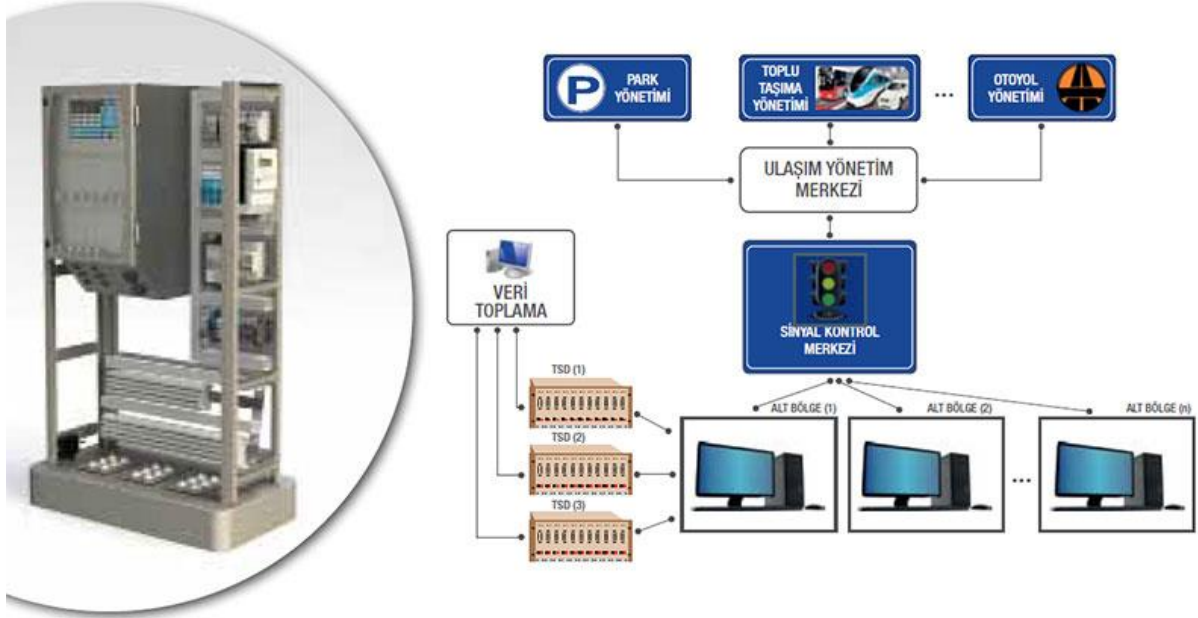
Şekil 5. Kavşak Gözlem Kamerası [6]

Adaptif Trafik Yönetim Sistemi (ATAK): Trafik sinyalizasyon sistemlerinde sinyal sürelerinin programlanmasında kullanılan en ileri teknik, trafik koşullarını algılayıp yapay zekâ ile optimizasyon sağlayan Adaptif Trafik Yönetim Sistemleridir. Adaptif Trafik Yönetim Sistemi (ATAK) bir yol ağındaki ortalama taşıt gecikme sürelerini ve ortalama durma sayılarını en aza indirmek amacıyla; oluşan trafik hacmi ve kuyruklanma gibi parametrelere göre sinyalizasyon kavşaklarının plan sürelerini optimize ederek yeni sürelerin gerçek zamanlı olarak uygulandığı çalışma sistemidir. Bu sistem artan trafik hacmi nedeniyle tıkanan kavşaklara gerçek zamanlı müdahale ederek trafik akışını hızlandırır ve gecikme sürelerini azaltır. Sahadan aldığı verileri merkezde değerlendirip kavşak ve network sinyal sürelerini optimize ederek anında müdahale eder. İzole (tek kavşak) ve koordineli (kavşak grubu) olarak çalışabilir. İstenen zaman aralığında adaptif ve tercih edilen başka bir yönetim stratejisi ile çalışabilir. Web tabanlı, çevrimiçi ve kullanıcı dostu arayüze sahiptir. Kavşaklarda taşıt gecikme sürelerini %20 ve bununla beraber emisyonları %18, yakıt tüketimini %15 azaltmaktadır [8].

Kurulacak teknik ekipmanların, aletlerin ve altyapı planlamalarının yapılacağı noktalarda teknik saha çalışmaları ve analizleri yapılmalıdır. Yapılan bu araştırmalar, bölgeye kurulacak teknolojiye uygunluğu anlamak, zaman kaybı olmasını önlemek ve yanlış kurulum durumunda oluşacak ekstra maliyetleri önlemek için gereklidir. Ayrıca, proje hayata geçirildikten ilk yıl sonrasında bir sonraki yıllar için her sene yapılacak bakım onarım amaçlı, proje kurulurken çıkan maliyetin yaklaşık olarak %10'u kadar olan bir bütçe ayrımı yapılmalıdır.

Akıllı Ulaşım Sistemlerinin öncelikle teknik çalışmaların yapılacağı kavşaklar, şeritler, yol güzergâhlarında kritik noktaların (kazalara sebep olacak kavşaklar, tıkanıklığa sebep olabilecek noktalar gibi) tespit edilip, tasarımların ve planlamaların bu kritik noktalar baz alınarak yapılması gerekmektedir. Ayrıca, park yasağının olduğu ve hız sınırı bulunan kritik yollar tasarım sürecinde önceden belirlenip inşaat ve altyapı çalışması bu noktalardaki yerleşim düzenine uygun yapılmalıdır. Yukarıda sıralanan teknolojilerin donanımlı şekilde uygulanacağı bölgelerde test çalışmaları yapıldıktan sonra yolculuk

yapacak kişilerin kullanımına uygun olduğu belirlenirse hizmete sunulmalıdır. Planlanan tüm sistemlerin (Arıza Tespit, Elektronik Denetleme Sistemleri, Değişken Mesaj Sistemleri) birbirine entegre ve uyumlu bir şekilde çalışması amacıyla bu sistemler göz önüne alınarak tasarım gerçekleştirilmelidir.



Şekil 6. Adaptif Trafik Yönetim Sistemi (ATAK) [8]

Teknoloji seçiminin dayandığı kriterler nelerdir? Açıklayınız.

- 1) Teknoloji yeni mi?
- 2) Teknoloji yerli mi?
- 3) Teknoloji yerli değilse yerleştirilebilir mi?
- 4) Esneklik
- 5) Mevcut trafik ve taşımacılık sistemleriyle entegrasyonu
- 6) Ölçeklenebilirliği ve modüler yapısı
- 7) Uygulama maliyeti ve bakım kolaylığı
- 8) Güvenlik ve veri koruması
- 9) Öngörülebilirliği ve gelecekteki ihtiyaçları karşılayabilme potansiyeli

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

- Mevcut alanda elektronik denetleme sistemi ve arıza tespit/analiz sistemi kurulması
- Elektronik denetleme sistemi ve arıza tespit/analiz sisteminin test edilmesi

- Temin edilen bilgiler ile proje alanı içerisinde Değişken Mesaj panolarının kurulacağı bölgelerin tespit edilmesi ve uygulanması
- Belirlenen bölgelere değişken mesaj işaretlerinin yerleştirilmesi ve testlerin yapılması
- Değişken mesaj işaretlerinin anlık verileri olarak sistem olarak çalışmasını sağlayan yönlendirme merkezinin kurulması ve bütünleşik çalışmasının sağlanması
- Elektronik denetleme sistemleri ve arıza tespit/analiz sistemi kontrol merkezinin kurulması ve tüm elektronik denetleme türlerinin kontrol merkezine entegre edilmesi
- Tüm sistemlerin birbirleri ile entegre edilmesi ve son testlerin yapılması

4. Finansal Analiz

Finansal analiz kapsamında yatırım bütçesi, işletim maliyetleri ve gelirler belirlenerek yatırımın geri dönüş süresi tespit edilmelidir.

Entegre Trafik Yönetimi sistemi birçok alt sistemden oluştuğu için projelendirme aşamasında diğer sistem maliyetlerindeki değişimler bu sistemin maliyetini değiştirmektedir (Tablo 2).

Yatırım bütçesinin planlanmasında aşağıdaki maliyet kalemleri göz önüne alınmalıdır.

- Entegre yönetim merkezi (Bilgisayar donanım ve yazılımları, sunucu, iletişim cihazları)
- Değişken mesaj ve yönlendirme sistemleri / ekipmanlar / Sensörler/ Kameralar (Değişken mesajın yansıtıldığı LED ekran, kamaşma panosu ve taşıyıcı konstrüksiyon, sensörler ve kamera)
- Elektronik Denetleme ve Arıza Tespit Sistemleri / ekipmanlar / Sensörler / Kameralar (Görüntüleme ve ölçüm cihazları (Kamera, radar, sensör vb., montaj direkleri ve ek ekipmanlar)

İşletim maliyetlerinin hesaplanmasında aşağıdaki temel parametreler göz önüne alınmalıdır.

- Enerji maliyeti
- Personel Maliyeti
- Donanım Bakım-Onarım Maliyeti
- Lisans Maliyeti

Entegre Trafik Yönetimi Sistemi tek bir alt sistemden direkt gelir elde etmektedir. Bu sistem, Elektronik Denetleme Sistemi (EDS)'dir. Türkiye genelinde 2021 yılı Ocak ayında toplam taşıt plakasına uygulanan trafik cezası 922.910 adettir. 2021 TÜİK verilerine göre Türkiye'de bulunan toplam motorlu taşıt sayısı 24.256.741 tane'dir. Buna göre Türkiye geneli trafik cezasını toplam taşıta oranlarsak %3,8 değerine ulaşılmaktadır. TÜİK 2021 verilerine göre Türkiye'de 1.000 kişiye düşen taşıt sayısı 161 olarak belirtilmiştir. Planlanan bölgede kaç kişinin yaşadığına bakılarak bölgedeki sakinlere ait taşıt sayısı için

bir değer öngörülebilir. Ayrıca çevre bölgelerden gelen talebin mevcudu ne kadar artıracığı (bölgede iş merkezleri yoğun ve millet bahçesi bulunma durumuna göre) hesaplanarak kaç taşıtlık bir hareketin söz konusu olacağı tahmin edilebilir.

Entegre Trafik Yönetimi Sistemi, değişken mesaj ve yönlendirme sisteminin ve EDS/Arıza Tespit Sistemlerinin yönetim merkezlerini kapsayan bir kontrol merkezidir. Entegre Trafik Yönetimi Sistemi uygulandığı zaman diğer sistemlerdeki teknoloji ve ekipman maliyetini azaltmaktadır.

Tablo 2. Proje Maliyetleri

| Teknik Bileşenler | Alt Bileşenler | Adet * | Birim Maliyet** | Toplam Maliyet |
|--|--|-------------------|----------------------------|---------------------------|
| Entegre yönetim merkezi | Bilgisayar donanım ve yazılımları, sunucu, iletişim cihazları | 1 | 100.000\$** | 100.000\$ |
| Değişken mesaj ve yönlendirme sistemleri/ekipmanlar/Sensörler/Kameralar | Değişken mesajın yansıtıldığı LED ekran, kamaşma panosu ve taşıyıcı konstrüksiyon, sensörler ve kamera | 1 | 309.000\$ | 309.000\$ |
| Elektronik Denetleme ve Arıza Tespit Sistemleri/ekipmanlar/Sensörler/Kameralar | Görüntüleme ve ölçüm cihazları (Kamera, radar, sensör vb., montaj direkleri ve ek ekipmanlar | 1 | 472.000\$ | 472.000\$ |
| Toplam | | | | 881.000\$ |

* 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.

2918 Sayılı Karayolları Trafik Kanunu'nun Ek-16. maddesine göre:

“Belediyelerce veya sermayesinin tamamı belediyelere ait şirketler tarafından kendi bütçe kaynakları kullanılarak ya da belediyeler tarafından hasılat paylaşımı yoluyla, karayollarında can ve mal güvenliğini sağlamak, düzenli ve güvenli trafik akışını temin etmek amaçlarına hizmet etmek üzere kurulmuş veya kurulacak elektronik sistemlerin Emniyet Genel Müdürlüğü'nce trafik

ihlallerinin tespiti amacıyla kullanılması durumunda, EDS'lerin ihale sözleşmesinde Türk Lirası cinsinden belirtilen yatırım maliyetine ulaşıncaya kadar aylık dönemler halinde yapılan tespitlere dayanılarak düzenlenen trafik idare yaptırım karar tutanaklarında yer alan trafik idare para cezasının %30'u oranındaki tutar, yatırım maliyetine ulaştıktan sonra ise %15 oranındaki tutar, izleyen ayın sonuna kadar Emniyet Genel Müdürlüğü bütçesinden ilgili belediyelere sistem kullanım hizmet bedeli olarak ödenir.”

Projede, bölgeye kurulması planlanan Elektronik Denetleme Sistemi ile öncelikli olarak denetlenen kural dışı taşıt hareketlerine uygulanan güncel para cezaları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. 2023 Trafik Cezaları

| Trafik Cezası Nedeni | Ceza Değeri (TL)* |
|---|--------------------------|
| Hız sınırını %30'a kadar aşmak | 951 |
| Kırmızı ışıkta geçmek | 951 |
| Işıklı trafik işaretleri izin verse bile trafik akışını engelleyecek bir durum olduğu hallerde kavşağa girmek | 436 |
| Yasak alana park etmek | 436 |

*Hesaplamalar yapılırken ceza değerleri Mart 2023 dolar kuru üzerinden (1\$=19 TL) hesaplanmıştır.

Tüm bu bilgiler dikkate alınarak yıllara göre öngörülen ceza oranı, ceza sayısı, ceza bedel artış oranı, ceza bedeli, bakım, onarım ve işletme maliyeti parametreleri ile oluşabilecek gelir ve gider kalemleri sonucunda yıl bazlı mali durum ve kümülatif mali durum hesaplanmalıdır.

Tüm bu bilgiler dikkate alınmış ve yedi yıllık süreçte oluşabilecek gelir ve gider kalemleri Tablo 4'te verilmiştir. İlgili tablonun hazırlanması için öngörülen, kabul ve tahmin edilen değerler aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

- İlk yıl için öngörülen ceza oranı, Türkiye geneli taşıt plakasına kesilen ceza sayısının motorlu taşıt sayısına bölünmesi ile bulunmuştur. Bölge ya da bölge çevresinde elektronik denetleme sisteminin varlığı, türleri, ceza sayıları ile ilgili istenen veriler temin edilemediğinden, bulunan oran hesaplamalarda kullanılmıştır. Ancak bahsi geçen veriler temin edildiğinde (bölgeye ya da yakın çevresine ait güncel oranlar) ilgili tablo revize edilmelidir.
- Bölgede elektronik denetleme sisteminin kurulması ve güvenilir şekilde işletilmesi, sürücülerin kurallara uyma eğilimini yükseltecektir. Bu durum, her sene için öngörülen ceza oranının

düşmesi demektir. Bu kapsamda öngörülen ceza oranı ilk beş yıl en az %0,5 oranında düşeceği ve ilk beş yılın sonunda ceza oranı sabit olacağı tahmin edilmiştir.

- Öngörülen ceza sayısı, bölgede faal olarak bulunacak taşıt sayısı ve öngörülen ceza oranının çarpılmasıyla hesaplanmıştır. Bu değerler bölgedeki sistemin uygun konumlarda gerekli işletme yapısında işletilmesine ve kişilerin davranışlarına bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir.
- Bölgede öncelikli olarak denetlenen kural dışı taşıt hareketlerine uygulanan güncel para cezalarının 2020 ile 2021 yılı arasında %9 oranında artırıldığı görülmüştür. Her yıl için ceza değerleri bu oranda artırılmıştır. İlk yılın ceza ücretleri benzer şekilde Tablo 3'te verilen ceza değerlerinin %9 oranında artırılmış şeklidir.
- Öngörülen ceza bedeli için uygulanan cezaların türlere göre eşit sayıda dağılacığı kabulü yapılmıştır. Sonrasında öngörülen ceza sayıları ile ilgili yıla ait ceza değerleri çarpılarak aylık ve yıllık bazda parasal değerler bulunmuştur. Örneğin, ilk yıl için, aylık toplam 1.836 ceza kesildiği tahminine göre (459 adet hız ihlali, 459 adet kırmızı ışık ihlali, 459 adet taralı alan ihlali, 459 adet park ihlali), cezaların toplam parasal değeri aylık 67.014\$, yıllık yaklaşık 804.168\$'dir.
- 2918 Sayılı Karayolları Trafik Kanunu'nun Ek-16. maddesine göre, yatırım maliyetine kadar toplam ceza bedelinin %30'unun, yatırım maliyetine ulaştıktan sonra %15'inin Emniyet Genel Müdürlüğü tarafından ilgili belediyelere ödeneceği belirtilmiştir. Tablo 4'te bu parasal değerler ilgili satırlarda gösterilmiştir.
- Öngörülen proje maliyeti Tablo 2'de görüldüğü gibi 881.000\$'dir.
- Öngörülen bakım, onarım ve işletme maliyeti ilk yıl için öngörülen proje maliyeti içinde yer almakta olup, bir sonraki yıl için bu maliyetin öngörülen proje maliyetinin %6'sı olacağı tahmin edilmiştir. Sonraki her yılda bakım, onarım ve işletme maliyetinin %10 oranında artış göstereceği varsayılmıştır. Tüm sistemlerin ortak bakım onarım hizmeti alması sayesinde bakım onarım maliyetleri daha da düşürülebilir.
- Yıllık bazda hesaplanan mali durumda, mali açıdan her yıl kendi içerisinde değerlendirilmektedir. Kümülatif mali durumda ise 7 yıllık periyottaki gelir ve gider durumunun sonuçları görülmektedir.

Tablo 4. Örnek Vaka için Öngörülen Gelir ve Gider Tablosu

| Parametreler | 1. Yıl * | 2. Yıl | 3. Yıl | 4. Yıl | 5. Yıl | 6. Yıl | 7. Yıl |
|---------------------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Öngörülen Ceza Oranı (Aylık) ** | 3,8% | 3,3% | 2,8% | 2,3% | 1,8% | 1,8% | 1,8% |

| | | | | | | | |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Öngörülen Ceza Sayısı (Aylık) *** | 1.836 | 1.594 | 1.352 | 1.111 | 870 | 870 | 870 |
| Öngörülen Ceza Bedel Artış Oranı | 9% | 9% | 9% | 9% | 9% | 9% | 9% |
| Öngörülen Ceza Bedeli (Yıllık) | 804.168\$ | 761.962\$ | 703.553\$ | 630.704\$ | 539.052\$ | 587.553\$ | 640.396\$ |
| Öngörülen Ceza Bedeli (Yatırım maliyetine kadar %30'u) | 242.000\$ | 228.000\$ | 211.000\$ | 189.000\$ | 11.000\$ | - | - |
| Öngörülen Ceza Bedeli (Yatırım maliyetine kadar %15'i) | - | - | - | - | 75.000\$ | 88.000\$ | 96.000\$ |
| Öngörülen Proje Maliyeti | 881.000\$ | - | - | - | - | - | - |
| Öngörülen Bakım, Onarım ve İşletme Maliyeti (Yıllık) | - | 52.800\$ | 58.000\$ | 63.800\$ | 70.200\$ | 77.200\$ | 85.000\$ |
| Yıl Bazlı Mali Durum | -639.000\$ | 175.200\$ | 153.000\$ | 125.200\$ | 15.800\$ | 10.800\$ | 11.000\$ |
| Kümülatif Mali Durum | -639.000\$ | -463.800\$ | -310.800\$ | -185.600\$ | -169.800\$ | -159.000\$ | -148.000\$ |

*Belirlenen aylık öngörülen ceza oranı Türkiye geneli 2021 yılı ocak ayına ait ilgili değerlerden türetilmiştir. Bölge ya da bölge çevresi özelinde istenilen veriler temin edildiğinde (Elektronik denetleme sistem türleri, konumları, ceza sayıları, taşıt sayıları vb.) revize edilmelidir.

**Kurallara uyma eğilimindeki iyileşme ve ceza sayılarında azalış, bölgeye, işletme durumuna ve sürücü davranışlarına göre değişiklik gösterebilir.

5. Ekonomik Analiz

Genel olarak projenin ekonomik etkilerine bakıldığında:

- Bölge içinde trafik akışı en uygun şekilde sağlandığı için araçların yakıt tüketiminde azalma
- Bölge içindeki kaza ve arızalı araçların daha hızlı tespit edilmesi ve trafik sıkışıklığını azaltıcı önlemlerin alınmasıyla trafikte kaybedilen sürelerin ve yakıt tüketiminin azalması
- Elektronik denetleme sisteminin diğer trafik yönetim sistemlerini (sinyalize kavşaklar, otopark yönetim sistemleri vb.) olumlu yönde etkilediği bilinmektedir. Kural ihlalleri azaldığı için kişilerin daha nizami şekilde trafikte yer almasının sağlanması, böylece olası trafik kazalarının engellenerek kazalardan kaynaklı ekonomik kayıpların azalması
- Elektronik denetleme sisteminin etkin kullanımıyla hem bölgedeki trafik ihlallerinin azalması hem de ihlali yapan sürücüye trafik cezası kesilmesiyle gelir elde edilmesi
- Özellikle plaka tanıma veya taşıt izleme gibi elektronik denetleme sistemlerinin kullanımı ile kişiye ya da topluma, bölgeye ya da ulusa tehlike yaratacak eylemlerin hızlı ve uygun şekilde takip edilerek sonuçlandırılması, böylece olası yaşanabilecek maddi ya da manevi birçok olumsuz durumun gerçekleşmesinin önüne geçilmesi
- Akıllı sistemlerin bölgede uygun ve etkili şekilde kullanılması ile bölgenin değer açısından kalkındırılması ve bölgenin çekiciliğinin artması

Sıralanan faydalar ile Entegre Trafik Yönetimi Sisteminin bölgeye ekonomik ve sosyal açıdan önemli katkılar sağlayacağı öngörülmektedir.

6. Sosyal Etkinin Analizi

Entegre Trafik Yönetim Sistemlerinin uygulanacağı bölgedeki sosyal etkileri şunlardır:

- Denetleme sistemleri kullanılarak bölgede trafik kurallarına uymayan araçların plakalarının tespit edilmesi ve buna uygun yaptırımlar yapılması sonucunda trafik kurallarına uyum oranının artış gösterecek olması
- Mesaj sistemleri ile hava koşullarından ve yol durumundan sürücülerin haberdar edilmesiyle birlikte kötü hava koşulları sebebiyle oluşan kaza sayısının azalacak olması
- Yol güzergâhı sayesinde tıkanık olan bölgelerin sürücüye bildirilmesi sonucunda alternatif yollar sunularak trafik oluşumunun engellenecek olması
- Yolculukların daha güvenli hale gelmesi ve trafikte geçirilecek zamanın azalacak olması
- Yaşam kalitesini büyük ölçüde etkileyen trafik sıkışıklığının ve kazalarının önlenmesi ile bölgede yaşayan kişilerin hayata daha pozitif bakabilmelerinin sağlanması

- Çevre ve gürültü kirliliğinin azalacak olması

7. Çevresel Etkinin Analizi

Akıllı ulaşım sistemleri, şehir içi ulaşımı daha güvenli ve daha kısa bir süre içinde en etkili şekilde kullanılabilir kılar.

- Sürücülerin trafikte harcadıkları zamanı azaltan sistem sayesinde trafikte bekleyen araçların bu sürede atmosfere saldıkları sera gazı seviyesinin azalması
- Trafikte harcanan zaman azalacağı için yakıt tüketiminin azalması ve karbon salınımının azalması
- Şehir içinde trafiğin oluşmaması ile gürültü kirliliğinin azalması

Sistem kurulumu yapılırken altyapı çalışmalarının çevreye zarar vermeyecek şekilde yapılması gerekmektedir. Örneğin tarihi yapıların bulunduğu noktalarda herhangi bir değişiklik yapılmamalıdır veya proje kurulumu esnasında gereksiz ağaç kesilmesi gibi durumların önüne geçilmelidir. Bölgeye yerleştirilecek bazı teknolojilerin başka etkileri de olabilmektedir. Bu sebeple, kurulacak bölgelerin yerleşim alanları etrafına inşaat edilmemesi daha doğru olabilir. Sistem, araçlara uyum içinde aynı güzergâh üzerinde seyahat etmeyi vadettiği için çevreye zarar verecek kazaları da büyük oranda azaltacaktır. Bu sayede daha güvenli ve aynı zamanda daha zararsız şehir içi ulaşım gerçekleşecektir.

8. Risk Analizi

Projenin varlığını, uygulanabilirliğini ve sürdürülebilirliğini engelleyecek, riske edecek ana hususlar genel olarak şunlardır:

- Bölgedeki kritik noktaların ve akıllı ulaşım sistem ekipmanlarının uygun seçilmesi ve her bir sistemin birbiri ile uyumlu çalışması sağlanmalıdır.
- Akıllı ulaşım sistemleri birçok sistemi içermektedir. Tüm bu sistemlerin birbirleriyle uyumlu şekilde çalışabilmesi ve denetlenebilmesi gerekmektedir.
- Sistemin herhangi bir kısmında oluşabilecek arıza veya aksamayı tespit edebilmek için yeterli altyapıya ve iş gücüne ihtiyaç vardır. Ayrıca, sistemlerde kullanılacak teknolojiler veya sisteme daha sonradan eklenecek yenilikler projeye hasar vermeden adapte edilebilmelidir.
- Projenin asıl amaçlarından olan kural dışı davranışları azalmayı ve istenilen düzeyde hizmet verebilmeyi gerçekleştirmek için bölgedeki kritik sinyalizasyon kavşaklarının, hız sınırının ihlal edilebileceği koridorların ve parkın yasaklandığı yolların doğru belirlenmesi önemlidir.

- Panolarda yayınlanan mesajların sürekli gncellenmemesi ve aynı olması aynı yolu kullanan sürücülerin dikkatini azaltabilmektedir. Değişken mesaj sisteminde amacına yönelik mesajlar dışında mesajların verilmesi de yine sürücülerin panolara olan dikkatini azaltacaktır.
- Panolarda verilen mesajlar sürücülerin algılayabileceği uzunlukta olmalıdır. Uzun ve anlaşılması zor metinler sürücülerin panodaki mesajı algılayabilmek için fren yapmasına neden olarak trafik sıkışıklığı veya kaza riskini artıracaktır.

9. Genel Değerlendirme ve Sonuç

Gerçekleştirilecek olan projenin, önceki başlıklarda değinilen analizler dikkate alınarak genel değerlendirmesi yapılmalıdır.

Entegre Trafik Yönetimi Sisteminin bölgedeki kritik noktalarda görüntüleme, izleme, takip etme ve cezai yaptırım gibi aşamaları uygun ve güvenilir şekilde sağlaması beklenmektedir. Özetle, projenin uygulamaya geçmesi ile daha önce detaylandırıldığı gibi bölgeye ekonomik, sosyal ve çevresel yönden önemli katkılar sunacaktır. Trafik sıkışıklığının azalması sayesinde fazla yakıt tüketimi engellenecektir ve bununla birlikte karbon salınımı en düşük seviyelere gelebilecektir. Kavşaklara konulacak sinyaller sayesinde ve diğer belirtilen teknolojiler yardımıyla kural dışı hareket eden taşıtlar tespit edilerek uyarılacak ve denetlenecektir. Böylece oluşacak kazalar önlenilebilecektir ve kaza oranları düşürülecektir. Sürücüler kötü hava şartlarından haberdar olabilecek, önlemlerini alabilecek ve böylece meydana gelebilecek kaza oranlarının düşmesi sağlanabilecektir.

Bölgenin kalkınmasını sağlayacak olan Entegre Trafik Yönetimi projesi ilçede yaşayan vatandaşların yaşam kalitesini artıracak ve vatandaşlar vakitlerinin çoğunu trafikte harcamak durumunda kalmayacaktır. Ayrıca daha pozitif bir yaşam alanı sağlanabilecek ve günlük hayatta maruz kalınan trafikteki gereksiz sıkışıklık ve kazalar önlenmiş olacaktır.

10. Kaynakça

[1] TÜBİTAK- TÜSSİDE. (Nisan 2021). Esenler Belediyesi Akıllı Şehir Uygulamaları Fizibilite Projesi. Akıllı Entegre Trafik Yönetiminde Model Geliştirme Uygulaması Ön Fizibilite Raporu.

[2] Mahmood, A. & Siddiqui, S. A. & Sheng, Q. & Zhang, W. E. & Suzuki, H. & Ni, W. (2022). Trust on wheels: Towards secure and resource efficient IoV networks. Computing. 104. 1-22. 10.1007/s00607-021-01040-7.

[3] Macaristan Karayolu Ağını ve Veri Noktalarını Görüntüleyen ITS. https://www.wikiwand.com/en/Intelligent_transportation_systems

[4] Akar, T., Öztürk, E. A., (2017). Karayolu Ağında Kullanılan Değişken Mesaj İşaretlerine Yönelik Değerlendirme. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji, 5(2), 73-85.

[5] İstanbul Büyükşehir Belediyesi. (2021). Faaliyet Raporu 2021. <https://ibb.istanbul/BBIImages/Slider/Image/2021-faaliyet-raporu.pdf>

[6] Ulaşım Yönetim Merkezi. (2018). Sinyalizasyon. Erişim: 04.04.2023. <https://uym.ibb.gov.tr/hizmetler/sinyalizasyon>

[7] Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. Akıllı Ulaşım Sistemleri. Erişim: 05.04.2023 <https://hgm.uab.gov.tr/akilli-ulasim-sistemleri-aus>

[8] Akıllı Şehir Portalı. Erişim: 05.04.2023. <https://www.akillisehirler.gov.tr/2019/09/11/istanbul-adaptif-trafik-yonetim-sistemi-atak/>