



COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Akıllı Şehir Rehberlik Uygulamaları Projesi

ÇOK MODLU TOPLU TAŞIMA SİSTEMİ 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

ÇOK MODLU TOPLU TAŞIMA SİSTEMİ UYGULAMASI

Bu kılavuz, akıllı şehir uygulamalarından olan “Çok Modlu Toplu Taşıma Sistemi 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

Çok Modlu Toplu Taşıma Sistemi projesi, farklı ulaşım modlarının entegrasyonunu hedefleyen ve toplu taşıma sistemlerinin etkin bir şekilde planlanması, yönetilmesi ve işletilmesini sağlayan projelerdir. Bu projelerin temel amacı, farklı ulaşım modlarını kullanarak yolculara daha kolay, hızlı, verimli ve çevre dostu bir seyahat deneyimi sunmaktır.

1.1. Projenin Adı, Uygulama Yeri ve Süresi

- Çok Modlu Toplu Taşıma Sistemi 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	Çok Modlu Toplu Taşıma Sistemi Uygulaması Projesi
Uygulama Alanı	1000 Ha yerleşim alanı – 200.000 kişi
Proje Süresi	24 ay

Akıllı Şehir Proje Fişi, Akıllı Şehir Proje Yönetimi Standartları kapsamında hazırlanmış olup doküman www.akillisehirler.gov.tr adresinde yayınlanan Akıllı Şehir Bilgi Paylaşım Portalı'ndan erişilebilmektedir.

1.2. Proje Teknik Bileşenleri

Çok Modlu Toplu Taşıma Sistemine ait teknik bileşenler şunlardan oluşmaktadır:

- Merkezi olarak tüm toplu ulaşım sistemlerini kapsayan zaman tarife cetveli hesaplama (ORER) yazılımı
- Kişiselleştirilmiş toplu ulaşım mobil uygulaması
- Araç ve Personel Envanter Veri Analizi

1.3. Proje Girdileri

Çok Modlu Toplu Taşıma Sistemine ait proje girdileri aşağıda sıralanmıştır:

- Mevcut Toplu ulaşım sistemlerine ait araç envanteri
- Mevcut toplu ulaşım sistemlerine ait personel envanteri
- Mevcut ulaşım sistemlerine ait hat, güzergah ve durak bilgileri
- Yolcu O-D matrisleri (Başlangıç – Bitiş Matrisi)
- Anlık trafik bilgisi
- Yol bakım ve kaza bilgileri
- Kart basış bilgileri

1.4. Beklenen Çıktılar

Çok Modlu Toplu Taşıma Sistemine ait beklenen çıktılar şu şekildedir:

- Mevcut toplu ulaşım sistemlerine ait zaman tarife cetveli hesaplama planlarının tek bir merkezden yapılması
- Araç içi doluluk ve kapasite kullanımının anlık olarak yapılması
- Toplu ulaşım sistemlerinin daha verimli olarak kullanılması
- Toplu taşıma sistemlerine ait hizmet kalitesinin artması
- Bireysel araç kullanıcılarının toplu taşıma sistemlerini tercih etme oranının artması
- Bireysel araç kullanımının azalmasına bağlı olarak trafik yoğunluğunun azalması

1.5. Projenin performans göstergeleri

Çok Modlu Toplu Taşıma Sistemi uygulamasının performans göstergeleri, projenin başarı seviyesini ölçmek için kullanılan ölçülebilir ve belirli hedeflerdir. Bu performans göstergeleri, Çok Modlu Toplu Taşıma Sistemi projesinin amaçlarına ulaşip ulaşmadığını değerlendirmek, etkinliğini ve verimliliğini ölçmek için kullanılır.

Performans göstergeleri arasında:

- Yolcu bekleme süresi
- Yolcu sayısı
- Yolculuk süresi
- Sefer güvenilirliği
- Sürdürülebilirlik
- İntermodal (yükün/bireyin birden fazla noktaya birden fazla taşıma modeliyle taşınması yöntemi) bağlantılar
- Kullanıcı memnuniyeti
- Trafik yoğunluğuna etkisi

2. Proje Kapsamı ve Gerekçe

2.1. Proje Kapsamı

Proje, sürücülerin trafik kurallarına yüksek düzeyde uyması ve taşıt arızalarının hızlı şekilde tespit edilmesinin sağlanması için elektronik denetleme sistemi ve arıza tespit/analiz sisteminin kurulmasını içerir.

Çok Modlu Toplu Taşıma, farklı ulaşım modlarının entegrasyonunu hedefleyen ve toplu taşıma sistemlerinin etkin ve verimli bir şekilde planlanması, yönetilmesi ve işletilmesini sağlayan geniş kapsamlı projelerdir. Bu projelerin kapsamı aşağıdaki unsurları içerebilir:

Ulaşım Modlarının Entegrasyonu: Farklı ulaşım modlarının (otobüs, metro, tren, tramvay, bisiklet, yürüme vb.) entegrasyonu ve birbirleriyle uyumlu çalışması hedeflenir. Yolcuların kolaylıkla farklı ulaşım modlarını kullanarak seyahat etmeleri sağlanır.

Yolcu Aktarmaları ve Transfer Noktaları: Projeler, yolcu aktarmalarının ve transfer noktalarının verimli bir şekilde planlanmasını içerir. Yolcuların farklı ulaşım modları arasında kolaylıkla aktarma yapmaları sağlanır.

ORER (Zaman Tarife Cetveli Hesaplama) Planlaması: Projeler, toplu taşıma araçlarının sefer saatlerinin ve güzergahlarının etkin bir şekilde planlanmasını içerir. Bu sayede, araçlar daha dengeli dağıtılır ve yolcu bekleme süreleri minimize edilir.

Bilgi ve İletişim Teknolojileri (ICT) Entegrasyonu: Projeler, bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanımını içerir. Akıllı bilet sistemleri, gerçek zamanlı yolcu bilgilendirme sistemleri, mobil uygulamalar ve diğer ICT çözümleri ile toplu taşıma sistemleri entegre edilir.

Altyapı Geliştirmeleri: Projeler, toplu taşıma altyapısının geliştirilmesini içerir. İhtiyaç duyulan duraklar, istasyonlar, transfer merkezleri ve diğer altyapı unsurları planlanır ve inşa edilir.

Sürdürülebilirlik: Projeler, sürdürülebilirlik ilkesini gözetir. Çevresel etkilerin azaltılması, enerji verimliliği, yeşil teknolojilerin kullanımı ve alternatif yakıtların tercih edilmesi gibi unsurlar dikkate alınır.

Finansal ve İşletme Modelleri: Projelerin finansmanı ve işletme modelleri belirlenir. Kaynakların etkin kullanımı, gelir modelleri, kamu-özel işbirliği gibi konular projenin kapsamına dahil olabilir.

Bu unsurlar, Çok Modlu Toplu Taşıma projelerinin genel kapsamını oluşturur. Projeler, yerel ihtiyaçlara, şehir planlaması ve ulaşım stratejilerine göre özelleştirilebilir.

2.2. Proje Gerekçesi

Akıllı şehirlerin toplu ulaşım sistemlerinde, yolcu hareketliliklerini göz önünde bulundurarak ve mevcut kaynakları etkili bir şekilde kullanmayı hedefleyen merkezi bir yazılım aracılığıyla araç ve personel planlaması yapılması amaçlanmaktadır. Ulaşım verimliliği, trafik sıkışıklığının azaltılması, olumsuz çevresel etkilerin azaltılması, ulaşım erişilebilirliğinin artırılması ve olumlu ekonomik faydalar gibi gerekçelerden dolayı Çok Modlu Toplu Taşıma, toplum için sürdürülebilir bir ulaşım sunmaktadır.

2.3. Mevcut Durum

Proje konusu ile ilgili dünyada mevcut durumun tespiti

- Çok Modlu Toplu Taşıma Sistemine 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 Çok Modlu Toplu Taşıma Sistemine 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 veriş yapılr.
- 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.

Çok modlu taşıma, 1980'lerden önce gündeme gelmiş bir konudur. Buna örnek olarak "Birleşmiş Milletler Uluslararası Çok Modlu Mal Taşımacılığı Sözleşmesi (Cenevre, 24 Mayıs 1980)" gösterilebilir. Ancak, çok modlu toplu taşıma konusu daha yakın tarihlerde araştırılmaya başlanmıştır. Bunun sebebi, ICT teknolojilerinin son 5-10 yıl içinde giderek gelişmesi ve yaygınlaşmasıdır.

Toplu ulaşım sistemleri, kent içi ulaşımın temelini oluşturur ve ekonomik hareketlilikle doğrudan ilişkilidir. Doğru bir şekilde planlandığında, trafik problemlerini azaltmada önemli bir rol oynayan ulaşım sistemleri, hem hizmet sektörünün bir parçası olarak hem de ulaşım politikalarının temel argümanlarından biri olarak değerlendirilebilir. Bu sistemlerin faaliyet alanında planlama ve işletme olmak üzere iki önemli husus bulunmaktadır. Planlama doğru bir şekilde gerçekleştirildiğinde, teorik olarak sistem, öngörülen hizmet ömrü boyunca istenen düzeyde ve verimlilikte işletilebilir. Ancak, bazen doğru ve gerçekçi planlamalara rağmen, hedeflerin tam olarak gerçekleşmemesi söz konusu olabilir. Bu durumun temel nedeni, kullanıcı davranışları ile ilgilidir. Kullanıcı davranışlarının modellenmesi, ulaştırma biliminin özel bir araştırma konusu olarak kabul edilen ayrı bir uzmanlık alanıdır. Kullanıcı davranışları genellikle incelenen durumun belirsiz olduğu durumlarda stokastik özellikler gösterir. Daha istikrarlı veya deterministik bir hale gelmesi için, sistemin tüm özelliklerinin yeterince tanımlanması ve statik hale gelmesi gerekmektedir. Toplu ulaşım sistemleriyle ilgili olarak, ulaştırma bilimindeki diğer bir önemli konu ise talep-kapasite ilişkisidir. Ulaştırmada talep, sürekli olarak kapasiteye bağlı olarak artma eğilimindedir. Başka bir deyişle, sunulan kapasiteyi sürekli olarak artırmak talebi karşılamak veya talebi sabit tutmak anlamına gelmez. Tam tersine, kapasiteyi sürekli olarak artırmak aynı zamanda talebi de artırır. Bu durumda, doğru yaklaşım talebi yönetmek ve kapasiteyi dengeli bir talebe göre artırarak rahatlama sağlamaktır. Talep yönetimi, ücretlendirme, erişilebilirlik, seyahat süresi, konfor vb. gibi sistem tercihini etkileyen unsurlarla ilgili ulaşım politikalarının geliştirilmesi yoluyla sağlanabilir.

Toplu ulaşım sistemlerinde, insanların daha konforlu seyahat etmelerini sağlamak, zaman kayıplarını en aza indirmek, mevcut sistemlerin kapasitesini artırmak ve genel verimliliği iyileştirerek sürdürülebilir bir şekilde toplu ulaşım sistemlerinin performansını geliştirmek önemlidir.

Toplu ulaşım modlarına bakıldığında, BRT sistemleri (metrobüs), otobüs, minibüs, dolmuş ve servis gibi lastik tekerlekli ulaşım modları bulunmaktadır. Taksi ve özel araçlar toplu taşıma kapsamında değerlendirilmemekle birlikte, bu raporda tamamlayıcı ulaşım modları olarak ele alınmıştır. Raylı sistemler arasında banliyö trenleri, tramvaylar, metro, funiküler, havaray ve teleferik gibi uygulamalar bulunmaktadır. Denizyolu taşımacılığında ise vapur ve feribotlar önemli bir rol oynamaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte maglev ve hyperloop gibi uygulamaların da sayısı ilerleyen zamanlarda artacaktır.

Çok modlu ulaşım sistemleri, toplu taşıma alanında etkili ve ekonomik taşıma hizmeti sunmayı amaçlamaktadır ve dünya genelinde farklı ulaşım modları birbirleriyle entegre bir şekilde kullanılmaktadır. Bu entegrasyonda, ulaşım modlarının zamanlama ve süreklilik açısından güvenilir olması, toplu taşıma sistemlerinin etkin bir şekilde kullanılmasında önemli bir faktördür. Londra ve Hong Kong gibi şehirler, trenler, tramvaylar, otobüsler, minibüsler, taksiler ve feribotlar gibi ulaşım modlarını birbirine entegre eden örnek uygulamalara sahiptir. Benzer şekilde, Kolombiya'nın Bogota ve Medellin şehirlerinde de bu tür entegre uygulamalar bulunmaktadır. Aşağıdaki tabloda, Singapur ve Japonya'da toplu ulaşımın kullanım oranları gösterilmektedir.

Tablo 1. Yurtdışındaki Toplu Taşıma Kullanım Oranları

Ülke	Veri Senesi	Karayolu	Raylı Sistem	Hava Yolu	Deniz Yolu	Diğer
Singapur [1]	2018	54%	45,33%			1%
Japonya [2]	2018	11%	72%	15%	0.6%	2%

En İyi Uygulamalar

Londra: Londra Şehri, 2000 yılından bu yana çok modlu entegre bir sistemle tanınmaktadır. Londra Otoritesi Kanunu'na göre Londra Belediye Başkanı tarafından seçilen bir kurul tarafından kontrol edilen Transport for London (TfL), tüm toplu taşıma modlarının sorumluluğunu üstlenen ve stratejik yol ağı ile para taşımacılığı modundan da sorumlu olan yetkili bir kuruluş olarak faaliyet göstermektedir. TfL, Londra'nın yer altı raylı sistemini, Londra Demiryolu, Londra Otobüsleri, Londra Dial-a-Ride, cadde hizmeti, trafik sıkışıklığı ücreti, açık taşıma birimi, Bisiklet Merkezi (Cycling Center of Excellence), Yürüyüş, Londra Yol Güvenliği Birimi, Metropol Polis Servisi, Transport Operational Summon Birimi

(TOCU), İngiliz Taşımacılık Polisi ve Yük Birimi gibi hizmetleri yürütmekten sorumlu olan ana yetkili kurumdur. Bu nedenle, Tfl Londra'nın tek entegre ulaşım kurumu olarak kabul edilmektedir [9].

Londra'daki toplu taşıma sistemi, ağır raylı sistem, Londra metrosu, Docklands Light Rail ve Croydon Light Rail gibi tarihi ve modern ulaşım altyapı ağının (otobüs ve feribot hizmetleriyle birlikte) mükemmel bir kombinasyonu ile bilinmektedir. İstatistikler, çok modlu sistem uygulamasının ardından toplu taşıma talebinin arttığını ortaya koymaktadır [9].

Sadece yer üstü ulaşımına değil, diğer toplu taşıma yöntemlerine olan talepte de bir artış yaşanmıştır. Bu karmaşık ulaşım sistemine rağmen, tüm büyük istasyonlarda, demiryolu ve metro istasyonlarına yürüme mesafesinde bulunan ulaşım bağlantıları oluşturulmuş ve genellikle ulaşım istasyonu personeli tarafından denetlenerek sürekli bilgi sistemleriyle güncellenmiştir. Entegre altyapının oluşturulması, yılda 31 milyar seyahate kadar çıkan otobüs kullanımındaki mevcut yolcu sayısında artışa neden olmuş ve merkezi Londra'daki trafik yoğunluğunu %20 azaltmıştır. Ayrıca, Londra'da araçlardan motorsuz ulaşımına %5'lik bir geçiş görülmüştür [9].

Hong Kong: Hong Kong şehrinin ulaşılabilirlik ihtiyaçları incelendiğinde, şehirdeki ulaşım sistemi, günlük seyahatlerin %90'ının toplu taşıma araçlarıyla gerçekleştirilmesiyle dünyaya örnek teşkil etmektedir. Her gün yaklaşık 12.9 milyon kullanıcı otobüsler, tramvaylar, demiryolları, minibüsler, feribot hizmetleri ve taksilerle seyahat etmektedir. Şehirde, bin kişi başına düşen araç sahipliği çok düşük bir seviyede bulunmaktadır (50 araç). Farklı ulaşım modlarına sahip olmasına rağmen, hepsi iyi koordine edilmiş, takvimlendirilmiş ve birbirleriyle entegre şekilde çalışmaktadır. Demiryollarının MTR Corporation Limited (MTRCL) tarafından işletildiği ve Mart 2015'te günlük olarak yaklaşık 4.62 milyon yolcu taşıdığı tespit edilmiştir. Havalimanı Ekspres Hattı (AEL), Mart 2015'te günlük olarak yaklaşık 41.400 yolcu taşıırken, Hafif Raylı Sistem aynı dönemde günlük olarak yaklaşık 479.000 yolcu taşımaktadır. Şehir Otobüsü ise 2014 yılında günlük olarak yaklaşık 648.000 yolcu taşımıştır [9].

Singapur: Singapur entegre bir ulaşım sistemi konusunda uluslararası bir örnek teşkil eden ender şehirlerden biridir. Alan Lisanslama Düzenlemesi (ALS), Elektronik Yol Ücreti (ERP) sistemi, Araç Kota Sistemi Singapur şehri tarafından uygulanan göze çarpan politikalarından birkaçıdır. Singapur, 5.4 milyon nüfusa sahip küçük bir şehir olmasına rağmen ulaşım alanında son derece bilinçli bir hükümete sahiptir ve tüm seyahatlerin %75'lik bir modal pay hedefine ulaşmayı hedeflemektedir. Tüm modların halk tarafından kullanım oranının belirgin bir şekilde arttığı açıkça görülmekte olan Singapur'da bu durumun temel nedeni, şehirler için etkili bir çok modlu ulaşım sisteminin çalışmasıdır [9].

Londra şehrinde fiziksel entegrasyon, gömülü değişim merkezleri, kapalı yürüyüş yolları ve perakende merkezleri gibi yerleşik transfer olanaklarına sahip ulaşım merkezleri ve noktalarını kapsar; Hong Kong'da ise yüksek ve hafif raylı hatların entegrasyonunu teşvik etmek için çeşitli hükümet projeleri

oluşturulmuştur. Singapur'da ise farklı modların fiziksel entegrasyonu için istasyonlarda yeni ve güvenli yürüyüş yolları sunulmaktadır [9].



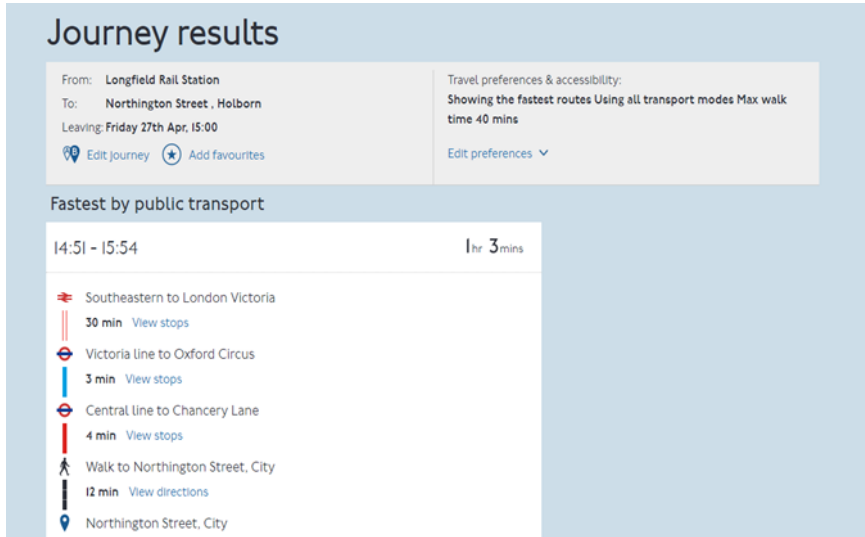
Şekil 1. Londra King Cross istasyonundaki çok modlu merkez [9]

Londra'daki çok modlu merkezin tipik bir örneği Şekil 1 ile gösterilmiştir. Londra şehrinde hava, demiryolu ve karayolu ulaşımı için ağ entegrasyonu çok güçlüdür. "Gel ve Git" hizmeti otobüs toplu taşımaya yöneliktir; "havalimanı ekspresi" ise hava ulaşımı için kullanılır. Londra'daki entegre tren istasyonları farklı türdeki demiryolu ulaşım sistemleriyle bağlantılıdır. Hong Kong'da iyi tasarlanmış düğüm noktaları, farklı modların kolay transferi için birkaç ağa bağlıdır. Otobüsler ve minibüsler, trenler ve MRT'lerle bağlantı sağlamak için iyi bir şekilde planlanmıştır. Singapur'da ise yol ağındaki yoğunluğu azaltmak amacıyla, yolculara otobüs veya LRT sisteminin MRT'ye ikincil destek olarak kullanılması önerilmektedir. Bu politika Singapur şehri için daha uygundur çünkü nüfusun %50'si bir MRT istasyonuna 500 metre yakınlıkta yaşamaktadır. Londra şehrinin tipik entegre toplu taşıma planı Şekil 2'de gösterildiği gibi tasarlanmıştır [9].



Şekil 2. Londra'da toplu taşıma için entegre ulaşım ağı planı [9]

Londra'daki çok modlu entegrasyon, tüm toplu taşıma modları için geliştirilen toplu taşıma levhalarıyla dünya çapında tanınmıştır. Hong Kong'da "Hong Kong e-Transport" mobil uygulaması kurulmuşken; Singapur'da ise yol tabanlı ITS önlemlerinden ve transit tabanlı önlemlerden trafik bilgisini entegre eden bir IT platformu (I-Transport platform) önerilmektedir. Şekil 3, Londra'daki yolcuların seyahat sürelerini optimize etmek için kullandığı toplu taşıma yolculuk planlayıcısını göstermektedir [9].



Şekil 3. Londra için kapsamlı seyahat planlayıcısı uygulaması [9]

Ücret entegrasyonu, çok modlu ulaşım sisteminin benzersiz bir özelliğidir. Akıllı kart tabanlı ücret entegrasyonu, bahsedilen üç şehirde de tam olarak işlev görmektedir. Londra'da 2007'den beri Oyster kartı kullanılırken, Hong Kong'da 1997'den beri Octopus kartı kullanılmaktadır. Singapur'da ise EZ kartın kullanımı yaygındır. Transport for London (TfL), tüm transfer modlarının arkasında duran kurumdur. Benzer şekilde, Hong Kong'da tek bir yetkilendirme tüm modları politik engelleri minimumda tutarak

koordine etmeye yardımcı olur. Singapur'da ise SMRT ve SBS kuruluşları, çok modlu sistemi yönetmek için birlikte çalışmaktadır [9].

Ulaşım sektöründeki sorunların çözümünde, toplu taşıma sistemlerine dayalı olarak geliştirilen Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) politika ve planları, hızla ilerleyen teknolojik olanaklarla birlikte giderek daha kapsamlı hale gelmektedir. Farklı ülkelerde yaygın olarak kullanılan çeşitli uygulamalar şunlardır [3]:

- Paris'in başkenti olan Fransa'da, düşük yıllık abonelik ücreti ödeyen kişiler, düşük saatlik ücretlerle bisiklet (Velolib) veya elektrikli otomobil (Autolib) kiralama imkanına sahiptir. Bu sistem, akıllı telefon uygulaması aracılığıyla boş araçları ve otoparkları bulmayı sağlayarak, araç kullanımını kent içinde minimum düzeye indirmeyi amaçlamaktadır.
- Avusturya'nın başkenti Viyana'da, toplu taşıma kartları kullanılarak yapılan ulaşım, türüne, mesafeye ve aktarmalara bağlı olarak ayrı ayrı hesaplanarak tüketici lehine bir ücretlendirme sağlanmaktadır. Bu şekilde, bireylerin toplu taşımayı tercih etmeleri teşvik edilmektedir.
- Singapur, trafik sıkışıklığını azaltmak amacıyla araç kullanımına dayalı sıkışıklık vergisi alan tek şehir olarak bilinmektedir. Kameralar ve GPS cihazlarıyla trafik sıkışıklığı ölçülmekte ve bu duruma sebep olan araçlar otomatik olarak vergilendirilmektedir.
- İspanya'nın Barcelona kentinde, kent içi otobüs sistemi enerji ve zaman tasarrufu sağlamak amacıyla yeniden düzenlenmiştir. Yeni hatlar belirlenmiş, otobüs duraklarına varış bilgi sistemleri kurulmuş ve aktarma bilgileri yolculara iletilmiştir. Bu sistem sayesinde otobüsler yaklaştığında trafik ışıkları yeşile dönmektedir ve sefer sürelerinin kısılması sağlanmaktadır.
- Hollanda'nın Amsterdam kentinde, yeni otopark alanlarının açılmasının sınırlandırılmasına yardımcı olan "Mobypark" adlı akıllı telefon uygulaması kullanılmaktadır. Bu uygulama sayesinde özel şahıslara ait boş otopark alanları, ihtiyaç duyanlara kiralanmakta ve trafik akışı rahatlamaktadır.
- Kanada'nın Montreal kentinde kurulan akıllı ulaşım sistemi ile 2000 kontrolör, 500 kamera ve 10.000 iletişim ekipmanı kullanılarak trafik ışıklarına uyulup uyulmadığı takip edilmektedir [4]. Montreal, Kuzey Amerika'da toplu taşıma araçlarının en yoğun kullanıldığı şehirdir. Montreal kentinin 2008 ulaşım planının hedefleri aşağıda verilmiştir:
 - Toplu taşıma araçlarına yatırımı arttırarak otomobile bağımlılığı azaltmak
 - Alışkanlıkları değiştirmek ve kentsel yaşam kalitesini arttırmak
 - Yayalara öncelik vermek
 - Montreal'in kalkınmasında toplu taşımayı temel taşı yapmak
 - Bisiklet ulaşımının altyapı imkânlarını geliştirmek
 - Yol kazalarını %40 azaltmak
 - Yol paylaşımını yeniden düşünmek

- Ekonomik olan seyahat modellerini teşvik etmek
- Performansı yüksek yenilikçi teknolojiler kullanmak
- Akıllı ulaşım sistemleri üzerine bir plan kabul etmek [3]

Türkiye'deki mevcut durum

İstanbul şehri, çeşitli ulaşım modlarını aynı anda kullanarak ve etkin bir şekilde entegre ederek ulaşım sağlamaktadır. Bu yüzden, bu bölümde İstanbul'un mevcut ulaşım durumunun incelenmesi yapılacaktır.

İstanbul'da, ulaşım lastik tekerlekli araçlar, raylı sistemler ve denizyolu modları aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Her bir ulaşım modu, kendine özgü alt kategorilere ayrılarak alt gruplara bölünmüştür. Özellikle lastik tekerlekli ulaşım modunda, toplu taşımaya ek olarak servis araçları ve taksiler gibi ara ulaşım sistemlerini de kapsayan alt gruplandırmalar mevcuttur. İstanbul'da, otobüs, metrobüs, raylı sistemler ve denizyolu taşımacılığı gibi toplu taşıma hizmetleri, İstanbul Kart adı verilen elektronik kart aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB), İstanbulkart verilerine dayanarak son 4 yılın kent içi toplu taşıma ulaşım türlerinin dağılımını belirlemiştir. 2020 ve 2021 yılında pandeminin etkisiyle toplu ulaşım yolculuklarında azalma yaşanırken, 2022 yılında tüm zamanların en yüksek seviyesine ulaşılmıştır. Yıllık yolculuk sayısı, 2018'de 2 milyar 50 milyonken, 2022'de %13,6 artışla 2 milyar 330 milyona yükselmiştir. Günlük seyahat sayısı ise 2018'de ortalama 5,6 milyonken, bu yıl %14 artışla ortalama 6,4 milyon seviyesine çıkmıştır. Aralık ayında günlük yolculuk sayısı 8 milyona kadar ulaşmıştır [10].

Projenin bağlantılı olduğu alanlar

Çok Modlu Toplu Taşıma Sistemi projesinin bağlantılı olduğu alanlar listelenmiştir:

- Ağ optimizasyonu
- Entegrasyon sistemleri
- Şehir ulaşım planlaması

2.4. İhtiyaç Analizi

Projeye duyulan ihtiyacı ortaya koyan verilerin incelenmesi

Toplu taşıma sistemlerinde kaynakların etkin bir şekilde planlanmaması durumunda, kaynaklar adil bir şekilde dağıtılmaz ve bu da güzergâhlar, hatlar veya sistemler arasında hizmet kalitesinde farklılıklara yol açar. Standart olmayan hizmet kalitesi veya kaynakların adil şekilde paylaşılmaması nedeniyle sistemde darboğazlar oluşur ve bu noktalarda yolcu yoğunluğunda artış ve konfor seviyesinde düşüş

yaşanır. Bu yaygın bir durum olduğunda, toplu taşıma sistemleri daha az tercih edilir hale gelir. Sonuç olarak, yolcular bireysel araç kullanımına yönelir.

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

Çok Modlu Toplu Taşıma Sistemi projelerindeki bazı temel beklentiler ve faydalar şunlar olabilir:

Yoğun kalabalıkların azalması, konfor seviyesinin artması ve kapıdan kapıya ulaşımın sağlanmasıyla daha akıcı bir şehir içi ulaşım sağlanacaktır. Aynı zamanda, kusursuz ve kesintisiz bir veri akışı sağlanacak ve elde edilen veriler KVKK (Kişisel Verilerin Korunması Kanunu) sınırları içinde işlenecek ve gelecekte başka projelerde kullanılmak üzere bir veri havuzu oluşturulacaktır.

Bunun yanında, yolcular, Çok Modlu Toplu Taşıma Sistemleri sayesinde daha hızlı, daha uygun maliyetli ve daha rahat bir ulaşım deneyimi yaşarlar. Farklı ulaşım modlarının entegrasyonu, yolculara daha fazla seçenek ve esneklik sunar. Ayrıca trafik sıkışıklığından kaynaklanan stres ve zaman kaybı azalır. Çok modlu toplu taşıma sistemleri, trafik yoğunluğunu azaltarak şehir sakinlerine daha temiz bir çevre sunar. Azalan trafik akışıyla birlikte hava kirliliği ve gürültü düzeyleri azalır. Ayrıca, daha az bireysel araç kullanımıyla park alanlarına olan ihtiyaç azalır ve şehirdeki yeşil alanların korunması desteklenir. Çok Modlu Toplu Taşıma Sistemleri, şehir yöneticilerine ulaşım planlaması ve trafik yönetimi konusunda daha fazla kontrol sağlar. Bu sistemler, ulaşım taleplerini analiz etmek, kaynakları verimli bir şekilde kullanmak ve ulaşım politikalarını geliştirmek için değerli veriler sağlar. Ayrıca, sürdürülebilir kentsel büyüme hedeflerine ulaşmada önemli bir rol oynar.

Yukarıda özetlenen beklentiler göz önünde bulundurulduğunda Çok Modlu Toplu Taşıma Sistemi projeleri için hedefler tespit edilmiştir:

- a) Tüm toplu taşıma sistemlerine ait zaman çizelgeleri birbirleriyle uyumlu hale gelmesi
- b) Modlar arası aktarmayı teşvik edici ücret politikalarının olması
- c) Toplu taşıma sistemlerine ait tam zamanlı bilgi akışının olması
- d) Optimize edilmiş toplu ulaşım modları
- e) Toplu ulaşım modlarında hizmet kalitesi artışı
- f) Trafik yoğunluğunda azalma

Çok Modlu Toplu Taşıma Sistemi projelerinin paydaşlara sağladığı faydaların yanı sıra, projelerin çözüm getirdiği problem ve sıkıntılar da bulunmaktadır.

Şehirlerdeki trafiğin yoğunluğu, ulaşımın verimli ve hızlı bir şekilde sağlanmasını zorlaştırır. Çok Modlu Toplu Taşıma, bireysel araç kullanımını azaltarak trafik sıkışıklığını azaltmayı hedeflemektedir. Daha fazla insanın toplu taşıma sistemlerini kullanmasıyla, trafik akışı düzenlenir ve yolların daha verimli bir şekilde kullanılması sağlanır. Böylelikle daha az araç kullanımıyla, hava kalitesi iyileşir, karbon ayak izi ve çevreye olan zararlı etkileri azalır.

Bazı kesimlerde, ulaşım hizmetlerine eşit şekilde erişim sağlanamayabilir. Özellikle dezavantajlı bölgelerde veya ulaşım imkânlarının kısıtlı olduğu alanlarda, ulaşım eşitsizliği sorunu yaşanabilir. Çok Modlu Toplu Taşıma, ulaşım hizmetlerinin daha adil ve eşit bir şekilde dağıtılmasını hedeflemektedir. Böylece, dezavantajlı bölgelerdeki insanlar da ulaşım imkânlarından daha fazla yararlanabilir.

Bazı bölgelerde, ulaşım hizmetlerine erişimde sıkıntılar yaşanabilir. Özellikle kırsal bölgelerde veya düşük gelirli bölgelerde, toplu taşıma seçenekleri sınırlı olabilir. Çok Modlu Toplu Taşıma, ulaşım erişilebilirliğini artırmayı hedeflemektedir. Farklı ulaşım modlarının entegrasyonu, daha geniş bir coğrafi alanda ve farklı bölgelerde ulaşım hizmetleri sunulabilir.

Yoğun şehirlerde, sınırlı park alanları ve park sıkıntısı yaygın bir sorundur. Bireysel araçların park edilmesi için gereken alanlar, şehir trafiğini etkileyebilir ve park sorunlarına yol açabilir. Çok Modlu Toplu Taşıma projeleri, daha az bireysel araç kullanımıyla park sorunlarını azaltmayı amaçlamaktadır. Böylece, şehirlerde daha fazla alanın kullanılması ve park sorunlarının çözülmesi sağlanır.

Bireysel araç kullanımında, trafik kazaları ve güvenlik endişeleri önemli bir sorundur. Çok Modlu Toplu Taşıma, daha güvenli bir ulaşım ortamı sağlamayı hedeflemektedir. Toplu taşıma sistemleri genellikle profesyonel şoförler tarafından işletildiği için, yol güvenliği konusunda daha sıkı kontroller ve önlemler alınabilir.

Bazı şehirlerde, ulaşım hizmetlerinin verimliliği düşük olabilir. Gecikmeler, beklemeler ve ulaşım modları arasındaki entegrasyon eksikliği gibi sorunlar yaşanabilir. Çok Modlu Toplu Taşıma, zaman çizelgesinin dâhili dışındaki gecikmelerin yaşanmamasını sağlamaktadır.

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

- Güçlü Yönler
 - Bireysel araç kullanımının azalmasıyla trafik sıkışıklığının hafiflemesini sağlar. Toplu taşıma sistemlerinin etkin kullanımıyla, yolcu taşıma kapasitesi artar ve trafik akışı iyileşir.

- Farklı ulaşım modlarının entegrasyonunu sağlayarak, kullanıcılara daha fazla erişim imkânı sunar. Bu sayede, seyahat süreleri kısalır ve ulaşım ağının genişlemesiyle daha fazla destinasyona erişim sağlanır.
- Daha az araç trafiği, hava kirliliğinin azalmasına, enerji tüketiminin düşmesine ve karbon salınımının azalmasına katkıda bulunur. Dolayısıyla çevresel sürdürülebilirliği destekler.
- Toplu taşıma sistemlerinin etkin kullanımı, bireysel araç sahiplerinin maliyetlerini azaltır.
- Zayıf Yönler
 - Talep dalgalanmaları ve kullanım değişkenlikleri, projelerin etkinliğini etkileyebilir ve kapasite planlamasında zorluklara neden olabilir.
 - Farklı sistemler, operatörler ve paydaşlar arasında uyum sağlamak ve entegrasyonu sağlamak zaman alıcı ve zorlu olabilir.
 - Toplu taşıma sistemlerinin zaman çizelgesinin trafiğe bağlı etkenlerden dolayı tutarlı olamamasından kaynaklanan gecikmeler yaşanabilir. Metrobüs, metro ve tramvay gibi trafikten bağımsız ayrı güzargahları bulunan ulaşım modları için bu durum söz konusu değildir.
 - Özel araç konforunu yakalamak her ne kadar zor olsa da buna yaklaşılmadığı sürece, kalabalık otobüsler veya trenler tercih edilmeme gibi bir tehlikeyle yüz yüze gelebilir.

2.5. Talep Analizi

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

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

Talebi belirleyen temel etkenler ve göstergeler

- Nüfus yoğunluğu
- Ekonomik göstergeler
- Trafik sıklığı

Talebin gelecekteki gelişim potansiyeli ve talep için gelecek öngörülerin tespiti

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

Ulaşım sistemlerinin belirli durakları arasında yolcu yoğunluğunun oturma kapasitesini doldurmadığı ya da ayakta yolculuk etmenin bile imkansız olduğu durumların yaşanması mümkündür. Gelecekte ortaya çıkabilecek bu gibi bir sıkıntıyı engellemek için hatların yeniden tasarlanması, araç tiplerinin

değişken hale getirilmesi, hatların omurga ve besleme olarak planlanması ve sefer sıklıklarının değiştirilmesi ile toplu ulaşım sistemlerindeki yoğunluğun eşit olarak sisteme dağıtılması sağlanmalıdır.

Örnek Vaka

Talep analizi kapsamında 1000 hektarlık bir alanda 200.000 kişinin yaşayacağı varsayılan proje alanı için nüfus ve toplu ulaşım değerleri dikkate alındığında halkın %43,25'inin toplu ulaşım sistemlerini kullanması öngörülmektedir. Örnek vaka kapsamında 200.000 hane halkı düşünüldüğünde yaklaşık 86.500 bölge sakininin toplu ulaşım sistemlerini kullanacağı varsayılabilir.

3. Teknik Analiz ve Alternatif Teknolojilerin Değerlendirilmesi

Fiziki/Mekânsal Büyüklük

- Fiziki/mekânsal büyüklük projenin gerçekleşeceği şehir, mahalle, bölge, yaşam alanına bağlıdır.
- Proje kapsamında incelenecek verilerde otobüs, metrobüs, minibüs, metro, tramway, tren, finüküler, vapur gibi bütün ulaşım modları dikkate alınmalıdır.

Kapasitenin Belirlenmesi

- Ulaşım Modları: Projede yer alacak ulaşım modları, toplu taşıma kapasitesini önemli ölçüde etkiler. Örneğin, otobüs, tramway, metro gibi farklı ulaşım araçları farklı kapasitelere sahiptir. Araçların yolcu taşıma kapasiteleri ve sefer sıklığı projenin kapasitesini belirler.
- İstasyon ve Duraklar: Proje kapsamında oluşturulan istasyon ve durak sayısı, yolcu alımı ve bırakma kapasitesini etkiler. İyi tasarlanmış ve yerleştirilmiş istasyonlar, yolcuların akışını düzenler ve kapasiteyi artırır.
- Hat ve Rota Planlaması: Projede kullanılacak hat ve rota planlaması, toplu taşıma ağının kapasitesini belirler. Hatlar arasındaki entegrasyon, transfer noktalarının uygun yerleştirilmesi ve sefer saatlerinin düzenlenmesi kapasiteyi etkiler.
- Araç Yönetimi ve İşletme Süreçleri: Verimli araç yönetimi ve işletme süreçleri, kapasiteyi artırabilir. Doğru sefer planlaması, araç takip sistemleri, bakım ve onarım süreçlerinin etkin yönetimi gibi faktörler kapasiteyi iyileştirir.
- İletişim ve Bilgi Teknolojisi Altyapısı: İyi çalışan bir iletişim ve bilgi teknolojisi altyapısı kapasiteyi artırabilir. Akıllı bilet sistemleri, gerçek zamanlı yolcu bilgilendirme sistemleri ve trafik yönetim sistemleri gibi teknolojiler de kapasiteyi optimize eder.

- Talep ve Yolcu Profili: Talep analizi ve yolcu profilinin doğru şekilde değerlendirilmesi kapasiteyi belirlemede önemlidir. Yoğun saatlerdeki talep, yolculuk süresi, yoğun kullanım alanları gibi faktörler dikkate alınmalıdır.
- ORER planlarının entegre bir şekilde oluşturulması: Toplu ulaşım sistemlerine ait ORER planları entegre bir şekilde oluşturulduğunda, sistemler arasındaki yoğunluklar daha dengeli bir şekilde dağıtılacak ve sefer planlaması ile zaman çizelgesi entegrasyonu sayesinde yolcu aktarmalarındaki bekleme süreleri en aza indirgenebilecektir.

Yapısal Proje Gereksinimleri

Çok Modlu Toplu Taşıma Sistemi uygulaması için yapısal proje gereksinimleri aşağıda verilmiştir:

- Araç ve Personel Envanter Veri Analizinin yapılması
- Güzergah Analizinin yapılması
- Yolcu Veri Analizinin yapılması
- Merkezi ORER Yazılımının kurulması

Yazılım ve Donanım Gereksinimleri

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

Yazılım:

- İşletim ve Yönetim Yazılımları: Projenin etkin bir şekilde yönetilmesi ve işletilmesi için özel yazılımlar gerekebilir. Bu yazılımlar, sefer planlama ve yönetim sistemleri, yolcu bilgilendirme sistemleri, bilet ve ödeme sistemleri, araç takip ve yönetim sistemleri gibi bileşenleri içerebilir.
- Akıllı Ulaşım ve İletişim Yazılımları: Projede yer alacak ulaşım modlarının entegrasyonunu sağlamak için akıllı ulaşım ve iletişim yazılımları kullanılabilir. Bu yazılımlar, farklı ulaşım modlarının bilgi paylaşımını, yolculuk planlamasını, aktarma noktalarının yönetimini ve yolcu bilgilendirmesini kolaylaştırır.
- Veri Analizi ve Optimizasyon Yazılımları: Projede toplanan verilerin analiz edilmesi ve sistemin optimize edilmesi için veri analizi ve optimizasyon yazılımları kullanılabilir. Bu yazılımlar, yolcu taleplerini analiz ederek sefer planlamasını optimize eder, trafik akışını iyileştirir ve kaynakların daha etkin kullanılmasını sağlar.
- Mobil Uygulamalar: Projeye özel mobil uygulamalar, yolcuların seyahat planlaması, bilet satın alma, gerçek zamanlı yolcu bilgilerine erişim gibi işlemleri kolaylaştırır. Bu uygulamalar, yolcuların projeden en iyi şekilde faydalanmalarını sağlar.

Donanım:

- Akıllı Bilet Sistemleri: Projede kullanılacak akıllı bilet sistemleri için uygun donanım bileşenleri gereklidir. Bu bileşenler, bilet okuyucuları, kart dağıtım makineleri ve gerekli altyapıyı içerebilir.
- Gerçek Zamanlı Yolcu Bilgilendirme Sistemleri: Yolculara gerçek zamanlı bilgi sağlamak için gereken donanım bileşenleri kullanılır. Bu bileşenler, yolcu bilgilendirme panoları, hoparlör sistemleri ve diğer görsel ve işitsel iletişim araçlarını içerebilir.
- Araç Takip ve Yönetim Sistemleri: Projede kullanılan toplu taşıma araçlarının takip edilmesi ve yönetilmesi için gerekli olan donanım bileşenleri kullanılır. GPS tabanlı takip sistemleri, araçların konumunu ve hareketini izlemek için kullanılır. Bu sistemler, araçların seferlerini planlamak, trafik durumunu takip etmek, verimli rotalar oluşturmak ve seyahat süresini optimize etmek için önemlidir.
- Kamera ve Güvenlik Sistemleri: Projede kullanılan ulaşım modlarında güvenlik önlemleri için kamera ve güvenlik sistemleri kullanılır. Araç içi ve araç dışı kamera sistemleri, yolcuların güvenliğini sağlamak, olayları izlemek ve gerekli durumlarda müdahale etmek için kullanılır.
- Ödeme ve Bilet İşleme Sistemleri: Projede kullanılacak ödeme ve bilet işleme sistemleri için uygun donanım bileşenleri gereklidir. Bilet satış noktaları, ödeme terminalleri, bilet okuyucuları ve benzeri donanımlar, yolcuların bilet satın almasını, geçiş yapmasını ve ödemelerini gerçekleştirmesini sağlar.
- İnternet ve İletişim Altyapısı: Projede kullanılacak sistemler arasında iletişim altyapısı ve internet bağlantısı da önemlidir. Veri paylaşımı, yolcu bilgilendirme, ödeme işlemleri ve diğer iletişim gereksinimleri için güvenilir ve hızlı bir iletişim altyapısı sağlanmalıdır.
- Enerji ve Güç Sistemleri: Projede kullanılacak sistemlerin enerji ve güç ihtiyaçlarını karşılamak için uygun donanım bileşenleri kullanılır. Bu, araçların elektrik veya yakıt tüketimi, şarj istasyonları, enerji depolama sistemleri ve benzeri bileşenleri içerir.

Alternatif teknolojiler nelerdir? Karşılaştırma yapınız.

- **Elektrikli Araçlar:** Elektrikli otobüsler ve trenler, çevre dostu bir alternatif sunar. Elektrikli araçlar, karbonsuz enerji kaynaklarından beslenerek sıfır emisyonlu yolculuk imkanı sağlar.
- **Hidrojen Yakıt Hücreli Araçlar:** Temiz enerjiyle çalışır ve sadece su buharı salınımı yapar. Bu teknoloji, uzun mesafeli ulaşımda kullanılabilecek potansiyele sahiptir.
- **Otomatik Sürüş ve Otonom Araçlar:** Otomatik sürüş teknolojisi, sürücüsüz araçların kullanımını mümkün kılar. Bu, toplu taşıma sistemlerinde daha verimli ve güvenli bir hizmet sunmayı sağlar.

- **Akıllı Ulaşım Sistemleri:** Yolculuk planlamasını optimize eder, trafik akışını yönetir ve gerçek zamanlı bilgi sağlar. Bu sistemler, kullanıcıların seyahatlerini daha kolay ve etkili hale getirebilir.
- **Paylaşımlı Ulaşım Hizmetleri:** Bisiklet paylaşımı, scooter paylaşımı ve araç paylaşımı gibi paylaşımlı ulaşım hizmetleri, bireysel araç kullanımını azaltarak trafiği hafifletebilir ve daha sürdürülebilir bir ulaşım seçeneği sunabilir.
- **Hibrit Araçlar:** İçten yanmalı motorlarla elektrikli motorları birleştirerek enerji verimliliğini artırır. Bu, yakıt tüketimini ve emisyonları azaltırken uzun mesafeli seyahatler için pratik bir çözüm sunar.
- **Yüksek Hızlı Trenler:** Uzun mesafeli seyahatlerde hızlı ve verimli bir seçenek sağlar. Bu teknoloji, şehirlerarasındaki ulaşımı kolaylaştırır ve hava yoluna olan bağımlılığı azaltır.

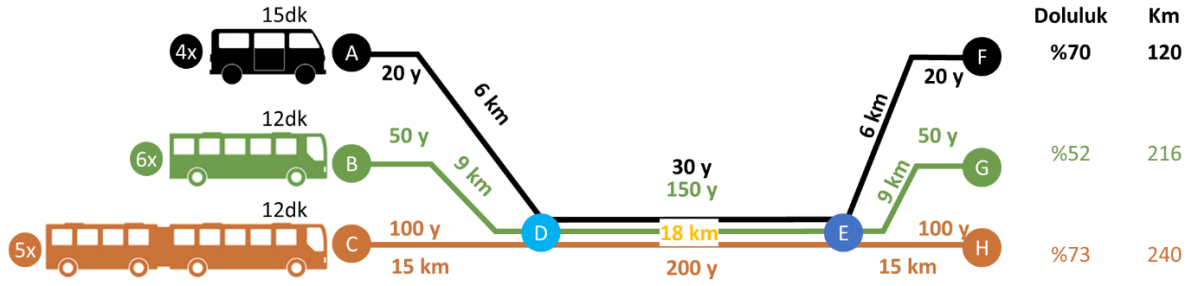
Teknoloji seçiminin dayandığı kriterler nelerdir? Açıklayınız.

- 1) Teknoloji yeni mi.
- 2) Teknoloji yerli mi
- 3) Teknoloji yerli değilse yerleştirilebilir mi
- 4) Sürdürülebilirlik
- 5) Verimlilik
- 6) Güvenlik ve konfor
- 7) Uyumluluk ve entegrasyon
- 8) Maliyet
- 9) Gelişim potansiyeli/Güncellik

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

Toplu taşıma araçlarının entegrasyonu, çok modlu rota planlamasıyla gerçekleştirilebilir. Bu planlama, ilgili ağ grafiklerinin birleştirilerek tek bir grafikte yönlendirme algoritmalarıyla uygulanmasını içermektedir. Bu sistemin etkin çalışması için yolculuk verilerinin standart hale getirilmesi gereklidir. Bu da, otobüs, metrobüs ve hafif raylı sistemlerde kullanılan akıllı kart uygulamalarının, nakit para kabul eden minibüs sistemlerinde de kullanılmasını gerektirmektedir.

Çok Modlu Toplu Taşıma Sistemlerinde her ulaşım modu kendi çalışma saatlerini planlamaktadır. Aşağıdaki görselde, 4 minibüs, 6 otobüs ve 5 körüklü otobüs veya metrobüs için bir güzergâh taslağı örneği bulunmaktadır.



Şekil 4. Taslak Network Planı [8]

İncelenen örnek plan, farklı ulaşım modlarının kesişen ortak güzergâhlarına sahip olduğunu göstermektedir. Görseldeki araçların üzerinde belirtilen zamanlar, seferler arasındaki zamanı temsil etmektedir. Güzergâh boyunca yer alan "y" harfiyle biten rakamlar ise ilgili yolcu kesitindeki yolcu sayısını göstermektedir. Sistemdeki araçların ortalama hızının 40 km/saat olduğu varsayılmıştır. Mevcut durumun performans değerlerini yansıtan bir tablo elde edilmiştir.

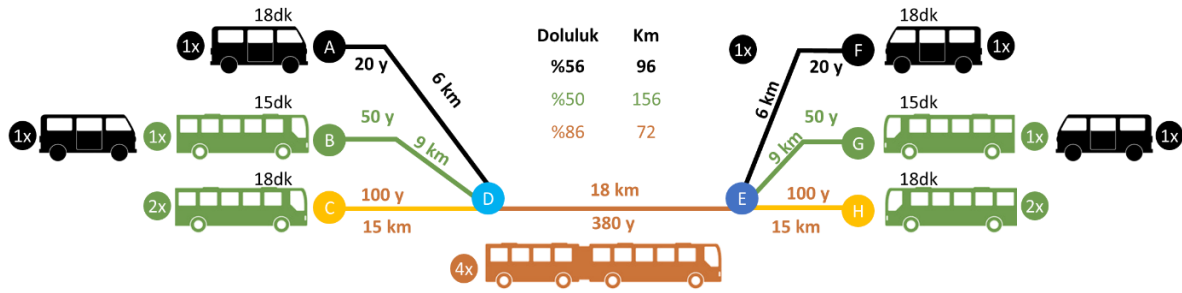
Tablo 2. Ulaşım Modları Mevcut Durum Performans Değerleri

Araç Tipi	Kapasite	Km	Tur Süresi	Araç Sayısı	Toplam Yolcu Sayısı	Ort. Araç Doluluk	Sefer km
Minibüs	25	30	30	4	70	0,70	120
Otobüs	80	36	36	6	250	0,52	216
Metrobüs	110	48	48	5	400	0,73	240

Toplu taşıma araçlarında, yolcu yoğunluğu genellikle ilk ve son duraklarda düşük olurken, orta kesimlerde daha yoğun olmaktadır. Sabah ve akşam saatlerinde yoğunluk dağılımı, grafiksel olarak sağa veya sola çarpık olabilir. Normal saat dilimlerinde ise gün içindeki yoğunluklar daha dengeli ve grafiğe yayılmış bir şekilde dağılmıştır.

Toplu taşıma modları arasındaki etkileşim, bazen birkaç durağın kesişmesiyle gerçekleşirken, bazen de belirli bir kesit üzerinde olabilmektedir. Güzergâh üzerindeki yoğunluğun sistemin dengeli bir şekilde dağılması için ORER planları bütüncül bir yaklaşımla planlandığında, toplu taşıma sistemi daha verimli bir hizmet sunabilir. Başlangıç ve bitiş duraklarındaki düşük yolcu yoğunluğuna sahip kesitler besleme hatları olarak kullanılabilirken, ana güzergâhlardaki yoğun yolcu kesitleri omurga hatları olarak konumlandırılarak sistemin daha verimli ve entegre bir şekilde çalışması mümkün olmaktadır. Şekil 4 ile gösterilen taslak ağ planı, bu yaklaşımla revize edildiğinde aşağıdaki plan elde edilir.

Toplu taşıma sistemlerinin bilgi ve iletişim teknolojisi (ICT) üzerinden merkezi bir sistemle veri alışverişi yapması, ORER planlamasının da bu merkezi sistem üzerinden gerçekleştirilmesi sayesinde, ORER planlamalarında harcanan işgücü ve zamandan tasarruf edilecektir. Bu şekilde, toplu taşıma araçlarının verimli bir şekilde planlanmasıyla kaynaklar adil bir şekilde sisteme dağıtılacak ve sistem içindeki yoğunluk dengelenecektir. Bu durum araç sayılarında azalmaya, trafik sıkışıklığında azalmaya ve olumlu bir çevresel etki oluşmasına yol açacaktır.



Şekil 5. Revize Edilmiş Network Planı [8]

Besleme ve omurga hatlarına yönelik revize edilmiş durumun performans değerleri incelendiğinde, aşağıdaki tablo elde edilmiştir.

Tablo 3. Revize Edilmiş Network Planı Performans Değerleri

Kesit	Araç Sayısı	Araç Tipi	Kapasite	Tur Süresi	Toplam Yolcu Sayısı	Ort. Araç Doluluk	Sefer Sayı	Sefer km
A-D	1	Minibüs	25	9	20	0,32	2,5	30
E-F	1	Minibüs	25	9	20	0,32	2,5	30
B-D	1	Minibüs	25	14	20	0,40	2	36
E-G	1	Minibüs	25	14	20	0,80	2	36
B-D	1	Otobüs	80	14	30	0,19	2	36
E-G	1	Otobüs	80	14	30	0,38	2	36
C-D	2	Otobüs	80	23	100	0,63	1	60
E-H	2	Otobüs	80	23	100	0,63	1	72
D-E	4	Metrobüs	110	27	380	0,86	1	72

Mevcut durumla revize edilmiş hat planları karşılaştırıldığında, mevcut durumda tüm araçların toplamda 576 km sefer km yol yaptığı, revize edilmiş durumda ise toplamda 408 sefer km yapıldığı

gözlemlenmiştir. Revize edilmiş durumda küçük araçlar kısa güzergâhlarda ring yaklaşımıyla besleme seferleri gerçekleştirirken, büyük araçlar ana hat üzerinde omurga hat görevi üstlenmektedir. Mevcut durumla karşılaştırıldığında, yeni durumda küçük araçların yoğunluğunun azaldığı, büyük araçların yoğunluğunun ise arttığı, araç sefer sıklıklarının düştüğü ve genel olarak 1 büyük aracın boşa çıktığı görülmektedir. Bu örnek uygulama, kuramsal olarak sunulmuş olup, makro düzeyde ve kapsayıcı şekilde yapılan planlamaların daha fazla fayda sağlayacağı öngörülmektedir.

4. Finansal Analiz

Proje kapsamında, ulaşım modlarına ait analizlerin ayrı ayrı yapılması ve verilerin toplanması planlanmalıdır. Güzergahlar, coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak ayrı ayrı analiz edilmelidir. Finansal analiz kapsamında yapılan örnekte, merkezi ORER planının oluşturulabilmesi için yolculuk verilerinin standart hale getirileceği ve toplu taşıma araçlarında nakit binişlerin olmayacağı varsayılmıştır.

Tablo 4. Proje Maliyet Kalemleri

Maliyet Kalemi	Adet	Birim Tutar (\$)	Toplam Tutar (\$)
Araç ve Personel Envanter Veri Analizi	10	12.050	120.500
Güzergah Analizi	10	18.070	180.700
Yolcu Veri Analizi	1	48.190	48.190
Merkezi ORER Yazılımı	1	722.890	722.890
Toplam			1.072.280

Projenin somut çıktılarını kesin olarak belirlemek uygulamaya geçmeden önce mümkün değildir. Bununla birlikte, kurgusal örnekte sadece sefer kilometrelerinde %40'a varan azalma olduğu ve araç sayısında 1 azalma olduğu gözlemlenmiştir.

5. Ekonomik Analiz

Akıllı şehirlerde Çok Modlu Toplu Taşıma stratejileriyle gerçekleştirilecek genel ORER planlaması, kaynakların daha etkin bir şekilde kullanılmasını sağlayacaktır. Bu planlama sayesinde araç içi yoğunluklar dengeli bir şekilde dağıtılacak ve toplu taşıma hizmet kalitesi standartlaştırılacaktır. Bunun sonucunda, daha az araç ve daha az sefer km ile hizmet verileceği için işletme maliyetlerinde tasarruf

sağlanacaktır. Araç sayılarında azalma olacak ve bu da araç amortismanlarında tasarruf sağlayacaktır. Ayrıca, akaryakıt tüketimi azalacak ve dışa bağımlılığımızın azalmasıyla birlikte ekonomik olarak da avantajlar elde edilecektir.

Çok Modlu Toplu Taşıma, bireysel araç kullanımına kıyasla genellikle daha ekonomik bir seçenek sunar. Toplu taşıma kullanımının yaygınlaşmasıyla, bireylerin ulaşım maliyetlerinde tasarruf sağlamaları mümkün olabilir. Daha az yakıt tüketimi, park ücretlerinden kaçınma ve araç bakım masraflarının azalması gibi faktörler, toplu taşımanın ekonomik avantajlarını oluşturabilir. Ulaşım modlarını entegre ederek kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlar. Bu, işletme ve bakım maliyetlerinde tasarruf sağlamaya yardımcı olabilir. Örneğin, aynı güzergahı paylaşan otobüsler, tramvaylar ve trenlerin entegrasyonu, aynı hat üzerindeki yolcu yoğunluğunu dengeler ve araçların optimum kapasiteyle çalışmasını sağlar. Ulaşım erişilebilirliğini artırarak işgücü ve işverenler arasındaki mesafeleri azaltır. Bu da ekonomik büyümeyi teşvik edebilir. İşverenler, daha geniş bir çalışan havuzuna erişebilir ve işgücü, iş imkânlarına daha kolay erişebilir. Aynı şekilde, vatandaşlar iş yerlerine ve ticaret bölgelerine daha kolay ulaşabilir, ticaretin ve ekonomik faaliyetlerin canlanmasına katkıda bulunabilir. Turizm sektörünü ve ticaret faaliyetlerini destekleyebilir. Turistlerin ve ziyaretçilerin şehirdeki farklı turistik bölgelere kolayca erişmeleri ve işletmeler arasındaki lojistik akışın iyileştirilmesi, turizm ve ticaretin canlanmasına katkıda bulunabilir. Bu da yerel ekonomiye olumlu etkiler sağlayabilir. Bireysel araç kullanımını azaltarak çevresel etkilerin azaltılmasına yardımcı olur. Daha fazla insanın toplu taşıma kullanması, trafik sıkışıklığını ve sera gazı emisyonlarını azaltır.

6. Sosyal Etkinin Analizi

Toplu taşıma sistemlerinde tek bir otorite üzerinden, merkezi planlama yapıldığında, ulaşım modlarının birbirlerini tamamlayacak şekilde daha etkin planlaması yapılabilmektedir. Bu doğrultuda Çok Modlu Toplu Taşıma projeleri için hazırlanan ortak ORER, toplu taşıma araç sahipleri veya şoförlerinin "daha fazla sefer atma" baskısıyla karşılaşmamasını sağlayacaktır. Bu durum, toplu taşıma araçlarını kullanan yolcuların güvenli bir seyahat deneyimi yaşamalarını sağlayacaktır. Aynı zamanda, bireysel araç kullanıcıları için daha güvenli bir trafik ortamı oluşturulacaktır. Toplu taşıma sistemlerindeki hizmet kalitesinin artmasıyla birlikte, yaşam konforu da artacaktır. Bu artan hizmet kalitesi, bireysel araç kullanıcılarının toplu taşıma sistemlerini tercih etmelerini teşvik edecek ve hane halkı giderlerinde azalmaya yol açacaktır.

Çok Modlu Toplu Taşıma, insanlara daha fazla erişim ve hareketlilik imkanı sağlar. Farklı ulaşım modlarının entegrasyonu, insanlar kolaylıkla farklı bölgelere ulaşabilir, iş yerlerine, okullara, sağlık merkezlerine ve diğer önemli noktalara daha hızlı ve uygun maliyetle seyahat edebilir. İyi planlanmış

çok modlu toplu taşıma sistemleri, toplumdaki farklı kesimlere daha iyi ulaşma imkanı sunar. Ulaşım seçeneklerinin çeşitliliği, dezavantajlı grupların sosyal ve ekonomik faaliyetlere katılımını artırabilir, eşitlik ve kapsayıcılık sağlayabilir. Bireysel araç kullanımını azaltarak trafik sıkışıklığını hafifletebilir. Daha fazla insanın toplu taşıma araçlarını tercih etmesiyle, trafik akışı iyileşir, seyahat süreleri kısalmaya ve toplumun genelinde stres azalır. Toplu taşıma kullanımının artması, bireysel araç kullanımının azalmasına anlamına gelir ve çevresel sürdürülebilirliği destekler. Daha az araç trafiği, hava kirliliğinin azalmasına, karbon salınımının düşmesine ve çevresel kaynakların daha verimli kullanılmasına katkıda bulunabilir. İnsanları daha aktif bir yaşam tarzına teşvik edebilir. Yürüyüş, bisiklet veya toplu taşıma kullanımıyla yapılan seyahatler, fiziksel aktivite düzeyini artırabilir ve toplumun genel sağlık durumunu iyileştirebilir.

7. Çevresel Etkinin Analizi

Merkezi ORER yaklaşımıyla toplu taşıma sistemlerinde, trafikteki araç sayısının azalmasıyla birlikte yollarda oluşan ısı koridorları da azalacaktır. Hem trafikteki araç sayısındaki azalma hem de toplu taşıma araç şoförlerindeki psikolojik baskının azalmasıyla trafik kazalarında azalma beklenmektedir.

Toplu taşıma kullanımının artmasıyla birlikte, bireysel araç kullanımının azalması sağlanır. Bu da egzoz emisyonlarının ve hava kirliliğinin azalmasına katkıda bulunur. Daha az araç trafiği, daha temiz ve daha sağlıklı bir hava kalitesi sağlayabilir. Toplu taşıma araçları, bireysel araçlara kıyasla daha fazla yolcu taşıyarak karbon ayak izini azaltır. Daha az yakıt tüketimi ve daha düşük karbon salınımıyla, sera gazı emisyonlarının azalması ve iklim değişikliğiyle mücadelede olumlu bir etki sağlanabilir. Çok Modlu Toplu Taşıma, bireysel araç kullanımını azaltarak trafik sıkışıklığını hafifletebilir. Daha fazla insanın toplu taşıma sistemlerini tercih etmesi, trafik akışını iyileştirir ve yolculuk sürelerini kısaltır. Bu da enerji tüketimini azaltır ve trafik gürültüsünü azaltarak çevre kalitesini iyileştirir. Daha az yol ve otopark alanı ihtiyacıyla arazi kullanımını optimize edebilir. Arazi kullanımının daha verimli şekilde planlanması, doğal alanların korunmasına ve yeşil alanlara daha fazla alan ayrılmasına olanak sağlar. Sürdürülebilir ulaşım kültürünün gelişmesine katkıda bulunur. Daha fazla insanın toplu taşıma kullanımını tercih etmesi, çevreye duyarlı bir ulaşım kültürünün yaygınlaşmasına ve sürdürülebilir yaşam tarzlarının teşvik edilmesine yardımcı olur.

8. Risk Analizi

Projenin uygulanma ve sonraki aşamalarında bazı risklerin ortaya çıkabileceği, ancak proje tarafından sunulan finansal, çevresel ve sosyoekonomik avantajlar göz önünde bulundurulduğunda ve dikkatlice değerlendirildiğinde bu risklerin üstesinden gelineceği öngörülmektedir. Bu riskler aşağıda sıralanmıştır:

- Merkezi ORER oluşturulmasında minibüs sahiplerinin direnç göstermesi,
- Kurumlar arası yetki çatışmasına bağlı iletişim aksaklıkları,
- Bu sistemin hayata geçmesi için ortak gelir havuzu olmalıdır. Ancak buna yüksek getirili hat sahiplerinin karşı çıkması,
- Merkezi ORER planlamasında araç ve şoför atamaları program tarafından yapılsa da operatörler arasında bu planlamaya etkin uyulmaması,
- Ara sahiplerinin bu sistem ile toplu taşıma sistemlerinin kamuya geçeceğini, bu sebeple gelir kaybı yaşayacakları endişesi ile sisteme karşı çıkmaları,
- Ulaşım modlarının entegrasyonu, bilgi teknolojisi altyapısı veya sistemler arasındaki uyumluluk gibi konularda sorunlar yaşanması.

9. Genel Değerlendirme ve Sonuç

Bu rapor, akıllı şehirlerde mevcut ulaşım sistemlerinin kaynaklarının akıllı sistemlerle daha etkin ve verimli bir şekilde kullanılmasını incelemektedir.

Toplu ulaşım modlarının sistemleri ve operatörleri birbirinden bağımsız olarak faaliyet göstermektedir. Bu durum, sistemlerin verimsiz bir şekilde çalışmasına ve sistemler arasındaki koordinasyonsuzluktan kaynaklanan toplu ulaşım hizmet kalitesinde olumsuz etkilerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

Toplu taşıma sistemlerinde merkezi bir otorite tarafından yapılacak planlama, ulaşım modlarının birbirini tamamlayarak daha etkin bir şekilde planlanmasını sağlar. Bu yaklaşım, toplu taşıma hizmet kalitesini artırırken aynı zamanda sistem maliyetlerinde tasarruf sağlar.

10. Yol Haritası

- Envanter Analizi
 - Ulaşım modlarına ait envanterin elde edilmesi
 - Ulaşım sistemlerine ait diğer verilerin toplanması ve analiz edilmesi
- Yolculuk Analizi
 - Tolu ulaşım modlarını kullanan yolcu envanterinin çıkarılması, (Akıllı kart ve diğer..)
 - Yolculuk OD matrislerinin çıkarılması
- ORER Planı
 - Ulaşım modları arasındaki entegrasyon noktalarının belirlenmesi

- Besleme ve Omurga hatlarının oluşturulması
- Ücret politikalarının oluşturulması
- Paket Program
 - Gerçekleştirilen çalışmaların raporlanması
 - Sonraki çalışmalarda sürekliliğin sağlanması için yazılım haline dönüştürülmesi

11. Kaynakça

- [1] https://www.statista.com/topics/5880/passenger-transport-in-singapore/#dossierSummary_chapter2
- [2] <https://knoema.com/atlas/Japan/Length-of-rail-lines>
- [3] Şengül, R. ve Yüksel Altıntaş, H. (2020). Akıllı Kentin Bir Bileşeni Olarak Akıllı Ulaşım Uygulamalarının İncelenmesi: Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Örneği. Uluslararası Kültürel ve Sosyal Araştırmalar Dergisi (UKSAD), 6 (2), Kış, s. 487-502.
- [4] http://ville.montreal.qc.ca/documents/Adi_Public/CE/CE_DA_ORDI_2014-03-05_08h30_Systemes_de_transports_intelligents.pdf, Erişim Tarihi: 30.05.2023.
- [5] TÜİK, 2016. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr>
- [6] İstanbul Kültür ve Turizm İl Müdürlüğü. 2016. İstanbul Turizm İstatistikleri.
- [7] Tursab. 2016. <http://www.tursab.org.tr/tr/turizm-verileri/istatistikler/turistik-tesis-ve-isletmeler/doluluk-ve-ortalama-kalis-suresi-1990-912.html>
- [8] TÜBİTAK- TÜSSİDE. Esenler Belediyesi Akıllı Şehir Uygulamaları Fizibilite Projesi. Akıllı Şehirlerde Çok Modlu Toplu Taşıma Ön Fizibilite Raporu.
- [9] Dawda. N., Joshi. G., Arkatkar. S. & Vasudevan, N.. (2019). Multimodal of Lateral Transport System: A Case Study of Successful Cities Worldwide: Proceedings of ICIF 2018. 10.1007/978-981-13-2032-3_10.
- [10] <https://www.ibb.istanbul/arsiv/40732/toplu-ulasimda-rekor>