

Atf İçin: Aydın, M. M. ve Keleş, M. A. (2024). Trafikte Acil Durum Müdahale Araçlarının Geçiş Esnasındaki Karmaşa Problemleri İçin AUS Tabanlı Bir Çözüm Önerisi Geliştirilmesi. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14(1), 294-311.

To Cite: Aydın, M. M. & Keleş, M. A. (2024). Developing An ITS Based Solution Proposal for Confusion Problems in Traffic During the Transition of Emergency Vehicles. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 14(1), 294-311.

Trafikte Acil Durum Müdahale Araçlarının Geçiş Esnasındaki Karmaşa Problemleri İçin AUS Tabanlı Bir Çözüm Önerisi Geliştirilmesi

Metin Mutlu AYDIN^{1*}, Mustafa Alptekin KELEŞ²

Öne Çıkanlar:

- Akıllı ulaşım sistemi
- Karmaşa Problemi
- Trafik

Anahtar Kelimeler:

- Akıllı sistemler
- Akıllı ulaşım
- Acil durum müdahale
- Sanal şerit
- Fermuar yöntemi

ÖZET:

Artan nüfus ve araç sayısı şehir içi yollarda tıkanıklık ve karmaşaya neden olabilmektedir. Özellikle trafiğin kesişim bölgesi olan kavşak kesimlerinde bu sorun daha belirgin olmaktadır. Kavşaklarda yaşanan karmaşa acil durum müdahale araçlarının olay yerlerine hızlı erişimini olumsuz etkilemektedir. Bu araçların müdahalede gecikmesi nedeniyle kayıplar daha da artmaktadır. Çalışmada, dijital sistemler, sensörler ve lazer ışıklandırma yardımıyla kavşak yaklaşımlarında acil durum araçlarının kullanılabileceği bir sanal şerit oluşumunu sağlayan akıllı bir sistem kavramsal olarak tasarlanmıştır. Bu sistem yardımıyla lazer ışık kümesi ile belirlenen yol kesimi üzerinde bir sanal şerit oluşturularak araçların hızlı hareketlerine yönelik tüm adımlar tasarlanmış ve tasarım beş kişilik bir uzman ekip tarafından değerlendirilmiştir. İlk olarak SWOT analizi ile belirlenen faktörler uzman görüşü sayesinde ikili olarak karşılaştırılmış ve AHP metodu ile ağırlıklandırılmıştır. Uygulanan A'WOT tekniği sonuçlarından sistemin araçların hızlı hareketini sağlaması en güçlü yön, sürücülerin sanal şeridi kullanma olasılıkları en zayıf yön ve Türkiye'deki sürücülerin bu tür yenilikleri kabul etme eğiliminin düşük olması da sistemin önünde en önemli tehdit olarak belirlenmiştir. Son yıllarda acil müdahale gerektiren olayların sayısının ve sıklığının artması, sistemlerin uygulanmasında önemli fırsat oluşturduğunu net olarak göstermekte ve çalışmanın amacını desteklemektedir.

Developing An ITS Based Solution Proposal for Confusion Problems in Traffic During the Transition of Emergency Vehicles

Highlights:

- Intelligent transportation system
- Confusion problem
- Traffic

Keywords:

- Intelligent systems
- Intelligent transportation
- Emergency response
- Virtual lane
- Zip method

ABSTRACT:

Increasing population and number of vehicles can cause congestion and confusion on urban roads. This problem becomes more apparent especially at intersections. Confusion at the intersections negatively affects the rapid access of emergency vehicles to the scene. Due to the delay in the intersections of these vehicles, the losses increase even more. In the study, an intelligent system that provides the formation of a virtual lane that can be used by emergency vehicles in intersection approaches with the help of digital systems, sensors and laser lighting is conceptually designed. With the help of this system, a virtual lane was created on the road section determined by the laser light cluster, and all steps for the rapid movements of the vehicles were designed and the design was evaluated by a team of five experts. First, the factors determined by SWOT analysis were compared in pairs with expert opinion and weighted with the AHP method. From the results of the applied A'WOT technique, it was determined that the system's rapid movement of vehicles was the strongest aspect, the possibility of using the virtual lane by the drivers was the weakest aspect, and the low tendency of the drivers in Turkey to accept such innovations was determined as the most important threat to the system. The increase in the number and frequency of incidents requiring urgent intervention in recent years clearly shows that there are important opportunities in the implementation of the systems and supports the purpose of the study.

¹Metin Mutlu AYDIN ([Orcid ID: 0000-0001-9470-716X](https://orcid.org/0000-0001-9470-716X)), Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye

²Mustafa Alptekin KELEŞ ([Orcid ID: 0000-0001-7461-5022](https://orcid.org/0000-0001-7461-5022)), Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Samsun, Türkiye

***Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Metin Mutlu AYDIN, e-mail: metinmutluaydin@gmail.com

GİRİŞ

Araç trafiği artan nüfusla birlikte dünya genelinde ciddi bir artış göstermektedir. Bu artış araçların sürekli kesişim noktası olan kavşaklarda trafik karmaşalarına ve kazalara yol açabilmektedir (Çoruh ve ark., 2020; Aydın ve ark., 2022; Yaman ve ark., 2022). Günümüzde, etkin olarak kullanılan kavşak sinyalizasyon sistemlerinin birçoğunda sabit süreli faz planı bulunmaktadır. Ne yazık ki mevcut sinyalizasyon sistemleri, mevcut çalışma altyapısı gereği kavşaklarda acil durum araçlarını hesaba katan bir özelliğe ya da yapıya çoğunlukla sahip değildir. Bu nedenle ambulanslar, itfaiye araçları, polis araçları vb. acil durum araçları kavşaklarda ya da kavşak yaklaşımlarında mevcut olan trafik tıkanıklığına maruz kalarak; gitmeleri gereken doğrultuda hareketlerine devam etmekte zorluklar yaşamaktadır. Bu olumsuz durum acil durum araçlarının varış noktalarına ulaşmasında gecikmelere ve bu olumsuz durumun bir sonucu olarak daha fazla mal ve can kayıplarına yol açabilmektedir (Nellore ve Hancke, 2016).

Dünya genelinde olduğu gibi Türkiye’de de araç sayısı ve trafik tıkanıklığı günden güne çok hızlı şekilde artmaktadır. Örneğin, Türkiye’de 2010 yılında trafiğe kayıtlı araç sayısı 15 milyon 95 bin 603 iken, bu sayı 2022 yılında 26 milyon 482 bin 847’ye (%75 Artış) ulaşmıştır (TÜİK, 2023). 2010 yılında 116 bin 804 ölümlü yaralanmalı kaza meydana gelirken, 2022 yılında 197 bin 261 ölümlü yaralanmalı kaza meydana gelmiştir. Türkiye’de 2022 yılında meydana gelen 197 bin 261 adet ölümlü yaralanmalı trafik kazası sonucunda 2 bin 282 kişi kaza yerinde, 2 bin 947 kişi ise yaralanıp sağlık kuruluşlarına sevk edildikten sonra kazanın sebep ve tesiriyle 30 gün içinde hayatını kaybetmiştir. Yıl içerisinde meydana gelen tüm ölümlü yaralanmalı trafik kazalarının %53,4’sinin yerleşim yeri içinde yani trafik problemlerinin olabileceği noktalarda meydana geldiği görülmüştür (TÜİK, 2023). Türkiye’de son yıllarda meydana gelen trafik kazalarına ait istatistikler yıl bazlı olarak Çizelge 1’de verilmektedir.

Çizelge 1. Türkiye’de Son Oniki Yıla Ait Trafik Kaza İstatistikleri (TÜİK, 2023)

Yıl	Trafiğe Kayıtlı Araç sayısı	Toplam Kaza sayısı	Ölümlü Yaralanmalı Kaza sayısı	Maddi Hasarlı Kaza sayısı	Ölü sayısı			Yaralı sayısı
					Toplam	Kaza yerinde	Kaza sonrası	
2010	15.095.603	1.106.201	116.804	989.397	4.045	4.045	—	211.496
2011	16.089.528	1.228.928	131.845	1.097.083	3.835	3.835	—	238.074
2012	17.033.413	1.296.634	153.552	1.143.082	3.750	3.750	—	268.079
2013	17.939.447	1.207.354	161.306	1.046.048	3.685	3.685	—	274.829
2014	18.828.721	1.199.010	168.512	1.030.498	3.524	3.524	—	285.059
2015	19.994.472	1.313.359	183.011	1.130.348	7.530	3.831	3.699	304.421
2016	21.090.424	1.182.491	185.128	997.363	7.300	3.493	3.807	303.812
2017	22.218.945	1.202.716	182.669	1.020.047	7.427	3.534	3.893	300.383
2018	22.865.921	1.229.364	186.532	1.042.832	6.675	3.368	3.307	307.071
2019	23.156.975	1.168.144	174.896	993.248	5.473	2.524	2.949	283.234
2020	24.144.857	983.808	150.275	833.533	4.866	2.197	2.669	226.266
2021	25.249.119	1.186.353	187.963	998.390	5.362	2.421	2.941	274.615
2022	26.482.847	1.232.957	197.261	1.035.696	5.229	2.282	2.947	288.696

2022 yılı kaza istatistiklerine göre, Türkiye karayolu ağında meydana gelen 197 bin 261 ölümlü yaralanmalı kazanın %66,9’unun gündüz, %30,6’nün gece ve %2,5’inin ise alacakaranlıkta olduğu belirlenmiştir. Bu istatistik, özellikle Türkiye gibi şehirlerde yaşayan nüfusun fazla olduğu ülkelerde, acil durum araçlarının olay ya da kaza yerine acil müdahalesinin daha çok gündüz vakti gerçekleştiğini ortaya koymaktadır. Bu durum acil durum ve afet araçlarının trafiğin en yoğun olduğu saatler olan gündüz saatlerinde daha fazla hizmet sağlamak zorunda olduğunu göstermekte ve erişim süresini olumsuz etkileyebilmektedir. Çünkü, bu tür ülkelerde nüfusun büyük bir çoğunluğunun yaşadığı yer

olan şehirlerde meydana gelebilecek afet, sel, deprem, trafik kazası, yangın vb. acil müdahale gerektiren durumlarda, olay yerine hızlı erişim oldukça büyük bir öneme sahiptir (Çoruh ve ark., 2022). Şehirlerde yaşayan nüfusun ve çarpık ya da dikey şehirleşmenin fazla olduğu Türkiye gibi ülkelerde sıklıkla görülen trafik karmaşası/sıkışıklığı problemleri acil durum araçlarının olay yerine erken müdahalesi önünde en büyük engellerden birisidir. Nitekim 2023 yılı şubat ayında yaşanan Hatay ve Maraş depremleri ile acil durum araçlarının olay yerlerine hızlı erişiminin önemi çok net şekilde görülmüştür. Özellikle, deprem olan ve depremden olumsuz etkilenen şehirlere gelen birçok yardım aracının şehirlerarası ve şehiriçi yollarda yoğunluk oluşturması ve çok acil ihtiyaç olan iş makineleri ve tıbbi ekipmanların trafik nedeniyle geçiş yapamaması bu sorunu daha net olarak ortaya koymuş ve bu alanda çözüm öneren çalışmalar yapılması gerekliliğini net olarak ortaya koymuştur. Bu çalışma kapsamında, şehirleşmenin ve şehirlerde dikey büyümenin fazla olduğu ve bu nedenle Türkiye’de trafik sıkışıklığı kaynaklı acil durum araçlarının erişimi konusunda yaşanan problemler ortaya konularak, bu sorunun çözümüne yönelik bir yeni bir Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) uygulaması tüm hususları ile birlikte yapısal olarak önerilmiştir. Çalışma içerisinde acil durum müdahale araçlarının karşılaştığı mevcut sorunlar özetlenerek; problemin çözümüne yönelik yeni bir sistem tam olarak ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda trafikte acil durum müdahale araçlarının kesişim ya da muhtemel tıkanıklık noktalarından hızlı geçişini sağlayacak AUS tabanlı yeni uygulamanın çalışma prensibi tüm detayları ile birlikte paylaşılmıştır. Böylece, önerilen bu tür dijital bir uygulama geliştirilmesine yönelik bir altyapı hazırlığı yapılmaya çalışılmıştır.

Literatür Taraması

İtfaiye, ambulans, polis araçları gibi acil durum müdahale ya da toplum güvenliğine ilişkin araçların olay yerlerine hızlı ulaşımı hayati bir öneme sahiptir. Bu araçların olay yerlerine ulaşım süresinin kısalması çok sayıda can ve mal kaybının önlenmesi ya da büyüklüğünün azaltılması açısından kilit bir rol içermektedir. Bu kapsamda mevcut birçok çalışma herhangi bir olumsuz durum nedeniyle meydana gelen yaralanmalara karşı acil durum araçlarının müdahalede geç kalmasının sonuçlarının ağır olduğuna dikkat çekmiş ve her bir dakikanın bile hayat kurtarmada çok önemli olduğunu belirlemiştir (Su ve ark., 2023; Rosayyan ve ark., 2023; Yıldırım ve Soylu, 2023). Örneğin bu duruma örnek bir çalışmada, Berdowski ve ark. (2010) olay yerine erişimin bir dakika kısalmasının olay sonucu oluşacak kaybı ortalama %7-10 arasında azaltabildiğine dikkat çekmiştir. Acil durum müdahale araçlarının müdahale süresinin önemi nedeniyle mevcut birçok çalışma bu sürenin azaltılmasını etkin şekilde araştırmaktadır. Bu kapsamda en çok yapılan araştırmalar arasında rota optimizasyonu, sinyal süresinin acil durum araçlarına adaptif hale getirilmesi, acil durum araçları için ayrı şeritler oluşturulması, kontrol merkezinden acil durum araçlarının hızlı erişimine olanak sağlaması yer almaktadır (Lu ve Wang, 2019; Humagain ve ark., 2020).

Rota optimizasyonu kapsamında bu araçların en hızlı şekilde olay yerlerine ulaşabileceği zaman bazlı kısa rotalar oluşturulmaktadır. Bu kapsamda yol ağı üzerine kavşaklar düğüm noktaları olarak işlenmekte ve ona göre zaman bazlı en hızlı güzergahlar belirlenmektedir (Humagain ve ark., 2020). Zaten ülkelerdeki mevzuat gereği acil durum araçlarının olay yerine erişimi için sirenleri açıldığında diğer araçlar onlara yer vermek zorunda olduğundan; müdahale araçları olabildiğince hızlı gitme eğilimi içerisinde olmaktadır. Müdahale araçlarının sürücülerinin gidecekleri olay yerini bilmemesi durumunda rota optimizasyonu bu araçlara oldukça yardımcı olabilmektedir (De Lorenzo ve Eilers, 1991). Acil durum araçlarının bu hızlı hareketi esnasında özellikle kavşak noktalarında ve yaya geçitlerinde ne yazık ki güvenlik problemleri görülebilmektedir (Grant, 2017). Ayrıca, sabit süreli ve acil yardım araçlarına entegre olmayan sinyalizasyon kavşaklarda bu durum daha da karmaşık bir hal

alabilmektedir. Araçların acil durum araçlarının hareketini kısıtlaması nedeniyle önemli gecikmeler söz konusu olabilmektedir (Qin ve Khan, 2012; Huang ve ark., 2015). Yapılan pek çok diğer araştırmadan acil durum araçlarının olay yerine erişimi sırasında rota optimizasyonu ve sinyalizasyonun kavşak kolundaki araçları acil durum araçlarının önündeki araçları boşaltmaması en önemli problemler olarak tanımlanabilmektedir (Humagain ve ark., 2020). Özellikle trafik hacminin sürekli değişken ve bu değişkenliğin tam olarak modellenemediği durumlarda, rota optimizasyonu yapmak oldukça güç bir hal alabilmektedir. Bu durumda stokastik bir modelleme kullanılarak dinamik bir rotalama yapılması, sorunun çözümüne önemli katkılar sağlayabilmektedir (Coogan ve Arcak, 2015). En kısa rotalama kapsamında ise literatürde mevcut olan birçok model ve algoritma kullanılmaktadır (Kwon ve ark., 2003; Jotshi ve ark., 2009; Nordin ve ark., 2012; Musolino ve ark., 2013; Mu ve ark., 2018; Bıyık ve Aydın, 2023). Burada ana amaç farklı model ve algoritmalar geliştirerek ya da mevcut olanları kullanarak acil durum müdahale araçlarına en hızlı güzergahı önermek ve onların olay yerine hızlı erişimi sağlamak olarak belirlenmiştir.

Güzergâh optimizasyonunun yanı sıra acil durum araçlarının kavşaklardan hızlı şekilde hareket edebilmesi için trafik sinyal önceliklendirilmesi uygulamaları da yapılmaktadır. Bu önceliklendirme aktif ve pasif olarak iki gruba ayrılmaktadır. Trafik sinyal önceliklendirme yaygın olarak yayalar, hafif raylı sistem araçları, otobüsler ve acil durum müdahale araçları için kabul görmektedir. Bu önceliklendirmede kızıl ötesi sensörler, coğrafi konumlandırma sistemler ve akustik sensörler vb. sensör sistemleri kullanılmaktadır (Nelson ve Bullock, 2000). Bu aktif sistemde, trafik kontrolörü öncelikli araçlara yol verecek şekilde trafik sinyal planını düzenlemektedir. Literatürde araştırmacıların bu kapsamda acil durum araçlarının önceliklendirilmesine yönelik modelleme ve simülasyon çalışmaları da oldukça yaygındır (Huang ve ark., 2015; Zhao ve ark., 2018; Qi ve ark., 2016). Trafikte acil durum müdahale araçlarının özellikle akıllı şehirlerde trafik yönetimi üzerinde önemli bir etkisi bulunmaktadır (Rosayyan ve ark., 2023). Bu kapsamda trafik yönetim sistemleri trafik sinyal kontrolleri, kırmızı ışık ihlal tespit sistemi, araç tespit sensörleri, hız ihlal tespit sistemleri vb. birçok farklı bileşenden oluşmaktadır. Bu sistemler sayesinde acil durum müdahale araçlarının hareketleri sürekli olarak izlenerek; gerektiğinde ise sistem(ler) ya da kontrolör tarafından müdahale edilerek hızlı hareket etmeleri sağlanabilmektedir. Literatürde acil durum müdahale araçlarının olay yerine hızlı hareket etmesini sağlamanın yanı sıra bu araçların şehir özelinde en uygun yere konumlandırılmasına yönelik çalışmalar da yürütülmektedir (Karpova ve ark., 2023). Bu kapsamda ilk olarak statik modeller geliştirilmiş olsa da bu modeller daha sonra dinamik modellere dönüştürülmüştür (Rajagopalan ve ark., 2008; Schmid ve Doerner, 2010; Andrade ve Cunha, 2015). Geliştirilen bu modeller sayesinde acil durum müdahale araçlarının şehir içinde olay yerlerine en hızlı şekilde müdahale etmesi için en uygun konumlandırma yolunda gidilmektedir. Dinamik modellerle son yıllarda metasezgisel algoritmaların kullanımının yaygınlaşması ile birlikte daha doğru konumlandırmalar yapan çalışmalar gerçekleştirilmiş ve gerçek zamanlı yeni modeller geliştirilmiştir (Fogue ve ark., 2013). Bir başka çalışmada ise Koçhan ve ark. (2023) karayolu tünellerinde sürücülerin tünel güvenliği algısını araştırmıştır. Çalışmada sürücülerin tünel güvenliği noktasındaki beklentileri incelenmiş ve herhangi bir kaza durumunda neler olabileceği noktasındaki düşünceleri araştırılmıştır. Yine çalışmada tünel içerisinde bir kaza olması durumunda ilk yardım araçlarının nasıl müdahale etmesi gerektiği hususunda da sürücülerin görüş ve beklentileri irdelenmiştir.

Mevcut literatür incelendiğinde, acil durum müdahale araçlarının olay yerlerine hızlı erişimini sağlayabilmek amacıyla birçok bilimsel çalışma yürütüldüğü görülmektedir. Bu çalışmalardan bazıları teknolojik altyapı ile soruna çözüm bulmaya çalışırken, belirli bir kısmı da yeni algoritmalar ve

modeller geliştirerek teorik olarak katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Günümüzde acil durum müdahale ya da öncelikli araçların kavşak noktalarından hızlı geçişini sağlamak amacıyla teknolojik imkanlardan faydalanılmaktadır. Her ne kadar bu imkanlar kullanılsa da özellikle kavşak geometri tasarımının hatalı ve trafik akımının yüksek olduğu yol kesimlerinde gecikme sorunları ile karşılaşılabilir. Sürücülerin acil durum araçlarının gelişi esnasında onlara nasıl yol vermesi gerektiği konusunda bilgisiz, ilgisiz ya da hoşgörüsüz olması gibi durumlarda tam bir kaos ile karşılaşılabilir. Bu durumda acil durum müdahale araçlarına yolu açacak ve onlara yol gösterecek dış bir etkene ihtiyaç duyulabilir. Bu çalışma kapsamında tasarımı verilen sistemle, literatürdeki çalışmalardan farklı olarak gerçekte bazı trafik uygulamalarında kullanılan lazer ışık kümesi ile sürücülere fermuar şeklinde yolu nasıl açacakları gösterilebilir. Tasarımı önerilen bu sistem kavşak sinyal planlama altyapısı ile çalışarak; hem kavşak koluna yeşil ışık yakacak hem de araçların sağa sola hareket etmesine rehberlik edecek yeni bir şerit oluşturarak acil durum araçlarının hızlı hareket etmesini sağlayacaktır. Böylece bu çalışma Türkiye vb. ülkelerde gözlemlenen sorunun çözümüne yönelik yetkililere sistemin uygulanması konusunda yol göstererek önemli bir boşluğu doldurabilir.

MATERYAL VE METOT

Problemin Tanımlanması

Trafik kazaları başta olmak üzere, bütün acil (kaza, yangın, sel, deprem vb.) müdahale gerektiren durumlarda, müdahalenin en kısa zamanda yapılması önem arz etmektedir. 2023 yılında Türkiye'nin güneydoğu illerinde yaşanan depremler ne yazık ki bu gerekliliği daha net olarak ortaya koymaktadır. Bu tür acil durumlarda saniyelerin bile hayati bir önem taşıdığı ön plana çıkmaktadır. Her ne kadar Türkiye genelinde şehirlerde farklı konumlara acil durumlar için ilk yardım araçları konuşlandırılmış olsa da ne yazık ki plansız inşa edilen birçok şehiriçi yollarda meydana gelen trafik sıkışıklığı olumsuz durumlara neden olabilmektedir. Trafik sıkışıklığının yanı sıra, trafikteki araçların acil durum araçlarının geçişi esnasında yol verme disiplinine ya da bilgisine yeterince sahip olmaması ve en kötüsü farklı nedenlerle kasıtlı olarak yer vermemesi Türkiye'de sıklıkla gözlenebilmektedir (Şekil 1). Yaşanan bu olumsuz durum, Türkiye'de trafikteki sürücülerin bazılarının acil durum müdahale araçlarına yol verme hususunda yeterli eğitime sahip olmadığını ya da bu duruma gereken hassasiyeti göstermediğini net şekilde ortaya koymaktadır (URL-1). Özellikle bazı sürücülerin ambulansa yol vermediği durumlarla da karşılaşılabilir. (Şekil 1b). Tüm bu olumsuz ve sürücü kaynaklı nedenlerle acil durum müdahale araçları, trafikte sık sık farklı nedenlerden kaynaklanan birçok sorun yaşayabilmektedir.



Şekil 1. (a) Bazı Sürücülerden veya (b) Trafik Yoğunluğu Kaynaklı Acil Durum Aracı Gecikmeleri (URL-1,2)

Türkiye'de, 2023 şubat ayında yaşanan ve 10 ili kapsayan büyük ölçekli depremler nedeniyle de acil durum araçlarının bölgeye hızlı sevkıyatı ve afet bölgelerinde de acil durum araçlarının güvenli ve

hızlı ilerleyişlerinde ne yazık ki önemli sorunlar ile karşılaşmıştır. Özellikle Türkiye'nin birçok ilinden toplanan yardımların bölgelerine sevkiyatı ile birlikte binlerce aracın bölgeye giriş yapmak istemesi sonucu çok acil ihtiyaç olan, iş makineleri, tıbbi araçlar, afet yardım araçları vb. birçok öncelikle ihtiyaç duyan araç trafik tıkanıklığı sonucu ilgili bölgelere hızlı ulaşmada problemlerle karşılaşmıştır. Bu nedenle bu tür deprem ve afet riskinin yüksek olduğu şehirler için şehirci ve şehirlerarası yollarda acil durumda trafiğin hızlı şekilde hareket etmesini sağlayacak planlamaların yapılarak; yeni akıllı sistemlerin geliştirilmesi ve kullanılması ön plana çıkmıştır.



Şekil 2. Maraş ve Hatay Depremleri Sonrası Deprem Bölgelerine Erişim Sağlaması Gereken Araçlarının Aşırı Trafik Nedeniyle Yaşadıkları Gecikmelere Ait Örnek Görseller (URL-3,4)

Dünya genelindeki mevcut uygulamalar incelendiğinde, acil durum müdahale araçlarının yoğun trafikte ilerleyememe sorununa yönelik en etkili çözüm olarak fermuar sistemini kullanıldığı görülmektedir (Ölmez ve Geçen, 2018). Tüm Dünya'da ve başta gelişmiş ülkelerde, trafiğin yoğun olduğu bölgelerde acil durum araçlarının geçişi için herhangi bir ek şerit ya da cep bulunmaması durumunda, fermuar sistemi ile acil araç geçişleri için sürücülerin iş birliğine dayalı güvenli bir şerit oluşturulabilmektedir. Fermuar sistemi, karayolunda geri istikametten gelen acil durum müdahale araçlarına yol vermek için; sol şeritte ilerleyen araçların sola, sağ şeritte ilerleyen araçların sağa olabildiğince yanaşarak ortada güvenli geçiş için gerekli boşluğun oluşturulduğu sistem olarak tanımlanmaktadır (Ölmez ve Geçen, 2018). Gerektiği durumlarda bu sistemin uygulandığı yol kesimlerinde ambulans, itfaiye vb. acil durum müdahale araçları yoğun trafiğe takılmadan kolaylıkla ilerleyebilmektedir. Bu sistem, özellikle gelişmiş ülkelerde aktif olarak kullanılmakta ve sürücülerin iş birliği ile herhangi bir sorun ile karşılaşmadan aktif şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Bu sistemin ülkemizde bilinçli ve anlayışlı sürücü grubunun bir araya geldiğinde uygulandığı görülebilmektedir (Coşkun, 2018; Pala, 2017). Bu nedenle, ülkedeki tüm sürücülerin acil durum müdahale araçlarına yol verme hususunda bilinçlendirilerek, fermuar sisteminin günlük hayatta bir an önce yaygın hale gelmesinin sağlanması oldukça önemlidir. Çünkü bu sistemin uygulanmadığı durumlarda ya acil durum araçları ilerleyişlerine devam edemeyerek gecikmeler yaşanmakta ya da trafikte bir acil durum müdahale aracıyla karşılaşan sürücüler eğitimsizlikten dolayı telaşlanıp paniğe kapılarak daha karmaşık bir durum oluşturabilmektedir (URL 5-6). Mevcut durumda ehliyet sahibi olan ve trafikte aktif olarak araç kullanan sürücülere bu kültürü kazandırmak ne yazık ki kolay bir durum değildir. Bunun için çeşitli kamu spotu, afiş, reklam, duyuru vb. bilgi verici ve yönlendirici eğitim girişimleri yapılsa da bunun başarılı olamayacağı daha önceki birçok girişimden görülmüştür (Aydın ve ark., 2022). Yapılan birçok araştırma Dünya genelinde kurallara uyma konusunda isteksiz olan sürücü grubuna ya cezai yaptırım ya da istenilen davranışı yapmaya zorlayıcı ve onlara bu konuda yol gösterici uygulamaların yapılmasının etkili olduğu sonucunu göstermiştir. Türkiye'de bu duruma ait örnek uygulamalar arasında maket polis, maket polis arabası ve sürücülerini cezai yaptırım yoluyla kurallara uyma konusunda mecbur bırakan akıllı ulaşım sistemleri örnek olarak gösterilebilmektedir.

Çalışmalar mevcut maket polis ve polis arabası gibi sahte uyarıcılar karşısında uyarıcıların olduğu yol kesimlerinde kurallara riayet etme eğiliminde oldukları görülmüştür (Aydın ve Köfteci, 2020). Dünya’da ve Türkiye’deki sürücülerin neredeyse tamamının cezai yaptırım uygulama özelliği bulunan akıllı ulaşım sistemlerinin olduğu yol kesimlerinde kurallara uyma davranışı içerisinde oldukları da yapılan araştırma sonuçlarından görülmektedir (Yaman ve ark., 2022). Yine mevcut örnekler, cezai yaptırım özelliği olmayan ama trafikte araç hareketliliğini düzenleyerek akıcı ve güvenli bir trafiğe neden olan akıllı ulaşım sistemlerinin de sürücülerin benimsediği ve kurallara uyma davranışı içinde olduklarını göstermiştir (Aydın ve ark., 2017). Bu nedenle trafik planıcıları ve yetkililerin tüm bu hususları düşünerek çözüm önerileri geliştirmesi başarıya ulaşmaları açısından oldukça önemlidir.

Bu çalışma kapsamında sürücülerin fermuar sistemini benimseyerek öğrenmelerine katkıda bulunacak ve özellikle trafiğin sıkışık olduğu yol kesimlerinde acil durum araçlarının geçişi için yeni bir güvenli yol kesimi oluşturacak bir akıllı ulaşım sistemi uygulaması önerilmiştir. Önerilen bu uygulama, içerisindeki dijital sistemler ile trafikteki acil durum müdahale araçlarının işlek caddelerde oluşan trafik sıkışıklığına takılmadan emniyetli ve hızlı bir şekilde yoluna devam etmesini sağlayacak yeni bir akıllı ulaşım sistemi örneği olacaktır. Çalışma içerisinde tasarım ve işletme prensipleri detaylı olarak belirtilen ve sürücülere yardımcı ve yol gösterici bir özelliğe sahip olacak bu sistemin sürücüler tarafından kısa süre içerisinde benimseneceği düşünülmektedir.

Sistem altyapısının geliştirilmesi

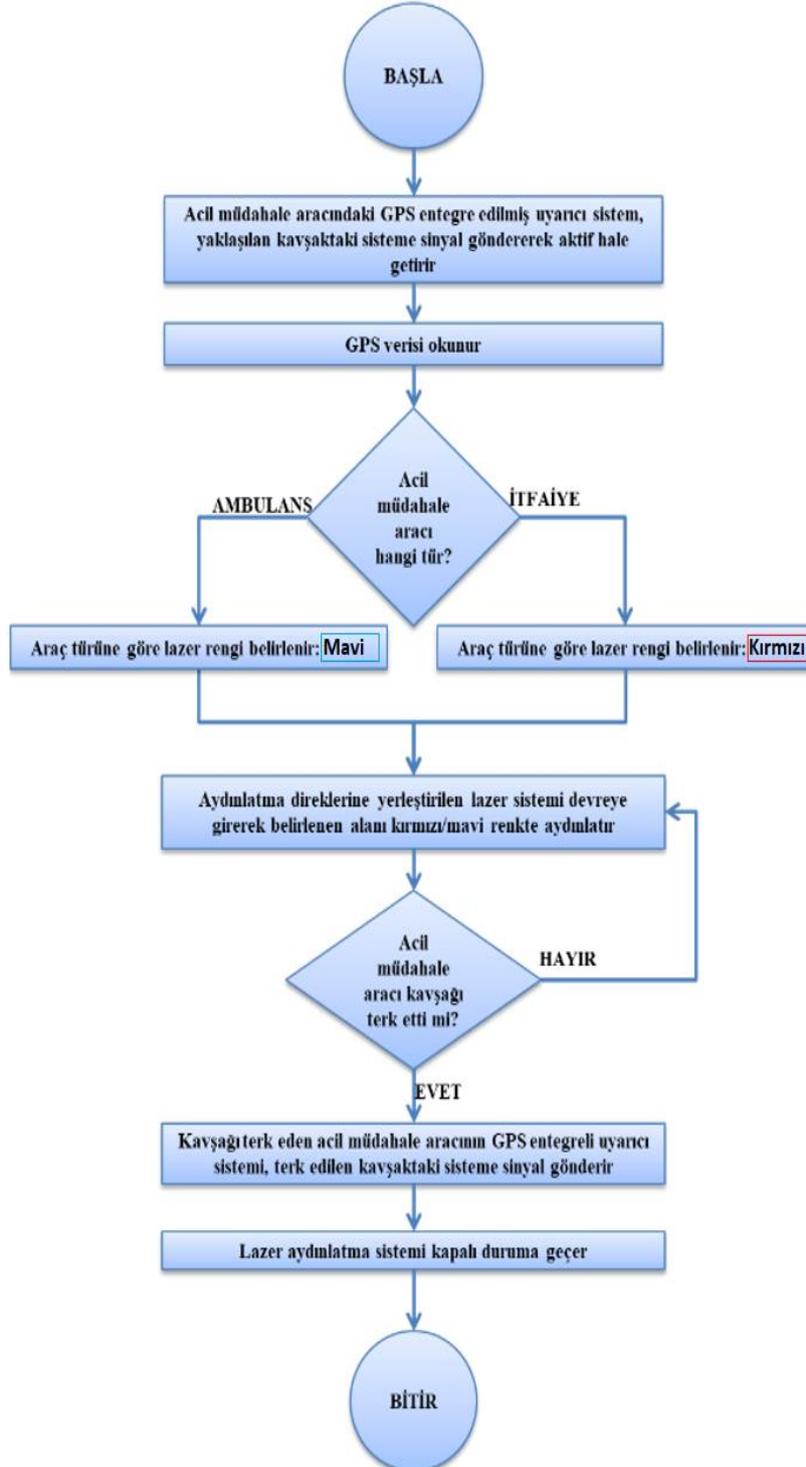
Dünya’da ve Türkiye’deki birçok şehiriçi yolda, acil durum araçlarının güvenli ve hızlı geçişi için gerekli olan banket şeridi bulunmaktadır. Bu nedenle, bu tür araçların olay yerine intikalinde sürücülerin iş birliği ile yol üzerinde oluşturacağı ara açıklıklara ihtiyaç duyulmaktadır. Yol üzerinde bu ara açıklıkların oluşturulması aşamasında en etkin olarak kullanılabilir sistem fermuar sistemidir. Bu çalışma kapsamında acil durum müdahale araçlarının geçişi esnasında sorunların yaşandığı kavşak yaklaşımlarında kullanılacak ve sürücülere bir fermuar oluşturma konusunda yardımcı olacak bir AUS uygulamasının sistematik altyapısı geliştirilmeye çalışılmıştır. Çalışmada önerilen bu yeni uygulama ile acil durum müdahale aracı bir kavşağa yaklaşırken, cadde üzerinde seyir halinde olan araç sürücülerini lazer sistemler ile oluşturulacak ortaaçıklığı (sanal şeridi) terk edecek ve böylece acil durum araçlarının hızlı hareket etmesinin önü açılacaktır. Bu önerilen lazer uyarıcı sistem tabanlı uygulama yardımıyla acil durum müdahale araçları yoğun trafikte zorlanmadan ve güvenli şekilde yoluna devam edebilecektir. Uygulamanın altyapısında barındırdığı lazer sisteminin oluşturacağı sanal şerit sayesinde fermuar tekniği sürücüler tarafından kolaylıkla öğrenilip benimsenebilecektir. Böylece acil durum müdahale araçlarının günlük hayatta sürekli karşılaştığı, bilinçsiz sürücüler sebebiyle yoğun trafikte hızlı şekilde ilerleyememe sorununa kalıcı bir çözüm bulunabileceği düşünülmektedir. Önerilen bu AUS uygulamasının çalışma prensibi Şekil 3’teki akış şemasında detaylı olarak anlatılmaktadır.

Şekil 3’te verilen akış şeması temel alınarak, önerilen yeni acil durum araçlarının hızlı hareketini sağlaması öngörülen sistemin efektif çalışması için sırasıyla yapılması gereken işlem adımları aşağıda verilen şekilde üç ana adımda sınıflandırılmıştır. Önerilen üç ana adımın sırasıyla uygulanması ile birlikte sistemin efektif çalışabileceği düşünülmektedir.

Adım 1: Tüm acil durum araçlarına GPS sinyali dalgası gönderebilen sinyal sistemlerinin entegrasyonu

Bu ilk adımda, ilk olarak GPS sinyali sistemi önerilen sistemin uygulanacağı şehiriçi yolları kullanan ya da kullanacak olan bütün acil durum müdahale araçlarına (ambulans, itfaiye, vb.) Şekil 4a’da tasarım görseli verilen şekilde entegre edilecektir. Sistem, acil müdahale aracının tepe

lambalarıyla bağlantılı olarak çalışacaktır. Böylece, önerilen sistemin çalışır hale gelmesi için acil durum aracının meydana gelen herhangi bir acil durum vakasına giderken herhangi ilave bir işlem yapmasına gerek kalmayacaktır. Acil durum aracının tepe lambalarının aktif hale geldiği anda entegre edilen bu GPS tabanlı sinyal sistemi de devreye girecektir. Sistemin devreye girmesi ile birlikte Şekil 4b'deki tasarım görselinde görüldüğü gibi yoğun trafik nedeniyle tıkanıklık olan yol kesimlerine yaklaşan acil durum müdahale araçları araç içerisine entegre edilen sistem sayesinde kavşakta bulunan karşı alıcı sisteme bir sinyal dalgası gönderecektir.



Şekil 3. Önerilen AUS Uygulamasının Çalışma Prensibine Ait Akış Şeması



Şekil 4. (a) Acil Durum Müdahale Araçlarına Entegre Edilecek GPS Sinyali Sistemi ve (b) Kavşak Yaklaşımında Bulunan Alıcı Sisteme Araç İçerisinden Bir Sinyal Dalgası Gönderilmesi

Tıkanıklık problemi olan şehir içi kavşak yaklaşımlarına kurulacak olan ve acil durum müdahale araçlarının gönderdiği sinyal dalgası bir alıcı tarafından toplanacak ve işlenecektir (Şekil 5a). Geçiş Üstünlüğüne Sahip Araçlar Yönetmeliği'ne göre sesli ve ışıklı uyarı işaretlerinin zorunlu hallerde en az 150 metreden duyulabilecek ve görülebilecek şekilde kullanılması gerektiği belirtilmektedir (URL-5). Günümüzde özellikle büyükşehirlerde gürültü kirliliğinden dolayı acil durum müdahale araçlarının siren seslerinin gerekli mesafeden duyulması her zaman mümkün olmayabilir. Bu problemin çözümü için kavşaktaki alıcı sistemin üzerine acil durum araçlarındakilerle uyumlu bir ışıklı bir siren yerleştirilecektir. Bu sirenin her acil durum müdahale aracının geçişinde aktif hale gelmesi ile belirlenen gündüz ve gece saat dilimlerinde sesli ve ışıklı, geriye kalan özellikle trafik tıkanıklığının olmadığı saatlerde sadece ışıklı olarak uyarıcı görev yapacaktır. Kavşak girişinde bulunacak bu ilave uyarıcı siren, acil durum müdahale aracı kavşağa yaklaşırken 250 metre kala aktif hale gelecek ve araç kavşağı güvenli bir şekilde terk ettikten sonra devre dışı kalacak şekilde tasarlanacaktır. Acil durum aracına yerleştirilen verici ve kavşak koluna yerleştirilen alıcı sistem yardımıyla önerilen uygulamanın ilk adımı tamamlanarak sistemin devreye girmesi sağlanacaktır (Şekil 5b).



Şekil 5. (a) Kavşaklara Yerleştirilecek Olan Sinyal Alıcı Sistem ve İlave Uyarıcı Siren Sistemi ve (b) Acil Durum Müdahale Aracı Tarafından Gönderilen Sinyallerin Alıcı Sisteme Ulaşması ve Sistemin Aktif Hale Gelmesi

Adım 2: Lazer tabanlı uyarı sistemlerinin kurulumu ve aktif hale gelmesi

Önerilen sistemin kurulacağı kavşakların bulunduğu caddelerdeki aydınlatma direklerine kırmızı ve mavi renklere sahip ve lazer aydınlatma özelliğine sahip uyarıcı ışıklar yerleştirilecektir. Böylece belirlenen yol kesiminde kurulan sistemin devreye girmesi ile birlikte direklere yerleştirilen lazer ışıkları aktif hale gelerek kesintisiz bir aydınlatma ile sanal bir geçiş şeridi oluşturulması hedeflenmektedir. Literatürde benzer şekilde sürücü ve yayaların dikkat seviyelerini arttırmak

amacıyla kavşaktaki sinyalizasyon sistemi ile entegre şekilde çalışan lazer sistem uygulamaları bulunmaktadır (Yaman ve ark., 2022). Örneğin kavşaklarda yayaların kırmızı ışıktaki güvenli geçişini sağlayabilmek amacıyla araçlara kırmızı ışık yandığında yaya geçitlerine lazer bir sistem ile bir duvar oluşturulmaktadır (Şekil 6a). Bu lazer duvar üzerine aynı zamanda kalan ışık süresi de yansıtılarak sürücü ve yayalar sadece bir lamba ile değil sanal bir duvar ile de yönlendirilmektedir (URL-7). Benzer bir diğer uygulamada, araç sürücülerinin dikkatini çekmek amacıyla lazer duvar üzerine yürüyen yaya silüetleri de yansıtılmaktadır (Şekil 6b). Böylece yaya silüetlerinin araçlar tarafından görülerek, planlanan şekilde lazer ışık yardımıyla istenilen durum gerçekleştirilmek istenmektedir (URL-8). Bu çalışma kapsamında önerilen ve caddelerdeki aydınlatma direklerine yerleştirilmesi planlanan lazer ışık sistemlerine ait tasarlanan görsel çizimler Şekil 7’de verilmektedir.

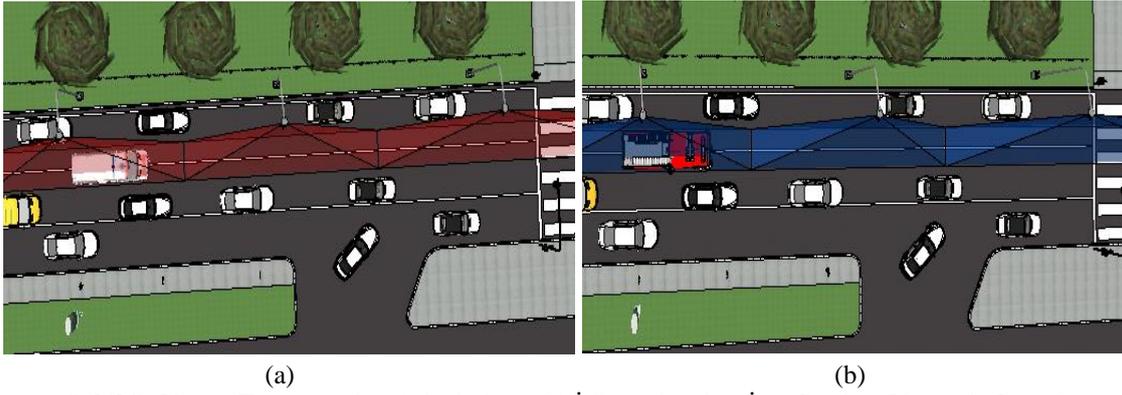


Şekil 6. Lazer Işık Sistemi ile Oluşturulan (a) Lazer Duvar ve (b) Yaya Geçiş Silüetleri (URL-7,8)



Şekil 7. Aydınlatma Direklerine Yerleştirilen Lazer Işık Sistemine Ait Tasarım Görselleri

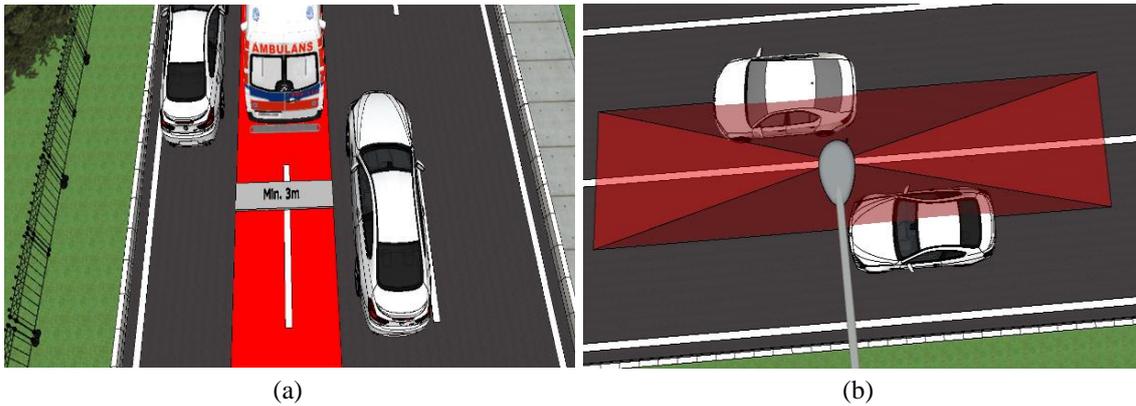
Önerilen bu yeni sistem ile acil durum müdahale aracından kavşaktaki sisteme ulaşan sinyaller sistem tarafından otomatik olarak değerlendirilecek ve böylece sisteme gelen veriler ışığında gelen aracın ambulans mı, itfaiye mi ya da başka bir araç mı olduğu belirlenecektir. Eğer acil durum müdahale aracı ambulans ise kırmızı renkli, itfaiye ise mavi renkli lazer ışıkları devreye girecektir. Bu iki acil durum aracı dışında başka bir araç geçişi olacaksa yeşil renkli lazer aydınlatma aktif olacaktır. Çalışmada ambulans için kırmızı renk ikaz rengi olduğu için tercih edilmiştir. Çünkü ambulans tepe lambalarının mavi olması nedeniyle kırmızı-mavi ışık birlikteliğinin dikkat çekme ve uyarılma açısından daha efektif olacağı öngörülmektedir. Kırmızı tepe lambalarına sahip olan itfaiye için ise bu sebepten dolayı mavi lazer rengi tercih edilmiştir. Lazer sistemin devrede olduğu durumlarda ambulans ve itfaiye için oluşacak görsel durum Şekil 8’de gösterilmektedir.



Şekil 8. Sistem Tasarımında (a) Ambulans (b) İtfaiye Araçları İçin Seçilen Oluşacak Görsel

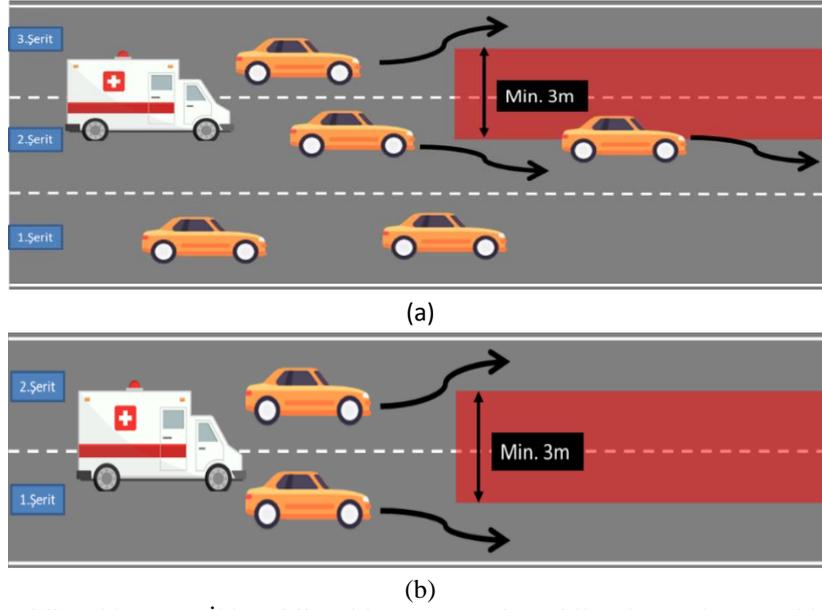
Adım 3: Fermuar sistemi ile oluşturacak yanal açıklığın belirlenmesi

Yeni sistemin uygulanacağı caddelerde ve yollarda acil durum müdahale araçlarının emniyetle geçişi için gerekli ve yeterli genişlikte alanlar bölgenin geometrik yapısına uygun olarak belirlenecektir. Araç genişlikleri, araç türlerine göre değişkenlikler göstermekle birlikte ambulanslarda ortalama araç genişliği azami 2,3 metre, itfaiyelerde ise bu genişlik azami 2,8 metre civarındadır (URL-9). Bu nedenle acil durum müdahale aracının geçiş şeridi olarak kullanacağı alanın genişliği çalışmada minimum 3 metre olarak öngörülmektedir. (Şekil 9a). Fakat, bölgenin geometrik yapısının uygun olması halinde bu genişliğin daha hızlı ve güvenli bir geçişi sağlamak adına 3,2 metre olarak da tasarlanabileceği önerilmektedir. Tasarıma göre iki şeritli caddelerde ilk ve ikinci şeritlerin ortasında; üç şeritli caddelerde ikinci ve üçüncü şeritlerin ortasında lazer ek şerit uygulanacaktır. Üç şeritli yolun üçüncü şeridini kullanan aracın istikamet yönünde sağ tarafı, ikinci şeridini kullanan aracın sürücü tarafı; iki şeritli yolun ikinci şeridini kullanan aracın istikamet yönünde sağ tarafı, birinci şeridini kullanan aracın sürücü tarafı aydınlatılan alan içerisinde kalacaktır. Bu durum Şekil 9b’de örnek olarak gösterilmektedir.



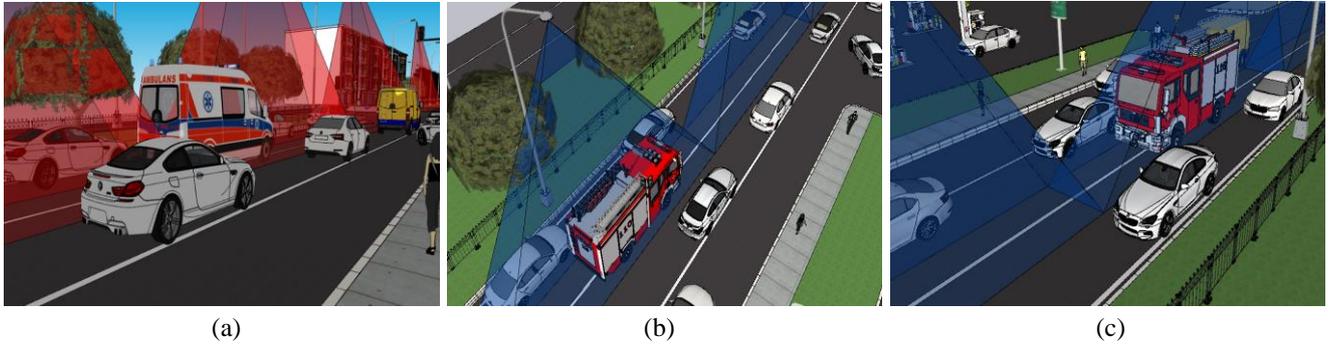
Şekil 9. (a) Acil Durum Araçları İçin Planlanan Güvenli Geçiş Gerekliliği ve (b) Lazer Sistemin Güvenli Geçiş İçin Yolu Aydınlatması

Sürücüler, kendi kullandıkları araçların lazerle aydınlatılan alan içerisinde kaldığını görünce fermuar sistemine uygun olacak şekilde yaklaşmakta olan acil durum müdahale aracına trafik emniyetini tehlikeye atmadan yol açabilecektir. Böylece üç şeritli bir yolun üçüncü şeridinde seyir halindeki aracın refüje doğru (sola), ikinci şeritteki aracın birinci şeride doğru (Şekil 10a); iki şeritli bir yolun ikinci şeridinde seyir halindeki aracın refüje doğru (sola), birinci şeritteki aracın da refüje doğru (sağa) hareket etmesi beklenecektir (Şekil 10b). Böylece sürücüler yer açılması gereken alanlarda olup olmadıklarına araç aynalarından, lazerin taradığı alanın içinde olup olmadığını kontrol ederek karar verebilecektir.



Şekil 10. (a) Üç Şeritli Yolda ve (b) İki Şeritli Yolda Fermuar Sistemi ile Oluşturulması Beklenen Hareket Alanı

Önerilen sistemdeki lazer ile oluşturulacak taralı alan diğer sürücüler tarafından boşaltıldıktan sonra acil durum müdahale aracı güvenli şekilde ilerleyebilecektir (Şekil 11). Böylece acil durum müdahale araçlarının kısa zamanda ve emniyetli şekilde kavşaklardan geçiş yapmaları beklenmektedir. Bu araçlar kavşakları güvenli şekilde terk ettikten kısa süre sonra araçlarda bulunan sistemlerden alıcılara gönderilmeye devam eden sinyaller sayesinde kavşakta bulunan sistem aracın kavşağı terk ettiğini algılayarak caddedeki lazer ışık sistemini devre dışı bırakacaktır.



Şekil 11. Lazerle Aydınlatılan Güvenli Geçiş Şeridinde İlerleyen (a) Ambulans ve (b-c) İtfaiye Araçlarına Ait Örnek Görseller

BULGULAR VE TARTIŞMA

A'WOT Analizi ile Önerilen Sistemin Önceliklerinin Belirlenmesi

A'WOT analizi araştırmacılar tarafından stratejik karar verme aşamasında etkin olarak kullanılan SWOT analizi ile Analitik Hiyerarşi Sürecini (AHP) birleştiren hibrit bir yöntemdir (Kajanus ve ark., 2004). Bu hibrit yöntem yapısı itibari ile SWOT analizi kısmı ile karar verilecek konunun güçlü yönleri, zayıf yönleri, fırsatlar ve tehditlerine ilişkin belirlenen faktörleri, AHP yöntemi ile sayısal olarak ağırlıklandırılarak karar verilebilir bir hale getirmektedir (Kangas ve ark., 2001). Bu kapsamda çalışmada Acil Durum Müdahale Araçlarının Geçişi Esnasındaki Karmaşa Problemleri için önerilen AUS Tabanlı bir Çözüm önerisi için bir A'WOT analizi gerçekleştirilmiştir (Kangas ve ark., 2001). İlk adım olarak önerilen sistemin güçlü yönleri, zayıf yönleri, fırsatlar ve tehditler belirlenmiş ve SWOT analizi gerçekleştirilmiştir (Şekil 12).

<p style="text-align: center;"><u>GÜÇLÜ YÖNLER</u></p> <p>G1- Acil durum müdahale araçlarının kavşak yaklaşımlarından geçişi sırasında karmaşayı önleme potansiyelinin yüksek olması</p> <p>G2- Meydana gelebilecek kazaları önleyebilmesi</p> <p>G3- Sürücüler arasında iş birliği sağlaması ve alışkanlık kazandırma potansiyeli</p> <p>G4- Acil müdahale araçları için yeni bir sanal şerit sağlayarak hızlı hareket etme olanağı sağlaması</p> <p>G5- Sürücülere acil durum araçlarına iş birliği ile yol verme olgusu kazandırması</p> <p>G6- Acil durum araçları geçerken oluşabilecek stresi azaltma potansiyeli</p>	<p style="text-align: center;"><u>ZAYIF YÖNLER</u></p> <p>Z1- Kullanıcıların sistemin önerisine riayet etmeme olasılığı</p> <p>Z2- Kurallara uymayan sürücüler nedeniyle karmaşa oluşabilmesi</p> <p>Z3- Sürücülerin acil durum araçları için tanımlanan sanal şeridi kullanması durumu</p> <p>Z4- Kurallara uymayan sürücüler nedeniyle öngörülemez kazaların meydana gelmesi</p> <p>Z5- Dijital sistemin yapısında meydana gelebilecek öngörülemez bozulmalar ve bu durumun olumsuz etkisi</p>
<p style="text-align: center;"><u>FIRSATLAR</u></p> <p>F1- Deprem, yangın, sel vb. durumlarda olay yerine erişimin önem kazanması</p> <p>F2- Türkiye’de son yıllarda acil durum müdahalesi gerektiren vakaların sayısının ve sıklığının artması</p> <p>F3- Acil durum müdahale araçlarının olay yerine erişimi sırasında karşılaşılan sorunlar ve yaşanan gecikmeler</p> <p>F4- Dijital sistemler ve altyapı olanaklarının gelişmesi ve akıllı şehir olması arzusu ile şehirlerin bu tür yatırımlara ilgisinin artması</p>	<p style="text-align: center;"><u>TEHDİTLER</u></p> <p>T1- Sürücüler tarafından kabul görmeme olasılığı veya uygulanma sürecinin tam olarak anlaşılması</p> <p>T2- Yenilikçi yaklaşımları kabul etme eğilimi zayıf olan sürücü profili</p> <p>T3- Sistemin işletme yöntemi veya performansının beğenilmeme durumu</p> <p>T4- Sistemin kavşaklardaki sinyalizasyon ile birlikte çalışması aşamasında karşılaşılabilecek senkronizasyon problemleri</p>

Şekil 12. Acil Durum Müdahale Araçlarının Kavşak Yaklaşımlarından Hızlı Geçişi İçin Önerilen Akıllı Sisteme Ait SWOT Analizi Soruları

Çalışmada SWOT analizi kapsamında faktörlerin belirlenmesinin ardından her bir faktörün AHP metodu kullanılarak ağırlıklandırılması için ulaştırma alanında araştırmalar yürüten 5 kişilik bir uzman seçilmiştir. Bu uzman ekipten belirlenen faktörleri Çizelge 2’de verilen önem skalası değerlerine göre sıralamaları istenmiştir. Böylece ikili karşılaştırma matrisleri belirlenmiştir.

Çizelge 2. Önem Skalası Değerleri ve Bu Değerlere İlişin Açıklamalar (Saaty, 1977)

Değer	Tanım	Açıklama
1	Eşit 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 kanıt güvenilirliğe sahiptir
2,4,6,8	Ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasındaki değerler

Beş uzmanın yanıtlarıyla elde edilen karşılaştırma matrisleri, geometrik ortalamaların alınması ile irdelenerek uzman gruba ait ortak karar matrisleri oluşturulmuştur. Ardından elde edilen bu ortak karar matrisi, normalize edilmiş ve satır elemanlarının ortalamaları bulunarak her bir faktörün yerel faktör ağırlığı hesaplanmıştır. Bu doğrultuda elde edilen sonuçların anlamlı ve geçerli sayılabilmesi için matris tutarlılıkları kontrol edilmiştir. Bu kapsamda oluşturulan matrislerin tutarlılık oranları, klasik tutarlılık hesabı formülleri kullanılarak hesaplanmış ve tüm matrislerin 0,1’den küçük tutarlılık oranına sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen sonuçlar Çizelge 3’te detaylı olarak verilmektedir. Çizelgede yerel faktör ağırlıkları grup içindeki faktörlerin birbiri ile karşılaştırılması sonucunda elde edilen ağırlıklar, genel faktör ağırlıkları SWOT faktörlerinin toplam ağırlık içindeki payını ifade etmektedir. Genel faktör ağırlıkları, her bir SWOT grubu için belirlenen grup önceliği değerleri ile yerel faktör ağırlıklarının çarpılması sonucu elde edilmiş değerlerdir.

Çizelge 3. A'WOT Metodu ile Elde Edilen Faktör Ağırlıkları Değerleri

SWOT Grubu	Grup Önceliği	SWOT Faktörleri	Yerel Faktör Ağırlığı	Genel Faktör Ağırlığı	Önem Sırası
1- Güçlü Yönler	0.25	G1-Acil durum müdahale araçlarının kavşak yaklaşımlarından geçişi sırasında karmaşayı önleme potansiyelinin yüksek olması	0.346	0.087	2
		G2-Meydana gelebilecek kazaları önleyebilmesi	0.183	0.046	6
		G3-Sürücüler arasında iş birliği sağlaması ve alışkanlık kazandırma potansiyeli	0.298	0.075	3
		G4-Araçlar için yeni bir sanal şerit sağlayarak hızlı hareket etme olanağı sağlaması	0.362	0.091	1
		G5-Sürücülere acil durum araçlarına iş birliği ile yol verme olgusu kazandırması	0.277	0.069	4
		G6-Acil durum araçları geçerken oluşabilecek stresi azaltma potansiyeli	0.196	0.049	5
2- Zayıf Yönler	0.25	Z1-Kullanıcıların sistemin önerisine riayet etmeme olasılığı	0.282	0.071	2
		Z2-Kurallara uymayan sürücüler nedeniyle karmaşa oluşabilmesi	0.232	0.059	3
		Z3-Sürücülerin acil durum araçları için tanımlanan sanal şeridi kullanması durumu	0.296	0.074	1
		Z4-Kurallara uymayan sürücüler nedeniyle öngörülemeyen kazaların meydana gelmesi	0.194	0.049	4
		Z5-Dijital sistemin yapısında meydana gelebilecek öngörülemeyen bozulmalar ve bu durumun olumsuz etkisi	0.098	0.010	5
3- Fırsatlar	0.25	F1-Deprem, yangın, sel vb. durumlarda olay yerine erişimin önem kazanması	0.398	0.100	2
		F2-Türkiye’de son yıllarda acil durum müdahalesi gerektiren vakaların sayısının ve sıklığının artması	0.465	0.115	1
		F3-Acil durum müdahale araçlarının olay yerine erişimi sırasında karşılaşılan sorunlar ve yaşanan gecikmeler	0.364	0.092	3
		F4-Dijital sistemler ve altyapı olanaklarının gelişmesi ve akıllı şehir olması arzusu ile şehirlerin bu tür yatırımlara ilgisinin artması	0.321	0.080	4
4- Tehditler	0.25	T1-Sürücüler tarafından kabul görmeme olasılığı veya uygulanma sürecinin tam olarak anlaşılması	0.163	0.041	2
		T2-Yenilikçi yaklaşımları kabul etme eğilimi zayıf olan sürücü profili	0.196	0.049	1
		T3-Sistemin işletme yöntemi veya performansının beğenilmeme durumu	0.091	0.023	4
		T4-Sistemin kavşaklardaki sinyalizasyon ile birlikte çalışması aşamasında karşılaşılabilecek senkronizasyon problemleri	0.111	0.028	3

Analiz sonuçlarından güçlü yönler grubu faktörleri için yerel faktör ağırlıkları incelendiğinde %36.2 ile en büyük öneme sahip faktörün “Araçlar için yeni bir sanal şerit sağlayarak hızlı hareket etme olanağı sağlaması” olurken, en düşük öneme sahip faktörünün %18.3 ile “Meydana gelebilecek kazaları önleyebilmesi” olduğu görülmüştür. Zayıf yönler grubu incelendiğinde %29.6 ile “Sürücülerin acil durum araçları için tanımlanan sanal şeridi kullanması durumu” faktörü en yüksek öneme sahip zayıf yön olarak görülürken, %9.8 ile “Dijital sistemin yapısında meydana gelebilecek öngörülemeyen bozulmalar ve bu durumun olumsuz etkisi” en düşük öneme sahip faktör olarak belirlenmiştir. Fırsatlar grubu faktörlerinden “F2-Türkiye’de son yıllarda acil durum müdahalesi gerektiren vakaların sayısının ve sıklığının artması” faktörü %46.5 ile en yüksek öneme sahip faktör iken %32.1 ile “Dijital sistemler ve altyapı olanaklarının gelişmesi ve akıllı şehir olması arzusu ile şehirlerin bu tür yatırımlara ilgisinin artması” faktörünün en düşük öneme sahip olduğu gözlemlenmiştir. Son olarak tehditler grubu için sonuçlar incelendiğinde ise “Yenilikçi yaklaşımları kabul etme eğilimi zayıf olan sürücü profili”

faktörü %19.6 ile en önemli faktör olurken, “Sistemin işletme yöntemi veya performansının beğenilmeme durumu” %9.1 ile en düşük faktör olarak belirlenmiştir. Bir bütün olarak değerlendirildiğinde ise genel faktör ağırlıklarına göre %11.1 ile tüm faktörler arasında en yüksek öneme sahip faktörün “Türkiye’de son yıllarda acil durum müdahalesi gerektiren vakaların sayısının ve sıklığının artması” olduğu sonucuna ulaşılmış ve otopark ihtiyacı ön plana çıkmıştır.

SONUÇ

Bu çalışmada Türkiye’de her gün sıklıkla karşılaşılmakta olan acil durum müdahale araçlarının yoğun trafikte ilerleyememesi problemi ele alınmıştır. Saniyelerin bile hayati önem taşıdığı acil müdahale ile ilgili bu problem için bir an önce efektif çözümler geliştirilmesi gerektiği yadsınamaz bir gerçektir. Sinyalize kavşak yaklaşımlarında bu tür problemlerle daha sık karşılaşılmaktadır. Bu olumsuz durum üzerinde sürücülerin acil durum araçlarının geçişi sırasında toplu olarak hareket etmemesi ve bu konuda özverisiz olması ana etmenler arasında gösterilebilir. Özellikle, Dünya genelinde birçok ülkede acil durum müdahale araçlarının geçişi sırasında yaygın olarak kullanılan fermuar sistemi ülkemizde ne yazık ki nadir olarak uygulanmaktadır. Sürücülerin çok büyük bir kısmının fermuar sistemiyle ilgili bilgi sahibi olmaması, süregelen yanlış alışkanlıklarını devam ettirerek bu sorunun bir parçası olmakta, hatta kimi zaman bazı sürücüler buna ilave olarak trafik kazaları gibi yeni sorunların ortaya çıkmasına sebep olabilmektedir.

Çalışma kapsamında teknolojinin gelişmesi ile birlikte lazer ışık kümesi ve sensör sistemler yardımıyla acil durum araçlarının kavşaklara yaklaşırken kullanabileceği bir sanal şerit oluşturulmasına yönelik bir kavramsal tasarım yapılmıştır. Önerilen bu sistem tasarımı ile yol kenarlarındaki sokak lambaları üzerine yerleştirilen lazer ışıklar yol yüzeyinde belirli bir kesimi aydınlatacaktır. Bu kesim üzerinde yer alan araçlar kendileri için en uygun yöne hareket ederek bu sanal şerit üzerini boşaltacak, dolayısıyla acil durum müdahale araçları bu şeridi takip ederek kavşaktan oldukça hızlı bir şekilde ayrılacaktır. Tasarımı önerilen bu sistem acil durum müdahale araçlarına ve kavşak girişine yerleştirilen alıcı ve vericilerin birbirlerine mesaj iletimi ile devreye girecektir. Devreye girdikten sonra gelen acil durum aracının türüne göre farklı renkte lazer ışık kümesi ile sanal bir şerit oluşturacaktır. Özetle tasarlanan bu yeni akıllı sistemle gelişmiş ülkelerde yaygın şekilde kullanılan fermuar sistemi dış bir etken yardımıyla sürücülere uygulatılmış olacaktır. Sistemlerin kurulacağı şehirlerde belirli bir süre sonra sürücülerin sanal şerit tanımlanmadan dahi bu sanal şeridi iş birliği ile oluşturabilecekleri beklenmektedir.

Tasarım sonrası önerilen bu yeni sistem beş kişilik bir uzman ekip tarafından değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda ilk olarak SWOT analizi ile belirlenen faktörler uzman görüşü sayesinde ikili olarak karşılaştırılmış ve AHP metodu ile ağırlıklandırılmıştır. Uygulanan A’WOT tekniği ile elde edilen sonuçlardan sistemin acil durum müdahale araçlarının hızlı hareketini sağlaması en güçlü yön, sürücülerin sanal şeridi kullanma olasılıkları en zayıf yön ve ülkemizdeki sürücülerin bu tür yenilikleri kabul etme eğiliminin düşük olması da önerilen bu akıllı sistemin önünde en önemli tehdit olarak belirlenmiştir. Türkiye’de son yıllarda acil durum müdahalesi gerektiren vakaların sayısının ve sıklığının artması bu tür sistemlerin uygulanması aşamasında önemli fırsatlar (en önemli fırsat) oluştuğunu net olarak göstermiş (maksimum genel ağırlık faktörü %11.5) ve çalışmanın ana amacını destekleyen bir uzman değerlendirmesi sonucuna ulaşmıştır.

Acil durum müdahale araçlarının kavşak yaklaşımlarında hızlı geçişini sağlayabilecek bir sistemin kavramsal tasarımı önerilen bu çalışma ile kavşaklarda acil durum ve normal araçlar arasında meydana gelen olumsuz durumların azalabileceği düşünülmektedir. Böylece tüm sürücüler böyle bir

karşılaşma durumunda birbiriyle iş birliği içerisinde hareket ederek; stres ve karmaşa yaşamadan acil durum araçlarının güvenli ve hızlı geçişine olumlu katkı sunabilecektir. Önerilen bu yeni sistem şehirlerin akıllı ve güvenli şehir hedeflerine de önemli katkılar sağlayabilecek ve böylece sürdürülebilir ulaşım planlarını destekleyici bir rol oynayacaktır. En önemlisi bu sistemler ile acil durum müdahale araçları olay yerlerine daha hızlı erişimi sağlanarak, olabilecek kayıpların ve olumsuz durumların önüne geçilmesi beklenmektedir. Bu çalışmada olduğu gibi Ar-Ge gerektiren çalışmalar, teknoloji şirketleri, karayolu plancıları ve otoriteleri için fikir verici güzel bir örnek olabilecektir. Bu ve benzeri problemlerin çözümü için Ar-Ge çalışmalarına başlanarak; sorunların çözümü noktasında yenilikçi ürünlerin geliştirilmesinin oldukça önemli olduğu düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, British Council destekli “i-gCar4ITS: Innovative and Green Carrier Development for Intelligent Transportation System Applications” projesi kapsamında desteklenmektedir. Yazarlar desteklerinden dolayı British Council’e ve makalenin inceleme ve değerlendirme aşamasında yapmış/yapacak oldukları katkılardan dolayı editör ve hakem/hakemlere teşekkür eder.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Andrade, L. A. C. G., & Cunha, C. B. (2015). An ABC heuristic for optimizing moveable ambulance station location and vehicle repositioning for the city of Sao Paulo. *International Transactions in Operational Research*, 22(3), 473–501.
- Aydın, M. M., Köfteci, S., Akgöl, K., & Yıldırım, M. S. (2017). Utilization of a new methodology on performance measurements of red light violations detection systems. *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, 9(1), 32-41.
- Aydın, M. M., Aydoğdu, İ., & Yıldırım, M. S. (2022). Sinyalize kavşaklarda ülkelere göre gecikme ve kuyruk uzunluğu denklemleri geliştirilmesinin gerekliliği üzerine bir araştırma. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 12(2), 597-613.
- Aydın, M. M., Köfteci, S. (2020). Koridor ortalama hız ihlal tespit sistemlerinin (kohits) tasarımdan işletmeye genel yapısı ve çalışma prensibi üzerine bir araştırma: Toprakkale örneği. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10(1), 109-121.
- Berdowski, J., Berg, R. A., Tijssen, J. G., & Koster, R. W. (2010). Global incidences of out-of-hospital cardiac arrest and survival rates: systematic review of 67 prospective studies. *Resuscitation*, 81(11), 1479–1487.
- Bıyık, B., & Aydın, M.M. (2023). Dijital sistemler ve nesnelerin interneti tabanlı yeni bir akıllı otopark sistemi: bir kavramsal tasarım. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(4), 990-1008.
- Coogan, S., & Arcak, M. (2015). A compartmental model for traffic networks and its dynamical behavior. *IEEE Trans. Automat. Control*, 60(10), 2698–2703.
- Coşkun, T. (2018). Fermuar tekniği ile ambulansa yol verme (İzmir) [Video dosyası]. Erişim tarihi: 10 Ocak 2023, Erişim adresi <https://www.youtube.com/watch?v=RuzAAf2LZPI>
- Çoruh, E., Aydın, M. M., Dağlı, E., Öztürk, Ö. F., & Yıldırım, M. S. (2020). Kapalı otobüs durağı uygulamalarının kullanıcı beklentileri ve memnuniyeti doğrultusunda incelenmesi: Gümüşhane ve Antalya örneği. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10(4), 1027-1038.
- Çoruh, E., Aydın, M. M., Dağlı, E., Öztürk, Ö. F., & Mazlum, Y. (2022). İklim değişikliği baskıları ve afetler karşısında Türkiye’de ulaşım, *TMMOB Afet Sempozyumu*, 20-22 Nisan, Ankara, Türkiye, s. 745-757.

- De Lorenzo, R. A., & Eilers, M. A. (1991). Lights and siren: a review of emergency vehicle warning systems. *Ann. Emerg. Med.*, 20(12), 1331–1335.
- Fogue, M., Garrido, P., Martinez, F. J., Cano, J. C., Calafate, C. T., & Manzoni, P. (2013). A novel approach for traffic accidents sanitary resource allocation based on multi-objective genetic algorithms. *Expert Systems with Applications*, 40(1), 323–336.
- Grant, P. (2017). *The human factors associated with responding to emergency vehicles*. (Doctorates and Masters). Edith Cowan University Theses.
- Huang, Y. S., Weng, Y. S., & Zhou, M. (2015). Design of traffic safety control systems for emergency vehicle preemption using timed Petri nets. *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, 16(4), 2113–2120.
- Humagain, S., Sinha, R., Lai, E., & Ranjitkar, P. (2020). A systematic review of route optimization and preemption methods for emergency vehicles. *Transp. Rev.*, 40(1), 35–53.
- Jotshi, A., Gong, Q., & Batta, R. (2009). Dispatching and routing of emergency vehicles in disaster mitigation using data fusion. *Socio-Econ. Plan. Sci.*, 43(1), 1–24.
- Kajanus, M., Kangas, J., & Kurttila, M. (2004). The use of value-focused thinking and the A'WOT hybrid method in tourism management. *Tourism Management*, 25(4), 499-506.
- Kangas, J., Pesonen, M., Kurttila, M., & Kajanus, M. (2001). A'WOT: Integrating the AHP with SWOT Analysis. *Proceedings-6th ISAHP*, pp. 189-198.
- Karpova, Y., Villa, F., Vallada, E., & Vecina, M. Á. (2023). Heuristic algorithms based on the isochron analysis or dynamic relocation of medical emergency vehicles. *Expert Systems with Applications*, 212, 118773.
- Koçhan, B., Çoruh, E., & Aydın, M.M. (2023). Sürücülerin Tünel İşletim ve Güvenliği Algısı Üzerine Bir Araştırma. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(1), 493-516.
- Kwon, E., Kim, S., & Betts, R. (2003). Route-Based Dynamic Preemption of Traffic Signals for Emergency Vehicle Operations. In: *Transportation Research Board 82nd Annual Meeting Transportation Research Board*, p. 1.
- Lu, L., & Wang, S. (2019). Literature review of analytical models on emergency vehicle service: Location, dispatching, routing and preemption control. In: *2019 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference*, pp. 3031–3036. <http://dx.doi.org/10.1109/ITSC.2019.8916885>.
- Mu, H., Song, Y., & Liu, L. (2018). Route-based signal preemption control of emergency vehicle. *J. Control Sci. Eng.*, 2018, 1–11.
- Musolino, G., Polimeni, A., Rindone, C., & Vitetta, A. (2013). Travel time forecasting and dynamic routes design for emergency vehicles. *Proc.-Soc. Behav. Sci.*, 87, 193–202.
- Nellore, K., & Hancke, G. P. (2016). Traffic management for emergency vehicle priority based on visual sensing. *Sensors*, 1892.
- Nelson, E. J., & Bullock, D. (2000). Impact of emergency vehicle preemption on signalized corridor operation: an evaluation, *Transport. Res. Rec.*, 1727(1), 1–11.
- Nordin, N. A. M., Zaharudin, Z. A., Maasar, M. A., & Nordin, N. A. (2012). Finding shortest path of the ambulance routing: interface of a-star algorithm using C programming. In: *2012 IEEE Symposium on Humanities, Science and Engineering Research*, pp. 1569–1573.
- Ölmez, İ., & Geçen, R. (2018). Acil durumlarda ambulans erişebilirliği: Antakya (Hatay) örneği. *International Journal of Social Science*, 73, 361-375.
- Pala, O. (2017). İzmir'den Türkiye'ye itfaiyeye yol verme dersi [Video dosyası]. Erişim tarihi: 15 Ekim 2021, Erişim adresi: https://www.youtube.com/watch?v=o4F_T6fSQPg
- Qi, L., Zhou, M., & Luan, W. (2016). Emergency traffic-light control system design for intersections subject to accidents, *IEEE Trans. Intell. Transport. Syst.*, 17(1), 170–183.
- Qin, X., & Khan, A. M. (2012). Control strategies of traffic signal timing transition for emergency vehicle preemption. *Transp. Res. C*, 25, 1–17.
- Rajagopalan, H. K., Saydam, C., & Xiao, J. (2008). A multiperiod set covering location model for dynamic redeployment of ambulances. *Computers & Operations Research*, 35(3), 814–826.

- Rosayyan, P., Paul, J., Subramaniam, S., & Ganesan, S. I. (2023). An optimal control strategy for emergency vehicle priority system in smart cities using edge computing and IoT sensors. *Sensors*, 100697.
- Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234-281.
- Schmid, V., & Doerner, K. F. (2010). Ambulance location and relocation problems with time-dependent travel times. *European Journal of Operational Research*, 207(3), 1293–1303.
- Su, H., Zhong, Y. D., Chow, J. Y., Dey, B., & Jin, L. (2023). EMVLight: a multi-agent reinforcement learning framework for an emergency vehicle decentralized routing and traffic signal control system. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 146, 103955.
- TÜİK. (2022). Türkiye İstatistik Kurumu, Trafik Kaza İstatistikleri. Erişim tarihi: 21 Aralık 2022, Erişim Adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Karayolu-Trafik-Kaza-Istatistikleri-2021-37436>
- URL-1. <https://www.dha.com.tr/gundem/fermuar-acilmiyor-ambulanslar-yolda-kaliyor-1742046>. Erişim tarihi: 20.12.2022.
- URL-2. <https://www.yenisafak.com/gundem/ambulansa-yol-vermeyen-surucunun-ifadesi-ortaya-cikti-3449176>. Erişim tarihi: 20.10.2022.
- URL-3. <https://www.seydisehirhaber.com/d/45408/konya-dan-deprem-bolgesine-giden-araclar-10-kilometre-kuyruk-olusturdu>. Erişim tarihi: 15.09.2022.
- URL-4. <https://www.yenisafak.com/gundem/deprem-yardimlari-icin-lojistik-firmalarina-depo-ve-tir-cagrisi-gecici-olarak-bize-tahsis-edin-4506330>. Erişim tarihi: 05.01.2022.
- URL-5. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/02/20210202-2>. Erişim tarihi: 18.10.2022.
- URL-6. <https://www.iha.com.tr/haber-ambulansa-yol-vermek-isterken-kaza-yapti-837812/> Erişim tarihi: 25.11.2022.
- URL-7. <https://www.gzt.com/video/jurnalist/ukraynada-lazer-teknolojili-trafikisiklari-gorenleri-sasirtiyor-2167212> Erişim tarihi: 15.02.2022.
- URL-8. <https://www.tweaktown.com/news/35489/could-this-laserhologram-concept-be-the-stoplight-of-the-future-/index.html> Erişim tarihi: 10.01.2022.
- URL-9. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/11/20121108-7.htm> Erişim tarihi: 20.12.2022.
- Yaman, T., Dağlı, E., Aydın, M. M., & Keleş, M. A. (2022). Fasılalı geçiş sistemlerinde güvenli geçiş uygulamaları. *İdealkent*, 13(36), 797-823.
- Yıldırım, B., & Soylu, B. (2023). Relocating emergency service vehicles with multiple coverage and critical levels partition. *Computers & Industrial Engineering*, 109016.
- Zhao, L., Pu, L., Zhao, Z., Huang, B., Hao, J., & Huang, Y. (2018). Emergency vehicle preemption control of t-shaped intersection with time Petri nets, Chinese Automation Congress (CAC), Xi'an, China, pp. 2503–2508.