



Şerit Yoğunluk Tespit ve Bilgilendirme Sistemlerinin Tasarımdan İşletmeye Genel Altyapısının Belirlenmesi: Örnek bir Sistem Tasarımı

Metin Mutlu AYDIN^{1*}  Başak BIYIK² 

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Akıllı Sistemler Mühendisliği, Samsun, Türkiye

Makale Bilgisi

Araştırma makalesi
Başvuru: 29/03/2023
Düzeltilme: 18/08/2023
Kabul: 29/09/2023

Anahtar Kelimeler

Trafik yoğunluğu
Akıllı ulaşım
Akıllı sistemler
Şerit yoğunluk tespiti
Şerit kullanımı

Article Info

Research article
Received: 29/03/2023
Revision: 18/08/2023
Accepted: 29/09/2023

Keywords

Traffic density
Intelligent transportation
Intelligent systems
Lane density detection
Lane utilization

Grafik Özet (Graphical/Tabular Abstract)

Bu çalışmada şehir içi yollardaki şerit yoğunluklarının tespit edilmesi ve işletilmesi detaylı olarak araştırılmıştır. / In this study, the determination and operation for lane densities on urban roads were investigated in detail.



Şekil A: Şerit kullanım yoğunluklarının tespit edilmesi / Figure A: Determination of lane utilization densities.

Önemli noktalar (Highlights)

- Akıllı sistemler kullanılarak bir trafik sorununa çözüm yöntemi önerilmiştir. / A solution method to a traffic problem has been proposed using intelligent systems.
- Önerilen sistem SketchUp® ile modellenerek örneklendirilmiştir. / The proposed system is modeled and illustrated with SketchUp®
- A'WOT tekniği kullanılarak önerilen sistem değerlendirilmiştir. / The proposed system was evaluated using the A'WOT technique

Amaç (Aim): Sürücülerin yol boyunca şeritlerdeki trafik yoğunluğu oranlarını görerek yoğunluğu daha az olan şeritlere yönelmelerinin sağlanması ile trafik yoğunluğunun azaltılması amaçlanmaktadır. / The aim is to reduce traffic congestion by enabling drivers to see the traffic density ratios in the lanes along the road and direct them to less congested lanes.

Özgünlük (Originality): Trafik yoğunluğunu azaltmak amacıyla akıllı sistemler kullanılarak yapılan uygulamalardan farklı olarak önerilen sistem sürücülere anlık olarak şerit yoğunluğunu göstererek sürücülerini yoğunluğun az olduğu şeritten ilerlemeye teşvik etmektedir. / Unlike the applications using smart systems to reduce traffic congestion, the proposed system instantly shows the lane density to the drivers and encourages them to move from the less congested lane.

Bulgular (Results): Önerilen sistemin A'WOT tekniği kullanılarak uzmanlar tarafından değerlendirilmesi sonucunda sistemin en güçlü yönünün amacına uygun olarak %37,1 ile G2 faktörü olduğu görülmüştür. En zayıf yönünün ise %45,3 ile Z5 faktörü olduğu gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra %50,2 ile "F2" faktörü sistem için en önemli fırsat olarak değerlendirilirken %71,4 ile T3 faktörü sistem için en yüksek orana sahip tehdit faktörü olarak belirlenmiştir. / As a result of the evaluation of the proposed system by experts using the A'WOT technique, it was seen that the strongest aspect of the system was the G2 factor with 37.1% in accordance with its purpose. The weakest aspect of the system is Z5 factor with 45.3%. In addition, the "F2" factor with 50.2% is considered as the most important opportunity for the system, while the T3 factor with 71.4% is determined as the threat factor with the highest rate for the system.

Sonuç (Conclusion): Giderek artan trafik yoğunluğunun azaltılması için girişimlerde bulunulmasının elzem bir hale gelmesi ve gelişen teknoloji ile birlikte akıllı sistemlerin bu tür sorunların çözümlerinde kullanımının yaygınlaşması önerilen sistemin uygulanabilirliği için bir avantaj olarak görülmektedir. Gelecek çalışmalarda sistemin test edilmesi için uygun bölgeler belirlenmeli ve elde edilecek sonuçlar doğrultusunda gerekli iyileştirmeler yapılarak bu tür bir uygulamanın ülkemizde ilk defa hayata geçirilmiş olacaktır. / The fact that it has become essential to take initiatives to reduce the increasing traffic density and the widespread use of smart systems in solving such problems with the developing technology is seen as an advantage for the applicability of the proposed system. In future studies, suitable regions should be determined for testing the system and necessary improvements should be made in line with the results to be obtained and such an application will be realized for the first time in our country.



Şerit Yoğunluk Tespit ve Bilgilendirme Sistemlerinin Tasarımdan İşletmeye Genel Altyapısının Belirlenmesi: Örnek bir Sistem Tasarımı

Metin Mutlu AYDIN^{1*} Başak BIYIK²

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Akıllı Sistemler Mühendisliği, Samsun, Türkiye

Makale Bilgisi

Araştırma makalesi
Başvuru: 29/03/2023
Düzeltilme: 18/08/2023
Kabul: 29/09/2023

Anahtar Kelimeler

Trafik yoğunluğu
Akıllı ulaşım
Akıllı sistemler
Şerit yoğunluk tespiti
Şerit kullanımı

Öz

Dünya’da ve Türkiye’de trafığe çıkan araç sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Bu durum doğal olarak trafikte oluşan araç yoğunluğunun giderek artmasına ve yolculuklarda önemli gecikmelere sebebiyet verebilmektedir. Birçok insanın günlük hayatını etkileyen bu sorun, özellikle nüfus yoğunluğunun fazla olduğu şehirlerde kendini daha net göstermektedir. Şehir içi trafikte oluşan yoğunluğun çeşitli sebeplerinin olmasının yanı sıra, trafikte araç sürücülerinin şerit seçim ve kullanım tercihleri de oluşan yoğunluk üzerinde önemli olumsuz bir etkiye sahip olabilmektedir. Sürücülerin yollarda en sol şerit daha hızlı hareket eder düşüncesi ile o şeridi daha çok kullanma arzusu içerisinde olması, tek bir şeritte yığılma oluşmasına neden olabilmektedir. Çalışmada, Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) yardımıyla çok şeritli şehir içi yollarda şerit kullanım yoğunluklarının tespitinin yapılmasını amaçlayan yenilikçi bir akıllı sistem öneri tasarımı sunulmuştur. Önerilen bu yeni sistem üzerinde etkili olan faktörlerin belirlenmesi amacıyla bir SWOT analizi yapılmıştır. SWOT analizi ile belirlenen faktörler, beş kişilik bir uzman ekibin değerlendirmeleri ile analitik hiyerarşi prosesi (AHP) yöntemi kullanılarak ağırlıklandırılmıştır. Sonrasında uygulanan A’WOT analizinden elde edilen sonuçlara göre, sistemin en güçlü yönünün önerilen bu sistemin çıktısı olarak beklenen doğru şerit kullanımı ile trafikte tıkanıklığın azaltılması olduğu görülmüştür. Önerilen sistemin ana hedefi olan bu faktörün ön plana çıkması, çalışmanın temel amacını desteklemiş ve bu tür yenilikçi sistemlere ihtiyaç olduğunu net şekilde ortaya koymuştur.

Determining the General Infrastructure of Lane Density Detection and Information Systems from Design to Operation: An Example System Design

Article Info

Research article
Received: 29/03/2023
Revision: 18/08/2023
Accepted: 29/09/2023

Keywords

Traffic density
Intelligent transportation
Intelligent systems
Lane density detection
Lane utilization

Abstract

The number of vehicles on the road in the world and in Turkey is increasing day by day. This situation naturally may cause an increase on the density of vehicles in traffic and may cause significant delays in journeys. This problem, which affects the daily life of many people, shows itself more clearly, in cities with a high population density. In addition to the various reasons for the density in urban traffic, the lane choice and utilization preferences of vehicle drivers in traffic can also have a significant negative effect on the density. The fact that the drivers want to use that lane more with the thought that the leftmost lane moves faster on the roads can cause congestion in a single lane. In the study, an Intelligent Transportation Systems (ITS) proposal design which aims to determine the lane usage densities on multi-lane urban roads with the help of intelligent transportation systems is presented. A SWOT analysis was conducted to determine the factors which affecting the proposed the new system. The determined factors via a SWOT analysis were weighted using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method with the evaluations of a team of five experts. According to the obtained results from the A’WOT analysis, it has been seen that the strongest aspect of the system is the reduction of traffic congestion with the correct lane usage expected as the output of this proposed system. The prominence of this factor, which is the main goal of the proposed system, supported the main purpose of the study and clearly demonstrated the need for such innovative systems in urban roads.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kent yöneticileri ve ulaşım planlamacıları, artan trafik yoğunluğunun önüne geçebilmek için yeni yollar inşa ederek ve ulaşım yatırımları yaparak çözüm aramaktadır [1]. Fakat, bu durum hem uzun zaman gerektirmekte hem de yüksek maliyeti beraberinde getirmektedir. Günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte gerek maliyet gerekse etkin performansı nedeniyle, akıllı sistem uygulamaları birçok alanda olduğu gibi ulaşım problemlerinin çözümünde de sıklıkla tercih edilmektedir [2]. Bu ulaşım problemlerinin birisi de yollardaki trafik yoğunluğu sorunudur. Gün geçtikçe artan nüfusa bağlı olarak trafiğe çıkan araç sayısı da giderek artış göstermektedir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından son yayınlanan rapordan elde edilen verilere göre son bir yılda Türkiye’de trafiğe çıkan araç sayısı %111,2 oranında artış göstermiştir [3]. Bu artış ne yazık ki özellikle ana arterlerde oluşan araç trafiğinin artmasına sebebiyet vermekte ve artan bu trafik, trafik kazalarının meydana gelme olasılığını da artırmaktadır. Trafik kazalarının meydana gelmesinde etkili olan çeşitli faktörler bulunmasına karşın, elde edilen istatistiksel sonuçlara göre kazaların büyük bir çoğunluğunun sürücü kaynaklı meydana gelen kazalardan oluştuğu görülmektedir. [4,5]. Trafikte geçirilen sürenin artmasının sürücüler üzerinde yarattığı stres, öfke, dikkat dağınıklığı gibi faktörler sürücü kaynaklı kaza oranlarındaki yüksekliği açıklar niteliktedir. Bunun yanı sıra yoğun trafik fazla yakıt tüketimi, artan gaz emisyonu, hava kirliliği, gürültü kirliliği gibi çevresel olumsuzlukları da tetiklemektedir. Yapılan araştırmalardan, ulaşım faaliyetleri nedeniyle tüketilen yakıtlardan açığa çıkan emisyon miktarı küresel sera gazlarının yaklaşık olarak %20’sini oluşturmaktadır. Ulaşım türlerinden karayolu ulaşımı ise bu oranın %70’ini oluşturmaktadır [6]. Tüm bu sebepler göz önüne alındığında trafik yoğunluğu sorununun çözülmesi gereken bir problem olduğu yadsınamaz bir gerçektir.

Dünya’da ve ülkemizde halihazırda sürücülere şeritteki yoğunluk ya da özel durum konusunda sadece şeridin kapalı ya da yoğun olduğu şeklinde uyarı yapan dijital sistemler mevcuttur. Bu sistemler şeritte kaza vb. durumdan kaynaklı bir kapanma ya da yoğun trafik akımından dolayı bir tıkanma var ise genel bir uyarı yaparak sürücülere bu şeridi kullanmamaları ve diğer şeritlere yönlendirme konusunda bilgilendirmektedir. Günümüzde özellikle batılı ülkelerde, sürücülerin daha hızlı gitme arzusu ile tek bir şeridi tercih etme durumları bu ülkelerdeki geometrik yol düzenlemeleri, sürücü kültürü, cezai yaptırımlar vb. nedenlerle ne yazık ki

pek sık rastlanılan bir durum değildir. Ne yazık ki agresif sürücü profiline sahip ve ehliyet aşamasında sürücü eğitiminin oldukça zayıf olduğu ülkemizde sürücüler çok şeritli ana arterleri kullanarak bir yerlere yetişmeye arzusu içerisinde zamandan tasarruf etmek adına genellikle hızlı akan şerit olarak düşünülen sol şeriti tercih etmektedirler. Bu genel olumsuz durum nedeniyle sol şerit durma noktasına gelirken orta ve sağ şeritten trafik akışının daha hızlı devam ettiği durumlar meydana gelebilmektedir. Aynı zamanda sol şeritte seyir halindeyken sinyalizasyon kavşaklarda, ışığın yeşilden kırmızıya döndüğü anda uzun kuyruklar yaşanırken diğer şeritlerde kuyruğun daha az olması nedeniyle kuyruğun daha hızlı boşaldığı gözlemlenebilmektedir. Bu olumsuz durum ülkemizde bu sorunun çözümüne katkı sağlayabilecek yeni sistem ve sistemlerin geliştirilmesini elzem kılmaktadır.

Bu nedenle bu çalışmada iki veya daha fazla şeride sahip ana arterlerde şerit yoğunluğunun tespiti ile şeritlerin kontrollü kullanılarak, hatalı şerit kullanımından kaynaklanan trafik yoğunluğunu bir miktar azaltabilecek yeni bir şerit yoğunluk tespit ve bilgilendirme sistemi önerilmiştir. Bu yeni sistem mevcut sistemlerde olduğu gibi sadece şerit kapalı ya da yoğun bilgisi yerine yapılacak sayımlar ile şeritlerin tam olarak yoğunluk oranını vererek sürücülerin şeritlere eşit şekilde dağılmalarını sağlayabilecektir. Bu kapsamda belirli aralıklarla konumlandırılan dijital mesaj sistemleri yardımıyla trafik yoğunluğunun az olduğu şeritten ilerlemesi ve bu sayede her bir şeridin eşit oranda kullanımı sağlanarak; tek bir şeritte oluşabilecek yoğunluğun önüne geçilmesi amaçlanmaktadır Genel olarak çalışmanın ana motivasyonu, Türkiye vb. şerit seçim ve kullanım disiplininin zayıf olduğu ülkelerde dijital sistemlerden yararlanarak, sürücülerin en efektif şerit seçimi yapmaları konusunda onları yönlendirmek ve böylece kapasite kullanımında artış sağlayabilmektedir. Çalışma ile hızlı gidebilmek amacıyla hep sol şeridi kullanan sürücülerin neden olduğu kapasite kaybını azaltarak, akımın şeritler arasında eşit dağılımını sağlayarak kapasiteyi arttırabilmek hedeflenmektedir.

Önerilen bu sistem üzerinde etkili olan faktörlerin belirlenmesi amacıyla SWOT (Güçlü yönler, Zayıf yönler, Fırsatlar, Tehditler) analizi yapılmıştır. Bu analiz ile belirlenen tüm faktörler uzman değerlendirmeleri sonuçlarının analitik hiyerarşi prosesi (AHP) yöntemi kullanılarak ağırlıklandırılmıştır. Analitik Hiyerarşi Prosesi ve SWOT analizinin entegrasyonunu barındıran A’WOT tekniği elde edilen sonuçlara göre sistemin

en güçlü yönünün önerilen bu sistemden arzulanan doğru şerit kullanımı ile trafikte tıkanıklığın azaltılması olduğu görülmüştür. Çalışma ile önerilen sistemin çıkış noktası olan bu faktörün ön planda olması, çalışmanın temel amacını desteklemiş ve bu tür yenilikçi sistemlere ihtiyaç olduğunu net şekilde ortaya koymuştur.

Mevcut çalışma, bir sonraki bölümde önerilen sisteme benzer çalışmaları incelemektedir. Üç numaralı bölümde ise sistemin tasarım özelliklerini detaylı olarak adım adım anlatmakta ve işletmenin nasıl olacağını paylaşmaktadır. Sonraki bölümde ise A'WOT analizi ile sistemin önceliklerinin neler olduğunu araştırmakta ve bu öncelikler dikkate alınarak tasarımının yapılması gerektiğini açıklamaktadır. En son bölüm olan "Sonuç ve Öneriler" bölümünde ise bu ve benzeri sistemlerin uygulanması ile birlikte elde edilmesi beklenen muhtemel kazanımlar belirtilerek; efektif bir performans için nelere dikkat edilmesi gerektiğine dikkat çekilmektedir.

2. LİTERATÜR TARAMASI (LITERATURE REVIEW)

Mevcut yol kapasitesinin artan araç sayısı nedeniyle yetersiz kalmaya başlaması trafikteki sıkışıklığın giderek artmasına neden olmaktadır [7,8]. Bu artış günümüzde ciddi bir sorun haline gelmektedir. Özellikle büyük şehirlerdeki yoğun nüfus, beraberinde trafiğe çıkan araç sayısında da artışa neden olduğundan bu olumsuz trafik durumundan çok daha fazla etkilenmektedir. Bu noktada mevcut yol kapasitesinin iyi bir trafik yönetimi ile efektif bir şekilde kullanımı önem kazanmaktadır [9,10].

Literatürde trafik yoğunluğunun azaltılması konusunda en çok yapılan çalışmalar arasında trafik ışıklarının yönetilmesi, dinamik araç paylaşımı, kavşakların yönetilmesi, trafik yoğunluk tespitinin yapılması ve şerit değiştirme modeli çalışmaları yer almaktadır [11-14]. Bu sorunların çözümlerinde gelişen teknoloji ile birlikte kullanımı artan akıllı sistemler yoğun şekilde kullanılmaktadır. Literatürde, trafik yoğunluğunun azaltılması ile ilgili yapılan çalışmalarda; dijital görüntü işleme, sensörler, çeşitli algoritmalar, VANET, yapay sinir ağları, nesnelerin interneti yöntemlerinin en çok kullanılan yöntemler arasında olduğu görülmektedir [15-25]. Trafik yoğunluğunun tespiti üzerine yapılan mevcut çalışmalar temelde yol güzergahı boyunca oluşan yoğunluk dikkate alınarak sürücülere yeni rota önerildiği durumları incelemektedir [26-28]. Bunun yanı sıra, incelenen bazı çalışmalarda şerit değiştirme modelleri önerilerek trafik yönetimi ve seyahat süresinin

optimizasyonunun sağlanması da amaçlanmıştır [11, 29-31]. Sürücülerin şerit değiştirme davranışının trafik akışı üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğu aşikardır. Yapılan araştırmalar şerit değiştirme süresinin ortalama 5 ila 6 saniye arasında olduğunu göstermektedir. Trafik akışı ile ilgili oluşturulan bir simülasyon modelinden şerit değiştirme sürelerinin çıkarılması, sonuçlar üzerinde önemli bir etkiye neden olmaktadır [32]. Bu nedenle sürücülerin zaman kazanmak adına sürekli şerit değiştirme davranışı göstermeleri, trafikte ciddi bir aksamaya neden olmaktadır. Sürücülerin seyahatleri sırasında trafik yoğunluğu hakkında bilgi sahibi olarak bir yol izlemeleri, trafik yoğunluğunun yönetilmesinin yanı sıra trafikte harcanan zamanın ve zararlı gaz salımının azalması gibi birçok katkısı da bulunmaktadır. Örneğin Menegutte vd. [33] tarafından yürütülen bir çalışmada sürücülere sıkışık yollardan kaçınarak yeni rotalar önermek için araçlar arası iletişim (IVC) tabanlı bir çözüm önerilmiş ve bunun sonucunda 1000 araç/km² için CO emisyonunda %10, yakıt tüketiminde %8, seyahat süresinde %9'luk bir azalma sağlandığı ortaya çıkmıştır.

Mevcut çalışmalar irdelendiğinde, tek başına SWOT analizi belirlenen faktörler için nicel bir sonuç vermediği AHP yönteminin SWOT analizine hibritlenmesiyle ortaya çıkan A'WOT analizinin belirlenen faktörlerin birer ağırlığa sahip olmasını sağladığı görülmektedir. Bu sayede analiz sonuçlarına göre yapılacak stratejiler için faktörlerin etkisi göz önüne alınarak daha etkili bir değerlendirme yapma fırsatı sunulmaktadır. Literatürde A'WOT analizi ilk olarak Kurtilla vd. [34] tarafından önerilmiş ve Finlandiya'da orman sertifikasyonu uygulaması yürütülmüştür. Çalışmada, yaygın bir planlama aracı olarak kullanılan SWOT analizinin zayıf yönlerinden olan nicel değer eksikliğinin A'WOT metodunun önerilmesi ile giderildiği ve daha etkili bir analiz sonucu ortaya koyduğu ileri sürülmektedir [34]. A'WOT analizi ortaya çıktığı andan itibaren turizm, çevre bilimi, eğitim, sağlık, üretim gibi stratejik planlamanın yapıldığı birçok farklı alanda tercih edilen bir yöntemdir [35, 36]. Örneğin Bottero vd. [37], kültürel miras varlıklarının yönetimi için A'WOT analizinden yararlanarak tarihi çiftlik evlerinin korunma stratejilerinin belirlenmesi üzerine bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Lee vd. [38] tarafından bir balıkçı köyünde turizmin canlandırılmasını konu alan bir uygulama yürütülmüştür. Bourhim ve Cherkaoui [39] çalışmalarında A'WOT analizi kullanarak yangın eğitiminde sanal gerçekliğin etkisini konu almıştır. Bir başka çalışmada Jozi vd. [40] kırsal atık yönetimi stratejilerinin belirlenmesi için A'WOT

analizini kullanarak en etkili stratejinin belirlenmesini amaçlamıştır.

A'WOT analiz çerçevesi, ulaştırma endüstrisindeki karmaşıklıkların çözümü noktasında çok yönlü bir yaklaşım sunmaktadır. İstekleri, zayıflıkları, fırsatları ve tehditleri iç içe geçirerek kullanan bu teknik, paydaşlara, ortaya çıkan trendler ve yeniliklerden yararlanırken hedefleriyle uyumlu stratejiler geliştirmeleri için güç vermektedir. Ulaşım alanında gelişmeler yaşanmaya devam ederken, A'WOT analizinden elde edilen iç görüleri benimsemek, sürdürülebilir ve verimli bir mobilite geleceğini şekillendirmede çok önemli olmaktadır [41]. A'WOT analizi üzerine yapılan araştırmada Öztaş Karlı ve Karlı [42] A'WOT analizinin ulaşım alanında akıllı ulaşım sistemlerinde mikromobilite potansiyelinin değerlendirilmesinde kullanıldığını belirlemiştir. Çalışma sonuçlarından Türkiye'de AUS strateji belgelerinin oluşturulduğunu ancak mikromobilite stratejilerinin yetersiz olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca, mikromobilite araçlarının farklı ulaşım modlarıyla entegre edilmesinin önemli bir fırsat olduğunu fakat yetersiz mikromobilite altyapısı ve sürüş güvenliğinin olmamasının bu konuda başlıca tehditler olduğunu belirtmişlerdir.

Bu çalışmada A'WOT tekniği kullanılarak önerilen sistemin dört farklı yönden (güçlü yönler, zayıf yönler, fırsatlar, tehditler) analiz edilerek sistemin çalışmasında etkili olan faktörlerin önem sırasının belirlenmesi ile geleceğe yönelik plan ve stratejilerin oluşturulmasında destek sağlanması amaçlanmıştır. Mevcut literatür incelendiğinde, trafik yoğunluğunun azaltılabilmesi için yürütülen çalışmaların bazılarında ele alınan soruna teknolojik yaklaşımlar sunulurken; diğer birçok çalışmada da yeni algoritmalar ileri sürülerek çözüm önerileri geliştirilmeye çalışılmıştır [16-18, 31]. Günden güne gelişen ve yaygınlaşan teknolojik yöntemler hayatımızın birçok alanında olduğu gibi ulaşım alanında da kendini göstermektedir. Ancak, tüm bunlara rağmen ana arterlerde hatalı şerit seçim ve kullanım davranışlarından kaynaklanan trafik yoğunluğu sorunu ciddiyetini korumaktadır.

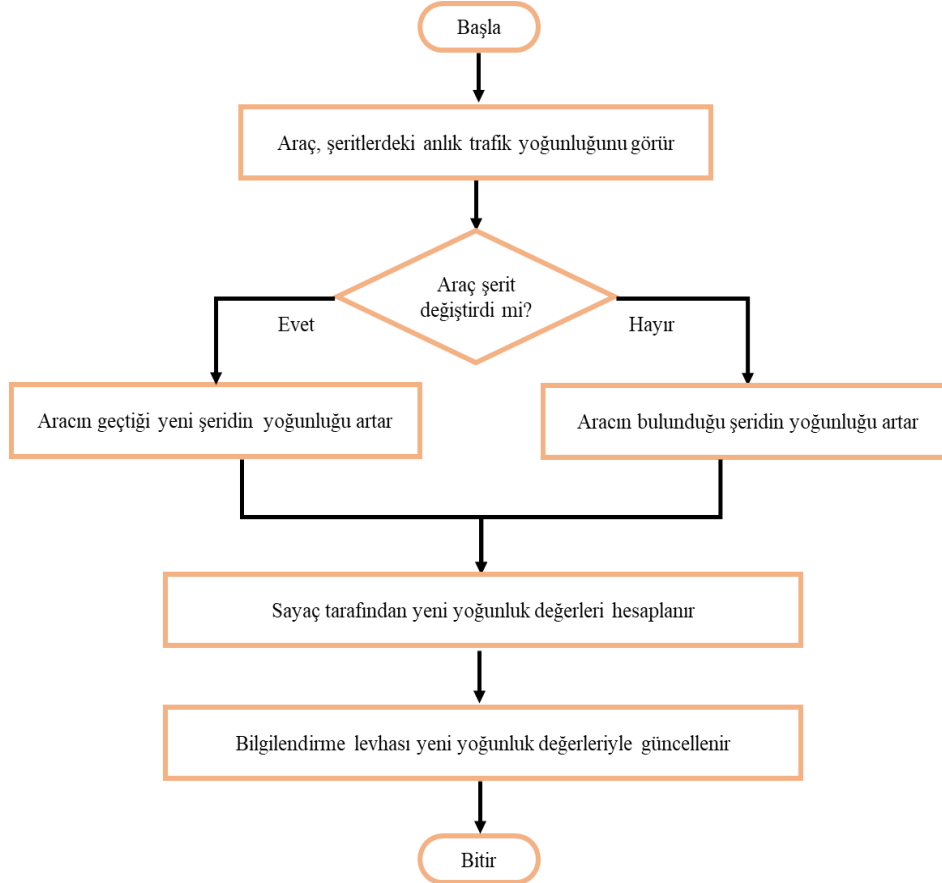
Mevcut birçok çalışma yollardaki yoğunluğu anlık olarak inceleyerek onlara alternatif güzergahlar önerirken; bu çalışma önerilen sistemle iki veya daha fazla şeride sahip ana arterlerde sürücülere anlık olarak her bir şeridin yoğunluğunun bilgisinin verilmesini planlamaktadır.

Çalışma, literatürde benzer çalışmalardan farklı olarak sürücülere şeritlerdeki yoğunluğu anlık olarak vererek; onların trafikte rastgele bir şekilde sürekli şerit değiştirmesini düzenleyebilmeyi amaçlamaktadır ve bunu yaparken de sürücülerin şerit yoğunluklarını görerek bilinçli bir şerit değiştirme davranışı içerisinde olabilmelerini hedeflemektedir. Önerilen bu sistem yardımıyla sol şeridi kullanarak ya da sürekli şerit değiştirerek daha hızlı gidebileceğini düşünen sürücüler bilgilendirilerek; hali hazırda sıkça görülen şerit kullanım disiplinsizliğini en aza indirebilmek beklenmektedir. Böylece çok şeritli ana arterlerde trafik akımını düzenleyen ve yanlış şerit kullanımından kaynaklı oluşan düzensiz yoğunluğun azalmasına katkı sağlayabileceği düşünülen bu tür sistemlerin kullanımının yaygınlaşması arzulanmaktadır.

3. MATERYAL VE METOD (MATERIAL AND METHOD)

3.1. Sistem Tasarımı ve İşletimi (System Design and Operation)

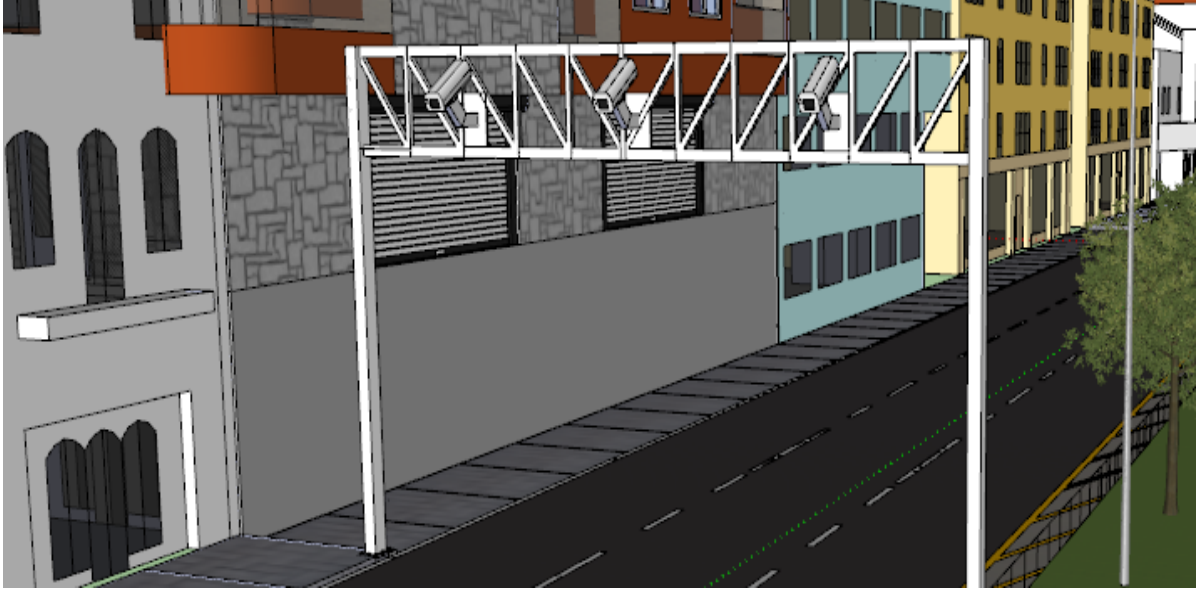
Trafikte sürücülerin şeritlerdeki yoğunluğu göz önüne alarak hareket edeceği şerit ya da şeritleri tercih etmeleri, trafik akışını düzene sokmak için önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir [43]. Sürücülerin yoğunluğu az olan şeritlere yönlendirilmeleri ile şeritlerin kullanım oranları arasında bir denge sağlanarak, ana arter kapasitelerinin efektif bir şekilde kullanımının sağlanacağı düşünülmektedir. Bu kapsamda trafiğin yoğun ve şerit seçim disiplinsizliğinin fazla olduğu yollarda önerilecek yeni akıllı sistemin çalışma prensibi Şekil 1'de gösterildiği gibi belirlenmiştir.



Şekil 1. Önerilen sistemin çalışma prensibine ait akış şeması (Flow chart of the working principle of the proposed system)

Çalışma temel olarak şerit seçim disiplinsizliklerinin yoğun olarak gözlemlendiği ve kapasite kaybının fazla olduğu şehiriçi iki ve üç şeritli ana arterlerde bu sistemlerin uygulanmasını hedeflemektedir. Bu kapsamda çalışmada hız limiti 70 km/saat olan, iki veya daha fazla şeride sahip, şehir içi ana arterlerde her 250 metrede bir konumlandırılmak üzere şerit yoğunluk tespiti sayaçları önerilmiştir. Bu sayaçlar ve levhaların

üzerine monte edildiği direkler, T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'nın belirlemiş olduğu azami araç yüksekliğinin 4 metre olması nedeniyle 5 metre yüksekliğinde olacak şekilde tasarlanmıştır [44]. Araç yoğunluğunu plaka okuma ve görüntü işleme sistemi ile tespit edecek olan tag'ların tasarımı ait örnek görsel Şekil 2'de verilmektedir. Çalışmada tüm kurgu ve üç boyutlu çizimler SketchUp® programında hazırlanmıştır (Şekil 2-7).



Şekil 2. Şerit yoğunluk tespit sayaçlarının konumlandırılmasına ait örnek görsel (Example visual of positioning strip density detection meters)

Kameralı sisteme sahip olan sayaçlar, şeritleri 7/24 izlemekte ve bu şeritlerden geçen araçlar hem plakalı okunarak hem de görüntü işleme ile araç tespiti sayesinde tespit edilerek; şerit kullanım yoğunlukları belirlenecektir. Kullanılan kameralarda bulunan plaka tanıma sistemi özelliği sayesinde tespit edilen araçlar, şerit kullanım yoğunluklarının hesaplanması için dikkate alınan bölgeyi terk ettiklerinde bu durum tespit edilecektir. Bu araçlar önceki bölgeden çıkartılarak bir sonraki bölgenin yoğunluk tespiti için yapılan hesaplama

dahil edilecek ve şerit kullanım yoğunlukları sürekli olarak güncellenecektir. Bu yoğunluklar her 500 metrede bir Şekil 3’ de gösterilen bilgilendirme sistemiyle sürücülere sunulurken; sürücüler yoğunluğu az olan şeride geçmeleri doğrultusunda teşvik edilecektir. Yönlendirilmeler sonucunda şerit değiştiren araçlar, bilgilendirme sistemlerinin arka kısmında bulunan kameralar yardımıyla tespit edilerek; arkadan gelen diğer araçlar için güncel yoğunluklar yansıtılacaktır.



Şekil 3. Şerit yoğunluk tespiti tabelalarının gösterimine ilişkin hazırlanan örnek görsel (Sample visual prepared for the display of lane density detection signs)

Yoğunluk oranları %0-49, %50-79, %80-100 olarak 3 sınıfa ayrılacak ve seyir halinde olan sürücülerin kolay algılayabilmesi için %0-49 arasındaki

değerler yeşil renkle, %50-79 arasındaki değerler sarı renkle ve %80-100 arasındaki değerler ise kırmızı renkle gösterilecektir. Bilgilendirme

tabelalarındaki yoğunluk oranları, sürücülerin en az 30 metreden görebileceği büyüklükte yazılarak sürücülerin dikkatine sunulacaktır. Sürecin daha iyi anlaşılması adına bir otobüsün önerilen sistemde ilerleyişi modellenerek; sistemin çalışma prensibine ait örnek bir durum Şekil 4'te gösterilmektedir.

Sistemin kurulu olduğu bir ana arterde ilerleyen otobüs, şerit yoğunluklarının gösterildiği mesaj sistemi sayesinde en az yoğun olan şeridin orta şerit olduğunu görecek ve ihtiyaç duyduğunda şerit değiştirerek bu şeridi kullanabilecektir.



Şekil 4. Sistemin kurulu olduğu örnek bir ana arter tasarımı (A sample arterial design with the system installed)

Otobüs sürücüsünün en az yoğunluğa sahip olan orta şeride geçmesiyle birlikte Şekil 5'te gösterildiği gibi değişken mesaj sistemlerinin arka kısmında her bir şeridi tarayarak sayaç görevi gören üç kamera konumlandırılacaktır. 20 metrelik bir

tarama menziline sahip olan kameralar tarafından taranan otobüsün bir sonraki tarama bölgesine kadar herhangi bir şerit değişikliğinde bulunmadan devam ettiği varsayımına göre yoğunluk oranları hesaplanacaktır.



Şekil 5. Değişken mesaj sistemlerinin arkasında yer alan örnek bir plaka okuma ve görüntü işleme ile araç tespit sistemi (A sample license plate reading and vehicle detection system with image processing behind variable message systems)

İncelenen örnek otobüsün, bilgilendirme ekranlarının arkasında bulunan kameralar ile taranan birinci tarama bölgesinden geçmesinin ardından, otobüsün arkasından gelen araçların gördüğü bilgilendirme ekranı Şekil 6’da gösterildiği gibi yeni oranlar ile güncellenecektir. Bu durum, değişen araç geçiş oranlarına göre sürekli ve anlık olarak güncellenecektir. Birinci tarama bölgesinden geçen otobüs 250 metre sonra Şekil 7’de gösterilen ikinci tarama bölgesine girecektir. Otobüsün ilk tarama alanından geçmesinin ardından eğer şerit değiştirmiş ise bu durum ikinci tarama alanında

tespit edilerek şeritlerin yeni yoğunlukları hesaplanacaktır. İkinci tarama bölgesinden geçen sürücü 250 metre sonra ulaşılan bildirim ekranlarından şeritlerin 500 metrelik yoğunluklarına göre bir şerit tercihinde bulunacak ve süreç sürekli olarak devam edecektir. Böylece daha az yoğun olan şeritleri kullanan, daha kesintisiz ve hız limitleri dahilinde kısa sürede gidecekleri ulaşan sürücülerin kısa süre içerisinde şerit seçim ve kullanım disiplini kazanabilecekleri görülebilecektir.



Şekil 6. Şerit yoğunluklarının değişken mesaj sistemleri üzerinde güncellenmesi (Updating lane densities on variable message systems)



Şekil 7. Bir diğer yoğunluk tespit bölgesine ait örnek görsel (Example image of another density detection zone)

3.2. A'wot Analizi İle Önerilen Sistemin Önceliklerinin Tespiti (Determining the Priorities of The Proposed System with A'wot Analysis)

A'WOT analizi, SWOT (Güçlü yönler, Zayıf yönler, Fırsatlar, Tehditler) analizinde yer alan faktörlerin AHP yöntemi ile sayısallaştırarak önem derecelerinin belirlenmesinde kullanılan bir

yöntemdir. A'WOT analizinin uygulanması temel beş adımdan oluşmaktadır [45]:

Adım 1: SWOT çerçevesinde her bir grup için faktörler belirlenir.

Adım 2: Tablo 1' de gösterilen ve Saaty [46] tarafından önerilen 9 puanlık değerlendirme ölçeğinden yararlanılarak belirlenen faktörlerin ikili karşılaştırmaları yapılır.

Tablo 1. Önem skala değerleri ve tanımları (Importance scale values and definitions) [46]

Değer	Tanım	Açıklama
1	Eşit derecede önemli	İki seçenekte eşit derecede öneme sahip
3	Orta derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine karşı biraz üstün kılmakta
5	Kuvvetli derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine karşı oldukça üstün kılmakta
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir kriter diğerine göre üstün sayılmıştır
9	Kesin önemli	Bir kriterin diğerinden üstün olduğunu gösteren kanır çok büyük güvenilirliğe sahiptir
2,4,6,8	Ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasındaki değerler

Adım 3: İkili karşılaştırmalar ile elde edilen matrislerin, Denklem (1) kullanılarak sütun vektörleri hesaplanır.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (1)$$

Bu adımda N adet B sütun vektörünün birleşmesiyle bir C matrisi oluşturulur. Oluşturulan bu matris üzerinde Aşağıda verilen Denklem (2) kullanılarak her bir faktör için yerel ağırlıklar hesaplanır.

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad (2)$$

Adım 4: Dördüncü adımda yerel ağırlıklar elde edildikten sonra ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlılığı kontrol edilir. Bunun için ilk olarak karşılaştırma matrisi ile W_i matrisinin çarpımı ile D sütun vektörü elde edilir. Burada Denklem (3)'te gösterildiği gibi D sütun vektörü ile W sütun

vektörünün bölümü ile her bir faktöre ilişkin temel değer (E) elde edilir. Bu değerler Denklem (4)'te kullanılarak λ değeri elde edilir.

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (3)$$

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (4)$$

λ değeri hesaplandıktan sonra Denklem (5) ile tutarlılık indeksi (CI) hesaplanır. Ardından Denklem (6) kullanılarak nihai tutarlılık oranı (CR) elde edilir.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (5)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (6)$$

Denklem (6)'da kullanılan RI değeri, kriter sayısı dikkate alınarak Tablo 2' ye göre belirlenmektedir.

Tablo 2. RI değerleri (RI values) [37]

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

İşlemler sonucunda hesaplanan CR değerinin 0,1' den küçük olması beklenmektedir. CR değeri 0,1'den büyük ise karar verici tarafından ikili karşılaştırmaların tekrarlanması istenmektedir.

Matrisler tutarlı hale gelinceye kadar bu işlem tekrarlanır.

Adım 5: En son adımda ise matrislerin tutarlılığından emin olunmasının ardından son

olarak her bir alternatifin kriterlerinin genel ağırlıkları toplanarak sıralanır. Çalışmada yukarıda belirtilen tüm bu adımlar doğrultusunda ilk olarak önerilen sistemin SWOT

analizi yapılmış ve sonuçlar Şekil 8'de gruplandırılarak gösterilmiştir.

<u>GÜÇLÜ YÖNLER</u>
G1- Şerit kullanımını efektif hale getirmesi
G2- Trafikte tıkanıklığı azaltması
G3- Yol kapasitesinin efektif kullanımının artırması
G4- Sürücülere karar destek sağlaması
G5- Trafikte geçirilen süre ve buna bağlı olarak harcanan yakıt miktarında azalma sağlaması
G6- Plancılara ve karar vericilere araştırmaları için veri sağlaması
<u>ZAYIF YÖNLER</u>
Z1- Sürücülerin bilgilendirmelere rağmen şerit değiştirme eğilimi göstermemeleri
Z2- Dijital mesaj sistemlerinin arızalanma olasılığı
Z3- Şerit değiştiren araçların karmaşaya neden olabilme olasılığı
Z4- Bilgilendirme sistemlerinin görüş alanına girmesiyle şerit değiştiren sürücünün bu sisteme yaklaştığında yoğunlukların değişme ihtimali
Z5- Agresif şerit değiştirmelerin trafik kazalarına neden olma durumu
Z6- Kaldırıma yakın en sağ şerit üzerinde çok fazla durak ve duraklayan araç olma nedeniyle olumsuz durumların gözlenmesi
<u>FIRSATLAR</u>
F1- Sürücülere efektif şerit kullanımı alışkanlığının kazandırılması
F2- Sürücü psikolojisi, yakıt tüketimi ve çevresel yönden daha avantajlı olması
F3- Akıllı şehir olma yolunda akıllı sistem kullanımının yaygınlaşması
F4- Sürücülerin elde edilecek pozitif kazanımlarla bu tür akıllı sistemlere daha iyimser bakarak kurallara ve bilgilendirmelere uyma isteğinin artması
F5- Şeritlerdeki yoğunluğa göre anlık yolculuk sürelerinin tahmininin yapılabilmesi
<u>TEHDİTLER</u>
T1- Yenilikçi yaklaşımları kabul etme eğilimi zayıf olan sürücü profili
T2- Sistem performansının beğenilmemesi durumu
T3- Sistemin uygulanması sırasında gözlemlenebilecek olumsuz durumlar

Şekil 8. Önerilen sisteme ilişkin SWOT analizi (SWOT analysis of the proposed system)

4. BULGULAR (FINDINGS)

Bir önceki bölümde önerilen şerit yoğunluk tespit sistemine ilişkin yapılan SWOT analizi ile belirlenen güçlü yönler, zayıf yönler, fırsatlar ve tehditler ile belirlenen tüm faktörlerin kendi içerisinde ikili karşılaştırmasının yapılması için ulaşım alanında uzman olan 5 kişilik bir uzman ekip seçilmiştir. Uzman kişilerin seçiminde ulaşım alanında tüm paydaşları kapsayacak şekilde ve minimum 10 yıl tecrübe sahiplerinin çalışmaya katılacağı bir yol izlenmiştir. Bu kapsamda

uzmanlardan üç tanesi ulaşım alanında çalışmalar yürüten doktora mezunu akademisyen olarak seçilmiştir. Geriye kalan iki adet akademisyenden bir tanesi bir büyükşehir belediyesi ulaşım dairesinde çalışma konusunda çalışan bir yüksek mühendis ve diğeri ise Karayolları Genel Müdürlüğü bünyesinde çalışan bir yüksek mühendistir. Analizler kapsamında uzmanlara yöneltilen her bir faktör grubu için ikili karşılaştırma matrisleri elde edilmiştir. Bu

aşamadan sonra Şekil 1’de belirtilen tüm işlem adımları sırasıyla takip edilerek cevaplara ilişkin yerel faktör ağırlıkları belirlenmiştir. Burada belirtilen yerel faktör ağırlıkları, SWOT gruplarının kendi içindeki faktör kıyaslamaları ile elde edilmiştir. Grupların önem derecesinin eşit olduğu varsayılarak, belirlenen grup öncelik değerleri yerel faktör ağırlıkları ile çarpılmış ve her bir faktör için genel faktör ağırlık değerleri belirlenmiştir.

Yöntemin uygulanmasında hesaplama kolaylığı bakımından Expert Choice® programından yararlanılmıştır. Üç farklı karar verici tarafından elde edilen ikili karşılaştırma matrisleri ve bu matrislerin geometrik ortalaması alınarak hesaplanan ortak karar matrisleri Tablo 3-6’ da belirtilmiştir. Elde edilen ortak karar matrisleri üzerinden hesaplanan yerel ve genel faktör ağırlıkları Tablo 7’de verilmektedir.

Tablo 3. Güçlü yönler için karar matrisleri (Decision matrices for strengths)

KV1	G1	G2	G3	G4	G5	G6	KV2	G1	G2	G3	G4	G5	G6
G1	1,00	0,14	0,13	3,00	0,20	1,00	G1	1,00	0,14	0,33	5,00	0,20	3,00
G2	7,00	1,00	1,00	6,00	3,00	5,00	G2	7,00	1,00	5,00	8,00	3,00	7,00
G3	8,00	1,00	1,00	3,00	0,50	2,00	G3	3,00	0,20	1,00	5,00	0,33	5,00
G4	0,33	0,17	0,33	1,00	0,14	0,33	G4	0,20	0,13	0,20	1,00	0,14	0,33
G5	5,00	0,33	2,00	7,00	1,00	4,00	G5	5,00	0,33	3,00	7,00	1,00	5,00
G6	1,00	0,20	0,50	3,00	0,25	1,00	G6	0,33	0,14	0,20	3,00	0,20	1,00

KV3	G1	G2	G3	G4	G5	G6	OKM	G1	G2	G3	G4	G5	G6
G1	1,00	0,14	0,25	4,00	0,14	0,17	G1	1,00	0,14	0,22	3,91	0,18	0,79
G2	7,00	1,00	3,00	8,00	1,00	2,00	G2	7,00	1,00	2,47	7,27	2,08	4,12
G3	4,00	0,33	1,00	5,00	0,20	0,33	G3	4,58	0,41	1,00	4,22	0,32	1,49
G4	0,25	0,13	0,20	1,00	0,13	0,17	G4	0,26	0,14	0,24	1,00	0,14	0,26
G5	7,00	1,00	5,00	8,00	1,00	4,00	G5	5,59	0,48	3,11	7,32	1,00	4,31
G6	6,00	0,50	3,00	6,00	0,25	1,00	G6	1,26	0,24	0,67	3,78	0,23	1,00

Tablo 4. Zayıf yönler için karar matrisleri (Decision matrices for weaknesses)

KV1	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	KV2	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6
Z1	1,00	3,00	0,33	5,00	0,17	0,20	Z1	1,00	3,00	0,33	5,00	0,14	0,33
Z2	0,33	1,00	0,20	3,00	0,14	0,20	Z2	0,33	1,00	0,14	3,00	0,13	0,20
Z3	3,00	5,00	1,00	7,00	0,14	0,33	Z3	3,00	7,00	1,00	4,00	0,20	0,33
Z4	0,20	0,33	0,14	1,00	0,11	0,14	Z4	0,20	0,33	0,25	1,00	0,11	0,20
Z5	6,00	7,00	7,00	9,00	1,00	3,0	Z5	7,00	8,00	5,00	9,00	1,00	3,00
Z6	5,00	5,00	3,00	7,00	0,33	1,00	Z6	3,00	5,00	3,00	5,00	0,33	1,00

KV3	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	OKM	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6
Z1	1,00	3,00	0,20	5,00	0,14	0,33	Z1	1,00	3,00	0,28	5,00	0,15	0,28
Z2	0,33	1,00	0,25	3,00	0,13	0,20	Z2	0,33	1,00	0,19	3,00	0,13	0,20
Z3	5,00	4,00	1,00	6,00	0,20	0,33	Z3	3,56	5,19	1,00	5,52	0,18	0,33
Z4	0,20	0,33	0,17	1,00	0,11	0,20	Z4	0,20	0,33	0,18	1,00	0,11	0,18
Z5	7,00	8,00	5,00	9,00	1,00	2,00	Z5	6,65	7,65	5,59	9,00	1,00	2,62
Z6	3,00	5,00	3,00	5,00	0,50	1,00	Z6	3,56	5,00	3,00	5,59	0,38	1,00

Tablo 5. Fırsatlar için karar matrisleri (Decision matrices for opportunities)

KV1	F1	F2	F3	F4	F5	KV2	F1	F2	F3	F4	F5
F1	1,00	0,33	5,00	5,00	3,00	F1	1,00	0,14	3,00	0,50	0,25
F2	3,00	1,00	5,00	4,00	5,00	F2	7,00	1,00	9,00	6,00	3,00
F3	0,20	0,20	1,00	1,00	0,25	F3	0,33	0,11	1,00	0,50	0,17
F4	0,20	0,25	1,00	1,00	0,50	F4	2,00	0,17	2,00	1,00	0,25
F5	0,33	0,20	4,00	2,00	1,00	F5	4,00	0,33	6,00	4,00	1,00

KV3	F1	F2	F3	F4	F5	OKM	F1	F2	F3	F4	F5
F1	1,00	0,33	6,00	5,00	3,00	F1	1,00	0,25	4,48	2,32	1,31
F2	3,00	1,00	7,00	5,00	4,00	F2	3,98	1,00	6,80	4,93	3,91
F3	0,17	0,14	1,00	2,00	0,20	F3	0,22	0,15	1,00	1,00	0,20
F4	0,20	0,20	0,50	1,00	0,25	F4	0,43	0,20	1,00	1,00	0,31
F5	0,33	0,25	5,00	4,00	1,00	F5	0,76	0,26	4,93	3,17	1,00

Tablo 6. Tehditler için karar matrisleri (Decision matrices for threats)

KV1	T1	T2	T3	KV2	T1	T2	T3
T1	1,00	0,33	0,14	T1	1,00	0,17	0,11
T2	3,00	1,00	0,20	T2	6,00	1,00	0,25
T3	7,00	5,00	1,00	T3	9,00	4,00	1,00
KV3	T1	T2	T3	OKM	T1	T2	T3
T1	1,00	0,20	0,11	T1	1,00	0,33	0,12
T2	5,00	1,00	0,20	T2	4,48	1,00	0,22
T3	9,00	5,00	1,00	T3	8,28	4,64	1,00

Tablo 7. A'WOT tekniği sonucunda elde edilen faktör ağırlıklarına ait sonuçlar (Results of the factor weights obtained as a result of the A'WOT technique)

SWOT Grubu	Grup Önceliği	SWOT Faktörleri	Yerel Faktör Ağırlığı	Genel Faktör Ağırlığı	Önem Sırası
1- Güçlü Yönler	0,25	Şerit kullanımını efektif hale getirmesi	0,065	0,016	5
		Trafikte tıkanıklığı azaltması	0,371	0,093	1
		Yol kapasitesinin efektif kullanımını artırması	0,148	0,037	3
		Sürücülere karar destek sağlaması	0,032	0,008	6
		Trafikte geçirilen süre ve buna bağlı olarak harcanan yakıt miktarında azalma sağlaması	0,294	0,074	2
		Plancılara ve karar vericilere araştırmaları için veri sağlaması	0,089	0,022	4
2- Zayıf Yönler	0,25	Sürücülerin bilgilendirmelere rağmen şerit değiştirme eğilimi göstermemeleri	0,090	0,023	4
		Dijital mesaj sistemlerinin arızalanma olasılığı	0,050	0,013	5
		Şerit değiştiren araçların karmaşaya neden olabileceği olasılığı	0,153	0,038	3
		Bilgilendirme sistemlerinin görüş alanına girmesiyle şerit değiştiren sürücünün bu sisteme yaklaştığında yoğunlukların değişme ihtimali	0,029	0,007	6
		Agresif şerit değiştirmelerin trafik kazalarına neden olma durumu	0,453	0,113	1
		Kaldırıma yakın en sağ şerit üzerinde çok fazla durak ve duraklayan araç olma nedeniyle olumsuz durumların gözlenmesi	0,226	0,057	2
3- Fırsatlar	0,25	Sürücülere efektif şerit kullanımı alışkanlığının kazandırılması	0,184	0,046	3
		Sürücü psikolojisi, yakıt tüketimi ve çevresel yönden daha avantajlı olması	0,502	0,126	1
		Akıllı şehir olma yolunda akıllı sistem kullanımının yaygınlaşması	0,056	0,014	5
		Sürücülerin elde edilecek pozitif kazanımlarla bu tür akıllı sistemlere daha iyimser bakarak kurallara ve bilgilendirmelere uyma isteğinin artması	0,072	0,018	4
		Şeritlerdeki yoğunluğa göre anlık yolculuk sürelerinin tahmininin yapılabilmesi	0,186	0,047	2
4- Tehditler	0,25	Yenilikçi yaklaşımları kabul etme eğilimi zayıf olan sürücü profili	0,067	0,017	3
		Sistem performansının beğenilmeme durumu	0,219	0,055	2
		Sistemin uygulanması sırasında gözlemlenebilecek olumsuz durumlar	0,714	0,179	1

Güçlü yönler grubu faktörleri için yerel faktör ağırlıkları incelendiğinde %37 ile en büyük öneme sahip faktörün “Trafik tıkanıklığını azaltması” olurken, en düşük öneme sahip faktörünün %3,2 ile “Sürücülere karar destek sağlaması” olduğu görülmüştür. Zayıf yönler grubu incelendiğinde %45,3 ile “Agresif şerit değiştirmelerin trafik kazalarına neden olma durumu” faktörü en yüksek öneme sahip zayıf yön olarak görülürken, %2,9 ile “Bilgilendirme sistemlerinin görüş alanına girmesiyle şerit değiştiren sürücünün bu sisteme yaklaştığında yoğunlukların değişme ihtimali” en düşük öneme sahip faktör olarak belirlenmiştir. Fırsatlar grubu faktörlerinden “Psikolojik, yakıt tüketimi ve çevresel yönden daha avantajlı olması” faktörü %50,2 ile en yüksek öneme sahip faktör iken %14,2 ile “Akıllı şehir olma yolunda akıllı sistem kullanımının yaygınlaşması” faktörünün en düşük fırsat olduğu gözlemlenmiştir. Son olarak tehditler grubu için sonuçlar incelendiğinde ise “Sistemin uygulanması sırasında gözlemlenebilecek olumsuz durumlar” faktörü %71,4 ile en önemli faktör olurken, “Yenilikçi yaklaşımları kabul etme eğilimi zayıf olan sürücü profili” %6,7 ile en düşük faktör olarak belirlenmiştir. Tehditler içerisinde “Sistemin uygulanması sırasında gözlemlenebilecek olumsuz durumlar” üzerinde etkili olabilecek en olumsuz durumun literatür sonuçlarına göre sürücülerin daha az yoğun şeritlere geçiş için yapabilecekleri kontrolsüz şerit değiştirmeler olacağı düşünülmektedir [47, 48].

5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND SUGGESTIONS)

Ulaşım günlük hayatın temel bir parçasıdır. Bu nedenle her türlü trafik sorunu birçok kişiyi etkilemektedir. Artan araç sayısı ile beraber giderek artan trafik yoğunluğu da bu sorunlardan biridir. Trafik yoğunluğunun artması beraberinde fazla yakıt tüketimi, zaman kaybı, kötüleşen çevresel koşullar, sürücülerde gerginlik, stres gibi birçok olumsuz durumu da beraberinde getirmektedir. Özellikle, nüfus yoğunluğunun fazla olduğu kentlerde giderek daha ciddi bir problem haline gelmektedir. Bu sorunu çözebilmek adına yeni yolların inşa edilmesi bir çözüm yolu olarak görülse de araç sayısının giderek artması bir noktada yol kapasitesinin yeniden yetersiz kalmasına neden olarak kalıcı bir çözüm olarak görülememektedir. Bu noktada daha güvenli, kolay, ekonomik ve hızlı bir çözüm yolu olması nedeniyle akıllı ulaşım sistemleri kavramı dikkat çekmektedir. Son yıllarda

gelişen teknoloji ile birlikte birçok trafik sorununa akıllı ulaşım sistemleri ile çözüm bulunmaktadır. Akıllı ulaşım sistemleri mevcut trafik yoğunluğunu azaltmak için akıllı kavşaklar, sinyalizasyon trafik ışıkları, değişken mesaj sistemleri vb. birçok uygulamayı kapsamaktadır.

Bu çalışma kapsamında trafik akışını düzenlemek, tek bir şeritte araç yoğunluğunun olmasını önlemek ve şeritlerin kullanım oranlarının eşit bir şekilde dağılmasını sağlamak amacıyla bir şerit yoğunluk tespit sistemi önerilmiştir. Önerilen bu sistem sayesinde sürücülerin, her beş yüz metrede bir şerit yoğunluk tahminlerine göre en az yoğunluğa sahip şeride geçmesi durumunda yol kapasitesinin daha efektif kullanılmasının sağlanacağı ve trafik yoğunluğunun azalacağı düşünülmektedir. Çalışmanın analiz kısmında ise hibrit bir yöntem olan A’WOT tekniği kullanılmıştır. Bunun için önerilen sistem beş kişilik bir uzman ekip tarafından değerlendirilmiştir. Uygulanan SWOT analizi sonucunda elde edilen faktörler uzman ekip tarafından yapılan ikili karşılaştırmalar ile AHP metodu kullanılarak ağırlıklandırılmıştır. Uygulanan A’WOT analizi sonuçları psikolojik, yakıt tüketimi ve çevresel yönden daha avantajlı bir yöntem olması nedeniyle bir fırsat oluşturduğunu göstermiştir. Bunun yanı sıra, önerilen şerit yoğunluk tespit sisteminde en yüksek öneme sahip zayıf yön olarak belirlenen “Agresif şerit değiştirmelerin trafik kazalarına neden olma durumu” faktörü ve en yüksek öneme sahip güçlü yön çalışmanın temel amacına uygun olarak “trafik tıkanıklığını azaltması” olarak belirlenmiştir. Genel faktör ağırlıklarına göre tüm faktörler birlikte değerlendirildiğinde, tehditler grubuna ait bir faktör olan “Sistemin uygulanması sırasında gözlemlenebilecek olumsuz durumlar” faktörü en önemli faktör (%17,9) olarak belirlenmiş ve literatür taraması ile illegal şerit değiştirmelerin bu sonuç üzerinde etkili olabilecek en olumsuz durum olabileceği kanısına varılmıştır. Bu sonuca göre sistemin hayata geçirilmesi durumunda bu tehdit faktörü dikkate alınarak; oluşabilecek illegal şerit değiştirmeler dahil tüm olumsuz durumların incelenmesiyle sistemin daha efektif kullanımının sağlanabileceği düşünülmektedir.

Önerilen şerit yoğunluk tespit sisteminin hayata geçirilmesi sonucunda trafikteki araçların şeritlere eşit bir şekilde dağılımı sağlanarak, düzensiz şerit kullanımı nedeniyle trafik tıkanıklıklarının azalabileceği düşünülmektedir. Bunun yanı sıra,

araç sayısındaki artışın oluşturduğu yoğunlukla başa çıkabilmek için yeni yollar inşa edilmesi yerine, mevcut altyapı ve imkanların kullanılarak bu tür akıllı sistemlerin kurulmasının birçok açıdan fayda sağlayabileceği öngörülmektedir. Yetkililer, plancılar ve karar vericilerin şehirlerde yeni akıllı ulaşım sistemleri kullanması ile şehirlerin çok kısa sürede akıllı bir şehir formatına dönüşebilecek ve böylece şehirdeki trafiğin izlenmesi mümkün olacaktır. Tüm hatlarıyla izlenen trafik, yapılacak etkin teknoloji tabanlı müdahaleler ile kontrol edilerek tıkanıklık oluşumlarının derecesi azaltılabilecektir.

Bu çalışma temel olarak şerit kullanım disiplinsizliğinin yoğun olarak gözlemlendiği ülkelerde sürücülerini boş şeritlere yönlendirerek şerit kullanım oranlarını dengelemeyi hedeflemektedir. Bu doğrultuda yapılması gereken ilk iş olan sistem mimarisinin tasarımını önermiştir. Gelecek çalışmalarda, bu tür şerit seçim disiplinsizliklerinin yoğun olduğu kesimler yapılacak saha gözlemleri ile belirlenmeli ve incelenmelidir. Sonraki adımda ise en uygun yerlere önerilen dijital sistemler kurulmalı ve saha testleri yapılmalıdır. Test uygulamalarından elde edilecek sonuçlara göre sistemde gerekli iyileştirme ve kalibrasyonlar yapılarak en iyi performansı veren sistemler elde edilmelidir. Böylece bu tür bir uygulama ülkemizde ilk defa hayata geçirilmiş olacak ve bu konuda öncü bir durumda olunabilecektir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENTS)

Bu araştırma, British Council tarafından desteklenen "i-gCar4ITS: Innovative and Green Carrier Development for Intelligent Transportation System Applications" başlıklı proje desteğiyle hazırlanmıştır. Yazarlar destekleri için teşekkür eder.

This research was prepared with the project support of the British Council under the main title "i-gCar4ITS: Innovative and Green Carrier Development for Intelligent Transportation System Applications". The authors thank for their support.

ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazarı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

The author of this article declares that the materials and methods they use in their work do not require ethical committee approval and/or legal-specific permission.

YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

Metin Mutlu AYDIN: Literatür araştırması ve yöntem bölümlerini hazırlamıştır

He prepared the literature review and method sections.

Başak BIYIK: Analiz, Bulgular ve Sonuç bölümlerini hazırlamıştır.

She prepared the Analysis, Findings and Conclusion sections.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

There is no conflict of interest in this study.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Ilıcalı, M., & Saraç, S. (2019). Trafik sıklığının azaltılmasında ulaşım çözümlerinin etkisi. *Trafik ve Ulaşım Araştırmaları Dergisi*, 2(2), 93-107.
- [2] Vera-Gómez, J. A., Quesada-Arencibia, A., García, C. R., Suárez Moreno, R., & Guerra Zeroual, A., Harrou, F., & Sun, Y. (2019). Road traffic density estimation and congestion detection with a hybrid observer-based strategy. *Sustainable Cities and Society*, 46, 101411.
- [3] TÜİK. (2023). Türkiye İstatistik Kurumu, Motorlu Kara Taşıtları İstatistikleri, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara-Tasitlari-Ocak-2023-49433>
- [4] Delice, M. (2015). Trafik kazalarına etki eden sürücüyle ilgili faktörlerin çoklu regresyon analiziyle incelenmesi. *Uhab Journal*, 4(11), 198-210.
- [5] Ozan, C., Başkan, Ö., Haldenbilen, S., & Dericci, E. (2010). Trafik kazalarının tehlike indeksi metodu ile analizi: Denizli örneği. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 16(3), 325-333.
- [6] Civelekoğlu, G., & Bıyık, Y. (2018). Ulaşım sektöründen kaynaklı karbon ayak izi değişiminin incelenmesi. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 2(2), 157-166.
- [7] Cao, Z., Jiang, S., Zhang, J., & Guo, H. (2016). A unified framework for vehicle rerouting and traffic light control to reduce traffic congestion. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 18(7), 1958-1973.
- [8] Ikirowatte, A. K., Perera, D. D. R., Samarakoon, S. M. M. C., Dissanayake, D. M. W. C. B., & Rupasinghe, P. L. (2019). Traffic

- density estimation and traffic control using convolutional neural network. In 2019 IEEE International Conference on Advancements in Computing (ICAC), pp. 323-328.
- [9] Basavaraju, A., Doddigarla, S., Naidu, N., & Malgatti, S. (2014). Vehicle density sensor system to manage traffic. *IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology*, 2319-1163.
- [10] Jagadeesh, Y. M., Suba, G. M., Karthik, S., & Yokesh, K. (2015). Smart autonomous traffic light switching by traffic density measurement through sensors. In 2015 IEEE International Conference on Computers, Communications, and Systems (ICCCS), pp. 123-126.
- [11] Zhang, Y., & Ioannou, P. A. (2016). Combined variable speed limit and lane change control for highway traffic. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 18(7), 1812-1823.
- [12] Li, Y., & Liu, Q. (2020). Intersection management for autonomous vehicles with vehicle-to-infrastructure communication. *PLoS one*, 15(7), e0235644.
- [13] Arifin, A. S., & Zulkifli, F. Y. (2021). Recent development of smart traffic lights. *IAES International Journal of Artificial Intelligence*, 10(1), 224.
- [14] Madrigal Arteaga, V. M., Pérez Cruz, J. R., Hurtado-Beltrán, A., & Trumpold, J. (2022). Efficient Intersection Management Based on an Adaptive Fuzzy-Logic Traffic Signal. *Applied Sciences*, 12(12), 6024.
- [15] Knorr, F., Baselt, D., Schreckenber, M., & Mauve, M. (2012). Reducing traffic jams via VANETs. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 61(8), 3490-3498.
- [16] Kanungo, A., Sharma, A., & Singla, C. (2014). Smart traffic lights switching and traffic density calculation using video processing. In 2014 IEEE Recent Advances in Engineering and Computational Sciences (RAECS), pp. 1-6.
- [17] Kavva, G., & Saranya, B. (2015). Density based intelligent traffic signal system using PIC microcontroller. *International Journal of Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, 3(1), 205-209.
- [18] Ghazal, B., ElKhatib, K., Chahine, K., & Kherfan, M. (2016). Smart traffic light control system. In 2016 IEEE Third International Conference On Electrical, Electronics, Computer Engineering and Their Applications (EECEA), pp. 140-145.
- [19] Bauza, R., & Gozálviz, J. (2013). Traffic congestion detection in large-scale scenarios using vehicle-to-vehicle communications. *Journal of Network and Computer Applications*, 36(5), 1295-1307.
- [20] Soomro, S., Miraz, M. H., Prasanth, A., & Abdullah, M. (2018). Artificial intelligence enabled IoT: traffic congestion reduction in smart cities. In *IET Smart Cities Symposium 2018 (SCS '18)*, 22-23 April 2018, pp. 81-86.
- [21] Hu, H., Gao, Z., Sheng, Y., Zhang, C., & Zheng, R. (2019). Traffic density recognition based on image global texture feature. *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*, 17, 171-180.
- [22] Frank, A., Al Aamri, Y. S. K., & Zayegh, A. (2019). IoT based smart traffic density control using image processing. In 2019 IEEE 4th MEC International Conference on Big Data and Smart City (ICBDSC), pp. 1-4.
- [23] Biswas, D., Su, H., Wang, C., Stevanovic, A., & Wang, W. (2019). An automatic traffic density estimation using Single Shot Detection (SSD) and MobileNet-SSD. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 110, 176-184.
- [24] Altay, A. B. & Demirhan, A. (2023). Boş park yerlerinin tespiti ve kullanıcıya mobil uygulama ile yol tarifi verilmesi. *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology*, 11(1), 68-80.
- [25] Alisoltani, N., Leclercq, L., & Zargayouna, M. (2021). Can dynamic ride-sharing reduce traffic congestion? *Transportation Research Part B: Methodological*, 145, 212-246.
- [26] Budiarto, J., Sulisty, S., Mustika, I. W., & Infantono, A. (2014). Road density prediction: Updated methods of turning probabilities and highway capacities manual for achieving the best route. In 2014 IEEE International Conference on Electrical Engineering and Computer Science (ICEECS), pp. 168-173.
- [27] De Souza, A. M., Yokoyama, R. S., Botega, L. C., Meneguette, R. I., & Villas, L. A. (2015). Scorpion: A solution using cooperative rerouting to prevent congestion and improve traffic condition. In 2015 IEEE International Conference on Computer and Information Technology; Ubiquitous Computing and Communications; Dependable, Autonomic and Secure Computing; Pervasive Intelligence and Computing, pp. 497-503.
- [28] Barrachina, J., Garrido, P., Fogue, M., Martinez, F. J., Cano, J. C., Calafate, C. T., & Manzoni, P. (2015). A V2I-based real-time traffic density estimation system in urban scenarios. *Wireless Personal Communications*, 83, 259-280.

- [29] Khan, U., Basaras, P., Schmidt-Thieme, L., Nanopoulos, A., & Katsaros, D. (2014). Analyzing cooperative lane change models for connected vehicles. In 2014 IEEE International Conference on Connected Vehicles and Expo (ICCVE), pp. 565-570.
- [30] Roncoli, C., Bekiaris-Liberis, N., & Papageorgiou, M. (2017). Lane-changing feedback control for efficient lane assignment at motorway bottlenecks. *Transportation Research Record*, 2625(1), 20-31.
- [31] Ramezani, M., & Ye, E. (2019). Lane density optimisation of automated vehicles for highway congestion control. *Transportmetrica B: Transport Dynamics*, 7(1), 1096-1116.
- [32] Toledo, T., & Zohar, D. (2007). Modeling duration of lane changes. *Transportation Research Record*, 1999(1), 71-78.
- [33] Meneguette, R. I., Filho, G. P., Guidoni, D. L., Pessin, G., Villas, L. A., & Ueyama, J. (2016). Increasing intelligence in inter-vehicle communications to reduce traffic congestions: Experiments in urban and highway environments. *PLoS one*, 11(8), e0159110.
- [34] Kurttila, M., Pesonen, M., Kangas, J., & Kajanus, M. (2000). Utilizing the analytic hierarchy process (AHP) in SWOT analysis—a hybrid method and its application to a forest-certification case. *Forest policy and economics*, 1(1), 41-52.
- [35] Bourhim, E. M., & Labti, O. (2022, December). Application of Combined SWOT and AHP Analysis to Assess the Virtual Reality and Select the Priority Factors for Education. In *International Conference on Intelligent Systems Design and Applications* (pp. 512-521). Cham: Springer Nature Switzerland.
- [36] Zhang, H., Mehrotra, D. V., & Shen, J. (2023). AWOT and CWOT for genotype and genotype-by-treatment interaction joint analysis in pharmacogenetics GWAS. *Bioinformatics*, 39(1), btac834.
- [37] Bottero, M., D'Alpaos, C., & Marelllo, A. (2020). An application of the a'WOT analysis for the management of cultural heritage assets: the case of the historical farmhouses in the aglie castle (Turin). *Sustainability*, 12(3), 1071.
- [38] Lee, S., Kim, D., Park, S., & Lee, W. (2021). A study on the strategic decision making used in the revitalization of fishing village tourism: using A'WOT analysis. *Sustainability*, 13(13), 7472.
- [39] Bourhim, E. M., & Cherkaoui, A. (2020). Exploring the potential of virtual reality in fire training research using A'WOT hybrid method. In *Intelligent Systems, Technologies and Applications: Proceedings of Fifth ISTA 2019, India* (pp. 157-167). Springer Singapore.
- [40] Jozi, S. A., Dehghani, M., & Zarei, M. (2013). Rural waste management strategic plan by A'WOT Method (Case study: Minab). *Journal of Environmental Studies*, 38(4), 93-108.
- [41] Bottero, M., D'Alpaos, C., & Marelllo, A. (2020). An application of the a'WOT analysis for the management of cultural heritage assets: the case of the historical farmhouses in the aglie castle (Turin). *Sustainability*, 12(3), 1071.
- [42] Öztaş Karlı, R. G., & Karlı, H. (2022, October). Assessment of the Role of Micromobility in ITS by A'WOT Analysis. In *The Proceedings of the International Conference on Smart City Applications* (pp. 226-236). Cham: Springer International Publishing.
- [43] Aydın, M. M. (2021). Method for modeling lane-based driving discipline of drivers on divided multilane urban roads. *Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems*, 147(4), 04021011.
- [44] Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı (UAB) (2023). Ağırılık ve boyut kontrolü, <https://www.uab.gov.tr/uploads/pages/kutuphane/a3f43dbbb7bb488.pdf>
- [45] Lee, S., Kim, D., Park, S., & Lee, W. (2021). A study on the strategic decision making used in the revitalization of fishing village tourism: using A'WOT analysis. *Sustainability*, 13(13), 7472.
- [46] Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal Of Mathematical Psychology*, 15(3), 234-281.
- [47] Aydın, M. M., Yıldırım, M. S., Karpuz, O., & Ghasemlou, K. (2014). Modeling of driver lane choice behavior with artificial neural networks (ANN) and linear regression (LR) analysis on deformed roads. *Computer Science*, 4(1), 47-57.
- [48] Aydın, M. M., & Topal, A. (2018). Effects of pavement surface deformations on lane-changing behaviours. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers—Transport*, 171(3), 136-145.