

Derleme Makale

Toplu Ulaşımda Sürücü Tanıma Sistemleri: Minibüs Model Önerisi

Merve KARTAL¹, Necla TEKTAŞ^{2*}, Mehmet TEKTAŞ³

¹ Akıllı Ulaşım sistemleri ve Teknolojileri, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Bandırma, Türkiye

² Ekonometri, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Bandırma, Türkiye

³ Akıllı Ulaşım sistemleri ve Teknolojileri, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Bandırma, Türkiye

*Correspondence: ntektas@bandirma.edu.tr

DOI: 10.51513/jitsa.1707020

Özet: Ulaşım, bireylerin ve nesnelerin belirli bir amaç doğrultusunda mekânsal yer değiştirmesini ifade ederken; toplu ulaşım, çok sayıda yolcunun eş zamanlı olarak ortak bir taşıma aracıyla gerçekleştirdiği ulaşım türüdür. Bu çalışma**, Türkiye'nin toplu taşıma sisteminin önemli bir parçası olan minibüslerin kentsel ulaşım içerisindeki yerini incelemekte; özel olarak İstanbul metropoliten alanındaki minibüs işletmeciliğinin mevcut yapısını değerlendirmektedir. Araştırma kapsamında, minibüs sürücülerine yönelik geliştirilen yenilikçi bir sürücü tanıma modeli önerilmiştir. Bu model, derin öğrenme tabanlı yüz tanıma teknolojileri aracılığıyla sürücülerin mesleki yeterlilikleri, güzergâh yetkilendirmeleri ve araç kullanım uygunlukları gibi kritik parametrelerin kontrolünü sağlamayı amaçlamaktadır. Model, "mobApps" adlı mobil uygulama ile entegre edilerek denetim süreçlerinin dijitalleşmesi, engelli erişilebilirliğinin artırılması, ödeme sistemlerinin optimize edilmesi ve kayıt dışı faaliyetlerin azaltılması gibi çok boyutlu katkılar sunacaktır. Minibüs taşımacılığının karşılaştığı yapısal ve operasyonel sorunlara teknoloji temelli bir çözüm sunan bu çalışma, ulaşımın dijital dönüşümünün uygulanabilirliğini göstermesi bakımından önem taşımaktadır. Önerilen sistemin, toplu taşıma hizmetlerinin güvenliği ve verimliliği açısından katkı sunacağı ve benzer modellerin geliştirilmesine temel oluşturacağı öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Minibüs, toplu ulaşım, sürücü tanıma sistemi, yüz tanıma, akıllı ulaşım sistemleri

Driver Identification Systems in Public Transportation: Minibus Model Proposal

Abstract: While transportation refers to the spatial displacement of individuals and objects for a specific purpose, public transportation is a mode of transportation in which many passengers simultaneously use a shared vehicle. This study** examines the role of minibuses, a key component of Türkiye's public transportation system, in urban transportation, specifically assessing the current structure of minibuses operators in the Istanbul metropolitan area. Within the scope of the research, an innovative driver recognition model developed for minibuses is proposed. This model aims to monitor critical parameters such as drivers' professional competence, route authorization, and vehicle operating suitability using deep learning-based facial recognition technologies. Integrating the model with a mobile application developed for minibuses will provide multifaceted benefits, such as digitizing inspection processes, increasing accessibility for individuals with disabilities, optimizing payment systems, and reducing informal activities. This study, which offers a technology-based solution to the structural and operational challenges faced by minibuses transportation, is significant in demonstrating the feasibility of digital transformation in transportation. The proposed system is expected to contribute to the safety and efficiency of public transportation services and pave the way for the development of similar models.

Keywords: Minibus, public transportation, driver recognition system, face recognition, intelligent transportation

**Bu makale, Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojisi Ana Bilim Dalı bünyesinde hazırlanan Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

* Corresponding author.

ORCID: 0000-0002-8190-4532, 0000-0001-9564-8069, 0000-0002-7682-2639 (in hierarchical order, added after if manuscript is accepted for publication). Received 27.05.2025; Received in revised form 14.10.2025; Accepted 15.10.2025.

Peer review under responsibility of Bandırma Onyedi Eylül University. This work is licensed under CC BY 4.0.

APA Citation Info: Tektaş, N., Kartal, M., & Tektaş, M. (2025). Toplu Ulaşımda Sürücü Tanıma Sistemleri: Minibüs Model Önerisi. Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi, 8(2), 272-284. <https://doi.org/10.51513/jitsa.1707020>

1. Giriş

Ulaşım sistemleri, kentlerin sosyal, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliğini doğrudan etkileyen temel altyapı hizmetlerinden biridir. Özellikle büyükşehirlerde artan nüfusla birlikte toplu taşıma sistemlerine duyulan ihtiyaç giderek artmakta, bu durum ulaşım hizmetlerinin etkinliğini ve güvenliğini kritik bir öncelik haline getirmektedir. İstanbul gibi metropol kentlerde, otobüs, metro, tramvay ve minibüs gibi farklı toplu ulaşım araçları hem şehir içi ulaşımı sağlamakta hem de toplumsal hareketliliği desteklemektedir.

Toplu ulaşım sistemlerinin önemli bir bileşeni olan minibüsler, esnek güzergâh yapısı, diğer araçlara göre daha sık hizmet verme potansiyeli ve nispeten düşük işletme maliyetleri nedeniyle tercih edilmektedir (Kahraman, 2010). Ancak bu araçlar düzensiz güzergâh kullanımı, kapasite fazlası yolcu taşınması ve sürücü kaynaklı güvenlik sorunları gibi çeşitli problemleri de beraberinde getirmektedir (Öztürk, 2012). Bu sorunların çözümü açısından değerlendirildiğinde sürücünün kimlik doğrulaması ve davranışlarının izlenmesi gibi akıllı çözümler, özellikle minibüs gibi yarı resmi taşıma modlarında büyük önem taşımaktadır.

Sürücü tanıma sistemleri, güvenli sürüş davranışlarının izlenmesi, yetkisiz sürücü kullanımının önlenmesi ve yolcu güvenliğinin artırılması konularında önemli katkılar sunmaktadır. Bu sistemler yüz tanıma, göz takibi, ses tanıma, biyometrik doğrulama ve RFID gibi teknolojilerle donatılarak sürücünün kimliğini doğrulamakta ve anlık sürüş bilgileri ile entegre edilebilmektedir (Zhou vd., 2021).

İstanbul'un kent içi ulaşım sistemleri, 15 milyonu aşan nüfusu ile Türkiye'nin en kalabalık şehri olan bu mega kentte yaşayan milyonlarca insanın günlük yaşamının vazgeçilmez bir parçasıdır (TÜİK, 2025). Toplu taşıma araçlarının güvenliği ve hizmet kalitesi, sosyal, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik açısından kritik öneme sahiptir (Şenol & Aktaş, 2022). Bu bağlamda, İstanbul'un karmaşık ulaşım ağının önemli bir bileşeni olan minibüsler, resmi toplu taşıma sistemlerini tamamlayan esnek ve yaygın bir taşımacılık hizmeti sunmaktadır (Cervero, 1997).

Mevcut durumda, İstanbul'daki minibüs sisteminin yönetiminde ve denetiminde önemli sorunlar bulunmaktadır. Özellikle sürücülerin tanımlanması, izlenmesi ve değerlendirilmesi konularında yaşanan eksiklikler, trafik güvenliği, yolcu memnuniyeti ve hizmet kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir (Yılmaz & Karataş, 2023). Minibüs sürücülerinin kimlik doğrulaması, çalışma saatlerinin takibi, sürüş davranışlarının değerlendirilmesi ve yolcu şikayetlerinin ilgili sürücüye yönlendirilmesi gibi işlemler teknolojiye yeterli düzeyde yararlanılmadan yürütülmektedir (Hatipoğlu vd., 2007). Bu sorunlar, yolcu güvenliğini tehlikeye atarak hizmet kalitesini de düşürmektedir.

Bu çalışmanın temel amacı, İstanbul'daki minibüs taşımacılığında sürücülerin elektronik ortamda güvenilir biçimde tanımlanmasını sağlayacak bir sistem önermek ve bu sistemin potansiyel faydalarını değerlendirmektir. Önerilen sistem, biyometrik tanıma teknolojileri, nesnelerin interneti (IoT) ve veri analitiği gibi modern teknolojilerin entegrasyonunu içermektedir. Bu sistem sayesinde, sürücülerin kimlik doğrulaması, çalışma saatleri ve sürüş davranışları güvenilir bir şekilde izlenebilecek, böylece trafik güvenliği artırılacak ve hizmet kalitesi iyileştirilecektir.

Bu araştırma kapsamında aşağıdaki sorular cevaplanmaya çalışılmıştır:

- İstanbul'daki minibüs taşımacılığında sürücü tanıma ve izleme sistemlerinin mevcut durumu nedir?
- Minibüs sürücülerinin elektronik ortamda güvenilir biçimde tanımlanmasını sağlayacak bir sistem nasıl tasarlanabilir?
- Önerilen sürücü tanıma sisteminin toplu taşıma güvenliği, hizmet kalitesi ve yolcu memnuniyeti üzerindeki potansiyel etkileri nelerdir?
- Sürücü tanıma sistemi ile elde edilecek veriler, toplu taşıma yönetimini nasıl iyileştirebilir?

Bu çalışma, sadece minibüs taşımacılığının iyileştirilmesi açısından değil, aynı zamanda kentsel hareketlilik politikalarının geliştirilmesi, sürdürülebilir ulaşım sistemlerinin desteklenmesi ve akıllı şehir uygulamalarının toplu taşıma sektörüne entegre edilmesi açısından da önem taşımaktadır.

2. Toplu Ulaşım

Toplu ulaşım, bireylerin ve toplumun ulaşım ihtiyaçlarını ekonomik, çevresel ve sosyal açıdan sürdürülebilir şekilde karşılamaya yönelik bir sistem bütünüdür. Özellikle büyük şehirlerde artan özel araç kullanımı, trafik sıkışıklığı, hava kirliliği ve karbon salınımı gibi ciddi sorunlara yol açmaktadır. Toplu ulaşım sistemleri bu sorunların azaltılmasında kritik rol oynamaktadır (Banister, 2008).

Toplu ulaşım, aynı anda çok sayıda kişinin taşınmasına olanak sağlayarak, yolculuk başına düşen enerji tüketimini ve emisyon miktarını azaltır. Ayrıca, bireylerin ulaşım hizmetlerine eşit erişimini sağlaması bakımından sosyal katılımı teşvik eder, ekonomik açıdan da verimlidir; çünkü altyapı maliyetleri özel araçlara göre daha az olup geniş kitlelere hizmet sunabilir (Litman, 2021).

Kent içi ulaşımında toplu ulaşım sistemlerinin etkinliği, şehirlerin genel yaşam kalitesi ve planlamasıyla doğrudan ilişkilidir. Nitekim sürdürülebilir şehirler vizyonu, özel araç bağımlılığının azaltılması ve toplu ulaşımın geliştirilmesi hedefleriyle şekillenmektedir (Newman & Kenworthy, 2015). Ulaşım planlamasında toplu ulaşımın öncelikli bir çözüm aracı olarak değerlendirilmesi, uzun vadeli çevresel faydaların yanı sıra ekonomik ve sosyal kazanımlar da sağlayacaktır.

İstanbul'da metro, tramvay, metrobüs, otobüs ve minibüs gibi farklı modlardan oluşan geniş bir toplu ulaşım ağı bulunmakta ve toplu ulaşım sistemlerinin kapasitesi, erişilebilirliği ve kullanıcı memnuniyeti büyük önem arz etmektedir. Ancak bu sistemin farklı segmentleri arasında entegrasyonun sağlanması, kullanıcılar açısından son derece önemlidir (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2023).

2.1. İstanbul'un Toplu Ulaşım Kapasitesi

İstanbul, günlük milyonlarca bireyin yer değiştirdiği bir şehir olması ve Türkiye'nin en yoğun kent içi ulaşım talebine sahip metropolüdür. Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre, İstanbul ülke nüfusunun yaklaşık %18,3'ünü barındırmakta, coğrafi yapısı ve düzensiz yapılaşması, toplu ulaşım sistemlerinin planlanması ve uygulanmasında karmaşık hale getirmektedir (TÜİK, 2024). Özellikle pik saatlerde yaşanan yoğunluk, mevcut kapasitenin sınırlarına ulaştığını göstermektedir. İstanbul Ulaşım Ana Planı'na göre, 2030 yılına kadar günlük yolcu sayısının 12 milyonu aşması beklenmektedir (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2023).

Kentte toplu ulaşım hizmetleri; metro, tramvay, metrobüs, otobüs, minibüs, deniz ulaşımı ve funiküler gibi çok modlu bir yapıya sahiptir. Bu sistemin yönetimi ağırlıklı olarak İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne (İBB) bağlı İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel İşletmeleri (İETT), Metro İstanbul AŞ ve Şehir Hatları AŞ gibi kamu iştirakleri ile bazı özel taşımacılık firmaları tarafından sağlanmaktadır (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2023).

Geleceğe yönelik toplu ulaşım planlamalarında, İstanbul'un artan nüfusu ve mobilite ihtiyaçları dikkate alınarak hem kapasite artışı hem de teknoloji temelli Akıllı Ulaşım Sistemleri'nin(AUS) ve teknolojilerinin entegrasyonu önem kazanmaktadır. Bu kapsamda, özellikle sürücü tanıma sistemleri gibi yapay zekâ temelli çözümler, toplu ulaşım güvenliğini ve hizmet kalitesini artırmaya yönelik stratejik araçlar olarak öne çıkmaktadır.

2.2. Toplu Ulaşımında Minibüsün Yeri ve Önemi

Minibüs, genellikle 8-30 yolcu kapasiteli, küçük ölçekli motorlu taşıt olarak tanımlanmaktadır. Bu araçlar, geleneksel otobüslerden daha küçük, özel araçlardan ise daha büyük olan orta ölçekli toplu taşıma araçlarıdır (Cervero & Golub, 2007). Minibüsler, dünya genelinde farklı isimlerle anılmakta olup; "dolmuş" (Türkiye), "matatu" (Kenya), "jeepney" (Filipinler), "combi" (Peru) ve "shared taxi" (Güney Afrika) gibi yerel adlandırmalar kullanılmaktadır (Finn, 2012).

Türkiye'de minibüs kavramı, özellikle şehir içi toplu taşımada önemli bir yer tutmaktadır. Karayolları Trafik Yönetmeliği'ne göre minibüs, "azami 17 kişi (sürücü dahil) taşıma kapasitesine sahip motorlu taşıt" olarak tanımlanmaktadır (Karayolları Genel Müdürlüğü, 2018). Ancak pratikte, özellikle İstanbul gibi büyük şehirlerde, bu kapasiteyi aşan araçlar da minibüs kategorisinde değerlendirilmektedir.

İstanbul'da minibüs taşımacılığı, özellikle metro, metrobüs ve otobüs hatlarının erişiminin sınırlı olduğu bölgelerde önemli bir ulaşım türü olarak kullanılmaktadır. Anadolu yakasında Kadıköy-Tuzla, Avrupa yakasında ise Bakırköy-Küçükçekmece hattı gibi güzergâhlarda yoğun minibüs kullanımı gözlemlenmektedir. Bu hatlarda minibüsler, zaman zaman özel araçlara alternatif olarak tercih edilmekte, hatta bazı durumlarda daha kısa sürede ulaşım sağlamaktadır (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2023). Ancak minibüs sisteminin yaygınlığı bazı yapısal sorunları da beraberinde getirmektedir. Denetim eksiklikleri, hizmet kalitesinde standardizasyonun olmaması, sürücü davranışları, yetersiz dijital altyapı, kapasitesinden fazla ve durak dışı yolcu alma gibi uygulamalar hem trafik güvenliği hem de kullanıcı memnuniyeti açısından önemli sorunlara yol açmaktadır (Kaya & Yılmaz, 2021). Bu sorunlar, özellikle büyükşehirlerde toplu ulaşım sisteminin entegrasyonunu zorlaştırmakta ve sürdürülebilir ulaşım hedeflerine ulaşmada engel teşkil etmektedir.

Bu sorunların olmasına rağmen minibüs sisteminin tamamen kaldırılması sorunu çözmeyecektir. Bu nedenle, minibüs sisteminin dijitalleşme ve akıllı ulaşım teknolojileriyle entegre edilmesi önerilmektedir. Örneğin, araç içi kameralarla sürücü tanıma sistemlerinin entegre edilmesi, sürücü davranışlarını denetleme, güvenliği artırma ve yolcu güvenliğini sağlama açısından önemli kazanımlar sunacaktır. Minibüslerin AUS ve teknolojilerine uygun entegre edilmesi, bu taşımacılık modelinin hem sürdürülebilir hem de izlenebilir bir yapıya kavuşturulmasını sağlayacaktır (Kartal, 2024).

3. Sürücü Tanıma Sistemleri

Günümüzde toplu ulaşım araçlarında sürücü performansının izlenmesi ve güvenlik risklerinin azaltılması amacıyla gelişmiş sürücü tanıma sistemleri giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Sürücü tanıma sistemleri, bir aracın kimin tarafından kullanıldığını belirlemek ve sürücünün kimliğini doğrulamak amacıyla biyometrik, davranışsal ve elektronik teknolojilerin bir arada kullanıldığı sistemlerdir (Zhang vd., 2020). Bu sistemler, özellikle kamu taşımacılığı, filo yönetimi ve otonom sürüş teknolojilerinde güvenlik ve denetim süreçlerinin iyileştirilmesine önemli katkılar sağlamaktadır. Son yıllarda derin öğrenme temelli modellerin gelişmesiyle birlikte, yüz tanıma, göz hareketi analizi, ses tanıma ve sürüş alışkanlıklarına dayalı davranışsal biyometri gibi yöntemler sürücü kimlik doğrulama süreçlerinde yaygın biçimde kullanılmaya başlanmıştır. Derin öğrenme ile sürücü tanıma modellerinde kullanılan başlıca yöntemler şunlardır:

3.1. Yüz Tanıma

Derin öğrenme algoritmaları, yüz görüntülerindeki özellikleri otomatik olarak öğrenerek yüksek doğrulukla yüz tanıma sağlar. Bu yöntem, güvenlik, kimlik doğrulama ve araç içi kişiselleştirilmiş sürücü deneyimi için sıkça kullanılır. Yüz tanıma sistemleri, derin sinir ağları sayesinde yüzlerin özellikleri arasındaki örüntüleri öğrenip tanıyabilir (Kartal, Tektaş, & Tektaş, 2024; Safalı & Avaroğlu, 2021). Gerçek zamanlı yüz tanıma için gerekli veri ve etiketleme gereksinimleri şunlardır:

- **Geniş ve Çeşitli Veri Seti:** Farklı yaş, cinsiyet, ırk, yüz ifadeleri, pozlar ve aydınlatma koşullarını içeren çeşitli yüz görüntüleri kullanılmaktadır.
- **Yüz Noktası ve Özellik Etiketleme:** Yüzdeki belirli anahtar noktalar (örneğin, 68 yüz tanımlayıcı nokta) tespit edilmelidir. Bu noktalar üzerinden yüzün dikey hizalaması yapılır ve yüz görüntüsü model girişine hazır hale getirilmektedir.
- **Video ve Görüntü Sürekliliği:** Gerçek zamanlı tanıma için video akışları içerisindeki yüzlerin anlık tespiti, tanınması ve etiketlenmesi sağlanmaktadır.
- **Yüksek Doğruluk İçin Doğru Etiketleme:** Verinin doğru etiketlenmesi doğruluk için kritik önem taşımaktadır. Etiketlenmiş veri sayısı ve kalitesi, modelin başarısında belirleyici olarak kullanılmaktadır.
- **İşlem Hızı ve Donanım Gereksinimi:** Gerçek zamanlı sistemlerde verilerin hızlı işlenebilmesi için donanım destekli optimizasyonlar yapılmalıdır (Büyükbay & Öztürk, 2024).

3.2. Göz Takip Sistemi

Göz bebeği veya retina taraması gibi biyometrik yöntemlerle sürücünün kimliği ve sürüş durumu izlenebilir. Ancak bu yöntemlerin uygulanması kişisel gizlilik ve veri güvenliği nedeniyle dikkatlice değerlendirilir ve bazı ülkelerde yasal kısıtlamalar bulunmaktadır. Göz takip sistemi entegre edilirken dikkat edilmesi gereken sensörler şunlardır:

- Kamera ve Görüntü Sensörleri: Göz takibinin ana bileşeni olarak yüksek çözünürlüklü ve yüksek frekansta görüntü yakalayabilen kameralar gereklidir. Genellikle göz bebeklerini ve göz hareketlerini net görebilmek için IR (kızılötesi) kameralar tercih edilmektedir.
- İvmeölçer ve Jiroskop (IMU): Baş hareketlerinin tespiti için entegre edilen bu sensörler, göz hareketi verilerinin baş hareketlerinden ayrıştırılmasını sağlar ve göz takibinin doğruluğunu artırır.
- Yakınlık Sensörleri: Göz ile sensör arasındaki mesafenin sabitlenmesi için özellikle mobil ve taşınabilir sistemlerde kullanılır, kalibrasyonu kolaylaştırır ve paralaks hatalarını azaltır.
- Biyosinyal Sensörleri: Bazı gelişmiş sistemlerde gözdeki biyokimyasalların analizi veya gözyaşı filmindeki değişikliklerin ölçülmesi gibi ek biyosensörler de entegre edilebilir, ancak bunlar daha çok medikal uygulamalarda tercih edilir.
- Entegrasyon ve Kalibrasyon: Göz takip sistemi kurulurken sensörlerin doğru açıda ve uygun mesafede konumlandırılması, kalibrasyonların düzenli yapılması gereklidir. Ayrıca gözlük veya kontakt lens gibi engellerin etkisi de göz önünde bulundurulmalıdır (Senduran, 2019; Menteş vd., 2020).

3.3. RFID Kart ve Biyometrik Tanıma

RFID kartlar sürücünün araç erişiminde kullanılır ancak kaybolma veya zarar görme gibi dezavantajları nedeniyle biyometrik sistemlerle birlikte kullanılmaktadır. Parmak izi, retina taraması ve el damarları gibi biyometrik veriler sürücüyü benzersiz tanımda destek olur. Bu kombinasyon güvenlik ve kullanıcı doğrulamada daha etkili sonuç verir. RFID kart ve biyometrik tanıma sistemlerinin kombinasyonu sürücü tanıma ve erişim kontrolünde güvenliği önemli ölçüde artırır.

- RFID kartlar, kullanıcıyı hızlı ve kolay şekilde araç erişiminde tanımlar ancak kaybolma, çoğaltılma ya da zarar görme gibi dezavantajları vardır.
- Biyometrik yöntemler (parmak izi, retina taraması, el damar izi, yüz tanıma) ise kişinin benzersiz fiziksel özelliklerine dayanarak çok daha güvenilir tanıma sağlar.
- Bu iki yöntemin hibrit olarak kullanılması, RFID kartın kolaylığını biyometrik doğrulamanın güvenliğiyle birleştirir. Böylece kart kaybolda bile sahte kullanım riski azalır ve sadece biyometrik doğrulama başarısına izin verilir.
- Çoklu biyometrik doğrulama sistemleri (parmak izi + yüz + kart gibi) yüksek doğruluk, hızlı tanıma ve aldatmaya karşı koruma sağlar. Bu sistemler kurumlarda hem güvenliği hem kullanıcı deneyimini artırır, sürücü tanıma sistemlerinde etkin ve yaygın şekilde tercih edilir (Karamustafaoğlu,2010; ZKTeco Türkiye, 2025).

3.4. Ses Tanıma

Sürücünün ses özellikleri analiz edilerek tanınması mümkündür. Sesli komutların anlaşılması ve diğer yolcuların seslerinden ayırt edilmesi gibi işlevler içerir (Visure Solutions, 2023).

- Araç içi ses kaydı ve sesli komut sistemleri, sürücünün davranışını izleyerek güvenliği artırabilir. Örneğin sürücünün uykulu ya da dalgın olduğunu tespit eden sistemler sesli uyarı gönderebilir.
- Ses tanıma sistemleri, güvenlik amacıyla araç takip sistemlerine entegre edilebilir ve sürücü tanıma doğruluğunu artırır. Ancak bu sistemlerde kişisel gizlilik ve yasal düzenlemeler önemli bir konudur. Bazı ülkelerde veri koruma yasaları nedeniyle ses kayıtlarının kullanımında

kısıtlamalar bulunmakta ve yaygın olarak kullanımı sınırlı kalmaktadır (Asis Elektronik, 2025; Protek Zaman, 2025)

- Sesle tanıma teknolojileri, yapay zekâ algoritmalarıyla desteklenir ve sürücünün sesinden özellik çıkarımı yaparak benzersiz ses profillerini oluşturur. Bu profiller sürücü tanımada kullanılır (N2Mobil, 2025).

3.5. Sürücü Tanıma Sistemlerinde Etik İlkeler ve Hukuki Boyutlar

Sürücü tanıma sistemleri, biyometrik verilerin işlenmesi yoluyla güvenlik, performans ve denetim süreçlerini geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bununla birlikte, bu sistemlerin doğası gereği yüksek düzeyde kişisel veri toplaması, etik ve hukuki sorumlulukları beraberinde getirmektedir. Özellikle yüz tanıma, göz hareketi izleme, ses tanıma ve sürüş davranışlarına ilişkin veri toplama süreçleri, bireylerin mahremiyet haklarını doğrudan etkileyen unsurlardır (Zhang vd., 2020). Bu nedenle, sürücü tanıma sistemlerinin tasarımı, kullanımı ve yönetimi sırasında etik veri ilkeleri, yasal uyum standartları ve şeffaflık politikaları birlikte ele alınmalıdır.

3.5.1. Etik İlkeler

Sürücü tanıma teknolojilerinin uygulanmasında temel etik ilkeler aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Amaç Sınırlılığı: Toplanan veriler yalnızca önceden belirlenen güvenlik ve doğrulama amaçları için kullanılmalıdır. Verilerin farklı bağlamlarda yeniden kullanımı etik ihlale yol açar.
- Veri Minimizasyonu: Gereksiz veya fazla veri toplanmamalı; yalnızca kimlik doğrulama için zorunlu nitelikteki bilgiler işlenmelidir.
- Şeffaflık ve Bilgilendirme: Sürücüler, verilerinin hangi amaçla toplandığı, nasıl saklandığı ve kimlerle paylaşıldığı konusunda açıkça bilgilendirilmelidir.
- Aydınlatılmış Onay: Veri işleme süreci başlamadan önce sürücülerden özgür iradeye dayalı onay alınmalıdır.
- Erişim ve Düzeltme Hakkı: Sürücüler, kendilerine ait verileri görme, düzeltme veya silme talebinde bulunabilmelidir.
- Veri Güvenliği: Biyometrik veriler, kriptografik yöntemlerle korunmalı; yetkisiz erişimlere karşı teknik önlemler alınmalıdır.

Bu ilkeler, etik sorumlulukların yalnızca sistem geliştiricilerinin değil, aynı zamanda kamu kurumları, taşımacılık işletmeleri ve veri sorumlularının ortak yükümlülüğü olduğunu göstermektedir (Floridi, 2018).

3.5.2. Hukuki Çerçeve

Türkiye’de Kişisel Verilerin Korunması Kanunu (KVKK), Avrupa Birliği’nde ise Genel Veri Koruma Tüzüğü (GDPR), kişisel verilerin işlenmesinde uygulanması gereken temel standartları belirlemektedir. Her iki düzenleme de sürücü tanıma sistemlerinde kullanılan biyometrik verileri “özel nitelikli kişisel veri” olarak tanımlamaktadır (Dülger, 2021).

KVKK’nın 6. maddesi uyarınca, biyometrik verilerin işlenebilmesi açık rıza veya kanuni zorunluluk koşuluna bağlıdır. Benzer şekilde GDPR Madde 9, özel nitelikli verilerin yalnızca açık rıza veya kamu güvenliği gerekçesiyle işlenebileceğini öngörmektedir. Bu çerçevede, sürücü tanıma sistemlerinin veri işleme süreçlerinde şu adımların izlenmesi gereklidir:

- Veri silme ve yok etme: Gereksiz hale gelen veriler erişilemez biçimde ortadan kaldırılmalı veya fiziksel olarak imha edilmelidir.
- Anonimleştirme: Kimliği belirlenebilir veriler, genelleştirme, gürültü ekleme veya veri maskeleyme yöntemleriyle anonim hale getirilmelidir.
- Denetim ve kayıt tutma: Veri sorumluları, işlenen verilerin türü, işleme amacı ve süresine ilişkin kayıtları düzenli olarak tutmalı ve denetime açık olmalıdır.

- **Politika oluşturma:** Veri güvenliği politikaları kurumsal düzeyde yazılı hale getirilmeli ve çalışanlara periyodik eğitimlerle aktarılmalıdır (Nuspa, 2023; Turkish Law Blog, 2024.; Nitelikli Veri, 2019).

Bu düzenlemelere uyulmaması, yalnızca yasal yaptırımlara değil, aynı zamanda kurumların etik itibarının zedelenmesine de yol açabilir. Dolayısıyla, sürücü tanıma sistemleri geliştirilirken “gizlilik tasarımıyla başlar” ilkesi esas alınmalı; veri koruma, sistemin en temel mimari bileşenlerinden biri haline getirilmelidir.

3.5.3. Etik Uyum ve Toplumsal Güven

Sürücü tanıma sistemlerinde veri güvenliğine gösterilen özen, yalnızca bireysel mahremiyetin korunmasını değil, aynı zamanda sistemin toplumsal güvenilirliğini de artırır. Kullanıcılar, verilerinin şeffaf, güvenli ve etik biçimde işlendiğine ikna olduklarında, bu sistemlere yönelik kabul ve kullanım oranı da artmaktadır. Bu nedenle, etik ve hukuki uyum yalnızca zorunlu bir düzenleme değil, aynı zamanda teknolojiye güven inşasının anahtarıdır.

3.6. Toplu Ulaşım Sürücü Tanıma Sistemi

Minibüslerde sürücü tanıma sistemlerinin uygulanması hem yolcu güvenliği hem de denetim mekanizmalarının güçlendirilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Önerilen model, minibüslerin dijitalleştirilmesine yönelik olarak geliştirilen çok bileşenli bir sistemdir. Bu sistem; yüz tanıma kamerası, RFID kart okuyucu, merkezi veri tabanı, yapay zekâ destekli analiz yazılımı ve sürücü-aracı eşleşmesini sağlayan bir kontrol modülünden oluşmaktadır. Sistemin bileşenleri.

- **Yüz Tanıma Modülü:** Minibüsün iç kısmına yerleştirilen yüksek çözünürlüklü kamera, sürücünün yüzünü giriş anında tarar ve merkezi veri tabanında kayıtlı biyometrik veri ile eşleştirmekte kullanılmaktadır.
- **RFID Kimlik Doğrulama:** Her sürücüye özel olarak verilen RFID kartı, aracın çalışmasını başlatmak için kimlik doğrulama amacıyla kullanılmaktadır.
- **Veri Entegrasyonu ve Merkezi Sistem:** Tüm sürücü tanıma bilgileri anlık olarak bağlı bir merkez sunucuya iletilir. Bu merkezde sürüş geçmişi, vardiya takibi, izinli/izinsiz kullanım gibi analizler yapılmaktadır.
- **Yapay Zekâ Tabanlı Takip:** Sistem, sürücü davranışlarını zaman içinde analiz ederek yorgunluk, stres ya da dikkat dağınıklığı gibi riskli durumları tespit edebilir. Böylece aracı kullanan personelin hem güvenliği hem de performansı izlenerek proaktif önlemler alınabilir (Hanafi vd., 2021; Kartal, 2024; Kartal, Tektaş, & Tektaş, 2024).

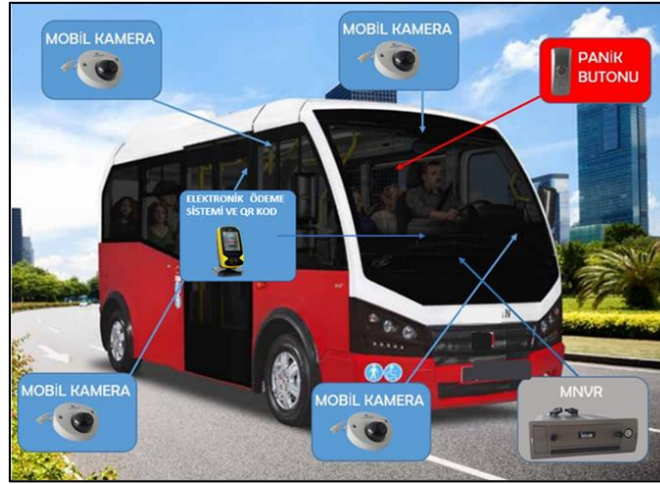
4. Toplu Ulaşım Minibüs Sürücü Tanıma Sistemi Model Önerisi

Bu çalışmada önerilen “Minibüs Sürücü Tanıma ve Denetim Sistemi (MSTD-S)”, toplu ulaşım güvenliğinin artırılması, sürücülerin yetkilendirilmesi, yolcu haklarının korunması ve denetim süreçlerinin dijitalleştirilmesi amacıyla bütünleşik bir donanım–yazılım mimarisi üzerine inşa edilmiştir. Sistem, toplu taşıma araçlarında güvenliği artırmakla kalmayıp, denetim süreçlerini dijital ortama taşıyarak kurumsal izleme ve raporlama olanağı sağlayacaktır. MSTD-S, araç içi akıllı tablet, mobil network video kayıt cihazı (MNVR), RFID tabanlı ödeme altyapısı, sürücü tanıma yazılımı, mobil uygulamalar ve merkezi denetim sunucularından oluşan altı temel bileşenden meydana gelmektedir. Araç içindeki akıllı tablet sürücünün kimlik doğrulamasını gerçekleştirir; MNVR araç içi görüntü kayıtlarını yüksek çözünürlükte kaydederek gerçek zamanlı olarak merkezi sisteme aktarır. RFID tabanlı ödeme altyapısı, hem sürücüler hem de yolcular için ödeme ve erişim kontrolünü desteklerken, sürücü tanıma yazılımı yalnızca yetkili kişilerin araca erişimine izin vererek izinsiz kullanımı önler. Mobil uygulamalar, sürücü ve denetim personeline sistem verilerini takip etme ve yönetme olanağı sunar. Merkezi denetim sunucuları ise tüm bileşenlerden gelen verileri toplayarak analiz eder, raporlar ve karar destek süreçlerini optimize eder. Bu entegre mimari, toplu ulaşım güvenliği, şeffaflık ve denetim etkinliğini artırırken aynı zamanda sürücü yetkilendirmesinin

dijitalleşmesi ve yolcu haklarının korunması açısından da yenilikçi bir çözüm sunmaktadır (Kartal, 2024).

4.1. Sistem Tasarımı ve Donanım Yerleşimi

Minibüs Sürücü Tanıma ve Denetim Sistemi'nin (MSTD-S) donanım yerleşimi, araç içi güvenliğin sağlanması, sürücü performansının izlenmesi ve yolcu memnuniyetinin artırılması hedefleri doğrultusunda optimize edilmiştir. Tasarım, donanım bileşenlerinin hem sürücünün görüş alanını engellemeyecek hem de maksimum izleme kapsama alanı sağlayacak biçimde konumlandırılmasına dayanmaktadır. Araç içerisinde yer alan mobil kameralar, ön, arka, yan ve iç mekan olmak üzere stratejik noktalara yerleştirilmiş olup, hem sürücü davranışlarını hem de yolcu hareketlerini sürekli izleyebilmektedir. Bu kameralar, Mobil Network Video Kayıt Cihazı (MNVR) aracılığıyla yüksek çözünürlüklü olarak kaydedilmekte ve veriler gerçek zamanlı biçimde merkezi denetim sistemine aktarılmaktadır.



Şekil 1: Sistem Tasarımı ve Donanım Yerleşimi

Araç içinde bulunan elektronik ödeme sistemi ve QR kod okuyucu, yolcuların temassız ödeme yapmasını sağlarken, RFID entegrasyonu sayesinde sürücü kimlik doğrulama işlemini de desteklemektedir. Panik butonu, sürücü veya yolcuların acil durumlarda hızlı bildirim yapabilmesi amacıyla erişimi kolay bir noktaya konumlandırılmıştır. Bu buton, MNVR sistemiyle bağlantılı olarak merkezi kontrol merkezine anında alarm iletimi sağlar. Sistem bileşenlerinin bu biçimde bütünleşik olarak yerleştirilmesi, hem güvenlik hem de operasyonel verimlilik açısından önemli bir avantaj sunmakta; toplu taşımada dijital denetim kültürünün güçlenmesine katkıda bulunmaktadır.

4.2. Minibüs Sürücü Tanıma Modeli İş Akış Diagramı

MSTD-S'nin iş akış diyagramı, sistemin çalışma mantığını, veri akış yönlerini ve bileşenler arasındaki etkileşimi bütüncül biçimde ortaya koymaktadır. Bu diyagram, sürücü kimlik doğrulamasından başlayarak veri kaydı, iletimi, analiz edilmesi ve raporlanmasına kadar uzanan süreci görsel olarak temsil eder. İş akışı; sürücü doğrulama, araç erişim kontrolü, görüntü kaydı ve iletimi, ödeme ve denetim entegrasyonu ile merkezi sunucu üzerinde veri analizi olmak üzere ardışık modüllerden oluşmaktadır. Bu yapı, sistemin yalnızca donanım düzeyinde değil, aynı zamanda yazılım ve iletişim protokolleri açısından da senkronize çalışmasını sağlar. Böylece iş akış diyagramı, MSTD-S'nin operasyonel bütünlüğünü, veri güvenliği zincirini ve denetim süreçlerinin dijitalleşmesini açıklayan temel şematik yapıyı sunmaktadır.



Şekil 2: Minibüs Sürücü Tanıma Modeli İş Akış Diagramı

- **Sürücü Tanıma ve Araç Aktivasyonu**

Her minibüs seferi öncesinde, sürücünün sisteme tanımlı ve yetkili bir kişi olup olmadığını doğrulamak amacıyla, araç içi akıllı tablet üzerinde oluşturulan QR kodun sürücü mobil uygulaması aracılığıyla okunması gerekmektedir. Bu işlem neticesinde sürücünün sicil numarası tablet ekranında görünür hale gelir ve araç yalnızca tanımlı bir kullanıcı tarafından çalıştırılabilir. Bu aşamada kayıt dışı sürücülerin araç kullanımının önlenmesi hedeflenmiştir.

- **MNVR Tabanlı Görüntüleme ve Konum Takibi**

Sisteme entegre edilen mobil network video kayıt cihazı (MNVR), aracın elektrik sistemine bağlanarak dört kameradan gelen görüntüleri kayıt altına alır. Kameralar; sürücü alanı, yol ve trafik sahası, yolcu bölgesi ve giriş/çıkış kapılarını kapsayacak şekilde monte edilmiştir. Bu sayede sürücü davranışları, yolcu güvenliği ve olası ihlaller görüntü ile belgelenebilir hale getirilmiştir. Cihaz üzerinde bulunan GPS alıcısı sayesinde aracın anlık konumu, izlenen güzergâh, rota dışı sapmalar ve durak verileri merkezi sisteme eş zamanlı olarak aktarılır. Merkez yazılım, atanmış güzergâh ile anlık veriyi karşılaştırarak rota dışı ihlallerde otomatik alarm üretir.

- **Panik Butonu ve Acil Durum Bildirimi**

Araç içerisinde konumlandırılmış panik butonu, hem sürücü hem de yolcular tarafından acil durum anlarında kullanılabilir. Butona basılması halinde, MNVR cihazı üzerinden merkez denetim birimine acil durum bildirimi gönderilir ve olay anına ait kamera görüntüleri analiz amacıyla kayda alınır. Bu özellik, özellikle sürücüye veya yolcuya yönelik saldırı, darp, kaza ve adli vaka durumlarında delil niteliği taşır.

- **Akıllı Tablet ve Elektronik Ödeme Sistemi**

Minibüs içerisine yerleştirilen Android tabanlı akıllı tablet, hem sürücü tanıma sistemi hem de elektronik ücret toplama sistemi yazılımını entegre şekilde çalıştırır. Yolcular, RFID destekli ulaşım kartlarını veya mobil uygulamaları aracılığıyla karekod okutma yöntemiyle ödeme yapabilirler. Sistem, iniş ve biniş noktalarını tespit ederek mesafeye bağlı dinamik ücretlendirme uygular. Kısa, orta ve uzun mesafe olarak kategorize edilen ücret tarifesini, yolculuk verisi üzerinden otomatik hesaplanır.

- **Sürücü Mobil Uygulaması**

Android ve iOS işletim sistemleriyle uyumlu geliştirilen mobil uygulama, yalnızca yerel yönetimlerin veri tabanına kayıtlı sürücüler tarafından kullanılabilir. Girişler, kayıtlı GSM numaralarına ve kimlik bilgilerine dayalı olarak doğrulanır. Sürücü uygulaması üzerinden kişisel sürüş geçmişi, günlük güzergâh, hasılat ve performans verileri görüntülenebilir. Ayrıca, sistem her 30 dakikada bir sürücü ve

araç konumlarını eşleştirerek, sürücünün araçtan 2.5 km veya 15 dakikadan fazla uzaklaşması durumunda otomatik olarak sistemden çıkarılmasını sağlar. Bu işlem, sistemin suistimal edilmesini önlemek amacıyla tasarlanmıştır.

- **Yolcu Mobil Uygulaması ve Katılımcı Denetimi**

Toplu ulaşımı kullanan vatandaşlar için geliştirilen yolcu mobil uygulaması sayesinde, yolculuk geçmişi, güzergâh ve kullanılan minibüsün ruhsat ve sürücü bilgileri görüntülenebilir. Uygulama içerisinde yer alan dört farklı bildirim butonu ile yolcular, sürücü doğrulama, aşırı yolcu bildirimi, trafik ve temizlik ihlali, rota dışı kullanım veya acil müdahale gerektiren durumları doğrudan yerel yönetim birimlerine iletebilirler. Bu sayede yolcular aktif denetleyici rolü üstlenerek sistemin işleyişine katkı sağlarlar.

- **Engelli Yolcular İçin Erişim Modülü**

Engelli yolcuların erişimini kolaylaştırmak amacıyla, araç giriş/çıkış kapılarında konumlandırılmış karekod sistemleri aracılığıyla otomatik erişim rampaları devreye alınır. Yolcu binisinde ve inişinde QR kod okutularak rampanın açılması ve kapanması sağlanır. Bu sistem, erişilebilir ulaşımı destekleyerek sosyal kapsayıcılığı güçlendirmektedir.

- **Merkezi Yönetim ve Denetim Altyapısı**

Sistem bileşenlerinden toplanan tüm veriler (sürücü tanıma bilgileri, yolculuk verileri, kamera kayıtları, GPS konumları ve yolcu bildirimleri) şifreli bir şekilde merkezi sunucuya iletilir. Bu merkezi sistem, yerel yönetim bünyesinde faaliyet gösteren Toplu Ulaşım Denetim Merkezi (TUDM) tarafından yönetilmektedir. Sunucu tarafında çalışan yönetim paneli, anlık izleme, geçmiş veri analizi, şikâyet yönetimi, güzergâh optimizasyonu ve sürücü performans puanlaması gibi modülleri içerir. Veriler, yetki seviyelerine göre farklı kullanıcı grupları tarafından erişilebilir şekilde organize edilmiştir. Örneğin; minibüs kooperatif yöneticileri yalnızca bağlı oldukları araç grubunun verilerine erişebilirken, belediye birimleri tüm verileri görebilecek denetim yetkisine sahiptir.

- **Veri Güvenliği ve Kişisel Verilerin Korunması**

Sistem, 6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu (KVKK) kapsamında gerekli güvenlik önlemlerini içermektedir. Gerek mobil uygulamalar üzerinden toplanan yolcu verileri, gerekse sürücüye ait kimlik bilgileri ve kamera kayıtları, uçtan uca şifreleme yöntemiyle korunmakta, yetkisiz erişim girişimleri merkezi sistem tarafından otomatik olarak engellenmektedir. Herhangi bir ihlal durumunda sistem, olay kayıt dosyasını üretip, yasal denetime hazır hale getirmektedir.

- **Yapay Zekâ Destekli Davranış Analizi (Gelecek Geliştirme)**

Sistem tasarımının gelecek aşamalarında, MNVR cihazlarından elde edilen kamera kayıtlarının yapay zekâ tabanlı görüntü işleme algoritmaları ile analiz edilmesi planlanmaktadır. Bu analizlerde sürücünün cep telefonu kullanımı, emniyet kemeri takmama, agresif araç kullanımı gibi davranışları otomatik olarak tanımlayan yapay zekâ modülleri kullanılacaktır. Böylece hem sürücü denetimi nesnel verilere dayandırılacak hem de yolcu güvenliği üst düzeye taşınacaktır.

5. Sonuç ve Öneriler

İstanbul'daki minibüs taşımacılığı, esnek güzergâh yapısı ve geniş erişim ağı sayesinde kentsel ulaşım sistemine önemli katkılar sağlamakla birlikte, çeşitli yapısal ve operasyonel sorunlar nedeniyle güvenilirlik, denetim ve hizmet kalitesi bakımından yetersiz kalmaktadır. Kullanıcı geri bildirimleri incelendiğinde, sistemin en zayıf yönlerinin başında güvenlik eksiklikleri, yetkisiz sürücü kullanımı, agresif sürüş davranışları ve hizmet standardizasyonundaki tutarsızlıklar gelmektedir. Kapasite üstü yolcu taşınması, güzergâh dışı duraklama, sabit olmayan ücretlendirme politikaları ve engelli erişimine yönelik fiziksel eksiklikler ise hem yolcu memnuniyetini hem de sistemin kurumsal itibarını zedelemektedir.

Bu çalışma kapsamında geliştirilen “Minibüs Sürücü Tanıma ve Denetim Sistemi Modeli”, söz konusu eksiklikleri gidermeye yönelik bütünlük bir çözüm önerisi olarak ortaya konulmuştur. Sistem, yapay

zekâ destekli yüz tanıma, RFID doğrulama, merkezi veri yönetimi, davranış analizi ve yolcu geri bildirim entegrasyonu gibi teknolojik bileşenleri bir araya getirerek hem sürücü kimlik doğrulamasını hem de sürüş güvenliğini sağlamayı amaçlamaktadır. Uygulama sayesinde yalnızca yetkili kişilerin araç kullanması mümkün olacak, sürücü davranışları analiz edilerek güvenli sürüş teşvik edilecek ve hizmet kalitesine yönelik nesnel veri temelli denetim mekanizmaları oluşturulabilecektir.

Bununla birlikte, önerilen sistem henüz minibüs taşımacılığı alanında uygulamaya geçirilmemiştir. Çalışma bu yönüyle kavramsal ve öneri düzeyinde kalmaktadır. Ancak benzer sistemlerin taksi taşımacılığı sektöründe fiilen uygulanmakta olduğu görülmektedir. İstanbul, Ankara ve İzmir gibi büyük şehirlerde, yerel yönetimler ve özel taşımacılık platformları tarafından geliştirilen taksi sürücü tanıma ve doğrulama sistemleri; yüz tanıma, dijital kimlik eşleştirme, GPS tabanlı konum izleme ve çevrimiçi denetim modülleri ile aktif olarak kullanılmaktadır. Bu örnekler, minibüs taşımacılığı için önerilen sistemin teknik olarak uygulanabilir olduğunu, ancak geniş ölçekli bir entegrasyon için kurumsal, yasal ve sosyo-teknik hazırlıkların tamamlanması gerektiğini göstermektedir.

Öneriler

- **Pilot Uygulama Çalışmaları:** Sistem, İstanbul'un farklı bölgelerinde seçilen minibüs hatlarında pilot olarak uygulanmalı; sahadan elde edilen verilerle sistem performansı, kullanıcı memnuniyeti ve sürücü adaptasyonu değerlendirilmelidir.
- **Mevzuat ve KVKK Uyum Süreci:** Biyometrik tanıma teknolojilerinin kullanımı, kişisel verilerin korunması açısından yüksek hassasiyet gerektirdiğinden, sistem tasarımında 6698 sayılı KVKK ve ilgili yönetmelikler temel alınmalı; açık rıza, veri saklama, anonimleştirme ve erişim protokolleri ayrıntılı biçimde tanımlanmalıdır.
- **Sürücü Eğitim ve Dijital Adaptasyon:** Minibüs sürücülerinin dijital sistemleri etkin biçimde kullanabilmeleri için eğitim programları düzenlenmeli; sistemin faydaları, güvenlik katkısı ve kullanıcı hakları konusunda farkındalık artırılmalıdır.
- **Yerel Yönetim ve Kooperatif Entegrasyonu:** Sistemin sürdürülebilirliği için belediyeler, ulaşım kooperatifleri ve denetim birimleri arasında veri paylaşımı ve sorumluluk paylaşımı esaslarına dayalı bir yönetim modeli oluşturulmalıdır.
- **Taksi Uygulamalarından Öğrenme:** Taksi taşımacılığında hâlihazırda yürürlükte olan sürücü tanıma ve dijital denetim uygulamalarının sonuçları analiz edilerek, minibüs sistemine aktarılacak en iyi uygulamalar belirlenmelidir.
- **Toplumsal Kabul ve Etik Değerlendirme:** Sürücü tanıma sistemine ilişkin kamuoyu algısı, yolcu güvenliği beklentisi ve mahremiyet hassasiyetleri düzenli aralıklarla ölçülmeli; sistemin sosyal kabul düzeyi artırılmalıdır.

Sonuç olarak, önerilen sürücü tanıma sistemi, İstanbul'daki minibüs taşımacılığının dijital dönüşümünde stratejik bir adım olarak değerlendirilebilir. Taksi taşımacılığında elde edilen deneyimler, bu sistemin kısa vadede uygulanabilirliğini güçlendirmekte; uzun vadede ise AUS'nin bütünleşik bir parçası hâline gelmesine zemin hazırlamaktadır. Bu nedenle, teknolojik çözümün yalnızca bir güvenlik aracı değil, aynı zamanda sürdürülebilir, saydam ve veri temelli bir ulaşım yönetimi modeli olarak ele alınması önerilmektedir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarların çalışmadaki katkı oranları eşittir.

Destek ve Teşekkür Beyanı

Çalışma herhangi bir destek almamıştır. Teşekkür edilecek bir kurum veya kişi bulunmamaktadır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Çalışma kapsamında herhangi bir kurum veya kişi ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

- Asis Elektronik. (2025).** *AI şoför durumu analiz.* Erişim 10 Mayıs 2025, <https://asiselektronik.com.tr/tr/urun/ai-sofor-durumu-analiz/>
- Banister, D. (2008).** The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, 15(2), 73–80. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.10.005>
- Büyükbaş, A. M., & Öztürk, A. (2024).** Yüz tanıma derin öğrenme mimarilerinin ve yüz bulma yöntemlerinin karşılaştırılması. *Bilgisayar Bilimleri ve Teknolojileri Dergisi*, 5(2), 14–23.
- Cervero, R. (1997).** *Paratransit in America: Redefining mass transportation.* Praeger.
- Cervero, R., & Golub, A. (2007).** Informal transport: A global perspective. *Transport Policy*, 14(6), 445–457. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.04.011>
- Dülger, M. V. (2021).** Kişisel verilerin silinmesi, yok edilmesi veya anonim hale getirilmesi hakkında yönetmeliğin getirdikleri ve dikkat edilmesi gereken hususlar (The issues brought to be considered by the Regulation on the Deletion, Destruction or Anonymization of Personal Data). *Available at SSRN* 3792237.
- Finn, B. (2012).** Towards large-scale flexible transport services: A practical perspective from the domain of paratransit. *Research in Transportation Business & Management*, 3, 39–49.
- Hanafi, M. F. F. M., Nasir, M. S. F. M., Wani, S., Abdulghafor, R. A. A., Gulzar, Y., & Hamid, Y. (2021).** A real time deep learning based driver monitoring system. *International Journal on Perceptive and Cognitive Computing*, 7(1), 79-84.
- Hatipoğlu, S., Öztürk, E. A., & Çubuk, M. K. (2007).** Kentsel ulaşım talebe bağlı servis sistemi: Bir bilgi sistemi kurgusu. *Teknoloji*, 10(4), 239–248.
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB). (2023).** İstanbul Ulaşım Ana Planı 2030: Ana rapor. Erişim: 9 Mayıs 2024 https://www.ibb.gov.tr/tr-TR/kurumsal/Birimler/ulasimPlanlama/Documents/%C4%B0UAP_Ana_Raporu.pdf
- T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2018).** *Karayolları trafik yönetmeliği.* Erişim 10 Ekim 2025 <https://www.uab.gov.tr/uploads/legislations/karayolları-trafik-yonetmeliği/karayolları-trafik-yonetmeliği-65cefcad0a8ff.pdf>
- Kahraman, R. (2010).** *Kent içi trafiğinde minibüs ve İstanbul örneği analizi* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Anabilim Dalı.
- Karamustafaoğlu, P. A. (2010).** *RFID (radyo frekanslı tanıma) teknolojilerinin işletme performansı üzerindeki etkileri* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye.
- Kartal, B., Tektaş, M., & Tektaş, N. (2024).** Toplu ulaşım sisteminde sürücü tanıma sistemi: Türkiye taksi örneği. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 7(2), 242–262. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/4214050>
- Kartal, M. (2024).** *Toplu ulaşım sürücü tanıma sistem önerisi: İstanbul minibüs örneği* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Bandırma Onyedli Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Akıllı Ulaşım sistemleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı.
- Kaya, F., & Yılmaz, A. (2021).** Kentsel ulaşım minibüslerin entegrasyon sorunları ve çözüm önerileri. *Şehircilik ve Ulaşım Araştırmaları Dergisi*, 5(2), 67–82.

Litman, T. (2021). *Evaluating public transportation health benefits*. Victoria Transport Policy Institute. Retrieved from <https://www.vtpi.org>

Menteş, M. M., Güven, M. M., Özcan, Ş. N., & Akşahin, M. F. (2020). Göz hareketlerinin takibi ile bilgisayar kontrolü. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 204–210. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1237432>

N2Mobil. (2025). *Araç takip cihazları ses kaydı yapar mı?* Erişim 9 Ekim 2025 <https://n2mobil.com/arac-takip-cihazlari-ses-kaydi-yapar-mi>

Newman, P., & Kenworthy, J. (2015). *The end of automobile dependence: How cities are moving beyond car-based planning*. Island Press.

Nitelikli Veri. (2024). *Kanunlara göre kişisel verilerin saklanma süreleri*. Erişim 10 Ekim 2025 <https://nitelikliveri.com/kvkk-kavramlar/kanunlara-gore-kisisel-verilerin-saklanma-sureleri/>

Nuspa. (2023). *Kişisel verilerin korunması ve gizlilik politikası*. Erişim: 10 Ekim 2025 <https://nuspa.com.tr/kisisel-verilerin-korunmasi-ve-gizlilik-politikasi/>

Öztürk, H. (2012). *Trafik talep yönetimi ve Gürsu ilçesinde sürdürülebilir ulaşım planlaması* (Yayınlanmamış doktora tezi). Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Protek Zaman. (2025). *RFID kart okuyucu cihazları*. Erişim: 8 Eylül 2025 <https://www.protektzaman.com/urunler/rfid-kart-okuyucu-cihazlari>

Safalı, Y., & Avaroğlu, E. (2021). Derin öğrenme ile yüz tanıma ve duygu analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (31), 764–770. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2029819>

Senduran, F. (2019). Göz takip sisteminin (Eye Tracker) spor biliminde kullanılması: Yeni araştırmacılar için kılavuz. *Spormetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 17(4), 1–13. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/885809>

Şenol, A., & Aktaş, E. (2022). Mega kentlerde ulaşım sistemlerinin sürdürülebilirliği: İstanbul örneği. *Şehir Planlama Dergisi*, 33(1), 45–62.

Turkish Law Blog. (2024). *Veri koruması için yöntemler: Anonimleştirme ve psödönimleştirme hakkında bir inceleme*. Erişim: 12 Eylül 2025 <https://turkishlawblog.com/insights/detail/veri-korumasi-icin-yontemler-anonimlestirme-ve-psodonimlestirme-hakkinda-bir-inceleme>

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2024). *Adrese dayalı nüfus kayıt sistemi sonuçları, 2023*. <https://data.tuik.gov.tr>

Visure Solutions. (2023). *Otomotiv: Adalar*. Erişim: 10 Eylül 2025, <https://visuresolutions.com/tr/industries/automotive>

Yılmaz, T., & Karataş, M. (2023). Minibüs işletmeciliğinde teknoloji kullanımı ve hizmet kalitesi. *Teknoloji ve Ulaşım Dergisi*, 15(2), 189–205.

Zhou, Y., Li, H., Wang, Y., & Chen, J. (2021). Driver identification based on deep learning for intelligent transportation systems. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 22(3), 1820–1831. <https://doi.org/10.1109/TITS.2020.3002718>

ZKTeco Türkiye. (2025). *Hibrit çoklu biyometrik zaman kontrol PDKS sistemleri cihazları*. Erişim: 10 Eylül 2025, <https://zkteco.com.tr/urunler/zaman-kontrol-pdks-sistemleri-cihazlari/hibrit-coklu-biyometrik>