

Evaluation of Intelligent Transportation Systems using SWOT Analysis and Risk Analysis

Aslıhan Gür^a, Neşe Yeşilkaya^b, Şevin Tatar^c, Onur Derse^{d,1}

^a Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Tarsus University, Mersin, Türkiye
ORCID ID: 0009-0003-7054-9787

^b Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Tarsus University, Mersin, Türkiye
ORCID ID: 0009-0001-3998-2895

^c Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Tarsus University, Mersin, Türkiye
ORCID ID: 0009-0001-6327-3458

^d Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Tarsus University, Mersin, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-4528-1999

Abstract

Intelligent Transportation Systems (ITS) are among the key topics that are drawing attention in today's rapidly evolving transportation landscape. The usage of ITS solutions is expanding globally, addressing the increasing demands for efficient, safe, and sustainable transportation systems. These systems, designed to enhance various aspects of transportation, such as traffic management, passenger information, fleet operations, and emergency response, bring both significant opportunities and challenges. In this study, a comprehensive SWOT analysis is performed on ITS architecture to evaluate its strengths, weaknesses, opportunities, and threats. The study also incorporates a risk analysis to assess the potential vulnerabilities and risks associated with the implementation and operation of ITS systems. The areas examined within the ITS architecture include passenger and driver information systems, traffic management systems, cargo and fleet management systems, public transportation systems, emergency management systems, electronic payment systems, and personal safety and security systems. Through expert opinions and a thorough review of the literature, the study aims to provide a detailed evaluation of ITS and its components. It also identifies the risks associated with ITS systems, such as technological limitations, high implementation costs, and potential security issues. By addressing these challenges and proposing strategies for mitigation, this research aims to guide future studies and support practitioners in their efforts to improve and expand ITS systems. The findings of this study provide actionable insights for the successful implementation of ITS by detailing specific weaknesses, threats, and opportunities for improvement. It also highlights the need for robust action plans that will ensure the resilience, sustainability, and long-term effectiveness of ITS solutions in the face of evolving transportation needs. This research will serve as a valuable resource for future efforts in ITS development and will contribute to the advancement of intelligent transportation solutions worldwide.

Keywords: "Intelligent transportation systems, intelligent transportation systems architecture, SWOT analysis, risk analysis."

1. Giriş

Teknolojideki son gelişmeler ve internetin sağladığı küresel bağlantı sayesinde, ulaşım sistemleri, insanların ve ürünlerin şehirlerde hareket etme şeklini değiştirecek derin bir dönüşüm geçirmektedir. Bu teknolojiyi kullanan şehirlerin hareketliliklerini ve ekonomik üretkenliklerini artırmaları ve kirlilik düzeylerini düşürmeleri beklenmektedir. Bu yeni ulaşım yaklaşımına Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) adı verilir [1].

Hızlı nüfus artışı, ekonomik büyüme, kaynak tüketimi gereksinimi ve artan şehirleşme gibi faktörler, ulaşım sektöründe yeni teknolojilerin takibini ve bilimsel ilerlemeler doğrultusunda akıllı çözümler geliştirmeyi zorunlu hale getirmiştir. AUS, ulaşımdaki zorluklara ileri teknolojik çözümler sunarak yaşamı kolaylaştırmayı [2], zaman ve enerjinin verimli kullanılmasını artırarak ülke ekonomisi, çevre ve toplum sağlığı için yararlı faaliyetler oluşturmayı amaçlar [3]. Ayrıca AUS, geliştirilebilir ulaşım sistemleri yönetimini, toplu taşıma ve bunun yanı sıra ulaşımın birçok yanını çevreleyen bireysel kararları kapsayan bir grup teknolojiyi temsil eder. AUS teknolojileri son teknoloji kablosuz ürünleri, elektronik ve otomatik teknolojileri; kara ulaşım güvenliğini, verimliliğini ve kolaylığını geliştirmeyi amaçlayan teknolojileri kapsar [4].

¹ Corresponding Author
E-mail Address: onurderse@tarsus.edu.tr

AUS, seyahat sürelerini azaltma, trafik güvenliğini artırma, mevcut yol kapasitelerini en etkin şekilde kullanma, mobilitayı artırma, enerji verimliliğini sağlama ve ülke ekonomisine katkıda bulunma hedefleri doğrultusunda geliştirilmiş karmaşık sistemlerdir. Bu sistemler, kullanıcılar, araçlar, altyapı ile merkez arasında çeşitli yönlü veri alışverişi, izleme, ölçme, analiz ve kontrol etme süreçlerini içerir. Ayrıca, çevreye verilen zararı azaltma amacıyla da çalışırlar [5].

1960'lı yılların sonlarında başlayan AUS uygulamaları, teknolojik hareketliliğin artmasıyla beraber günümüzde ulusal ve uluslararası düzeyde son derece kritik bir rol oynamıştır. Bu alanda öncülük etmiş olan ülkelerin arasında rekabet ortamının oluşması, AUS uygulamalarının çeşitlenmesine ve yaygınlaşmasına ivme kazandırmıştır [2]. Türkiye'de ise AUS, 2000'li yıllarda birçok ulusal politika belgelerinde yer almasıyla bir gereksinim olduğu ortaya çıkmıştır. Fakat bu konunun özel olarak ele alınması gereken bir konu olmasının farkındalığı ve izlenecek adımların saptanması, 2014 yılında oluşturulan Ulusal AUS Strateji Dokümanı ile gerçekleştirilebilmiştir [6].

Bu çalışmada, Türkiye için AUS Mimarisinin genel yapısına değinilip bu mimari içerisindeki servisler incelenmektedir. Çalışmada temel olarak AUS Mimarisi olarak yolcu ve sürücü bilgilendirme sistemleri, trafik yönetimi sistemleri, yük ve filo yönetim sistemleri, toplu taşıma sistemleri, acil durum yönetim sistemleri, elektronik ödeme sistemleri ve kişisel emniyet ve güvenlik sistemlerinin incelenmesi sağlanmaktadır. Uzman görüşlerinin alınarak yapıldığı çalışmada AUS ile ilgili SWOT Analizi gerçekleştirilmektedir ve SWOT Analizi sonuçlarındaki tehditler ve zayıf yönler değerlendirilerek ve Risk Analizi ile değerlendirilmektedir. Risk analizi sonuçlarına göre risklerin önceliklendirilmesi ve aksiyon planlarının belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Çalışmanın ilk kısmında amaçlara ve girişe yer verilmektedir. Çalışmanın ikinci kısmında AUS servisleri incelenmektedir ve çalışmanın üçüncü kısmında literatürün detaylandırılması yapılmaktadır. Çalışmanın dördüncü kısmında yöntemlere, beşinci kısmında ise uzman görüşleri, SWOT analizi ve risk analizi uygulamasına yer verilmektedir. Son kısımda ise sonuçlar ve tartışma kısmı sunulmaktadır.

2. Akıllı Ulaşım Sistemleri Mimarisi

AUS Mimarisi, bu başlık altında, yolcu ve sürücü bilgilendirme sistemleri, trafik yönetimi sistemleri, yük ve filo yönetim sistemleri, toplu taşıma sistemleri, acil durum yönetim sistemleri, elektronik ödeme sistemleri ve kişisel emniyet ve güvenlik sistemleri olmak üzere yedi alt başlıkta incelenmektedir.

2.1. Yolcu ve Sürücü Bilgilendirme Servisi

Yolcu bilgilendirme sistemi, yolcuların ulaşım ile ilgili bilgileri, bilgi ve iletişim teknolojilerini bir arada kullanarak eriştiği uygulamadır. Yolcu ve sürücülerin hangi ulaşım seçeceğini seyahate başlamadan önce belirleyeceği, yolculuk güzergâh bilgilerini, ulaşımın olası ne kadar süreceği vs. bilgilerine erişimini sağlayacak mobil uygulamalar, internet hizmetleri gibi birçok teknolojik uygulamaların kullanılabileceği servis türüdür [7]. Bu, yolcuların seyahat sırasında planlarını yapmada ve beklenmedik durumlarla karşı daha etkili çözüm ve başa çıkma fırsatları sunar. Yolcu bilgilendirme sistemleri daha iyi bir hizmet sunarak müşteri ve yolcu memnuniyetini arttırdığı için aynı zamanda toplu taşıma operatörlerine de fayda sağlamış olur. Kullanıcılara güzergâh bilgileri, farklı ulaşım seçenekleri, yolculuk saatleri ve benzeri birçok konuda bilgi sunulmaktadır. Gelişen ve değişen çağla birlikte mobil telefonlarının kullanımının artması sebebiyle belediyelerin kullanıcıların erişimi için birçok mobil uygulama oluşturulmuştur. Geliştirilen uygulamalar sayesinde kullanıcıların erişimine ihtiyaç duydukları ulaşım verileri en yakın doğrulukla ve gerçek zamanlı olarak ulaşmasını sağlamışlardır [8].

Yolcu ve sürücü bilgilendirme sistemleri için Qureshi ve Abdullah [9] yaptığı çalışmada, bölgesel çok modlu ve sürücü bilgi sistemi, karayolu ve toplu taşıma verilerinin toplanmasında merkezi odak noktasıdır. Bu sistem her türlü otoyol ve arteri, yolu, toplu taşımayı kapsamakta ve komşu şehirler, ülkeler gibi tüm alanları kapsamaktadır. Sistem, gerçek zamanlı veri toplama ve bilgilerin genel kalitesini ve yolcular için erişilebilirliği artırıyor. Yolcu bilgilendirme sistemi, yolcuların bilgileri gerçek zamanlı olarak tek platformda almasını kolaylaştırır ve yararlanır. Yolcu bilgilendirme sistemi kablosuz ve web entegrasyonu teknolojileri ile çalışır. Tektaş vd. [3] çalışmalarında, zamanı ve enerjiyi verimsiz kullanmayı engellemek AUS'nin amaçları arasında yer alır; bu da toplu taşıma kullanımına teşvik etme ve geliştirme konusunda önemli bir etkidir. Yolcu bilgilendirme sisteminin ana teması görevi bu olduğu söylenebilir. Yolcu bilgilendirme sistemlerinin sağlıklı ve amaca uygun kullanılması için son kullanıcıların farkındalığının yüksek olması gerekmektedir. Günümüzde, yolcu bilgilendirme sistemleri arasında öne çıkan uygulamalar arasında, NextBus ve benzeri sistemlerle birlikte yolculara bir sonraki toplu taşıma aracının varış zamanını bildiren akıllı duraklar bulunmaktadır.

2.2. Trafik Yönetim Sistemleri

Trafik yönetim sisteminin genel amacı karayolu trafiğini düzenlenmesi iyileştirilmesi gibi amaçlarla kullanılan teknolojik sistemlerdir. Bu sistemler başlıca trafik sıkışıklığını iyileştirme, kazaları engelleme, trafik sinyalizasyonunu ve yol durumunu izlemek ve yönetmek gibi amaçlar için kullanılır.

Ateş ve Korkmaz [10] çalışmalarında ulaşım hizmetinin güçlendirilmesi, trafik sıkışıklığını azaltmak ve trafik verimliliğini arttırmak gibi amaçların trafik yönetim sistemi tarafından sağlanması gerektiğini tanımlamıştır. Trafik yönetim sistemlerinin, trafik yönetiminin sorumluluğu olan alanlardaki oluşabilecek herhangi bir acil durum veya kazaya müdahale edebilme konusunda yardımcı olabileceği değerlendirilmektedir. Bu müdahale yardımı neticesi sayesinde ilgili kurumlarla iletişime geçilerek kazanın daha kötü sonuçlarının önlenmesi sağlanabilmektedir [11]. Trafik yönetim sistemleri güzergâh planlama, alternatif rota hesaplama, sürücü bilgilendirme, park yönetimi gibi pek çok alt uygulama alanları olan AUS'nin en önemli parçası ise, şehir içi kavşaklarda kullanıcıların dur/kalk zamanlarını optimize etmek, olabilecek trafik kazası risklerini önlemek, emisyon ve yakıt salınımını azaltmak amaçlarıyla yolcu ve sürücülere daha konforlu ve güvenli bir yolculuk imkânı sunan sistemleri içerir. Bunların neticesinde trafik yönetim sistemi gelecekte ve günümüzde şehir içi trafiğin daha dinamik ve akıcı bir şekilde yürütülmesinde katkısı olacağı görülmektedir [12]. Trafik yönetim sistemleri için Yardım ve Akyıldız [13] yaptığı çalışmada, ana yolların ve kent içi ulaşım ağının, trafik sinyal zamanlarının iyileştirilmesi, kontrolü ve koordine edilmesi hedefleriyle kurulmuş sistemlerdir. Doğru zamanlı sinyalizasyon denetimi, toplu taşıma ve acil durum taşıtlarına karşı duyarlı sinyal sürelerinin bulunması arter yönetimiyle uygulanmaktadır. Sinyalizasyonun denetlenmesi tüm arterdeki kavşaklar için sinyal devresi süresi derecesi ayarlama ve talep edilen unsura göre değişiklikler yapılmasına yardımcı olur.

2.3. Yük ve Filo Yönetim Sistemleri

Yük ve filo yönetim sistemi, bir filonun planlanması ve yönetilmesinden başlayarak, kalite yönetimi standartlarında yükün nihai müşteriye ulaştırılmasına kadar olan süreçlerin tümünün yönetilmesi ve izlenmesini sağlayan bir yönetim yaklaşımıdır. Bu sistem, süreçlerin sürekli iyileştirilmesini amaçlayarak operasyonel etkinliği artırmayı hedefler.

Karayolları Düzenleme Genel Müdürlüğüne yürütülen yol kenarı denetleme istasyonlarını yenilenmesi aşamasında plaka kontrol, otomatik ölçme sistemi ve ağırlık tespiti sistemleri kullanıcılara plaka, boyut ve ağırlık verilerini göstermesiyle bilgilendirmesi sağlanan değişken mesaj işaretleri gibi AUS teknolojileri Türkiye'de ticaret amaçlı yolcu ve yük taşıyan araçların belge, boyutu ve yük denetlemelerinin uygulanmasında yararlanılmaktadır [14]. Yük ve filo yönetim sistemleri için Fidan vd. [15] yaptıkları çalışmada, filo yönetimi çalışan araçların organizasyonu ve koordinasyonudur. Güçlü filo yönetimi, iş araçlarını tutmanın masrafını düşürmeye ve faydasını arttırmaya yardımcı olabilecek bir etkidir. Çoğunlukla bir aracın konumunu ve mekanik bilgilerinin izlenmesinin yanı sıra bir dizi yerleşik sensör ve kablosuz veri toplamada faydalanarak sürücü davranışının izlenmesinden oluşur.

2.4. Toplu Taşıma Sistemleri

Toplu Taşıma Sistemleri, herhangi bir taşıma firmasına ait olan taşıt filosunun yönetiminin tam zamanlı olarak, aracın mevcut konumunu izlemesiyle destekleyen sistemleri içerir. Araç izleme zemini GPS ve AVL (Automatic Vehicle Location) ile birleştirilmiş olan taşıtlar oluşturmaktadır. Bir merkezi birime taşıtın mevcut konumu hakkında verileri ulaşır ve burada gerçek konumu programlanan konum ile kıyaslaması yapılmaktadır [13]. Elektronik bilet kullanımı günümüzde çoğu büyükşehir ve il belediyeleri tarafından toplu taşıma için kullanılan AUS uygulamaları arasında yer almaktadır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin 1995 yılında hizmete sunulmuş olan ve patenti İBB'ye ait olan Akbil, Türkiye'nin bu alandaki öncü uygulamalardan biri olarak kabul edilmektedir. İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin üzerinde çalıştığı bir diğer proje olan AkYolbil, filo takibi, yönlendirme ve yolcu bilgilendirme sistemidir. Bu proje sayesinde, toplu taşıma araçlarının konumlarını takip edilebilir, araç içinde ve duraklarda bulunan kullanıcıların araçların konumuyla ilgili bilgi alınması sağlanabilmektedir. Ayrıca, geçmiş trafik verileri kullanılarak kullanıcılara bekledikleri aracın tahmini varış zamanı hakkında bilgi verilebilmekte ve akıllı duraklarda olan elektronik panolarda kullanıcılar doğru zamanlı araç konumunu ulaşabilmektedir [16].

Toplu taşıma sistemleri için Yardım ve Akyıldız [13] çalışmalarında, toplu taşıma işletmesinin taşıt filosunun yönetimi doğru zamanlı olarak, araçların konumunu izleme amacını güden sistemlerdir. AVL ve GPS teknolojisine sahip araçlar, araç izleme altyapısını oluşturur. Araç-içi sensörler kullanma amacıyla araç performans değişkenleri, lastik basıncı, yağ/yakıt düzeyleri ve rutin bakım gibi olayları da elektronik şekilde bu sistemler aracılığı ile denetlenebilir. AVL'nin kullanımında talebe karşılık veren yönlendirmeyi ve programlamayı desteklemektedir. Toplu taşıma birimleri, sıradışı ulaşım taleplerini karşılayabilmek amacıyla araç durumu verileri ile gerçek zamanlı araç konumunu birleştirir. Qureshi ve Abdullah [9] yaptığı çalışmada, toplu taşıma yönetim sisteminin bir örneği, araç takibinin temelini oluşturan Otomatik Araç Konumu (AVL) teknolojisidir. AVL, programa bağlılığı kontrol etmek ve yolculara toplu taşıma araçlarının konumuyla ilgili bilgi sağlamak için kullanılan bir aracın gerçek zamanlı konumu hakkında bilgi sağlar. Toplu taşıma yönetim sektöründe AVL (otomatik araç konumu), BRT(Otobüs Hızlı Transit), TAD (seyahat asistanı cihazı) gibi çeşitli yazılımlar konum ve toplu taşıma süresinin iyileştirilmesi ve güvenlik operasyonları için çalışmaktadır.

2.5. Acil Durum Yönetim Sistemleri

Acil durum yönetim sistemleri, acil durum ekipleri, kurtarma görevlileri ve diğer ilgili paydaşların birlikte çalışan herhangi bir acil durum veya felaket durumunda hızlı ve etkin bir şekilde yanıt vermek için kullanılan planlama, organizasyon, koordinasyon ve iletişim sistemleri olarak tanımlanır. Bu sistemler genellikle acil durum planlaması, uyarı ve alarm sistemleri, toplu iletişim araçları, kriz yönetimi ve koordinasyon araçları gibi bileşenleri içerir. Temel hedefi, acil durum durumlarında hayat kurtarmak, zararları en aza indirmek ve olayların etkilerini azaltmaktır.

Acil durum yönetiminin üç ana unsuru bulunduğu ifade edilmektedir: filo yönetimi, güzergâh kılavuzluk hizmetleri ve acil durum aracı. Acil durum filo yönetimi, olay yerinde oluşabilecek acil durum ekipmanların ve araçların bilgisayar destekli akıllı sistemlerle donatılması olarak tanımlanır. Acil durum ekipmanı ve araçlarının konum ve durum verilerinin doğru zamanlı olarak izlenebildiği ve bu nedenle acil durum araçlarının yönetilebileceğinden bahsedilmektedir [13]. Acil durum yönetim sistemleri için Tufan [14] yaptığı çalışmada, karayollarında olan acil müdahale edilmesi gerektiren olayların trafik kazaları başta olmak üzere en kısa sürede tespit edilmesi ve gerekli geri bildirimlerin sağlanması, bu durumda trafik akışının getirdiği olumsuz etkileri hızlı bir şekilde çözülmesiyle, hem can kaybının önüne geçilmesinde hem de maddi hasarın en aza indirilmesini amaçlayan sistem acil durum yönetim sistemi olmak üzere ve bu sisteme ilişkin Türkiye’de yapılan birtakım çalışmalar mevcuttur.

2.6. Elektronik Ödeme Sistemleri

Elektronik ödeme sistemleri, internet tabanlı teknolojileri kullanarak mal ve hizmetlerin ödemesini otomatik olarak gerçekleştiren veya kayıtlara geçiren sistemlerdir. Bu sistemlere örnek olarak elektronik fon transferi (EFT), kredi kartları, akıllı kartlar ve borç kartları gösterilebilir. Elektronik ücret ödeme sistemlerine entegre edilen araçlar, yol üzerine kurulmuş özel yazılım ve donanımlar aracılığıyla tespiti yapılmaktadır. Tespiti ve iletişim süreci, taşıtın kimlik verilerinin okunması, doğrulanması ve hizmetin gerçekleştirilmesi süreçlerinden oluşmaktadır. Bu aşamalarda, kablolu ve kablosuz iletişim teknolojilerinden faydalanılmaktadır. Geçiş sırasında aracın fotoğrafları, plaka veya kimlik verileri gibi ek veriler sağlanarak, kural ya da geçiş ihlallerinin belirlenmesi ve gereken yaptırımların uygulanması sağlanmaktadır [13]. Elektronik ödeme sistemleri için Abdulkadir vd. [17] da yaptıkları çalışmalarda; AUS, toplu taşımada ve otoyollarda ödenen ücretlerin alınmasında kolaylık sağladığını belirtmektedir. KGS, OGS ve araç içi ödeme sistemlerinin en bilindik örnekleridir. Bazı ülkelerde sıkışıklık oranı fazla araç (HOV: High-Occupancy Vehicle) şeritleri, sıkışıklık oranı fazla taşıt ücretlendirme şeridi (HOT: High-Occupancy Toll) ve kent merkezlerindeki sıkışıklık fiyatlandırması da elektronik ödeme sistemleri içerisinde değerlendirilen unsurlardandır. Yardım ve Akyıldız [13] çalışmalarında, ülkemizde son yıllarda nüfus artışıyla birlikte araç sayısı artış hızında artmış ve bu özellikle büyük şehirlerde trafik sorunlarıyla karşılaşılma durumunu etkilemiştir. Bu bağlamda, zaman kaybının önüne geçmek ve hızlı geçişin sağlama amacıyla, 1999 yılında Fatih Sultan Mehmet Köprüsü’nde “Otomatik Geçiş Sistemi (OGS)” uygulaması gelmiştir. Günümüzde ise, 49 ücret toplama alanında 129 şeritte OGS kurularak kullanıma hazırlanmıştır. Sistemde kayıtlı kişi sayısı 2004 yılı başından beri 300.000’i aşmaktadır. OGS’ye ek olarak yeni bir ödeme sistemi olan, Kartlı Geçiş Sisteminin (KGS) uygulaması benimsenmektedir. KGS’de, OGS’deki araçta olan elektronik etiket yerine, özel, yanında taşınabilir sürücüler için kartlar kullanılmaktadır. Otoyol’un Girişi ve çıkışında bulunan istasyonlara kurulmuş olan Kart Okuyucu/Yazıcı cihazda bu kart yaklaştırılıp okutulur (kart okuma süresi maksimum 0,5 sn.) ve geçiş ücreti ödemesi gişe memuruna gerek duyulmadan otomatik bir şekilde uygulanacaktır.

2.7. Kişisel Emniyet ve Güvenlik Sistemleri

Kişisel emniyet ve güvenlik sistemleri, bireylerin korunma ihtiyacını karşılamak için tasarlanmış teknolojik çözümlerdir. Bu sistemler, kişisel güvenliği artırırken acil durumlarda hızlı müdahale ve yardım sağlamayı amaçlar. Günlük hayatta ve riskli durumlarda, bu sistemler bireylerin kendilerini güvende hissetmelerini sağlar ve olası tehlikelere karşı koruma sağlar.

Kişisel emniyet ve güvenlik sistemleri, tehlike ve risk içeren durumları tespit ederek tüm sistem kullanıcılarını uyarır. Beklenmeyen rampalar, tehlike arz eden virajlar, riskli üstgeçitler ve dikkatle devam edilmesi gerekli karayolu-demiryolu (hemzemin) geçitleri gibi risk içeren durumlar için ikazda bulunur. Bu uyarılar yalnızca araç kullanıcıları için değil aynı zamanda bisiklet sürücüleri, yolcular, yayalar ve hatta yolda bulunan hayvanlar için de geçerlidir [9]. EGM, Türkiye genelindeki karayollarına TEDES kurulumu için çalışmalarını sürdürmektedir. Bununla birlikte, il merkezlerinde kurulan MOBESE sistemi ile birleşik olarak emniyet ve güvenlik hizmetlerine de yardımcı olmaktadır. Türkiye’de belediyeler tarafından kurulmuş olan Elektronik Denetim Sistemi’ne (EDS) ek olarak, bu uygulamaların şehirlerarası karayollarına kurulmasının ve kullanımının artmasını, “Karayolu Trafik Güvenliği Stratejisi ve Eylem Planı” içinde ileri sürülen planlar arasındadır .

3. Literatür Taraması

AUS kapsamında yapılan risk analizi ve SWOT analizi çalışmaları bu başlık altında detaylandırılmaktadır. AUS için risk analizi yapan çalışmalar incelendiğinde, Khan [18] çalışmasında, toplu taşımaya odaklanarak kentsel ulaşımında Akıllı Ulaşım

Sistemi uygulamalarının risk analizi için metodolojik bir çerçeve sunmaktadır. AUS projelerinin belirsizlikler içerdiğinden yatırım kararlarını risk analizine tabi tutmakta fayda olduğu belirtilerek çalışmada AUS yatırımlarındaki risk değerlendirilmektedir. Zhao vd. [19] çalışmalarında AUS kullanımları için araç ağı sistemlerinde güvenliği alanındaki riskleri ve önerilen güvenlik çözümlerini incelemektedir. Qureshi ve Abdullah [9] çalışmasında; AUS yüksek kaza oranları, trafik sıkışıklığı, karbon emisyonları ve hava kirliliğini azaltmada; diğer bir yandan güvenliği, güvenilirlik derecesini, seyahat hızları, memnun yolcu ve trafik akışını arttırmada büyük bir rol oynayabileceğini belirtmektedir. Krivolapova [20] çalışmasında AUS projelerinin tanıtımı sırasında risk değerlendirmesi için bir algoritma önermektedir. Sabaliauskaite vd. [21] çalışmalarında İşbirlikçi AUS'nin güvenlik ve siber saldırı risklerinin analizini ele almaktadır. Kelarestaghi vd. [22] çalışmasında, araç içi ağı güvenlik açıklarının etkilerini incelemeye çalışmakta ve araç içi ağı tehlikeye atan bir saldırının olası sonuçlarını inceleyerek AUS güvenliği ve esnekliği ele almaktadır. Bu kapsamda, etki odaklı risk değerlendirmesi yoluyla AUS güvenliğine ilişkin gelişmekte olan ancak büyüyen literatüre katkıda bulunmak amaçlanmaktadır. Krundyshev ve Kalinin [23] çalışmalarında, akıllı ağı ortamındaki güvenlik riski analizini ele almaktadır. Avcı ve Koca [24] çalışmasında, akıllı raylı sistemlerde ulaşım güvenliği açısından Analitik Hiyerarşik Süreç (AHP) performans kriterleri ile birlikte risk analizini 10 farklı uzmanın görüşleri dikkate alınarak incelemektedir.

Jarašūniene [25] çalışmasında, Litvanya için AUS'nin SWOT analizini değerlendirmiştir. AUS için insanların vakit, hareketlilik, sağlık vb açılardan önemli kayıplar sağlanacağını belirterek sosyal sorunların ele alınması gerektiğinden bahsetmiştir. Farklı ulaşım modlarını entegre kullanımı erişilebilirliği, hareketlilik, trafik ve çevre güvenliğini arttıracakını belirtmiştir. İlgili bölgesel ve yerel programlarla birlikte hükümete ait uzun vadeli bir AUS geliştirme programı yapılması ve gelişimi için bir vizyonun oluşturulması gerektiğini dile getirmiştir. Mitsakis ve Iordanopoulos [26] çalışmasında, Güneydoğu Avrupa'daki ülkeler için AUS'nin SWOT analizi ile değerlendirilmesini ele almaktadır. Genel değerlendirme ile ulaştırma sektöründe kullanılan teknolojilerin geliştirilmesi ve uygulanması amacıyla bir araştırma geliştirme taahhüdünün bulunması sürekli gelişen AUS'ne katkı sağlamaktadır. Karayolu taşımacılığının etkin bir role sahip olması nedeniyle verimliliğin ve karayolu ağı güvenliğini arttırmaya yönelik stratejiler alınmıştır. Ar-Ge faaliyetlerine katkı sağlamak, eğitimli insan gücü sayısını arttırmak gibi hedefler fırsat faktörleri içinde değerlendirilebilir. Çeşitli düzeylerde birlikte çalışabilirliği sağlamak için standartların gerekli olduğunu belirtmektedir. Ağırlıklı olarak geleneksel pazara odaklanmak, ulusal eylem planını uygulamada eksik kalınması ve finansman karar vericilerin (hükümet, devlet şirketleri), sık sık değişmesinden dolayı sürecin devamlılığını etkilemesi AUS stratejilerini olumsuz etkilemektedir. Namugenyi vd. [27] çalışmasında, IPM (Birleşik Zararlı Organizma Denetimi) bağlamında nakliye işinin gücü için karayolu, demiryolu, hava ve hatta deniz yoluyla öncelikli güzergahlara sahip taşıma sistemlerini devreye sokulması gerektiğinden bahsetmiştir. Çalışmasında, ekonomik yaptırımlar, siyasi istikrarsızlık gibi nedenler taşımacılık işletmelerine yönelik tehditler olarak belirtmektedir. Yatırımcılardan finansman açısından fayda sağlanabilmesini arttırmak için iyi planlanmış ve analiz edilmiş bir AUS stratejisi geliştirilmesi ve mevcut Avrupa yasal düzenlemelerinin entegre sistemler için takip edilmesinin önemli olduğunu vurgulamaktadır.

4. Method

Bu kısımda çalışmanın akışı ve kullanılan metotlar tanıtılmaktadır. Çalışmada uzman görüşleri toplanarak ve SWOT Analizi ve L tipi Risk Analizi yöntemleri kullanılmaktadır.

4.1. Uzman Görüşlerinin Toplanması

Uzmanlar, sektördeki deneyimleri, akademik geçmişleri ve konuya ilişkin uzmanlıkları göz önünde bulundurularak seçilmiştir. Uzmanlar, kendi alanlarında uzmanlığıyla projenin farklı yönlerini değerlendirerek, SWOT analizine ve Risk Analizine önemli bir katkı sağlamaktadır. Uzmanların analiz, strateji geliştirme, raporlama ve danışmanlık gibi görevler üstlendiği görülmektedir. Aşağıda uzmanlar hakkında kısa bilgiler verilmiştir:

- Uzman 1 (U1): Öğretim Üyesi olan uzman, analizlerde ve strateji geliştirme süreçlerinde liderlik yapmaktadır. Alanındaki derin bilgisiyle, projenin güçlü ve zayıf yönlerini belirlemede önemli bir rol oynamaktadır.
- Uzman 2 (U2): Öğretim Elemanı olan uzman, akademik araştırmalardaki deneyimiyle projenin akademik boyutunu güçlendirmektedir. Mevcut literatürü analiz ederek, projeye değerli bir bakış açısı sunmaktadır.
- Uzman 3 (U3): Öğretim Üyesi olan uzman, strateji geliştirme sürecindeki tecrübesiyle projenin stratejik yönlendirmesine katkıda bulunmaktadır. Alanındaki bilgi birikimiyle, projenin başarılı bir şekilde yürütülmesine yardımcı olmaktadır.
- Uzman 4 (U4): Servis mühendisi olan uzman, AUS alanında uluslararası dergide makale yayınlamıştır. Bu alandaki bilgi ve engin deneyimlerine başvurulmuştur.
- Uzman 5 (U5): Öğretim Üyesi olan uzman, ulaştırma alanındaki uzmanlığıyla çalışmanın değerlendirmektedir. Ulaştırma sektöründeki deneyimiyle, projenin sektörel etkilerini değerlendirmektedir.
- Uzman 6 (U6): Öğretim Üyesi olan uzman, endüstri mühendisliği alanındaki uzmanlığıyla projenin endüstriyel boyutunu güçlendirmektedir. Endüstriyel süreçler ve stratejiler konusundaki bilgisiyle, projenin iş dünyasındaki etkilerini değerlendirmektedir.

- Uzman 7 (U7): Öğretim Üyesi olan uzman, endüstri mühendisliği alanındaki derin bilgisiyle projenin endüstriyel süreçlerini analiz etmekte ve stratejiler geliştirmekte önemli bir rol oynamaktadır.

4.2. SWOT Analizi

SWOT Analizi, bir organizasyon, bir plan, bir proje, bir kişi veya bir iş faaliyetinde bulunan 'güçlü yönleri', 'zayıf yönleri', 'fırsatları' ve 'tehditleri' değerlendirme amacıyla uygulanan bir analiz yöntemidir [27]. SWOT Matrisi olarak da bilinir ve stratejik planlama için sıklıkla kullanılan bir yöntemdir [28].

Çalışmada SWOT Analizi kullanılarak AUS servislerinin değerlendirilmesi gerçekleştirilmektedir. Veriler yedi farklı uzmandan yapılandırılmış anket yöntemiyle toplanmaktadır. SWOT Analizi ile birlikte yolcu ve sürücü bilgilendirme sistemleri, trafik yönetim sistemleri, yük ve filo yönetim sistemleri, toplu taşıma sistemleri, acil durum yönetim sistemleri, elektronik ödeme sistemleri ve kişisel emniyet ve güvenlik sistemlerinin değerlendirilmesi sağlanmaktadır.

4.3. Risk Analizi

L tipi matris yönteminde elde edilen risk skorlarının kategorize edilmesi gerçekleştirilmektedir. Tablo 1'de olasılık şiddet bileşikleri verilmiştir. Tablo 1'deki kırmızı alanlar ciddi/önemli riskleri, sarı alanlar orta düzey riskleri ve yeşil alanlar düşük düzeydeki riskleri tanımlamaktadır. Risk analizi, her bir riskin olasılığı ve etkisi üzerinden hesaplanmıştır. Olasılık ve etki, 1 ile 5 arasında bir puanlama sistemiyle değerlendirilmiş, 1 en düşük, 5 ise en yüksek olasılık veya etkiyi temsil etmektedir. Risk skoru şu formülle hesaplanmıştır: Risk Skoru = Olasılık x Etki [29]. L tipi risk matrisinin kullanım amacı, risklerin daha sistematik bir şekilde değerlendirilmesi ve önceliklendirilmesidir. Bu matris, yöneticilerin hangi risklere öncelik vermeleri gerektiğini, hangi risklerin kritik olduğunu ve hangi risklere yönelik daha az dikkat gösterilmesi gerektiğini belirlemelerine yardımcı olur. Olasılık ve etki arasındaki ilişkiyi görsel olarak sunarak, organizasyonların riskleri daha etkili bir şekilde yönetmelerini sağlar. Matrisin kullanımı, risklerin organizasyonel hedefler üzerindeki potansiyel etkilerini minimize etmeye yönelik stratejilerin geliştirilmesinde kritik bir rol oynar.

Tablo 1. Olasılık/ Şiddet Bileşikleri

Olasılık (O)		Şiddet / Etki (S)				
		5	4	3	2	1
		Çok Ciddi	Ciddi	Orta	Hafif	Çok Hafif
5	Çok Yüksek	25	20	15	10	5
4	Yüksek	20	16	12	8	4
3	Orta	15	12	9	6	3
2	Düşük	10	8	6	4	2
1	Çok Düşük	5	4	3	2	1

Çalışmada, SWOT (Güçlü Yönler, Zayıf Yönler, Fırsatlar, Tehditler) Analizi sonuçları ile alanındaki uzmanların görüşleri birleştirilerek, organizasyonun zayıf yönleri ve karşılaşılabileceği potansiyel tehditler üzerine kapsamlı bir Risk Analizi yapılmaktadır. SWOT Analizi, organizasyonel performansın değerlendirilmesi ve stratejik yönelimlerin belirlenmesi açısından önemli bir araçtır. Ancak, yalnızca SWOT'tan elde edilen verilerle risklerin doğru bir şekilde analiz edilmesi mümkün olmayabilir. Bu nedenle, uzman görüşleri ile desteklenen bir yaklaşım benimsenerek, zayıf yönlerin ve tehditlerin olası etkileri daha objektif ve derinlemesine bir şekilde incelenmektedir. Risk Analizi sürecinde, bu unsurların organizasyon üzerindeki potansiyel olumsuz etkileri değerlendirilmekte ve bunlara karşı alınabilecek önlemler ile stratejik çözümler önerilmektedir. Bu entegre yaklaşım, hem teorik hem de pratik açılardan güçlü bir risk yönetimi stratejisinin oluşturulmasına olanak sağlamaktadır.

5. Uygulama

5.1. Akıllı Ulaşım Sistemleri için SWOT Analizi Uygulaması

Çalışmanın bu aşamasında detaylı literatür incelemeleri ve uzman görüşleri alınarak AUS sistemleri için SWOT Analizi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından yayımlanan Ulusal AUS Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı kapsamında AUS için SWOT Analizi belgesi de dikkate alınmıştır.

Güçlü Yönler

- Yük ve filo yönetim sistemlerinin mobiliteyi ve müşteri değerini iyileştirmesi.

- Yük yönetimi sistemi, taşıyıcı ve işletmeler arası operasyonları geliştirerek ulaşım sisteminin daha zamanında işletilmesi ve tedarikini sağlaması.
- Büyük araçların altyapıya verdiği zararın azaltılması.
- Toplu taşıma yönetim sistemlerinin işletme verimliliğini sağlaması.
- Trafik kurallarının ihlallerinin önüne geçmesi.
- Hareketlilik, düşük işletme maliyetleri, düşük enerji tüketimi

Zayıf Yönler

- Zayıf altyapı sistemlerinin kullanılması (ZRS 1).
- Otoyol sisteminde kullanılan (GPS, döngü kameraları, sabit sensörle vb.) teknolojilerin yüksek maliyet barındırması (ZRS 2).
- Otoyol sisteminde kullanılan teknolojilerin bakım sorunu (ZRS 3).
- Otoyol sisteminde kullanılan teknolojilerin sınırlı kapsama alanı sorunlarına sahip olması (ZRS 4).
- AUS uygulamaları altında olan trafik sinyalizasyon hesabı eksikliği (ZRS 5).
- Sistem kullanıcılarının internet bağlantısı erişimi problemi (ZRS 6).
- Ulusal AUS mimarisinin ve AUS ile ilişkili standartların tam olarak saptanamaması (ZRS 7).
- Toplu taşıma sisteminin diğer ulaşım servisleri ile entegrasyonunun yeterli olmaması (ZRS 8).
- Ulaşımına ait veri toplanması ve paylaşımında paydaşlar arasında yaşanan koordinasyonun yeterli olmaması (ZRS 9).
- AUS konusunda uzmanlaşmış insan kaynağı açığının bulunması (ZRS 10).
- Olası yazılım ve ağ hatası sonucu sistemin bozulma ihtimali (ZRS 11).

Fırsatlar

- Yük yönetim sistemlerinin trafik sıkışıklığını, kirliliği, gürültüyü ve enerji kaygılarını azaltması.
- Toplu taşıma yönetim sistemlerinin, yolcunun emniyetini, gerçek zamanlı bilgilere ulaşımını sağlayarak hizmet güvenilirliğini arttırması.
- İş gücü tasarrufuna imkân vermesi.
- Yakıt ve karbondioksit (CO₂) tüketimini azaltması.
- Ekonomik büyüme ve gelişmeye katkı sağlaması.
- Tüm paydaşlara herhangi bir değişikliğin anında bildirilmesi.

Tehditler

- Artan nüfus artışının arter ve trafik sıkışıklığına neden olması (TRS 1)
- Uluslararası AUS platformunda aktifliğin düşük olması (TRS 2).
- Sahada kullanılan AUS servis materyallerinin (dedektör, MOBESE, kamera vb.) kötü hava şartlarında zarar görmesi (TRS 3).
- Akıllı teknolojik ürünlerinin kullanımında güvenlik açıklarının olması riski (TRS 4).
- Bir dizi teknolojinin otomasyonu ile bağlantılı olarak işsizlik seviyesinde potansiyel artış (TRS 5).
- AUS'un dış unsurlarına yönelik fiziksel etki ve hasar tehdidi (TRS 6).
- Veri veya sinyal kaybına yatkın olması (TRS 7).
- Avrupa'daki AUS gelişmelerinin çok hızlı olması ve yerel devlet kullanıcılarının teknolojik değişikliklere uyum sağlayamaması (TRS 8).
- AUS için gerekli olan altyapı yatırım maliyetlerinin yüksek olması (TRS 9).
- AUS çözümlerinde kullanılan ürünlerde yerlilik ve millilik oranının az olması (TRS 10).
- Küreselleşme ve artan uluslararası rekabet (TRS 11).

5.2. Risk Analizi Uygulaması

Bu çalışmada uzman görüşleri alınarak SWOT analizinden elde edilen zayıf yönler ve tehditler için risk analizi gerçekleştirilmektedir. Belirlenmiş konularda uzmanlığa sahip yedi kişiden alınan verilerle risk analizi gerçekleştirilmektedir.

İncelenen zayıf yönlerin uzman görüşleri ve risk skoru ortalamaları Tablo 2'deki ve Tablo 3'deki gibidir. Tablo 2'de ve Tablo 3'de Uzmanlar U1'den U7'ye, Zayıf Yönler ZRS 1'den ZRS 11'e kadar isimlendirilmektedir. Olasılık değerleri O, Şiddet değerleri S olarak ifade edilmektedir. ZRS 10 – Uzman İnsan Kaynağı Eksikliği riskinin yüksek olmasının nedeni AUS sistemlerinin planlama, uygulama ve sürdürülebilirliğinde teknik uzmanlık kritik rol oynamasıdır. Eğitimli personelin eksikliği; yazılım hataları, sistem çökmeleri ve verimsiz operasyonlar gibi doğrudan riskleri artırır. Bu nedenle, insan kaynağı eksikliği stratejik düzeyde bir zafiyet oluşturmaktadır.

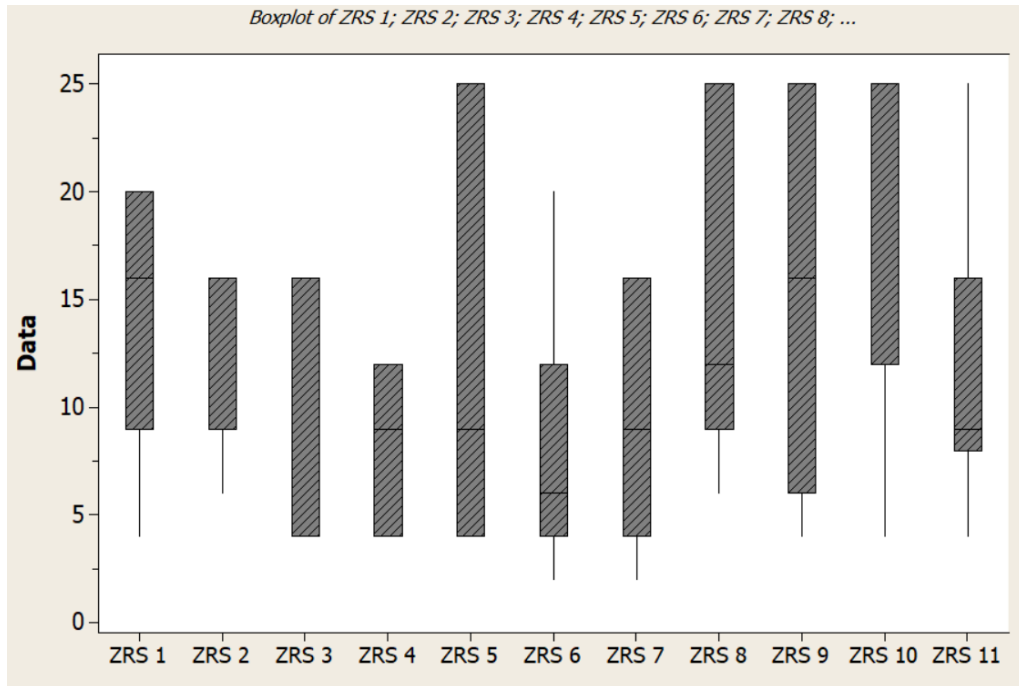
Tablo 2. Zayıf Yönler için Uzman Görüşleri

O/S	U1		U2		U3		U4		U5		U6		U7	
	O	S	O	S	O	S	O	S	O	S	O	S	O	S
ZRS 1	5	4	4	3	5	4	2	2	4	4	3	3	4	4
ZRS 2	4	4	3	2	4	4	3	3	3	3	3	3	4	3
ZRS 3	4	4	4	4	4	4	2	2	4	4	2	2	2	2
ZRS 4	3	4	4	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3	2
ZRS 5	5	5	5	5	2	2	3	2	4	5	3	3	2	2
ZRS 6	5	4	1	2	2	2	3	3	3	4	2	2	2	3
ZRS 7	3	3	4	4	2	2	5	3	1	2	4	4	2	2
ZRS 8	4	3	5	5	4	4	5	5	2	3	3	3	4	3
ZRS 9	5	3	5	5	4	4	5	5	4	4	2	2	3	2
ZRS 10	4	4	4	3	4	3	5	5	5	5	2	2	4	3
ZRS 11	5	5	2	4	3	4	4	4	4	1	3	3	3	3

Tablo 3. Zayıf Yönler için Risk Skorları

Zayıf Yönler	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	Risk Skor Ort.
ZRS 1	20	12	20	4	16	9	16	13,86
ZRS 2	16	6	16	9	9	9	12	11
ZRS 3	16	16	16	4	16	4	4	10,86
ZRS 4	12	12	9	4	4	9	6	8
ZRS 5	25	25	4	6	20	9	4	13,29
ZRS 6	20	2	4	9	12	4	6	8,14
ZRS 7	9	16	4	15	2	16	4	9,43
ZRS 8	12	25	16	25	6	9	12	15
ZRS 9	15	25	16	25	16	4	6	15,29
ZRS 10	16	12	12	25	25	4	12	19
ZRS 11	25	8	12	16	4	9	9	11,86

Zayıf Yönler için yapılan uzman değerlendirmeleri sonucunda oluşturulan Box-Plot grafiği Şekil 1'deki gibidir. ZRS 5, ZRS 9 ve ZRS 8 risklerinin geniş bir aralığa sahip olduğu görülmektedir. Bu riskler dışındaki riskler için uzmanların daha benzer kararlar aldığı görülmektedir. ZRS 5 – Trafik Sinyalizasyon Eksikliği riskinin uzmanların bir kısmı tarafından etkisini “çok yüksek” (25) olarak değerlendirirken, diğer kısmı “düşük” (4) olarak belirtmiştir. Bu durum, uygulamada sinyalizasyon sistemlerinin farklı şehirlerde farklı düzeyde olmasından kaynaklanabilir.



Şekil 1. Zayıf Yönler için Box-Plot Grafiği

İncelenen tehdit yönlerinin uzman görüşleri ve risk skoru ortalamaları Tablo 4 ve Tablo 5'deki gibidir. Tablo 4'de ve Tablo 5'de Uzmanlar U1'den U7'ye, Zayıf Yönler TRS 1'den TRS 11'e kadar isimlendirilmektedir. Olasılık değeri O, Şiddet değeri S olarak ifade edilmektedir. TRS 4 – Güvenlik Açıkları riskinin yüksek çıkması sebebi veri güvenliğinin sağlanamaması, AUS sistemlerini siber saldırılara açık hale getirerek ulaşım sisteminin güvenilirliğini zedelemesidir. Trafik sinyal sistemlerine yapılacak bir saldırı, trafik kazalarına, yönlendirme hatalarına ve kamu güvenliğinin zedelenmesine neden olabilir. Bu nedenle, güvenlik açıkları kritik tehdit olarak değerlendirilmiştir.

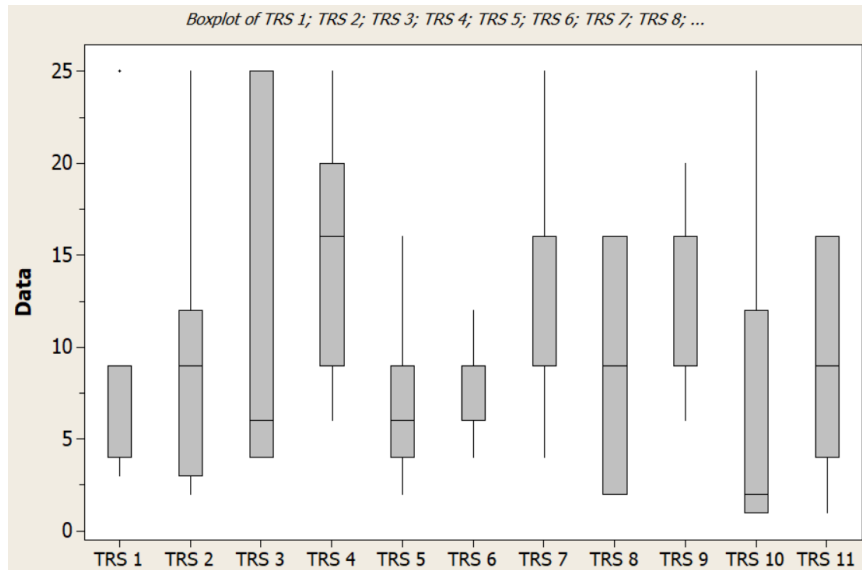
Tablo 4. Tehdit Yanları için Uzman Görüşleri

O/S	U1		U2		U3		U4		U5		U6		U7	
	O	S	O	S	O	S	O	S	O	S	O	S	O	S
TRS 1	5	5	2	2	3	3	3	3	3	1	3	3	3	2
TRS 2	1	2	3	3	3	3	5	5	4	3	2	2	3	1
TRS 3	5	5	2	2	3	2	3	3	5	5	2	2	2	3
TRS 4	5	5	3	4	3	2	4	4	4	5	4	4	3	3
TRS 5	3	2	2	3	4	4	3	3	2	2	2	2	2	1
TRS 6	4	3	2	2	3	3	3	3	2	3	3	3	2	3
TRS 7	5	5	4	4	3	3	3	3	3	4	3	3	2	2
TRS 8	2	2	4	4	4	4	3	3	1	2	3	3	2	1
TRS 9	4	4	5	4	4	4	3	3	4	4	3	3	3	2
TRS 10	1	2	1	1	4	3	5	5	1	1	2	2	1	1
TRS 11	3	2	3	3	4	4	4	4	2	2	3	3	1	1

Tablo 5. Tehdit Yanları için Risk Skorları

Tehditler	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	Risk Skor Ort.
TRS 1	25	4	9	9	3	9	6	9,28
TRS 2	2	9	9	25	12	4	3	9,14
TRS 3	25	4	6	9	25	4	6	11,28
TRS 4	25	12	6	16	20	16	9	17,85
TRS 5	6	6	16	9	4	4	2	6,71
TRS 6	12	4	9	9	6	9	6	7,85
TRS 7	25	16	9	9	12	9	4	12
TRS 8	4	16	16	9	2	9	2	7
TRS 9	16	20	16	9	16	9	6	13,14
TRS 10	2	1	12	25	1	4	1	6,57
TRS 11	6	9	16	16	4	9	1	8,71

Tehditler için yapılan uzman değerlendirmeleri sonucunda oluşturulmuş Box-Plot grafiği Şekil 2'deki gibidir. TRS 3 dışındaki risklerin uzmanlar tarafından benzer değerler aldığı görülmektedir. Örneğin, TRS 7 – Veri/Sinyal Kaybı Riski: Sinyal kaybı, gerçek zamanlı bilgi akışını kesintiye uğratarak hem yolcu güvenliği hem de trafik yönetimi üzerinde doğrudan etki yaratır. Uzmanların çoğu bu riski yüksek puanlamış ve bu maddede görece daha az görüş ayrılığı olmuştur.



Şekil 2. Tehditler için Box-Plot Grafiği

Risk Analizi tablosu dikkate alınarak 8 ve üzeri çıkan orta düzeyli ve yüksek düzeyli riskli durumlar için incelemeler sağlanmış ve alınabilecek önlemler sıralanmıştır

Tablo 6'da Risk Skoru yüksek çıkan zayıf yönler ve alınabilecek önlemler sıralanmıştır.

Tablo 6. Zayıf Yönler için Alınabilecek Önlemler

Riskler İçin Alınabilecek Önlemler	
ZRS 1	Ulaşım altyapısını mevcut metro veya tren hatlarına ekleme yaparak veya diğer ulaşım modlarıyla birleştirerek güçlendirebilir, zayıf altyapı sistemlerini yenilemek ve daha verimli hale getirmek için kamu ve özel sektörün işbirliği aracılığıyla yeterli finansmanın sağlanması zayıf altyapı sistemlerini güçlendirmeye faydalı olabilir.
ZRS 2	Teknolojilerin yüksek maliyet barındırması, bu teknolojilerin kullanılması yüksek maliyet barındırsada otoyol güvenliği, trafik akışı verimliliği gibi faktörlerin uzun vadeli elde edilmesine olanak sağlamaktadır. Yazılımın ve ekipmanların millik oranını gerekli eğitimler vererek artırılabilir. Farklı hizmet sağlayıcıların ekipman ve altyapılarını paylaşarak, maliyetleri düşürebiliriz. Örneğin, bir kamera ağı hem trafik yönetimi hem de güvenlik amaçlı kullanılabilir. Yerel kaynakların kullanılması, maliyetleri düşürebilir. Örneğin, yerel sensör üreticileriyle işbirliği yaparak maliyetleri azaltabiliriz.
ZRS 3	Akıllı sensörler ve izleme sistemleriyle ekipmanların uzaktan izlenmesi ve teşhisi, bakım süreçlerini optimize edebilir. Bu sayede gereksiz bakım ziyaretleri önlenerek maliyetler düşürülebilir. Veri analitiği ve yapay zeka gibi teknolojiler kullanılarak ekipmanlardaki potansiyel arızalar önceden tahmin edilebilir. Bu sayede planlı bakım işlemleri gerçekleştirilerek sistem kesintileri en aza indirgenir.
ZRS 4	IoT mimarisiyle internet erişimine gereksinim duymadan herhangi bir yerden elde edilen veriye erişim imkanı sunulmasını aynı zamanda birçok zorluğu ortadan kaldırılmasını ve sensörler aracılığıyla elde ettiği verilerin internete aktarılması sayesinde gerçekleştirmiştir .Bu sayede sensör aracılığıyla alınan bir veri internette bulut bilişim içinde korunarak uzaktan analiz imkanı tanımaktadır.
ZRS 5	Sinyalizasyon hesaplamalarının diğer ulaşım modlarıyla entegre edilerek yapılması sağlanabilir. Adaptif trafik kontrol sistemleri trafik yoğunluğunu anlık izleyerek algılayıcı ve sensörler ile otomatik olarak yoğunluk tarafa geçiş üstünlüğü verilmesini sağlar. Hızlı şekilde yanıt vermesi ve dinamik bir şekilde trafiği izlemesi sayesinde uygulanması çözüm niteliğinde olmaktadır. çalışmasında, Sinyal optimizasyonu hakkındaki çalışmalarda "adaptif sinyal yönetimi" gelişmiş bir teknik olduğunu belirtmektedir ve ülkemizde de son zamanlarda bu konu hakkında önemli atılımlar yapıldığını belirtmiştir.
ZRS 6	İnternet erişimi kesilmesi durumunda yerel olarak verilerin saklanması ve daha sonra senkronize edilmesi sağlanabilir.
ZRS 7	Ulusal düzeyde AUS için standartlar ve kılavuzlar geliştirilerek, sistemlerin daha tutarlı ve uyumlu bir şekilde tasarlanmasına olanak sağlanabilir. Ulusal AUS mimarisi ve standartları sürekli olarak değerlendirilmeli ve güncellenmelidir. Teknolojik gelişmeler ve sektördeki değişiklikler göz önünde bulundurularak, standartlar ve mimari sürekli olarak revize edilmelidir.
ZRS 8	Farklı ulaşım modlarını tek bir platformda entegre ederek, kullanıcıların kolayca farklı ulaşım seçenekleri arasında geçiş yapmasını sağlayan entegrasyon platformları oluşturulabilir. Bu platformlar, bilet satın alma, rota planlama ve seyahat bilgilerini entegre edebilir. Akıllı telefon uygulamaları ve diğer teknolojiler kullanılarak, kullanıcılara gerçek zamanlı ulaşım bilgileri, rota planlama ve bilet satın alma gibi hizmetler sunulabilir. Kullanıcıları farklı ulaşım modlarını kullanmaya teşvik etmek için kampanyalar düzenlenebilir, özel indirimler veya avantajlar sunulabilir.
ZRS 9	Veri paylaşım protokolleri oluşturma. Açık veri politikaları ve uygulamaları.
ZRS 10	AUS alanında staj ve uygulamalı eğitim. AUS konusunda eğitim programları ve kursları düzenleyerek uzmanlaşmış insan kaynağı elde edilebilir.
ZRS 11	Yedekleme kurtarma sistemi kullanılarak verilerin işlenmesi bulut tabanlı yedekleme sistemleri kullanılabilir. Sistem de veri şifreleme teknolojileri kullanılarak dış saldırıların engellenmesini sağlayabilir.

Tablo 7'de Risk Skoru yüksek çıkan tehditler ve alınabilecek önlemler sıralanmıştır.

Tablo 7. Tehdit Yanları için Alınabilecek Önlemler

Riskler İçin Alınabilecek Önlemler	
TRS 1	Trafiği izlemek ve yönetmek için sensörler, kameralar ve veri analizi kullanarak trafik akışını optimize eden sistemler kurulabilir. Bu sistemler, trafik yoğunluğunu azaltabilir ve seyahat sürelerini kısaltabilir.
TRS 2	Farkındalık eğitimleri
TRS 3	Dayanaklı ve su geçirmez tasarım. Montaj ve yer seçimi.
TRS 4	Düzenli denetim yapılması [30]. Ağ saldırı tespit sistemlerinin kullanılması [30].
TRS 6	Tesislere giriş ve çıkışları kontrol altında tutmak için fiziksel erişim kontrolleri uygulanabilir. Bu, yetkisiz kişilerin sisteme fiziksel olarak zarar vermesini engelleyebilir. Periyodik güvenlik denetimleri yapılabilir.
TRS 7	Sinyal güçlendirme ve amplifikasyon. Acil durum planları ve geri kurtarma stratejileri. Yedekli veri ve sinyal yolları.
TRS 9	Ortak yatırımlar ve işbirlikleri. Hibe ve teşviklerden yararlanma. Fazla ve gereksiz ihtiyacı azaltma. Altyapı paylaşımı ve kiralama.
TRS 11	AUS'nin standartlaştırılması

6. Sonuçlar

Hızlı nüfus artışı, alternatif yakıtlara olan ihtiyacın artması, zayıf altyapı, çevreyi etkileyen zararlı gazlar vb etkileri azaltmak için AUS ve servisleri geliştirilmiştir. AUS servislerinin genel amacına baktığımızda ulaşımı yolcular, yayalar, sürücü için daha güvenli ve konforlu hale getirmektir. AUS servisleri teknolojiyle ve özellikle büyük şehirlerde duyulan ihtiyaç ile birlikte büyümekte ve gelişmektedir. AUS servisleri kullanımı ile daha emniyetli yolculuk, kaza ve ölüm oranlarında azalma, enerji verimliliği ve ülke ekonomisine katkı sağlamaktadır. Yolcu ve sürücü bilgilendirme sistemleri altyapı-araç, araç-araç ağ bağlantılarının tek bir merkezde gerçek zamanlı verilerin toplanmasında bu verilerin beklenen veya beklenmeyen trafik sıkışıklıklarında bilgi vermesi, en uygun rotayı sürücülere sağlaması, yolcuların trafikte kaybettiği süreyi minimize etmesi, kaza oranını minimize etmesine önemli ölçüde etkilemektedir. Elektronik ödeme sistemlerinin kullanımı ile trafikte harcanan sürede ciddi gelişmeler görülmüştür. Akıllı kavşaklar, EGS, HGS, KGS, OGS teknolojileri ile elektronik ortamlarda para transferinin gerçekleştirilmesi, mobilite artması açısından yolculara en etkin ve hızlı hizmet verilmesi sağlanmaktadır. Acil durum yönetim sistemlerinin temel amacına baktığımızda kaza veya acil durum olaylarında olaya müdahale süresini en aza indirerek yaralanma ve ölüm oranını düşürmektedir.

AUS'nin genel ve yönlü değerlendirdiğimizde uygulamada karşımıza bazı problem çıkmaktadır. Bu çalışma, Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) üzerine yapılan SWOT analizi ve risk değerlendirmeleri ile AUS uygulamalarının güçlü ve zayıf yönlerini, fırsatlarını ve tehditlerini ortaya koymuştur. AUS servislerinin amacı, ulaşımı daha güvenli, verimli ve çevre dostu hale getirmektir. Çalışmanın sonuçları, AUS'in geliştirilmesiyle elde edilen olumlu etkileri ve karşılaşılan zorlukları vurgulamaktadır.

AUS'in güçlü yönleri arasında, özellikle yük ve filo yönetim sistemlerinin, trafik akışını iyileştirmesi, araçların ve altyapıların zarar görmesini en aza indirmesi, ve düşük enerji tüketimi gibi faktörler bulunmaktadır. Toplu taşıma yönetim sistemlerinin verimliliği artırması ve trafik kurallarının ihlallerini engellemesi de önemli avantajlar arasında yer almaktadır. Ancak, zayıf yönler de belirlenmiş olup, bunlar arasında zayıf altyapı, yüksek teknoloji maliyetleri ve sınırlı sistem kapsama alanı gibi unsurlar ön plana çıkmaktadır. Bunların yanı sıra, uzman görüşlerine dayalı yapılan risk analizleri, çeşitli zayıf yönlerin önemli riskler taşıdığını ortaya koymuştur. Risk analizi sonucunda, zayıf yönlerden kaynaklanan risklerin, altyapı eksikliklerinden (ZRS 1), entegrasyon ve koordinasyon yetersizliğine (ZRS 8, ZRS 9), AUS konusunda uzmanlaşmış insan kaynağı açığının bulunması (ZRS 10) kadar çeşitli alanlarda yoğunlaştığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, tehditler kısmında, altyapı maliyetlerinin yüksek olması (TRS 9), veri ve sinyal kaybı riski (TRS 7), ve güvenlik açıkları (TRS 4) gibi tehditler, AUS'in verimli ve güvenli bir şekilde işlemesi için önemli engeller teşkil etmektedir. Bu tehditlere karşı alınması gereken önlemler arasında, acil durum yönetim sistemlerinin geliştirilmesi, altyapı paylaşımlarının teşvik edilmesi, ve güvenlik protokollerinin sıkılaştırılması önerilmiştir.

Bu bulgular, AUS uygulamalarının daha verimli ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi için belirli önceliklerin belirlenmesine olanak tanımaktadır. Altyapı ve Teknoloji Yatırımları: Zayıf altyapının iyileştirilmesi ve teknolojilerin yerleştirilmesi, AUS servislerinin uzun vadeli başarısı için kritik öneme sahiptir. Yerel üreticilerle işbirlikleri ve maliyet paylaşımı, bu alandaki ekonomik engelleri aşmak için önerilmektedir. İnsan Kaynağı Gelişimi: AUS alanında uzmanlaşmış insan kaynağı eksikliklerinin giderilmesi amacıyla, eğitim ve uygulamalı staj programları geliştirilmelidir. Risk Yönetimi ve Güvenlik Protokollerinin Güçlendirilmesi: Akıllı ulaşım sistemlerinde güvenlik açıkları ciddi bir tehdit oluşturabilir. Bu nedenle, güvenlik önlemleri ve veri şifreleme teknolojilerinin kullanımı büyük önem taşımaktadır. İntermodal Entegrasyon ve Veri Paylaşımı: Ulaşım sistemlerinin entegrasyonu, daha verimli ve kullanıcı dostu bir AUS hizmeti sunulmasını sağlayacaktır. Bu, özellikle

toplu taşıma ve bireysel ulaşım modları arasındaki geçişi kolaylaştıracaktır. Uygulayıcılar ve karar vericiler için verilen bu öneriler ile uygulama alanları genişletilebilir.

Sonuç olarak, bu çalışma, AUS'in güçlendirilmesi, zayıf yönlerinin giderilmesi ve tehditlerin minimize edilmesi için gerekli önlemleri ortaya koymuş ve bu alandaki gelecekteki çalışmalar için önemli bir temel oluşturmuştur.

Teşekkür

Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından 1919B012221312 numaralı 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında desteklenmiştir.

Referanslar

- [1] J. A. Jimenez, "Smart transportation systems," in *Smart Cities*, Springer, Cham, pp. 123–133, 2018.
- [2] B. Y. Katanalp, Z. B. Yıldırım, E. Eren, and V. E. Uz, "Akıllı ulaşım sistemleri üzerine bir değerlendirme," in *2nd International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies*, SETSCI Conference Indexing System, vol. 3, pp. 1503–1506, Nov. 2018.
- [3] M. Tektaş, K. Korkmaz, and H. Erdal (2016). "Akıllı ulaşım sistemlerinin geleceği (ekonomik ve çevresel faydaları)". *Balkan Sosyal Bilimler Dergisi*, 561-577.
- [4] S. Shaheen and R. Finson, "Akıllı ulaşım sistemleri," *UC Berkeley: Ulaşım Sürdürülebilirliği Araştırma Merkezi*, [Online]. Available: <https://escholarship.org/uc/item/3hh2t4f9>, 2013.
- [5] M. Tektaş and N. Tektaş, "Akıllı ulaşım sistemleri (AUS) uygulamalarının sektörlere göre dağılımı," *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, vol. 2, no. 1, pp. 32–41, 2019.
- [6] E. B. Meriç, "Akıllı ulaşım sistemleri (AUS) ve kalkınma ajansları," *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, vol. 1, no. 2, pp. 33–55, 2018.
- [7] H. Korkmaz, "Havalimanı apron emniyeti sorunlarının belirlenmesine yönelik nitel bir çalışma: Akıllı ulaşım sistemleri çözüm önerileri," *Doctoral dissertation, Anadolu University (Turkey)*, p. 24, 2020.
- [8] C. Güven, "Akıllı ulaşım sistemleri üzerine bir sistematik literatür taraması," *Master's thesis, Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2019.
- [9] K. N. Qureshi and A. H. Abdullah, "A survey on intelligent transportation systems," *Middle-East Journal of Scientific Research*, vol. 15, no. 5, pp. 629–642, 2013.
- [10] S. S. Ateş and H. Korkmaz, "Havalimanı apron emniyeti sorunlarının belirlenmesine yönelik nitel bir çalışma: Akıllı ulaşım sistemleri çözüm önerileri," *Master's thesis, Anadolu Üniversitesi*, 2018.
- [11] UDHB, U. A. U. S. S., "Belgesi (2014-2023) ve eki eylem planı (2014-2016)," *TC Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Ankara*, 2014.
- [12] N. Temurçin and M. Ersoy, "Ağ altyapılarında yapay zeka tabanlı ağ trafik yönetim mekanizmalarının incelenmesi," *Uluslararası Sürdürülebilir Mühendislik ve Teknoloji Dergisi*, vol. 7, no. 1, pp. 31–40, 2023.
- [13] M. Yardım and G. Akyıldız, "Akıllı ulaştırma sistemleri ve Türkiye'deki uygulamalar," 2005.
- [14] H. Tufan, "Akıllı ulaşım sistemleri uygulamaları ve Türkiye için bir AUS mimarisi önerisi," *Ulaştırma ve Haberleşme Uzmanlığı Tezi, TC Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı*, 2014.
- [15] N. Fidan, A. Karadeniz, and G. Gelişen, "Sürdürülebilir akıllı ulaşım sistemleri yönetimi: Bursa şehri incelemesi," in *2nd International Congress of Engineering and Natural Sciences Studies (ICENSS-2022)*, May 2022, pp. 26–49.
- [16] BELBİM, *BELBİM İnternet Sitesi*, [Online]. Available: <http://www.belbim.com.tr> [Accessed: May 22, 2014].
- [17] Ö. Abdulkadir, A. Kadir, and K. Çağdaş, "Toplu taşımada akıllı ulaşım sistemlerinin kullanımı: Türkiye'de belediyelerin sunduğu hizmetlerin değerlendirilmesi," *Journal of Transportation and Logistics*, vol. 4, no. 2, pp. 51–64, 2019.
- [18] M. Khan, "Risk analysis of intelligent transportation system investments," *IET Intelligent Transport Systems*, vol. 3, no. 3, pp. 358–368, 2009.
- [19] M. Zhao, J. Walker, and C. C. Wang, "Challenges and opportunities for securing intelligent transportation systems," *IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems*, vol. 3, no. 1, pp. 96–105, 2013.
- [20] O. Krivolapova, "Algorithm for risk assessment in the introduction of intelligent transport systems facilities," *Transportation Research Procedia*, vol. 20, pp. 373–377, 2017.
- [21] G. Sabaliauskaitė, J. Cui, L. S. Liew, and F. Zhou, "Integrated safety and cybersecurity risk analysis of cooperative intelligent transport systems," in *2018 Joint 10th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems (SCIS) and 19th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS)*, pp. 723–728, IEEE, Dec. 2018.
- [22] K. B. Kelarestaghi, M. Foruhandeh, K. Heaslip, and R. Gerdes, "Intelligent transportation system security: Impact-oriented risk assessment of in-vehicle networks," *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, vol. 13, no. 2, pp. 91–104, 2019.
- [23] V. Krundyshev and M. Kalinin, "Prevention of cyber attacks in smart manufacturing applying modern neural network methods," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 940, no. 1, p. 012011, IOP Publishing, Sep. 2020.
- [24] İ. Avcı, and M. Koca, "A novel security risk analysis using the ahp method in smart railway systems," *Applied Sciences*, vol. 14, no. 10, 4243, 2024.

- [25] Jarašūniene, “Analysis of possibilities and proposals of intelligent transport system (ITS) implementation in Lithuania,” *Transport*, vol. 21, no. 4, pp. 245–251, 2006.
- [26] E. Mitsakis, P. Iordanopoulos, G. Aifadopoulou, Y. Tyrinopoulos, and M. Chatziathanasiou, “Current status and future prospects of intelligent transport systems deployment in South East Europe,” 2014.
- [27] C. Namugenyi, S. L. Nimmagadda, and T. Reiners, “Design of a SWOT analysis model and its evaluation in diverse digital business ecosystem contexts,” *Procedia Computer Science*, vol. 159, pp. 1145–1154, 2019.
- [28] M. A. Benzaghta, A. Elwalda, M. M. Mousa, I. Erkan, and M. Rahman, “SWOT analysis applications: An integrative literature review,” *Journal of Global Business Insights*, vol. 6, no. 1, pp. 55–73, 2021.
- [29] M. Oturakci, C. Dagsuyu, and O. Derse, “A new fuzzy approach in risk assessment with process capability for air pollution,” *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, vol. 45, no. 1, 356-369, 2023.
- [30] İ. Avcı, “Akıllı ulaşım sistemlerinde siber saldırılar ve önlemler,” *Journal of Intelligent Transportation Systems & Applications*, vol. 6, no. 1, 2023.