

Konum Tabanlı Yeni Yöntem ile Acil Ulaşım Sorunlarına Karar Destek Sistemleri: Ambulans Örnek Uygulama Canlandırması

(Çam ve Sakura Hastanesi Örneği)

Araştırma Makalesi/Research Article

 Hasan VARLI¹,  Nuri BİNGÖL²

¹Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği, Üsküdar Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

²Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği, Üsküdar Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

hasanvarli@hotmail.com.tr, nuri.bingol@uskudar.edu.tr

(Geliş/Received:05.02.2024; Kabul/Accepted:25.04.2024)

DOI: 10.17671/gazibtd.1431518

Özet— Acil yardım hizmetlerinde hayati öneme sahip olan ambulanslar, günün her saati trafikte mahsur kalmaktadır. Henüz tam anlamıyla ambulansa yol veremeye ilgili oturmuş bir yöntemin olmaması, araç kalabalığı, acemi ve duysuz sürücüler nedeniyle ambulansın olay yerinden hastaneye ulaşması güçleşmektedir. Bu çalışma kapsamında, ambulansın en kısa sürede hastaneye varması amaçlanmıştır. Ambulans konumu ve bilgi panelleri konumları arasında Haversine formülü yardımıyla mesafe hesaplanarak bilgi paneli olarak adlandırılan ekranlarla diğer sürücüleri erkenden bilgilendirerek trafiğin akışını bozmadan daha güvenli bir şekilde sol şerit boşaltılacak ve ambulansın geçişini hızlanacak. İki farklı canlandırma yapılmıştır. İlkinde, ambulans logosunu yansıtmaları için ölçülmesi gereken mesafe değerleri 0.4 – 0.9 km aralığındadır. Çıktı olarak hesaplanan değerleri 0.04 – 0.65 km aralığındadır. Ambulans yakındayken ışık ve sesle ikaz zaten etkili bir yöntem olduğundan dolayı faydanın yeterli değildir. İkincisinde, bu mesafe değerleri 1.5 – 2 km aralığında ve gösterim süresi 125 – 200 saniye aralığındadır. Çıktı olarak hesaplanan değerleri ise 0.97 – 1.62 km aralığındadır. Bu mesafeden ambulansın ışık ve sesinin uyarıcılığı zor olacağından bu yöntemde elde edilen fayda artmıştır. Yapılan çalışma sonucunda, uygun değerler verildiğinde çözüm oldukça faydalı olacaktır. Bu çalışma, olay yerine varılması, diğer yolların da kapsanması, diğer acil yardım araçlarının da dâhil edilmesi anlamında gelecekteki çalışmalara ışık tutacaktır.

Anahtar Kelimeler—acil ulaşım, akıllı acil ulaşım planlama, cbs, coğrafi konum, haversine formülü

Decision Support Systems for Emergency Transportation Problems with a New Location-Based Method: Ambulance Sample Application Animation

(Çam and Sakura Hospital Example)

Abstract— Ambulances, crucial for emergency services, often face traffic congestion, hindering their swift arrival at hospitals. The lack of a clear protocol for yielding to ambulances, combined with inexperienced drivers and traffic jams, poses challenges for timely hospital transfers. This study aims to expedite ambulance arrivals by using the Haversine formula to calculate distances between ambulance locations and information panels. These panels inform drivers early, facilitating left lane clearance without traffic disruption, thus accelerating ambulance passage. Two different simulations were conducted. In the first, distance range for logo reflection: 0.4 – 0.9 km. Calculated distance values as output: 0.04 – 0.65 km. When the ambulance is nearby, light and sound insufficient. In the second, distances: 1.5 – 2 km, display time: 125 – 200 seconds. Calculated distance values as output: 0.97 – 1.62 km. It becomes harder to hear the lights and sirens and the benefit obtained in this study increases. Applying appropriate values renders this solution highly beneficial, ensuring swift hospital arrivals. This study paves the way for future research, addressing on-scene arrival, alternative routes, and integration of other emergency vehicles into the system.

Keywords— emergency transportation, geographical location, gis, haversine formula, smart emergency transportation plannin

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde konum bilgisi pek çok ihtiyaç dâhilinde çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır [1]. Mevcut yeri bulmak, gidilmek istenen konuma rota oluşturmak, havacılık, araç takip sistemleri, spor uygulamaları ve meteorolojik tahminler, bankacılık uygulamaları, kadastral ölçümler için kullanıldığı gibi alışveriş uygulamalarının civardaki mağazalarla ilgili kampanyaları sunması için de kullanılmaktadır [2].

Konumlar hayati öneme sahip olan sağlık alanında da yoğun olarak kullanılmaktadır. Acil çağrı merkezini arayan birinin otomatik hassas konumunun belirlenmesinde, araçlarda bulunan araç içi acil çağrı sistemlerinde, EGM tarafından sunulan KADES uygulamasında ve arama kurtarma çalışmalarında da konumun bildirilmesi büyük öneme sahiptir. Bazı markaların akıllı saatleri de yine benzer bir çalışma mantığıyla kazayı algılayarak acil durum araması yapabilmekte ve saate ait konumu paylaşabilmektedir.

Konum tabanlı çözümlerin hayati etkisinin önemi açıkça görülmektedir. Özellikle acil ulaşım aracı olan ambulansın hastayla birlikte bir an önce hastaneye varması büyük önem teşkil etmektedir. Bu hedef doğrultusunda, özellikle büyük şehirlerde trafik sorunu ile yüzleşmesi gerekmektedir. Ambulans sürücüsü gerektiğinde ışıklarını ve sirenini kullanarak diğer sürücüleri ikaz etmektedir. Buna istinaden birçok duyarlı sürücü ambulansın hızlı yol alabilmesi için yol vermeye çabalamaktadırlar. Trafik yoğun olduğu durumlarda ambulanslar emniyet şeridini de kullanabilmektedir. Ayrıca son zamanlarda, ambulansın araçların ortasından gitmesini sağlayan, sol şeritte bulunan araçların sola yaklaşması, sağ şeritte bulunan araçların ise sağa yaklaşmasıyla ambulansın araçların ortasından geçişini yapması şeklinde açıklanan fermuar yöntemi de mevcuttur [3]. Fakat bu yöntemlerin hiçbiri tek başına ya da birlikte iken tam anlamıyla çözüm sunmamaktadır.

Trafikte çok sayıda duyarlı sürücünün olmasının yanında nadirde olsa daha az duyarlı ve yol vermede geciken sürücüler, ambulansın hastaneye varış hızını kesmektedir. Bununla beraber acemi, çevik hareket edemeyen ya da yüksek sesle müzik dinlemek gibi dış çevre duyarlılığını azaltan etkenlere sahip sürücüler de vardır. Yüksek kapasiteli kentsel yolların her bölümünde emniyet şeridi bulunmayabilir. Bu durumda diğer sürücülerle aynı şeritleri kullanmaları gerekmektedir. Emniyet şeridi olsa dahi bazı diğer sürücülerin gereksiz kullanımı nedeniyle yine zor anlar yaşanmaktadır. Fermuar yöntemi de az bilinmesi ve diğer belirtilen nedenlerle ülkemizde uygulanması kolay olmayan bir yöntemdir.

Bu çalışmanın en temel amacı, konum bilgisinden yararlanılarak ambulansın en kısa sürede hızlı ve güvenli bir şekilde hastaneye varabilmesini desteklemektir.

Yüksek kapasiteli kentsel yolların en sol şeridinin üstüne, bilgi paneli olarak adlandırılan ledlerden oluşan bir

ekranın, L tipinde bir direğe monte edilerek konduğu varsayılmaktadır. Trafikğin hemen her saat olduğu bu yollarda, ambulansın sol şeridi kullanacağı kuralı bilinmektedir. Bilgi panellerine yaklaşmakta olan bir ambulans olduğunda en yakın bilgi paneli tespit edilmektedir. Tespit edilen bu bilgi panelinde, ambulansın kısa bir süre sonra bulunduğu konumdan geçiş yapacağına dair anlam ifade eden ambulans logosunu ekrana yansıtılmaktadır ve diğer sürücüler bilgilendirilmektedir. Böylece sol şeridin önceden boşaltılarak ambulansın hastaneye en kısa sürede ve hızlıca varabilmesi desteklenmektedir. Bu temel amacın yanında dolaylı amaçlar ise, yol verme çabası içerisinde olan diğer sürücüler, bir an önce yol verme telaşına kapılmaması ve trafikğin tehlikeye atılmaması, diğer sürücülerde duyarlılığın artması ve belli bir yol verme yönteminin yerleşmesi şeklinde sıralanmaktadır.

2. GENEL TANIMLAR (GENERAL DEFINITIONS)

2.1. GPS (Global Positioning System)

Uydular üzerinden konum belirleme kavramı işitildiğinde ilk akla gelen uydu sistemidir. ABD tarafından geliştirildiği ilk yıllarda askeri amaç için kullanılmaktaydı. Sonraki yıllarda sivil kullanımlar için de imkân verilmiştir [2]. Böylece Dünya üzerinde çok geniş bir kullanıma sahip olmuştur. Bu geniş kullanım, temelde 31 uydu ile sağlanmaktadır [4].

2.2. TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)

TCP/IP, internetin temelini temsil etmektedir ve cihazlar arasındaki iletişimin sağlanması için kullanılmaktadır. TCP kısmı, veriyi paketlere ayırır ve karşı tarafta birleştirilmesini sağlar. IP kısmı, bu paketlerin iletileceği adresi ifade etmektedir. TCP portu 21 numaralı port üzerinden çalışmaktadır [5].

2.3. MQTT Protokolü (Message Queuing Telemetry Transport Protocol)

MQTT protokolünün açılımı, Message Queuing Telemetry Transport olarak bilinen Türkçe karşılığı mesaj kuyruğu telemetri taşıma protokolüdür. TCP/IP üzerinden çalışan mesajlaşma protokolüdür. Broker yapısı üzerinden mesajlar dağıtılmaktadır. Yayıncı(Publisher)-Abone(Subscriber) temelli hafif bir protokol olmasıyla beraber, düşük bant genişliği ve düşük güç tüketimi ile düşük maliyetli ve birçok farklı türdeki düşük donanımlı cihazlarda dahi rahatlıkla çalıştırılabilmektedir [6].

Topic denen konular üzerinden yayıncılar yayın yapmaktadır ve aboneler, adından da anlaşılabilceği üzere bu konulara abone olmaktadır. Abone olunan konularda yayınlanan mesajlar alınmaktadır. Yayınlanan mesajlar payload kavramı üzerinden gönderilmektedir. Herhangi mesaj paylaşıldığında anında mesajları alabilmektedirler [7].

Yayıncının, belirli konular üzerinden brokera mesaj göndermesi yayın yapmak olarak adlandırılmaktadır. Yapılan bu yayınlar, aboneler tarafından alınır ve işlemlere göre değerlendirilmektedir [6].

2.4. JSON (Javascript Object Notation)

JSON, Javascript'e dayanan popüler ve hafif bir veri formatıdır. Verileri, taşıma, depolama ve transfer etmek için kullanılmaktadır. JSON verinin okunması ve yazılması oldukça kolaydır. Genellikle bir isimlendirme ve değer çiftinden oluşmaktadır. Bunun yanında, NoSQL veritabanı sistemlerinde de kullanılmaktadır [8].

2.5. Şifreleme Algoritmaları (Encryption Algorithms)

Günümüzde yaygın olarak pek çok şifreleme algoritması bulunmaktadır. Bu tez kapsamında kullanılan algoritmalarla ilgili alt başlıklar halinde bilgi paylaşılmaktadır.

2.5.1. Rijndael Algoritması (Rijndael Algorithms)

Rijndael algoritması, farklı blok ve anahtar boyutlarıyla kullanılabilir. 128 bitlik olarak ayrılan verilerden oluşan paket bloklarını 128, 192 ve 256 bit anahtar seçenekleriyle şifreleme yapabilen güvenli ve yaygın bir şifreleme algoritmasıdır. Şifreleme işlemindeki tur sayısı boyuta göre değişmektedir. Blok boyutu 128bit olduğunda anahtar boyutu 128, 192 ve 256 bit seçildiğinde sırasıyla 10,12 ve 14 turda şifreleme işlemi yapılmış olacaktır. Tur sayısı arttıkça daha güvenli olmaktadır. Fakat daha yüksek hesaplama gücüne ihtiyaç olmaktadır [9].

2.5.2. SHA256 Algoritması (SHA256 Algorithms)

SHA256, şifrelenmek istenen girdinin uzunluğuna bakmaksızın sabit boyutlu olarak 256 bitlik benzersiz özet oluşturmaktadır. En güvenilir algoritmalar arasında yer almaktadır.

2.6. Yeryüzündeki İki Nokta Arasındaki Mesafe Ölçümü (Measurement of Distance Between Two Points on Earth)

Konum ve navigasyon sistemlerinde iki nokta arasındaki mesafeyi doğru bir şekilde hesaplamak oldukça önemlidir. Bu hesaplamalar için Vincenty ve Haversine formülleri sıklıkla kullanılır. Vincenty, özellikle daha uzun mesafelerde, daha doğru sonuçlar verirken Haversine, daha yakın mesafelerde, ortalama olarak %0.5 oranında ufak sapmalarla sonuçlar verir. Haversine formülünde dünya tam bir küre olarak kabul edilir. Haversine, Vincenty formülüne göre daha basit bir hesaplama yöntemine sahip oluşu ve buna bağlı olarak daha az işlem gücü ihtiyacıyla daha hızlı sonuçlar üretebildiği için tercih edilmiştir. [10]. Fonksiyon ve formüllerde kullanılan sembollerin anlamları şu şekildedir. θ , merkez açısı [11], R, dünyanın yarıçapı olan 6371 kilometreyi, D, iki nokta arasındaki mesafeyi ifade etmektedir. Φ_1 , Φ_2 sembolleri iki noktanın enlemlerini ifade ederken, λ_1 , λ_2 sembolleri iki noktanın boylamlarını ifade etmektedir [12]. İki nokta arasındaki merkez açı formülü, Şekil 1'deki gibidir.

$$\theta = \frac{d}{r}$$

Şekil 1. Merkez Açısı Formülü (Central Angle Formula)

Bu formülde, merkez açısı bulabilmek için r değerini bildiğimiz için bunun yanında iki nokta arasındaki mesafeyi de bilmemiz gerekiyor. İki nokta arasındaki mesafeyi bulabilmek için Haversine formülünden yararlanılmaktadır [13]. Haversine fonksiyonu Şekil 2'deki gibidir.

$$\text{haversine}(\theta) = \sin^2\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

Şekil 2. Haversine Fonksiyonu (Haversine Function)

Haversine formülü Şekil 3'deki gibidir. Hesaplamalarda bu formülden yararlanılmaktadır.

$$\left(\frac{d}{r}\right) = \text{haversine}(\Phi_2 - \Phi_1) + \cos(\Phi_1) \cos(\Phi_2) \text{haversine}(\lambda_2 - \lambda_1)$$

Şekil 3. Haversine Formülü (Haversine Formula)

2.7. Acil Sağlık Hizmetleri (Emergency Health Services)

İnsanlar, herhangi zamanda aniden gelişen sağlık sorunu ya da yaralanmalar yaşayabilmektedir. Bunlar, bazen hayati olabilmektedir.

Acil sağlık hizmetleri, hastaneye ulaşım öncesinde acilen ilk müdahalenin yapılması konusunda gerekli eğitimleri almış kişiler tarafından olay yerine intikalini sağlanması, hastanın en yakın sağlık kuruluşuna ulaştırılması ve sağlık kuruluşlarında verilen tüm sağlık hizmetlerini kapsamaktadır. Aynı zamanda yetkin olmayan kişiler tarafından ilkyardıma doğru yapılamayıp fayda yerine zarara sebep olan kişilerin ve ihmal kaynaklı ölümlerin önüne geçilmesi konularında da sorumluluğu artmaktadır.

3. LİTERATÜR TARAMASI (LITERATURE REVIEW)

"Acil Hizmet Araçlarının GPS Tabanlı Denetim ve Organizasyonu" adlı doktora tezinde, acil hizmet servislerinin denetimi, organizasyonu ve müdahale sorunları üzerine çalışmıştır [14]. Bilinmeyen, tespit edilemeyen, yanlış adresler, gerçek olmayan aramalar, şehirlerin gittikçe büyümesi, hızlı ve çarpık kentleşme, trafik yoğunluğu gibi sebepleri göz önünde bulundurarak yaşanan gecikmeyi vurgulamıştır. Bu sorunların çözümü için ambulansa eklenen GPS destekli bir ünite ile merkezde bulunan sistem ile haberleşmesini sağlayan bir otomasyon düşünülmüştür. GPS tarafından radyo sinyalleri ile merkeze iletilen konum bilgisi, merkezdeki yazılım ile aracın konumu gösterilmektedir. Çağrı yapan kişilerin telefon numaraları bilindiği için numaraya ait geçmiş kayıtlar, gerçek dışı arama tespit edildiyse bu duruma ait bilgiler gösterilmektedir. Aynı zamanda kişiye ait iletişim ve sağlık bilgileri de gösterilmektedir. Bu sayede konum daha hızlı belirlenmekte, ambulans çıkış süreleri azalmaktadır.

“Coğrafi Bilgi Sistemleri ile En Uygun Ambulans Yerlerinin Belirlenmesi” adlı çalışmada acil sağlık hizmetlerinde ambulansın hayatımızdaki önemine, müdahale süresine vurgu yapmaktadır [15]. Ayrıca müdahale aşamasında öncesi ve sonrası ile ilgili hizmet akışı hakkında bilgi verilmiştir. Ambulans istasyonlarının bulunduğu konumlar incelenmiş ve araştırmaya göre literatürde belirlenen 8 dakikalık standart ortalama müdahale süresi göz önünde bulundurularak vakaya müdahale süresine olan etkisi üzerine bilgi paylaşılmıştır. İncelemesi yapılan bölgede mevcut ambulans istasyon konumlarının tam anlamıyla yeterli ve kapsayıcı olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu soruna çözüm olarak ambulans istasyonlarının sayısı artırılması gerektiği ve CBS’den faydalanılarak yeni lokasyonların belirlenmesi önerilmiştir. Ayrıca CBS ile gerçeğe en yakın ulaşım verisi elde edilip kurulacak bir merkez üzerinden CBS ve GPS entegrasyonu sağlanarak konumların daha hızlı tespit edilebilmesi ve ambulans için kullanılacak en uygun yolun belirlenerek trafikte daha hızlı yol alınabilmesi görüşü paylaşılmıştır.

“Gaziantep İli 112 Acil Ambulanslarının 3 Yıllık Çalışma Sonuçları” adlı çalışmada, 112 acil ambulanslarında personel sayısı, acil vakalara müdahale sayıları, hastaların ulaşım ve sağlık kurumlarına sevk süreleri, hastalık türlerine ilişkin veriler incelenmiştir [16]. Vakaların cinsiyet ve yaş gruplarına göre dağılımı, istasyon nüfus yoğunlukları ve 112 acil komuta merkezi ile hastaneler arasındaki süreçler araştırılmıştır. Ambulans çıkış sayısının yıllar geçtikçe arttığı belirtilmiştir. Çalışma ile birlikte ambulansların hastaları hastaneye nakil süresinin yıllar geçtikçe rakamsal olarak arttığını ortaya konmuştur. Sonuç olarak, artan vaka sayıları ile ambulansların olay yerine ulaşımı ve hastaneye ulaşımı süresi içerisindeki gecikmeyi azaltmak için planlama yapılması, nakil süreçlerinde yaşanacak olumsuzluklar için hastaneler arası iletişimin kuvvetlenmesinin uygun olacağı paylaşılmıştır.

“Metropolde 112 Acil Sağlık Hizmeti” adlı çalışmada hastaların acil sağlık hizmetleri kapsamında hastane öncesi transport süresi ile elde edilmiş olan demografik veriler üzerinden araştırması yapılmıştır [17]. Üçüncü basamak bir acil serviste 2013 Ocak ayında 112 acil sağlık hizmetlerinde ambulans ile sevk edilen hastalar üzerinde çalışma yapılmıştır. Ambulansın çağrı sonrası çıkış süresi, olay yerine ulaşım süresi ve acil servise ulaşım süresi, trafiğin yoğun olduğu ve olmadığı durumlar açısından belirli saat dilimleri bazında sınıflandırılarak istatistiksel veri olarak verilmiştir. İstatistiksel veriye göre, ambulansın çağrıyı aldıktan sonra olay yerine 10 dakika içinde ulaşma oranı %68.3 olarak hesaplanmıştır. İlk 13 dakikada vakaların %80’ine ulaşılmıştır. Ambulans ile olay yerine gidip sonrasında hastayı ambulans ile hastaneye ulaştırma sürecinde her vakanın doğru değerlendirilemeyip çok da elzem olmayan durumlarda ambulansın ve acil servisin meşgul edildiği görüşü sorun olarak bildirilmiştir. Sonuç olarak, ambulansın hızlı hareketini engelleyecek her türlü durum hasta açısından hayati öneme sahiptir. Doğru vaka tespiti ve hastanın ihtiyacına uygun ekipmanların hastanedeki varlığı gözetilerek merkez tarafından doğru

hastaneye ambulansın yönlendirilmesinin sağlanması tüm hastalar ve ambulanslar için büyük öneme sahiptir.

“IoT Ambulance with Automatic Traffic Light Control” adlı çalışmada hastaya ait bilgilerin gereğinden fazla olması ve ambulansın trafik sinyallerinde yaşanan gecikmeleri ele almıştır. Yapılan çalışma neticesinde hastaya ait sadece temel bilgilerin elde edilmesinin süreçleri kolaylaştırdığı görülmüştür. Aynı zamanda ambulansın trafik sinyallerini kontrol etmesiyle daha hızlı geçiş yapması sağlanmıştır [18].

“Self-Driving Ambulance for Emergency Application” adlı çalışmada ambulansın hızlı, güvenli ve konforlu yol olmasıyla ilgili konulara odaklanılmışlardır. GPRS ve modern tıbbi cihazlarla donatılmış sürücüsüz bir ambulans düşünülmüştür. Bu ambulans, hasta için konforu ön planda tutacak, kaza risklerini azaltacak ve otomatik olarak trafiğin az olduğu yolları tercih ederek en kısa güzergâhtan hastaneye yol alacaktır [19].

İBB iştirak firması olan İSBAK şirketinin ürünü olan Değişken Trafik İşaretleri (DTİ) projesi bulunmaktadır. Maksimum hız limiti, hava durumuna göre güvenli sürüş için sürücülerin daha dikkatli olmaları gibi bilgiler verilmektedir. Ayrıca trafikte geçiş üstünlüğü olan araçlar için kırmızı ışığa takılmasının engellenmesi gibi pilot bir projesi de mevcuttur [20].

Bu pilot çalışması, acil durum araçlarının trafik sinyalizasyon sistemlerinin konumlandırıldığı noktalarda gecikmelerin önüne geçebilmek için yaklaşan bir acil durum aracı olduğunda sinyalizasyon sistemine yeşil ışığı yakması bildirilerek hızlıca yol alması amaçlanmıştır [21].

4. YÖNTEM (METHOD)

Ambulansın olay yerine ulaştıktan sonra en kısa sürede hızlı ve güvenli bir şekilde hastaneye varması üzerine üretilen bu çözümde, ihtiyaç duyulan bilgiler, kısıtlar, bağlılıklar ve varsayım açıkça belirtilmiştir.

Türkiye, İstanbul’da bulunan Başakşehir Çam ve Sakura Hastanesi pilot hedef hastane olarak belirlenmiştir.

Belirlenmiş olan pilot hedef hastaneye gidişini canlandırmak amacıyla 2 örnek rota hazırlanmıştır. Hazırlanan bu rotalar, ambulansın gerçek bir seyrine örnek olacak biçimde belirli zaman aralıkları şeklinde anlık olarak konum bilgisini yayınladığı ve pilot hastaneye yaklaştığı esnada konum yayını otomatik olarak sonlandırdığı varsayılmaktadır.

Trafik bilgisi gözetilmemiştir. Çünkü ambulans sürücüsü tarafından yol seçimi yapılacağı varsayılmıştır. Trafik olsa da olmasa da mecburen yüksek kapasiteli kentsel yolu kullanması gerektiği durumlarda bu sistemden fayda beklenmektedir.

Yüksek kapasiteli kentsel yolları kullanan ambulansların hastanelere daha hızlı ulaşması için yol seçenekleri olarak ambulansın seyahatini canlandırabilmek için yüksek kapasiteli kentsel yollardan “E5 ve “TEM” belirlenmiştir.

Ambulans sürücüsü, bulunduğu konuma göre belirlenen yollardan tercih edeceği yolu seçmelidir. Seçilen yola göre 2 örnek rotadan biri, anında canlandırılmaktadır.

Bilgi panelleri, sunulan yüksek kapasiteli kentsel yol seçenekleri ve örnek rota planlarına uygun olarak yüksek kapasiteli kentsel yolların belirli noktalarına konumlandırıldığı varsayılmaktadır. Bu bilgi panelleri L tipi direğe monte biçimde yüksek kapasiteli kentsel yolların sol şeridinde konumlandırıldığı varsayılmaktadır. Bilgi panelleri ambulans logosunu ekrana yansıtabilmekte ve gösterim süresine göre ekranda kalması sağlamaktadır. Ambulansın seyahat boyunca etkileşimde olması planlanan bilgi panelleri, rota seçimi esnasında iletişim yöneticisi tarafından önceden kayıt altına alınmaktadır.

4.1. Uygulamalar ve İşlevler (Applications and Functions)

Sistem, farklı amaçlara hizmet eden dört uygulamadan oluşmaktadır. Sistemin çalışması için tüm uygulamaların aynı anda çalışır vaziyette olması gerekmektedir.

Broker uygulaması, sistemin kalbi niteliğindedir. Mesajların yayıncıdan alınması ve abonelere dağıtılması görevlerinden sorumludur. Diğer üç uygulama arasında iletişim kurmakta, organize etmekte ve trafiği yönetmektedir.

İletişim yöneticisi, ambulans ve bilgi paneli uygulamasını temsil eden bu üç uygulama için hizmet ettiği özelliğe göre anlaşılabilir kullanıcı adı ve şifreler oluşturulmuştur. Bu kullanıcı adı ve şifreler, MQTT Broker uygulamasına bağlanırken kimlik doğrulaması aşamasında doğrulama yapmak amacıyla kullanılmaktadır.

Sistemin işleyişinin güvenli olması için her uygulamaya ait kullanıcı adı ve şifre bilgisi Tablo 1'deki gibi tutulmaktadır.

Tablo 1. Uygulama Kimlik Bilgileri
(Authentication Identity Information)

Kullanıcı Adı	Şifre
ambulance1	ambulance1
infopanel	infopanel
centerapp	centerapp

Tablo 1'e göre, ambulance1 ambulans, infopanel bilgi paneli yöneticisi, centerapp haberleşme yöneticisi uygulamalarının sisteme bu kimlik bilgileriyle güvenli bir şekilde bağlanıp iletişime geçmesine olanak sağlamaktadır.

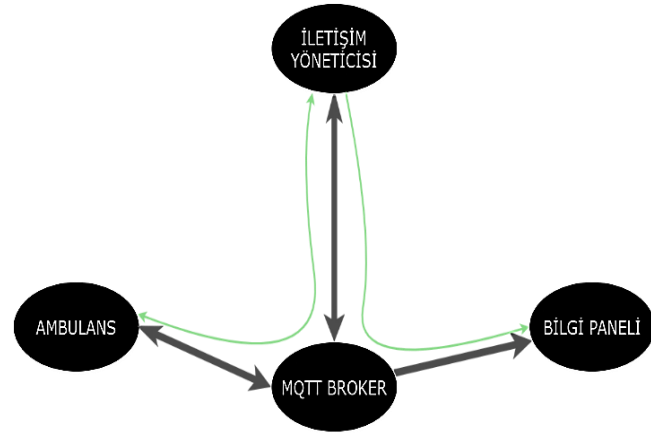
Diğer üç uygulama, MQTT Broker uygulamasıyla aynı cihazda çalışmakta olduğu için diğer üç uygulamanın bağlantı yapabilmesi için cihazı temsil eden ip adresi belirlenmektedir. Kullanılan ip adresi, 127.0.0.1'dir. Kullanılan port, MQTT protokolü için genellikle kullanılan 1884 portudur. Kullanılan port, MQTT protokolü için genellikle kullanılan 1884 portudur.

Ambulans uygulaması, gerçek zamanlı bir seyahati canlandırmak için sürekli olarak belirli zaman aralıklarında, sırayla, otomatik olarak konum bilgisi mesajı yayınlamaktan sorumludur. Yayınladığı konum bilgileri sayesinde bilgi panelleriyle uygun mesafe yakınlığa ulaştığında bilgi panellerinin ambulans logosunu yansıtmasını sağlamaktadır.

İletişim yöneticisi uygulaması, ambulans tarafından seçilen rotaya göre ambulansın etkileşimde olacağı bilgi panellerini belirlemektedir. Ambulans tarafından belirli aralıkla yayınlanan konum bilgisini almakta ve etkileşimde olacağı beklenen bilgi panellerinin konumları ile Haversine formülüyle mesafe ölçümü hesabı yaparak belirli bir yakınlığın sağlanması durumunda ilgili bilgi panelinin ambulans logosunu ekranına yansıtması için bilgi paneline mesaj yayınlamaktadır.

Bilgi paneli uygulaması, bilgi panellerinin ekrana ambulans logosu yansıtması ve ambulans logosunun gösterim süresinin yönetiminden sorumludur. İletişim yöneticisi tarafından belirtilen bilgi paneline ambulans logosunu yansıtması gerektiği mesajı yayınlandığı anda bu mesaj alınır ve ilgili bilgi paneline iletilmektedir. Bu noktadan sonra bilgi paneli ambulans logosunu yansıtmaya başlar ve gösterim süresi boyunca ekranda kalmasını sağlar. Gösterim süresi bittiğinde ambulans logosu yansıtması sonlandırılır.

Aşağıdaki Şekil 4 üzerinden bu dört uygulamasının haberleşmesinin gösterildiği yapı gözlemlenmektedir.



Şekil 4. Uygulamalar arası haberleşme mimarisi
(Inter-application communication architecture)

Şekil 4 üzerindeki haberleşme yapısına göre süreç şu şekilde işler (3, 4 ve 5. adımlar ambulans hastaneye varana kadar tekrar eder.):

1. Ambulans sürücüsü sunulan yüksek kapasiteli yollardan birini seçer ve broker üzerinden iletişim yöneticisinin almasını sağlar.
2. İletişim yöneticisi seçilen rotaya göre etkileşimde olması planlanan bilgi panellerini önceden belirler.
3. Ambulans aracı belirli aralıklarla anlık konum bilgisini paylaşır.

4. İletişim yöneticisi, ambulansın paylaştığı konum ile önceden belirlenen bilgi panellerinin konumları ile mesafe hesaplaması yapar.
5. Ambulans ile bilgi paneli arasında uygun mesafe ölçüldüğünde bilgi paneline ambulans logosunu yansıtması için mesaj gönderilir.
6. Bilgi panelinde ambulans logosu gösterim süresi dolduysa bilgi paneli yansıtmayı sonlandırır.
7. Ambulans hastaneye varır ve süreç tamamlanır.

4.2. İletişim Protokolü, Konular ve Mesaj Paketi (Communication Protocol, Topics and Message Package)

Mesajlar, MQTT protokolü kullanılarak iletilmektedir. Ambulans, Bilgi Paneli ve İletişim Yönetici uygulamaları kendi aralarında bu protokol sayesinde broker üzerinden belirli konular üzerinden mesaj paylaşımı yapmaktadır. Uygulamada kullanılan konular ve kullanım amaçları aşağıda açıklanmıştır.

GetRoutes, ambulans uygulaması tarafından pilot hedef hastaneye gitmesi üzerine seçmesi için iletişim yöneticisinden rota seçeneklerini bu konu üzerinden talep etmektedir.

ListRoutes, iletişim yöneticisi tarafından ambulandan gönderilen rota seçeneklerinin talebiyle ilgili mesaja istinaden bu konu üzerinden ambulans uygulamasına sistemde kayıtlı olan rota seçenekleri iletilmektedir.

SetRoute, ambulansın rota seçeneklerini talep etmesi, iletişim yöneticisinin rota seçeneklerini iletmesi aşamalarından sonra ambulansı yaptığı rota seçimini bu konu üzerinden iletişim yöneticisine göndermesi sağlanmaktadır.

SendAmbulanceLocation, ambulans tarafından rota seçimi yapıldıktan sonra ambulans, belirli zaman aralıklarında anlık konum bilgisini bu konu üzerinden iletişim yöneticisine iletmektedir.

InformDrivers, iletişim yöneticisi tarafından bilgi panelleri ile bu konu üzerinden mesaj paylaşılır. Bu mesajda sadece belirlenen bilgi paneline ambulans logosunu yansıtma mesajı yayınlanmaktadır. Bilgi paneli de bu mesajı alıp ambulans logosunu gösterim süresi boyunca ekrana yansıtılmaktadır.

Uygulamalar arası mesajlar "Payload" kavramı adı altında yayınlanmaktadır. Bu mesajlar uygulamalarda nesnel oluşturularak tutulmaktadır. Bu nesnel uygulamalar arasında transfer edileceği zaman, JSON veri formatına dönüştürülmektedir.

4.3. Verilerin Hazırlanması (Preparation of Data)

Uygulamaların birbiriyle sağlıklı ve güvenli bir şekilde haberleşip amacına uygun hareket etmesi için çeşitli veriler oluşturulmuştur. Bu veriler hazırlarken dikkat edilmesi gereken hususlar ve yöntemler aşağıda alt başlıklar halinde veri setleriyle birlikte açıklanmıştır.

4.3.1. Ambulans Anlık Konum Noktaları Belirleme (Determining Ambulance Current Location Points)

Ambulansın gerçek bir seyahatini canlandırmak için iki adet örnek rota hazırlanmıştır. Bu örnekler, yol seçeneklerine göre canlandırılabilmesi için Google Haritalar servisinden yararlanılarak hazırlanmıştır. Seyahatin başlaması için harita üzerinde bir başlangıç noktası seçilmiştir. Sonrasında bu başlangıç noktasından pilot hedef hastaneye kadar birbiriyle eşit aralıklarda olmayan enlem ve boylam cinsinden noktalar belirleyerek sırasıyla kaydedilmiştir. Bu noktalar gerçek konum gönderiminde olabilecek gecikmeleri de temsil etmek amacıyla eşit zamanlarda gönderilemediği varsayılmıştır. Aynı zamanda her zaman yüksek konum doğruluğunun olmayacağı için bazı noktalar, seyrettiği düşünülen yolun üzerinde veya yola yakın başka bir konumda da olabilmektedir.

Ambulansın gerçek bir seyahatini canlandırması planlanan Rota 1 ve Rota 2 olarak hazırlanan seçeneklere ait bilgilere aşağıda yer verilmiştir.

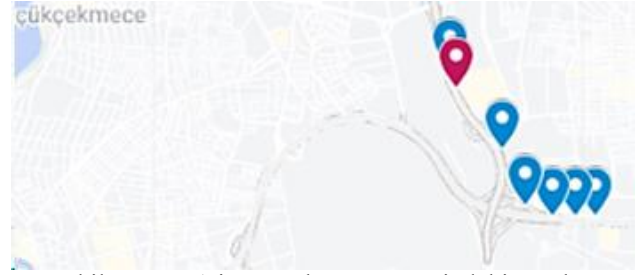
Rota 1 (E5) ve Rota 2 (TEM) olmak üzere ambulansın anlık olarak belirli aralıklarla gönderdiği varsayılan koordinatlar hazırlanmıştır. Rota 1 28 ve Rota 2 25 adet koordinat bilgisinden oluşmaktadır ve seçilen rotaya göre ambulans konum gönderiyormuş gibi canlandırılmaktadır. Aşağıdaki Tablo 2'de Rota 1'e ait koordinat bilgilerine yer verilmiştir.

Tablo 2. Rota 1 Seyahat Koordinatları (Travel coordinates for route 1)

Gönderim Sırası	Enlem	Boylam
1 > Start	40.99298740751887	28.82938386262961
2	40.99295359271643	28.82725833727076
3	40.99301027883759	28.824897993507825
4	40.99393344594995	28.82219432701573
5	40.99816851192638	28.81970523675985
6	41.00437081343914	28.814448107100723
7	41.010119161777624	28.81287096812261
8	41.01600462696554	28.812334526359855
9	41.019857824167474	28.812216509158556
10	41.02645468674724	28.811154354422683
11	41.031869286265064	28.81092904884223
12	41.037736623052545	28.810811031684253
13	41.0472931926247	28.80802153423836
14	41.052859800897785	28.809330452268576
15	41.05831267846455	28.810907591167787
16	41.06290763084206	28.812012661283465
17	41.067898615019836	28.81468414140042
18	41.07396494142018	28.815853584486824
19	41.0820605930251	28.81304262944695
20	41.090454431398584	28.813772190299776
21	41.09694719506897	28.813514698222747
22	41.10188708718531	28.81596087277317

23	41.10323720582183	28.807163227455714
24	41.10643048970727	28.80015729752737
25	41.10883141356347	28.793237198286743
26	41.113462394771865	28.790445537230006
27	41.109622762179185	28.780296057918527
28 > End	41.1081676848614	28.77848288475518

Tablo 2’de ifade edilen koordinat bilgilerinin daha iyi anlaşılabilmesi için Şekil 5 ile görsel olarak harita üzerinde gösterimi sağlanmaktadır. Mavi ile gösterilen noktalar ambulansa ait koordinat bilgilerini ifade ederken, bordo renk ile gösterilen noktalar bilgi panellerinin konumlarını ifade etmektedir.



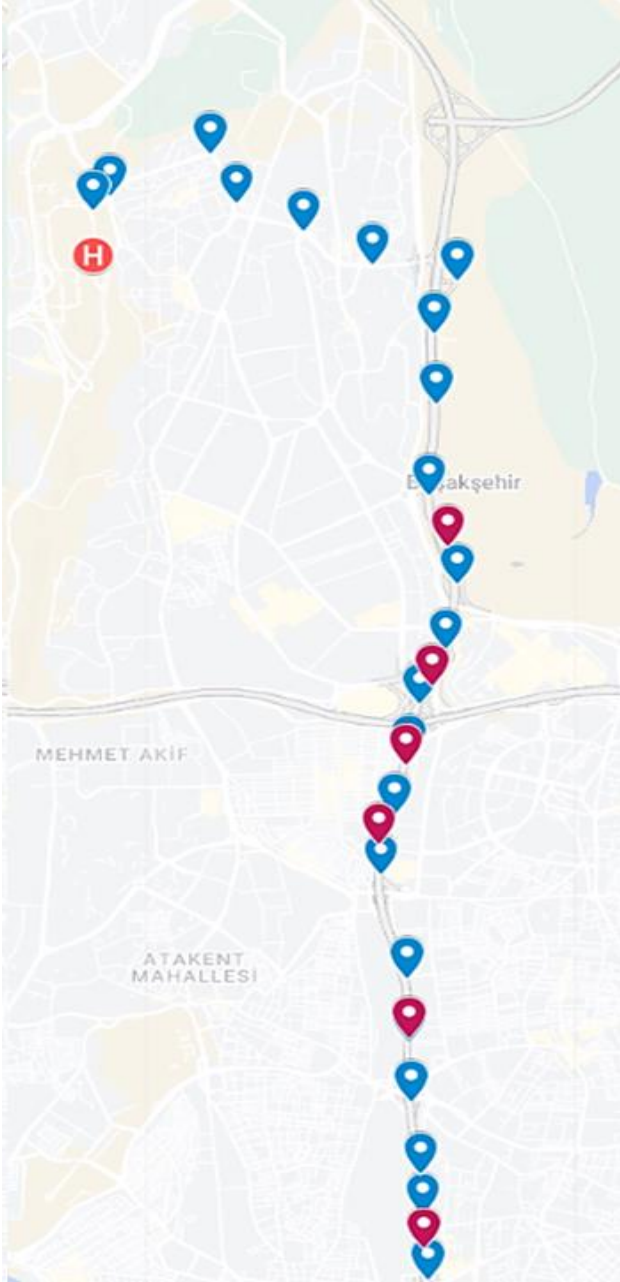
Şekil 5. Rota 1’in Google Maps üzerindeki seyahat noktaları
(Travel points of Route 1 on Google Maps)

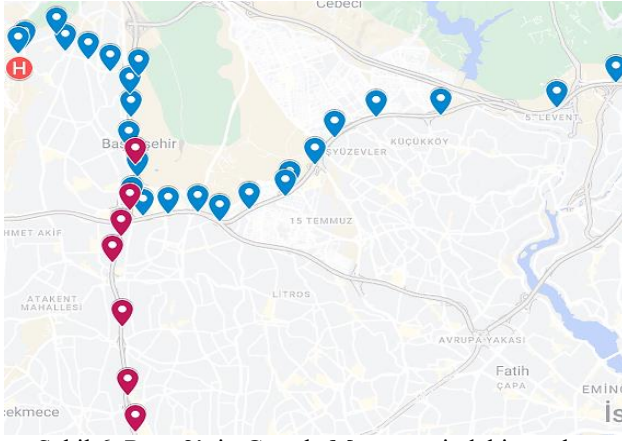
Tablo 3’de Rota 2’e ait koordinat bilgilerine yer verilmiştir.

Tablo 3. Rota 2 Seyahat Koordinatları
(Travel coordinates for route 2)

Gönderim Sırası	Enlem	Boylam
1 > Start	41.10012709238443	28.965846795551695
2	41.092959408125715	28.94730583780645
3	41.09100119298792	28.9109297824266
4	41.09056602614201	28.890720862771133
5	41.08490859485699	28.877440715568962
6	41.07729205277947	28.87137803967232
7	41.070762885621534	28.863583170662356
8	41.068586352465985	28.862139676401245
9	41.064886080746724	28.85088042116463
10	41.06146862160465	28.841543809528225
11	41.064162224929696	28.83460301837993
12	41.063623513090604	28.82551874761231
13	41.06300783701372	28.817455181425323
14	41.066317028156156	28.8141889267673
15	41.07396494142018	28.815853584486824
16	41.0820605930251	28.81304262944695
17	41.090454431398584	28.813772190299776
18	41.09694719506897	28.813514698222747
19	41.10188708718531	28.81596087277317
20	41.10323720582183	28.807163227455714
21	41.10643048970727	28.80015729752737
22	41.10883141356347	28.793237198286743
23	41.113462394771865	28.790445537230006
24	41.109622762179185	28.780296057918527
25 > End	41.1081676848614	28.77848288475518

Tablo 3’de ifade edilen koordinat bilgilerinin daha iyi anlaşılabilmesi için Şekil 6 ile görsel olarak harita üzerinde gösterimi sağlanmaktadır. Mavi ile gösterilen noktalar ambulansa ait koordinat bilgilerini ifade ederken, bordo renk ile gösterilen noktalar bilgi panellerinin konumlarını ifade etmektedir.





Şekil 6. Rota 2'nin Google Maps üzerindeki seyahat noktaları

(Travel points of Route 2 on Google Maps)

4.3.2. Bilgi Paneli Sabit Noktaları Belirleme (Determining Fixed Points of Information Panel)

Bilgi panelleri ile ambulansın anlık olarak gönderdiği konum bilgisi arasında yakınlık mesafe ölçümü yapılarak uygun mesafe sağlandığında bilgi paneli ekranına ambulans logosu yansıtılarak diğer sürücülerin bilgilendirilmesi amaçlanmıştır. Google Haritalar servisinden yararlanılarak canlandırma dâhilinde pilot hedef hastaneye giden belirlenmiş yüksek kapasiteli kentsel yollarda, harita üzerinden gözlemlenerek enlem ve boylam cinsinden noktalar belirleyerek birbiriyle mesafeli olarak diğer yolların ana artere katılımından sonra konumlandırılmaktadır.

Konumlandırma esnasında dikkat edilmesi gereken önemli noktalar şunlardır:

- Belirlenen yüksek kapasiteli kentsel yola katılım sağlanan yan yol ya da diğer yollardan sonra konumlandırılması, yola yeni katılan diğer sürücülerin de bilgilendirilmesi açısından önemlidir. Bu nedenle bilgi panelleri konumları belirlenirken yol katılımları dikkate alınmalıdır.
- Birbirleriyle ne çok yakın ne de çok uzak konumlandırılmalıdır.
- Her bir bilgi panelinin ambulans logosunu yansıtması için ambulans tarafından gönderilen anlık konum bilgisi ile kendi konumu arasında yapılan yakınlık mesafe ölçümünde uygun ölçüm mesafenin doğru belirlenmesi gereklidir. Eğer bu mesafe, olması gerekenden daha uzak belirlenmiş ise bilgi panelinde çok erkenden ambulans logosu yansıtacak, eğer yakın ise daha geç yansıtacaktır.
- Ambulans logosunun gösterim süresi ambulans logosunun ekranda kalacağı görüntülenmeye devam edeceği süreyi ifade etmektedir. Bu doğrultuda bu sürenin kendinden bir önceki ve bir sonraki bilgi paneliyle olan mesafesi düşünülerek doğru verilmesi gerekmektedir.

4.3.2.1. Bilgi Panelleri Konum Koordinatları (Info Panel Location Coordinates)

Canlandırmalarda kullanılacak olan yüksek kapasiteli kentsel yollarda belirli aralıklarla konumlandırıldığı

düşünülen bilgi panellerine ait konum bilgilerine Tablo 4 üzerinde enlem ve boylam verilerek yazılmıştır.

Tablo 4. Bilgi Panelleri Konum Koordinatları (Info Panel Location Coordinates)

Adı	Enlem	Boylam
First	41.00291578003355	28.81504449233981
Second	41.0129837869846	28.812550688843977
Third	41.0322686620628	28.810929716571682
Fourth	41.05004337281847	28.807937152376685
Fifth	41.057377569316955	28.810555645858525
Sixth	41.064616934685525	28.81342351987872
Seventh	41.07740139956999	28.814919801976227

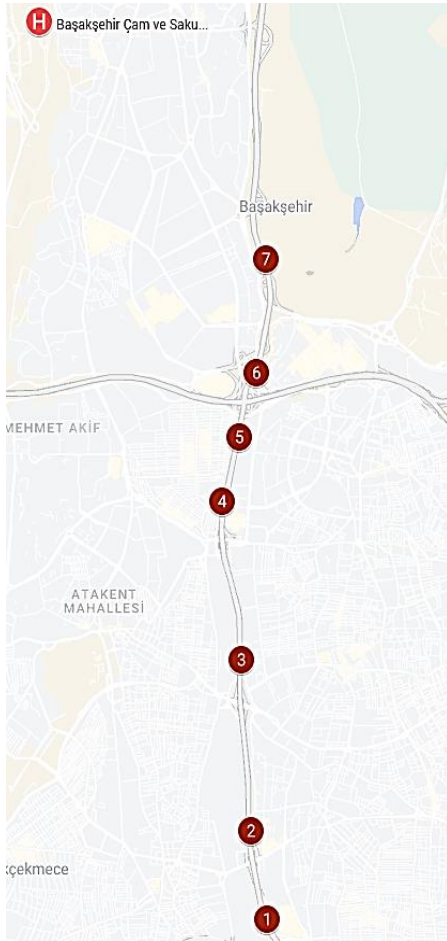
Bilgi paneline ambulans logosunun yansıtılmasıyla ilgili iki farklı yöntem uygulanmıştır. Bunlar yakın ve optimum mesafe yöntemleridir. Yakın mesafe ölçümünde, ambulansın bilgi paneline çok yakın olduğunda ambulans logosunun yansıtması ve bu logonun ekranda kalma süresi azdır. Optimum mesafe ölçümünde ise ambulansın bilgi paneline çok yakın olmadığı ve buna bağlı olarak ambulans logosunun yansıtıldıktan sonra ekranda kalma süresi daha uzundur.

Bu bilgi panellerinin yakın mesafe ölçümlü ve optimum mesafe ölçümlü olarak canlandırılması için ölçüm mesafesi ve gösterim süreleri Tablo 5 üzerinden gösterilmiştir. Bununla birlikte bu bilgi panellerinin geçerli olduğu rotalar, ambulans logosunu yansıtacağı durumla ilgili yakınlık ölçüm mesafesi, ambulans logosu yansıtıldıktan sonra ekranda kalma süresi olan gösterim süresi bilgilerine de yer verilmiştir.

Tablo 5. Bilgi paneli ölçüm bilgileri (Info Panel Measurement Data)

Adı	Geçerli Olduğu Rota	Yakın Mesafe Ölçümlü		Optimum Mesafe Ölçümlü	
		Ölçüm Mesafesi [km]	Yayın Süresi [sn]	Ölçüm Mesafesi [km]	Yayın Süresi [sn]
First	1	0.9	7	1.5	200
Second	1	0.4	7	1.5	130
Third	1	0.5	6	1.5	130
Fourth	1	0.4	6	1.5	125
Fifth	1	0.5	7	2	125
Sixth	1, 2	0.5	7	1.5	180
Seventh	1, 2	0.5	7	2	200

Enlem ve boylam cinsinden tabloda yer verilen bilgi panellerinin harita üzerinde görünümü Şekil 7'deki gibidir.



Şekil 7. Bilgi Panelleri Gösterimi
(Info Panel Display)

4.3.3. Rota Seçenekleri Belirleme (Choosing Route Options)

Google Haritalar servisinden yüksek kapasiteli kentsel yollar gözlemlenmiştir. Bu yollar, pilot hedef hastaneye ulaşım açısından değerlendirilmiş ve yönü tespit edilmiştir. Rota seçenekleri, canlandırmanın başlangıcında, ambulans tarafından seçilmesi istenmektedir.

Ambulansın canlandırmaya başlamadan hemen öncesinde canlandırmanın yapılması istenen Tablo 6'daki rotalardan seçim yapılması beklenir. Seçime göre uygun rota işletilmektedir.

Tablo 6. Rota Seçenekleri
(Route Options)

Adı
E5
TEM

4.4. Verilerin Saklanması (Storing Data)

Veriler, .TXT uzantılı metin belgelerinde satır satır, Tab'lar ile ayrılarak saklanmıştır. Aşağıdaki her bir amaç için ayrı metin belgesi oluşturulmuştur;

- Sisteme bağlanmak isteyen uygulamaların kullanıcı adı ve şifre ile sisteme başarıyla bağlanabilmesi,

- Ambulansın seçmesi için rota öneri seçenekleri
- Broker yapısının yapılandırma bilgisi
- Bilgi panellerinin yüksek kapasiteli kentsel yollar üzerindeki konum bilgileri, kapsadığı yol seçeneği, benzersiz adı, ambulans logosunun yansıtılması için hesaplanması beklenen mesafe değeri, ambulans logosu gösterim süresi
- Ambulansı canlandıran konum bilgileri

4.5 Şifreleme Formülü (Encryption Formula)

Yayınlanan mesajların MQTT protokolü üzerinden TCP/IP ile güvenli, hızlı, açıkça okunamayan ve çözülmesi kolay olmayan biçimde şifreli olarak uygulamalar arasında taşınması ve işlenmesi sağlanmaktadır.

Şifreleme için metin, konu üzerinde yayınlanmadan önce anahtar ile birlikte baytlara ayrılmaktadır. Baytlara ayrılan anahtar SHA256 algoritması ile hashlenerek özetlenmektedir. Sonrasında bu iki değişken ile şifreli bir metni elde etmek için Rijndael şifreleme algoritması kullanılmaktadır. Bu işlem sonrasında şifrelenmiş baytlar base64 formatına dönüştürerek string bir ifade ile üretilmiş olmaktadır.

Şifre çözmek için şifrelenmiş metin, ilk olarak base64 formatından baytlara dönüştürülür. Şifre çözme işleminde kullanılacak olan anahtar da baytlara ayrılmaktadır. Baytlara ayrılmış olan anahtar SHA256 algoritması ile hashlenerek özetlenmektedir. Sonrasında bu iki değişken ile Rijndael şifreleme algoritması kullanılarak şifre çözme işlemi yapılmaktadır. Çözülen şifre bayt array olarak elde edilmektedir. Son işlemde bayt array, string bir ifadeye dönüştürülmektedir.

4.6. Kullanılan Mesafe Ölçüm Formülü (Distance Measurement Formula Used)

Kullanılan mesafe ölçüm formülü, iki nokta arasındaki mesafeyi kuşbakışı yöntemiyle hesaplamak için Haversine formülünden yararlanılmaktadır. Ambulansın seyahat boyunca etkileşimde olması planlanan bilgi panellerinin bulunduğu konum bilgileri ile ambulansın belirli aralıklarla gönderdiği anlık konum bilgisi temel alınarak aralarındaki mesafenin yakınlık ölçümünün yapılarak tespit edilen en yakın bilgi panelinin bulunması amaçlanmıştır.

4.7. Geliştirme Araçları, Teknolojiler ve Kütüphaneler (Development Tools, Technologies and Libraries)

Bu çalışmada 4 uygulamayı geliştirmek için Microsoft Windows 10 işletim sistemi, Pro 22H2 versiyonu üzerinde Microsoft Visual Studio Enterprise IDE geliştirme ortamı, 2022 v17.7.6 versiyonundan yararlanılmıştır. C# programlama dili ile Console uygulamaları olarak kodlanmıştır. .NET 6.0 framework'ünden yararlanılmıştır. Uygulamaların protokol üzerinden haberleşmesi için MQTTnet paketinin 3.0.15 versiyonundan yararlanılmıştır. Verilerin protokol üzerinden gönderilmeden önce json string formatına dönüştürülmesi, protokol üzerinden alındığında json ile class yapısına serialize edilmesi işlemleri için Newtonsoft.Json paketinin 13.0.3

versiyonundan yararlanılmıştır. Protokol üzerinden alınan ve gönderilen veriler için şifreleme yapılmıştır. Bunun için AES simetrik anahtarlı şifreleme algoritması kullanılmıştır.

5. BULGULAR

Yazılımına ait 4 uygulama aynı anda çalıştırılıp 2 örnek rota ile birlikte yakın mesafe ve optimum ölçüm mesafeli bilgi panelleri kullanılmıştır. Her iki rota canlandırmasında da bilgi paneli sayısı ve konumları aynıdır. Ambulans hastaneye en kısa sürede varmasını desteklemesi üzerine bilgi panelleri yardımıyla canlandırmanın çalıştırılması sağlanmıştır.

Rota 1 ve Rota 2 ile yakın ve optimum yakınlık mesafe ölçümlü canlandırmalara ait bulgular sırasıyla Tablo 7 ve Tablo 8, Tablo 9 ve Tablo 10 üzerinde bulunmaktadır. Bu tablolar çeşitli bilgiler içermektedir. Ambulans için gönderdiği konumun sırası ve zaman bilgisi görülmektedir. Bilgi panelleri için değişiklik anı olan ambulans logosunun yansıtılması ve gösterim süresine bağlı olarak gösterimin sonlanması, bilgi panelinin ambulansın gönderdiği konumla arasındaki ölçülen mesafenin değeri ve ambulans logosu gösterim süresine bağlı olarak ambulans logosu yansıtmanın sonlandırılacağı planlanan kapanış zamanı görülmektedir. Ayrıca ambulans gönderdiği konum itibariyle ilgili bilgi panelinin numarası yazarak "AÇ" ya da "KAPA" komutuyla değiştirildiği an gözlemlenmektedir.

Yakın ve optimum yakınlık mesafe ölçümlü bilgi panelleri bulunmaktadır. Ambulansın gönderdiği konum ile bilgi panelleri arasında yakınlık mesafe ölçümünde uygun ölçüm mesafesine ulaşıldığında bilgi panelleri ambulans logosunu "AÇ" komutuyla ekrana yansıtacaktır.

5.1. Yakın Mesafe Ölçümlü Bilgi Panelleri (Information Panels with Close Range Measurement)

Yakın mesafe ölçümlü bilgi panellerinde Rota 1 ve Rota 2 olarak çalıştırılan canlandırmada sürecin işleyişine ait aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Rota 1 seçilerek canlandırma başlatıldığında canlandırma çıktısı aşağıdaki Tablo 7'deki gibi olmuştur.

Tablo 7. Yakın mesafe ölçümlü rota 1 canlandırma tablosu

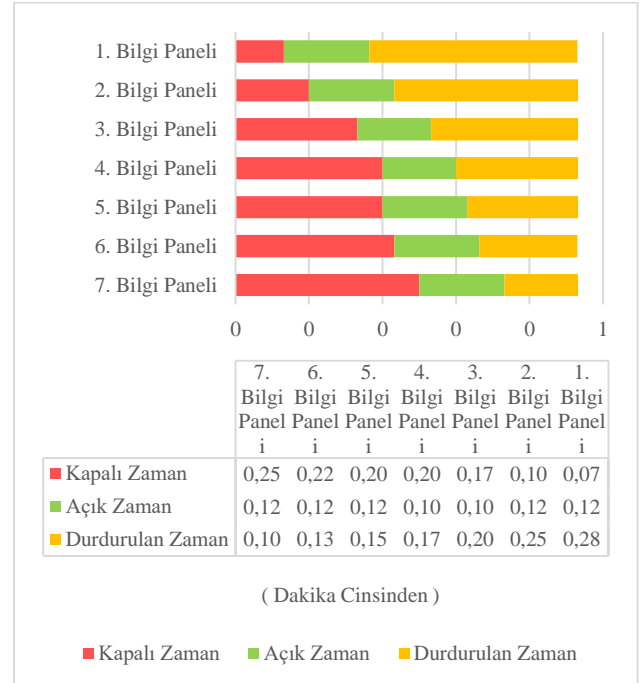
(Route 1 simulation table with close range measurement)

Ambulans Koordinat Gönderim		Bilgi Paneli		
Sıra	Zamanı	Değişiklik Anı	Aktiflik Anında Ölçülen Mesafe [km]	Planlanan Kapanış Zamanı
1	15:15:02			
2	15:15:03			
3	15:15:04			
4	15:15:05			
5	15:15:06	1 - AÇ	0,65698	15:15:13
6	15:15:07			
7	15:15:08	2 - AÇ	0,31966	15:15:15
8	15:15:09			
9	15:15:10			

10	15:15:11			
11	15:15:12	3 - AÇ	0,04441	15:15:17
12	15:15:13	1 - KAPA		
13	15:15:14	4 - AÇ	0,30589	15:15:20
14	15:15:15	2 - KAPA		
15	15:15:16	5 - AÇ	0,10809	15:15:23
16	15:15:17	6 - AÇ	0,22387	15:15:24
17	15:15:18	3 - KAPA		
18	15:15:19	7 - AÇ	0,39005	15:15:26
19	15:15:20	4 - KAPA		
20	15:15:21			
21	15:15:22			
22	15:15:23	5 - KAPA		
23	15:15:24	6 - KAPA		
24	15:15:25			
25	15:15:26	7 - KAPA		
26	15:15:27			
27	15:15:28			
28	15:15:29			

Tablo 7'deki ait sonuçlara göre, ilk bilgi panelinin ambulans logosunu yansıttığı an, 0,65 km ölçüm ile ambulansın beşinci olarak gönderdiği konumdur. Bundan önceki konum gönderimlerinin mesafe ölçümlerinde uygun ölçüm değeri sağlanmadığı için ambulans logosu yansıtılmamıştır. Ambulans logosunu yansıttığı andan itibaren gösterim süresine bağlı olarak planlanan kapanış saati de bu esnada belirlenmektedir. Diğer bilgi panelleri de benzer şekilde ambulans logosunu yansıtmış ve planlanan kapanış saati geldiğinde sonlandırılmıştır.

Aşağıdaki Şekil 8 incelendiğinde bilgi panellerinin birbirinden bağımsız olarak hareket ettiğini göstermek amacıyla daha ayrıntılı grafiksel olarak ele alındı.



Şekil 8. Yakın mesafe ölçümlü rota 1 canlandırma grafiği (Route 1 simulation graphic with close range measurement)

Rota 2 seçilerek canlandırma başlatıldığında canlandırma çıktısı aşağıdaki Tablo 8'deki gibi olmuştur.

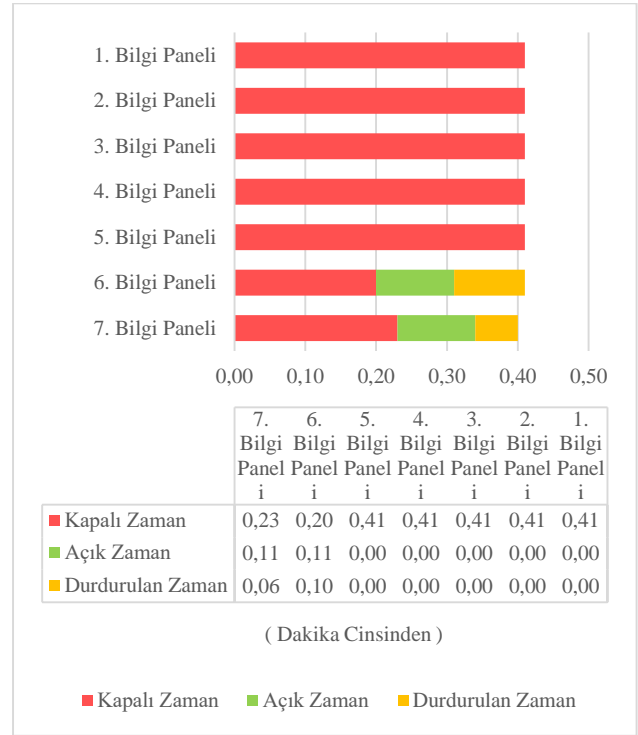
Tablo 8. Yakın mesafe ölçümlü rota 2 canlandırma tablosu

(Route 2 simulation table with close range measurement)

Ambulans Koordinat Gönderim		Bilgi Paneli		
Sıra	Zamanı	Değişiklik Anı	Aktiflik Anında Ölçülen Mesafe [km]	Planlanan Kapanış Zamanı
1	16:25:43			
2	16:25:44			
3	16:25:45			
4	16:25:46			
5	16:25:47			
6	16:25:48			
7	16:25:49			
8	16:25:50			
9	16:25:51			
10	16:25:52			
11	16:25:53			
12	16:25:54			
13	16:25:55	6 - AÇ	0,38244	16:26:02
14	16:25:56			
15	16:25:57	7 - AÇ	0,39005	16:26:04
16	16:25:58			
17	16:25:59			
18	16:26:00			
19	16:26:01			
20	16:26:02	6 - KAPA		
21	16:26:03			
22	16:26:04	7 - KAPA		
23	16:26:05			
24	16:26:06			
25	16:26:07			

Tablo 8'e ait sonuçlarda bakıldığında, ilk bilgi panelinin ambulans logosunu yansıttığı an, altıncı bilgi paneli olup 0.38 km ölçüm ile ambulansın on üçüncü olarak gönderdiği konumdadır. Bundan önceki konum gönderimlerinin mesafe ölçümlerinde uygun ölçüm değeri sağlanamadığı için ambulans logosu yansıtılmamıştır. Ambulans logosunu yansıttığı andan itibaren gösterim süresine bağlı olarak planlanan kapanış saati de bu esnada belirlenmektedir. Altıncı bilgi panelinden sonra gelen yedinci bilgi paneli de benzer şekilde ambulans logosunu yansıtmış ve planlanan kapanış saati geldiğinde sonlandırılmıştır. Altıncıdan önceki bilgi panelleri bu rota kapsamında olmadığı için hiçbir zaman ambulans logosunu yansıtamamışlardır.

Şekil 9 incelendiğinde bilgi panellerinin birbirinden bağımsız olarak hareket ettiğini göstermek amacıyla daha ayrıntılı grafiksel olarak ele alındı.



Şekil 9. Yakın mesafe ölçümlü rota 2 canlandırma grafiği (Route 2 simulation graphic with close range measurement)

Tüm bilgi panelleri birbirinden bağımsız olarak hareket etmektedir. Her bir bilgi paneli kendisine gönderilen ambulans logosunu yansıtmasıyla ilgili mesaj aracılığıyla yansıtma yapmıştır ve gösterim süresine bağlı olarak yansıtmayı sonlandırmıştır. Bir bilgi panelinin ambulans logosunu yansıtıyor ya da yansıtıyor olması diğer bilgi panellerini ilgilendirmemektedir.

5.2. Optimum Mesafe Ölçümlü Bilgi Panelleri (Information Panels with Optimal Measurement)

Optimum mesafe ölçümlü bilgi panellerinde Rota 1 ve Rota 2 olarak çalıştırılan canlandırmada sürecin işleyişine ait sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 9. Optimum mesafe ölçümlü rota 1 canlandırma tablosu

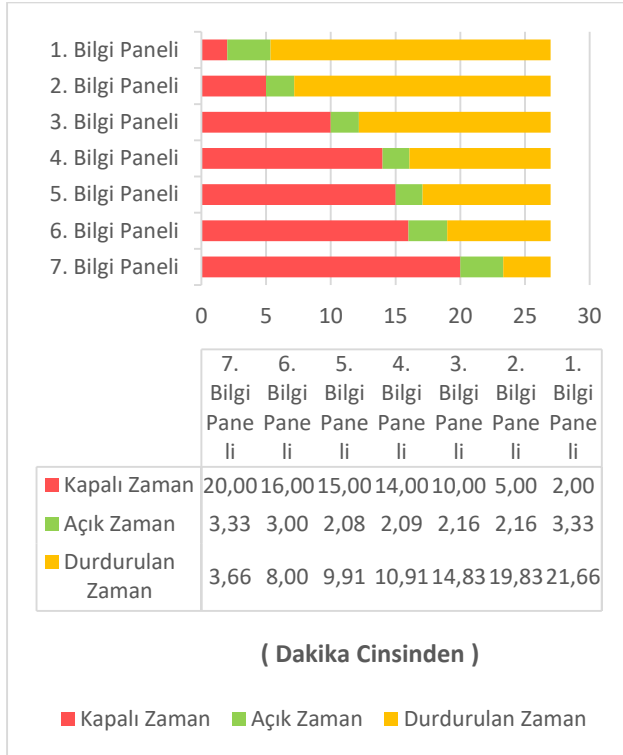
(Route 1 simulation table with optimal measurement)

Ambulans Koordinat Gönderim		Bilgi Paneli		
Sıra	Zamanı	Değişiklik Anı	Aktiflik Anında Ölçülen Mesafe [km]	Planlanan Kapanış Zamanı
1	00:28:06			
2	00:29:06			
3	00:30:06	1 - AÇ	1,37731	00:33:26
4	00:31:06			
5	00:32:06			
6	00:33:06	2 - AÇ	0,97086	00:35:16
7	00:33:26	1 - KAPA		
8	00:34:06			
9	00:35:16	2 - KAPA		
10	00:36:06	3 - AÇ	1,38423	00:38:16
11	00:37:06			
11	00:38:06			

	00:38:16	3 - KAPA		
12	00:39:06	4 - AÇ	1,38951	00:41:11
13	00:40:06	5 - AÇ	1,14129	00:42:11
14	00:41:06	6 - AÇ	1,35163	00:44:06
	00:41:11	4 - KAPA		
15	00:42:06			
	00:42:11	5 - KAPA		
16	00:43:06	7 - AÇ	1,62996	00:46:26
17	00:44:06	6 - KAPA		
18	00:45:06			
19	00:46:06			
	00:46:26	7 - KAPA		
20	00:47:06			
21	00:48:06			
22	00:49:06			
23	00:50:06			
24	00:51:06			
25	00:52:06			
26	00:53:06			
27	00:54:06			
28	00:55:06			

Tablo 9'a ait sonuçlarda bakıldığında, ilk bilgi panelinin ambulans logosunu yansıttığı an, 1.37 km ölçüm ile ambulansın üçüncü olarak gönderdiği konumdur. Bundan önceki konum gönderimlerinin mesafe ölçümlerinde uygun ölçüm değeri sağlanamadığı için ambulans logosu yansıtılmamıştır. Ambulans logosunu yansıttığı andan itibaren gösterim süresine bağlı olarak planlanan kapanış saati de bu esnada belirlenmektedir. Diğer bilgi panelleri de benzer şekilde ambulans logosunu yansıtmış ve planlanan kapanış saati geldiğinde sonlandırılmıştır.

Şekil 10 incelendiğinde bilgi panellerinin birbirinden bağımsız olarak hareket ettiğini göstermek amacıyla daha ayrıntılı grafiksel olarak ele alındı.



Şekil 10. Optimum mesafe ölçümlü rota 1 canlandırma grafiği

(Route 1 simulation graphic with optimal measurement)
Rota 2 seçilerek canlandırma başlatıldığında canlandırma çıktısı aşağıdaki Tablo 10'daki gibi olmuştur.

Tablo 10. Optimum mesafe ölçümlü rota 2 canlandırma tablosu

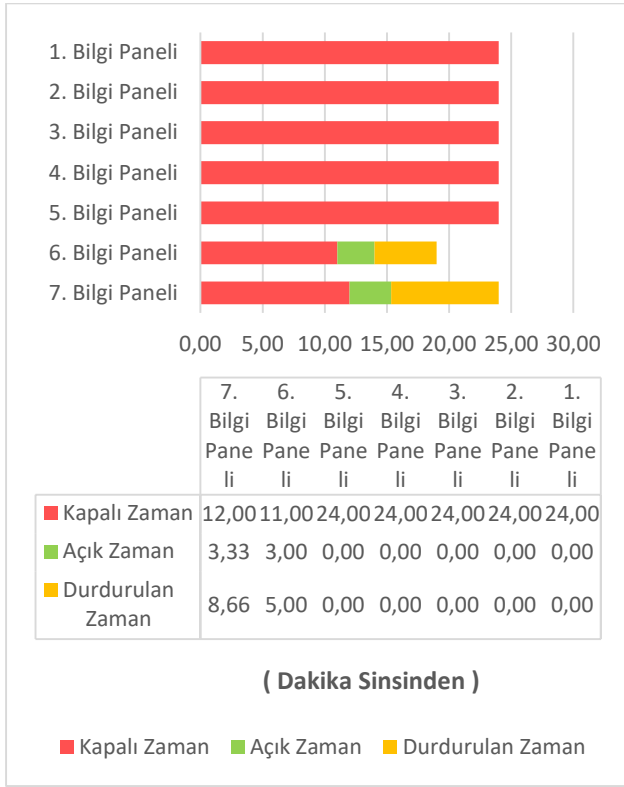
(Route 2 simulation table with optimal measurement)

Ambulans Koordinat Gönderim		Bilgi Paneli		
Sıra	Zamanı	Değişiklik Anı	Aktiflik Anında Ölçülen Mesafe [km]	Planlanan Kapanış Zamanı
1	01:08:19			
2	01:09:19			
3	01:10:19			
4	01:11:19			
5	01:12:19			
6	01:13:19			
7	01:14:19			
8	01:15:19			
9	01:16:19			
10	01:17:19			
11	01:18:19			
12	01:19:19	6 - AÇ	1,02004	01:22:19
13	01:20:19	7 - AÇ	1,61454	01:23:39
14	01:21:19			
15	01:22:19	6 - KAPA		
16	01:23:19			
	01:23:39	7 - KAPA		
17	01:24:19			
18	01:25:19			
19	01:26:19			
20	01:27:19			
21	01:28:19			
22	01:29:19			
23	01:30:19			
24	01:31:19			
25	01:32:19			

Tablo 10'a ait sonuçlarda bakıldığında, ilk olarak ambulans logosunun yansıtıldığı altıncı bilgi panelinin ambulans logosunu yansıttığı an, 1.02 km ölçüm ile ambulansın on ikinci olarak gönderdiği konumdur. Bundan önceki konum gönderimlerinin mesafe ölçümlerinde uygun ölçüm değeri sağlanamadığı için ambulans logosu yansıtılmamıştır.

Ambulans logosunu yansıttığı andan itibaren gösterim süresine bağlı olarak planlanan kapanış saati de bu esnada belirlenmektedir. Altıncı bilgi panelinden sonra gelen yedinci bilgi paneli de benzer şekilde ambulans logosunu yansıtmış ve planlanan kapanış saati geldiğinde sonlandırılmıştır. Altıncıdan önceki bilgi panelleri bu rotada kapsamında olmadığı için hiçbir zaman ambulans logosunu yansıtamamışlardır.

Şekil 11 incelendiğinde bilgi panellerinin birbirinden bağımsız olarak hareket ettiğini göstermek amacıyla daha ayrıntılı grafiksel olarak ele alındı.



Şekil 11. Optimum mesafe ölçümlü rota 2 canlandırma grafiği
(Route 2 simulation graphic with optimal measurement)

6. TARTIŞMA (DISCUSSION)

Ambulansın hayati öneme sahip oluşuna bağlı olarak hastaneye en kısa sürede varmasıyla ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Günden güne artan trafik nedeniyle bir noktadan başka bir noktaya gitmek her geçen gün daha da güç olmaktadır ve trafikte harcanan zaman katlanarak artmaktadır. Özellikle ambulans gibi önemli araçlar için bu durum oldukça kritiktir. Tıbbi müdahaleye ihtiyaç duyan birinin bir an önce hastaneye ulaştırılması büyük önem arz etmektedir. Bu kapsamında ambulansın hızlı yol almasıyla ilgili pek çok çalışma yapılmıştır.

Ambulansın, olay yerinden hastaneye kadar ışık ve sirenin açıp olduğu ve olmadığı durumlara göre hastaneye ulaşım süresi incelenmiştir [22].

Ambulans, ışık ve sirenin açık vaziyette olduğu ve kapalı vaziyette olduğu durumlara göre farklı seyirleri incelenmiştir. Açık olduğu durumda, açık olmadığı duruma göre yüzde 76 oranında hastaneye daha hızlı varıldığı sonucuna varmışlardır. Ambulansın ışık ve siren çözümüyle diğer sürücülerini uyararak elde ettiği fayda açıkça görülmektedir. Işık ve siren çözümüne benzer olarak tamamlayıcı nitelikteki bu çalışmada da bilgi panelleri çözümü geliştirilmiştir. Işık ve sireni açma ihtiyacı doğduğunda bu çalışmada yenilikçi ve teknolojik bir çözüm olan bilgi panelleri de devreye alınmalıdır. Böylece diğer sürücüler, uzak mesafelerden gelmekte olan ambulansın ışık ve sireni henüz fark edemiyor iken, bilgi panellerinden çok daha önceden bilgi edinerek ambulans için sol şeridi boşaltıp yol vermiş olacaktırlar. Yapılmış

olan çalışma ile bilgi panelleri çözümünün entegrasyonu ile ambulansın hastaneye hızlı ulaşım oranı daha da artacaktır. Hastanın bir an önce hastanede tam donanımla tedavi altına alınmasının kritik olduğu bu vaziyette, hasta için ciddi bir avantaj sağlanmış olacaktır.

Yapılan diğer bir çalışmaya göre Ankara ilinde, ambulansların günün belirli saatlerindeki faaliyetlerini izlemişlerdir [23]. Gece 12'den sabah 6'ya kadar diğer saat dilimlerine göre daha az vaka bildirilmiştir. Saat 6-18 arasında vaka bildirim sayısı en yüksek olup yanıt süresinin en uzun dilim olduğunu tespit etmişlerdir. Ve sonucunda süreleri iyileştirmek için ambulans sayısının artırılması gerektiği vurgulanmıştır. Fakat bu çözümün uygulanması pek kolay olmayabilir. Ambulansa dönüştürülecek aracın temin edilmesi, yönetmeliklere uygun şekilde teknik ve tıbbi ekipman ile donatılması, araç rutin bakımlarının yapılması gibi ek maddi ve zaman maliyetleri ortaya çıkaracaktır ve çalışmada aktarılan sonucun uygulanmasını yavaşlatacaktır. Aynı zamanda ambulans sayısındaki artış, ambulanslarının koordinasyonda kargaşa yaratabileceği gibi trafikte daha çok ambulans olması trafikten kurtulmayı çözmeyecektir. Aksine daha çok ambulans trafiğe dâhil olacaktır.

Teze konu olan ambulansın en kısa sürede hastaneye varmasını destekleyen çözüm olarak bilgi panelleri devreye alındığında tek bir ambulans için katlanılması gereken maddi maliyet yerine bu sistemin kurulmasına harcanacak olan maliyet daha az olacaktır. Bir kez kurulduktan sonra uzunca bir süre ekstra bakım gerektirmeyecektir. Yenilikçi ve teknolojik olan bu çözüm, trafikte daha fazla ambulans katkısı yapmayarak mevcut ambulansların daha efektif olmasını sağlayacak ve görüntü, ses ve karbon emisyonu kirliliğini engelleyecektir. Mevcut sistemdeki ambulans koordinasyon düzeni bozulmayıp trafikten sıyrılarak bir an önce hastaneye varması sağlanacaktır. Böylece ambulans, hastayı hastaneye bıraktıktan sonra ivedi bir şekilde yeni vakaya yönlendirilebilecektir.

Yapılmış olan çalışmalarda temel amaç, ambulansın en kısa zamanda tıbbi yardımı sağlaması, ulaşım sürelerinin gözlemlenmesi yönündedir. Tez kapsamında yapılan ambulansın en kısa sürede hastaneye varmasını sağlayan destekleyici çözümde elde edilen bulgular neticesinde, belirtilen çalışmalarla aynı temel amacın örtüştüğü açıkça görülmektedir.

7. SONUÇ (RESULT)

Bu çalışmada, ambulansın en kısa sürede hastaneye varmaya çalışması esnasında karşılaştığı zorluklara ve bu zorlukların üstesinden gelinmesiyle ilgili çözüme yer verilmiştir.

Acil yardım hizmetlerinin önemi gün geçtikçe artmaktadır. Ambulansın olay yerinden en uygun hastaneye en kısa sürede en hızlı ve güvenli bir biçimde ulaşmasının hasta için ne kadar önemli olduğu bilinmektedir. Ambulanslar, olay yerine ya da hastaneye bir an önce varmayı hedeflemektedir. Fakat bu durumda çoğu zaman

gecikmeler yaşanmaktadır. Ulaşım süresi uzadıkça hasta için ihtiyaç olan tam donanımlı tıbbi tedaviye erişim de o anlamda uzayacaktır. Özellikle nüfusun yıllar geçtikçe arttığı kentlerde ulaşım süreleri, normalden kat ve kat daha fazla olabilmektedir.

Ambulans, hızlı yol almak için siren ve anons ile diğer sürücülerini uyararak hızlı yol almak istemektedir. Fakat bu bir zincir olduğu için her sürücü aynı duyarlılığa sahip olmayabilir, yan ayna açıları doğru olmadığı için görmekte zorlanabilir ya da yüksek sesle müzik dinlemek, telefonla ilgilenmek gibi dikkat dağıtıcı diğer unsurların etkisinde olabilmektedir. Duyarlı sürücülerden de acemi sürücüler olabilir ya da soğukkanlı olamayıp yol vermede gecikebilir ve trafiği de tehlikeye atabilmektedir. Tüm bu durumlarda ambulansa yol vermek için kargaşa içinde gereksiz gazlanma ve frenlemelerle araç parçaları daha çabuk eskimekte, yakıt tüketimi ve karbon emisyonu artmaktadır. Ambulansın hastaneye en kısa sürede varmasıyla ilgili yaşanan bu zorluklar neticesinde ulaşım süresi azaltmak için bir çözüm geliştirilmiştir. Bu çözümle, diğer sürücüler, yolda buldukları konumdan, ambulansın bir süre sonra burada olacağına dair bilgi edinerek daha geniş zaman diliminde, ambulansın sol şeritten rahat ve hızlı bir şekilde ilerleyişi için yol vermiş olacaklar ve trafik tehlikeye atılmayacaktır. Gereksiz gazlanma ve frenleme ile araç parçalarının eskimesi gecikecek, yakıt tüketimi ve karbon emisyonu azaltılmış olacaktır.

Çözümde, 2 farklı rota ile yakın mesafe ölçümlü ve optimum mesafe ölçümlü bilgi panelleri ile canlandırmalar gerçekleştirilmiştir. Her iki yöntemde de bilgi panellerinin konumları aynıdır.

Yakın mesafe ölçümlü iki rota için yapılan bilgi panelleri canlandırmasında, çözümün uygun değerlerle uygulanmaması sebebiyle yeterli olmadığı görülmüştür. Ölçüm mesafeleri birbirine çok yakın ve ambulans logosunun gösterim süresi çok kısadır. Bilgi panellerinin ambulans logosunu yansıtmaya başladığı andaki ölçülen mesafeler 0.04 – 0.65 km aralığında değişmektedir. Bir ambulansın 40 metre kala bu noktadan geçeceği bilgisi çok etkili olmayabilir. Çünkü muhtemelen ambulans zaten siren ve anons ile diğer sürücülerini uyarmıştır. En uzun ölçüm mesafesi olan 650 metre üzerinde baktığımızda, sıkışık bir trafikte bu bilgi yeterli olabilir fakat ambulansın 650 metre mesafede olup bilgi panelinin ambulans logosunun gösterim süresi 7 saniye olduğu için birçok sürücü bu bilgiyi göremeden ambulans logosu yansıtması sonlandırılmış olacaktır.

Optimum mesafe ölçümlü iki rota için yapılan bilgi panelleri canlandırmasında, çözümün uygun değerlerle birlikte yeterli olduğu görülmüştür. Bilgi panellerinin ambulans logosunu ekrana yansıtmaya başladığı andaki ölçülen mesafeler 0.97 – 1.62 km aralığında değişmektedir. Ölçülen en yakın mesafe olan 970 metre kala bilgi panelinde ambulans logosu yansıtacaktır. Ambulans logosunun gösterim süresi ortalama olarak 2 dakika 59 saniyedir. Gösterim süresi de uzun olduğu için diğer sürücüler bu bilgiyi rahatça gözlemleyebilir ve ambulans için sol şeridi sakın ve güvenli bir biçimde boşaltabilir.

Arkadan gelmekte olan trafikteki diğer sürücülerde gösterim süresinin uzun olmasının sağladığı avantaj ile onlar da ambulansın birazdan bu noktadan geçeceği bilgisini görerek sol şeridi boşaltacaklardır. 970 metre mesafeden ambulansın sireni ve anonsunu duymak zor olsa bile bilgi panelleri sayesinde diğer sürücüler aksiyon almaya başlamış olacaklardır.

İki farklı rota ve iki farklı değerlerle yapılan canlandırmalar sonucunda, uygun değerler verildiğinde çözümün oldukça faydalı olacağı düşünülmektedir. Böylece ambulans, hastaneye bir an önce ulaşacaktır.

8. ÖNERİLER (SUGGESTIONS)

Bu çalışmayı desteklemek ve yapılacak çalışmalara ışık tutabilmek amacıyla farklı çözümler geliştirilebilir. Bu çalışmadaki çözüm, olay yerinden hastaneye ulaşım esnasında yüksek kapasiteli kentsel yolların kullanılmasını kapsamaktadır. Bu kapsam genişletilerek çeşitli diğer yollar da dâhil edilebilir. Sadece olay yerinden hastaneye kadar olan sürece ek olarak olay yerine ulaşım da kullanılabilir. Ambulans logosu gösterim süresini sabit vermek yerine trafik bilgisi alınıp ambulansın konumuna bağlı olarak ambulansın bilgi panelini geçtiğinde ambulans logosunun yansıtılmasının otomatik olarak sonlandırılması sağlanabilir. Başka acil ulaşım araçlarının da bu sistemi kullanabilmesi için çalışma yapılabilir. Yolda meydana gelen kaza, yol çalışması gibi durumlar gözetilerek farklı aksiyonlar alınması sağlanabilir.

Çalışmada uygulanan çözüm ve geliştirilecek farklı çözümler olsa da sürücülerin duyarlılığı büyük öneme sahiptir. Gerek ödül sistemi gerekse ceza sistemi devreye alınarak ambulansa yol verme bilinci tüm sürücüler için çok büyük bir önem arz etmelidir. Sürücüler, ambulansın kendi yakınlarını taşıdığını varsayarak bu fikre sahip olabilirler.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] A. C. Uçarlı, F. Demir, S. Erol & R. M. Alkan (2021). Farklı GNSS Uydu Sistemlerinin Hassas Nokta Konumlama (PPP) Tekniğinin Performansına Etkisinin İncelenmesi. *Geomatik*, 6 (3), s.: 247-258. DOI: 10.29128/geomatik.779420
- [2] C. Konukseven (2021). **Aktif Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri ile RTK Performansının İncelenmesi**, Doktora Tezi, (Doctoral dissertation, Necmettin Erbakan University (Turkey)).
- [3] İ. Ölmez, & R. Geçen (2018). Acil durumlarda ambulans erişebilirliği: Antakya (Hatay) örneği. *International Journal of Social Science*, 73, s.: 361-375.
- [4] A. Q. Shakor (2022). **Gözlem Aralığının GPS, Glonass, Galileo Ve Beidou Statik PPP Üzerindeki Etkisinin Araştırılması**, Yüksek Lisans Tezi (Doctoral dissertation, Necmettin Erbakan University (Turkey)).
- [5] Ü. Ersöz (2003). **Bilgisayar Ağlarında TCP/IP protokol ailesinin kullanılması ve güvenlik denetimleri**, Yüksek Lisans Tezi (Doctoral dissertation, Sakarya Üniversitesi (Turkey)).

- [6] H. Erdoğan, K. Küçük, & S.A. Khan (2020). Endüstriyel IoT Bulut Uygulamaları için Düşük Maliyetli Modbus/MQTT Ağ Geçidi Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* [Electronic Journal], 7(1), s.: 170-183. <https://doi.org/10.35193/bseufbd.708445>
- [7] O. Mısır, & L. Gökrem (2020). “Nesnelerin İnterneti için MQTT ile Hiyerarşik Haberleşme.” *Journal of New Results in Engineering and Natural Sciences*(12), s.: 1-11.
- [8] T. Lv & P. Yan & W. He (2018). **Survey on JSON Data Modelling. Journal of Physics: Conference Series.** 1069. 012101. 10.1088/1742-6596/1069/1/012101.
- [9] A. Şahin, E. Buluş, & M. T. Sakallı (2014). Modern Blok Şifreleme Algoritmalarının Gücünün İncelenmesi, *Idea*, 8,8.
- [10] Internet: Calculating the Distance Between Two Gps Coordinates with Python (Haversine Formula). <https://nathanrooy.github.io/posts/2016-09-07/haversine-with-python/>. Erişim Tarihi: 25.10.2023
- [11] Internet: Merkez Açık. https://en.wikipedia.org/wiki/Haversine_formula Erişim Tarihi: 25.10.2023
- [12] Internet: Haversine Formula to Find Distance Between Two Points on a Sphere. <https://www.geeksforgeeks.org/haversine-formula-to-find-distance-between-two-points-on-a-sphere/>. Erişim Tarihi: 25.10.2023
- [13] I. G. S. M. Diyasa, D. A. Prasetya, M. Idhom, A. P. Sari, & A. M. Kassim (2022, November). **Implementation of Haversine Algorithm and Geolocation for travel recommendations on Smart Applications for Backpackers in Bali.** In 2022 International Conference on Informatics, Multimedia, Cyber and Information System (ICIMCIS) (s.: . 504-508). IEEE.
- [14] E. Çağlar (2005). **Acil hizmet araçlarının GPS tabanlı denetim ve organizasyonu Yüksek Lisans Tezi (Doctoral dissertation, Bursa Uludag University (Turkey)).**
- [15] S. Ateş, M. Z. Coşkun, & A. Ç. Aydınoglu (2011). Coğrafi bilgi sistemleri ile en uygun ambulans yerlerinin belirlenmesi. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası*, 13.
- [16] M. Zenginol, B. Al, S. Genç, İ. Deveci, P. Yarbil, D. A. Yılmaz, ... & C. Yildirim (2011). “ Gaziantep İli 112 Acil Ambulanslarının 3 Yıllık Çalışma Sonuçları /3 Yearly Study Results of 112 Emergency Ambulances in the City of Gaziantep”. *Eurasian Journal of Emergency Medicine*, 10(1), 27.
- [17] B. K. Yılmaz, B. Y. Karakuş, E. Çevik, H. Dogan, S. A. M. Mehmet, & A. Kutur (2014). *Metropolde 112 Acil Sağlık Hizmeti. Journal of Istanbul Faculty of Medicine*, 77(3), s.: 37-40.
- [18] P. Manikanta, S. S. Hussian, & R. T. Kodi. (2019, March). Iot ambulance with automatic traffic light control. In 2019 international conference on vision towards emerging trends in communication and networking (ViTECoN) (pp. 1-3). IEEE.
- [19] M. K. Das, & G. Ghosh. (2021, September). Self-Driving Ambulance for Emergency Application. In 2021 5th International Conference on Electronics, Materials Engineering & Nano-Technology (IEMENTech) (pp. 1-5). IEEE.
- [20] Internet: Değişken Trafik İşaretleri. <https://www.isbak.istanbul/akilli-ulasim-sistemleri/trafik-olcme-bilgilendirme/degisken-trafik-isaretleri-dti/>. Erişim Tarihi: 09.11.2023
- [21] Internet: Acil Durumlarda Trafik Karmaşasına Son. <https://ulastirma.info/pilot-uygulama-istanbul-fatihte-basladi/>. Erişim Tarihi: 20.01.2024
- [22] R. C. Hunt, L. H. Brown, E. S. Cabinum, T. W. Whitley, N. H. Prasad, C. F. Owens Jr, & C. E. Mayo Jr (1995). **Is ambulance transport time with lights and siren faster than that without?.** *Annals of emergency medicine*, 25(4), s.: 507-511.
- [23] K. H. Altintas, & N. Bilir (2001). Ambulance times of Ankara emergency aid and rescue services' *ambulance system. European Journal of Emergency Medicine*, 8(1), s.: 43-50.