



## Görüntü İşleme Yoluyla Otonom Tren-Hayvan Kazası Önleme Sistemi

Mustafa Kaan BALTACIOĞLU\*<sup>1</sup>, Mustafa Tunahan BAŞAR<sup>2,3</sup>, Muharrem KARAASLAN<sup>4</sup>, Zafer ÖZER<sup>5</sup>, Sefa ÖCAL<sup>1</sup>

<sup>1</sup> İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Hatay, Türkiye

<sup>2</sup> Amasya Üniversitesi, Taşova Yüksel Akın Meslek Yüksek Okulu, Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü, Amasya, Türkiye

<sup>3</sup> İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Hatay, Türkiye

<sup>4</sup> İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Hatay, Türkiye

<sup>5</sup> Mersin Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye

\*mkaan.baltacioglu@iste.edu.tr

(Alınış/Received: 23.05.2023, Kabul/Accepted: 19.07.2023, Yayınlama/Published: 31.07.2023)

**Öz:** Çalışmada tren yolu ulaşımlarında yol güzergâhı üzerinde bulunan hayvan ölümlerinin önlenmesi üzerine odak sağlanmıştır. Hemzemin geçitlerde bulunan bariyer sistemleri raylı ulaşım araçlarının çarpışma kazalarını önleyici unsur olarak görülse de kırsal bölgelerde yolculuk güvenliklerinin sağlanması ve maddî kayıpların önlenmesi için alternatif çözümler gerekmektedir. Çalışma kapsamında prototip ölçeklerde tasarlanan bir araç üzerine sesli uyarı sistemi, yavaşlama mesafesinde menzile sahip su püskürtme mekanizması, kamera ve lazer mesafe sensörleri konumlandırılmıştır. Aracın enerji gereksinimleri 11.1 Volt Lipo-Batarya ile desteklenmektedir. Kameradan alınan veriler doğrultusunda görüntü işleme prosesleri gerçekleştirilerek yol üzerinde bulunan engelin türü %80'den daha büyük oranlarda belirlenebilmektedir. Ayrıca araç engeli gördüğü andan itibaren 20 cm/s hızla giderken öncelikle hızını 11,75 cm/s seviyelerine düşürerek sesli uyarı sistemini devreye almaktadır. Eğer hala engel yol üzerinde ise araç hızını 7,85 cm/s seviyelerine düşürmekte ve engele 30 cm mesafede durarak su püskürtme sistemini çalıştırmaktadır. Engel yoldan çekildiği takdirde hareketine devam etmektedir. Sonuç olarak aracın hız kontrolleri, görüntü işleme analizleri ve uyarı sistemlerinin gerçek ölçeklerde araç özelliklerine göre düzenlenmesi ve geliştirilmesi gelecekte çarpışma kazalarının önlenmesinde önemli çıktılar ortaya koyabilir.

**Anahtar kelimeler:** Raylı ulaşımlar, Çarpışma kazaları, Görüntü işleme, Uyarı sistemleri, Doğal yaşam

### Autonomous Train-Animal Crash Prevention System by Image Processing

**Abstract:** In the study, the focus is prevention of animal deaths on the road route in railway transportation. Although the barrier systems at level crossings are seen as a preventive factor for impact accidents of rail transportation vehicles, alternative solutions are needed to ensure travel safety and prevent financial losses in rural areas. Within the scope of the study, an audible warning system, a water spray mechanism with a range in the deceleration distance, a camera and laser distance sensors are positioned on a vehicle designed in prototype scales. The vehicle's energy requirements are supplied by 11.1 Volt Lipo-Battery. By performing image processing in line with the data received from the camera, the type of obstacle on the road can be determined at rates greater than 80%. In addition, from the moment the vehicle sees the obstacle, it activates the audible warning system by first reducing its speed to 11.75 cm/s while traveling at 20 cm/s. If the obstacle is still on the road, it reduces the vehicle speed to 7.85 cm/s and stops 30 cm from the obstacle, activating the water spray system. If the obstacle is out of the way, it continues to nominal

Atıf için/Cite as: M.K. Baltacıoğlu, M.T. Başar, M. Karaaslan, Z. Özer, S. Öcal, "Görüntü işleme yoluyla otonom tren-hayvan kazası önleme sistemi," *Demiryolu Mühendisliği*, no. 18, pp. 150-161, July 2023. doi: 10.47072/demiryolu.1300927

movement. As a result, the regulation and development of vehicle speed controls, image processing analysis and warning systems at real scales according to vehicle characteristics may reveal important outputs in the prevention of impact accidents in the future.

**Keywords:** Rail transportation, Impact accident, Image processing, Warning systems, Natural life

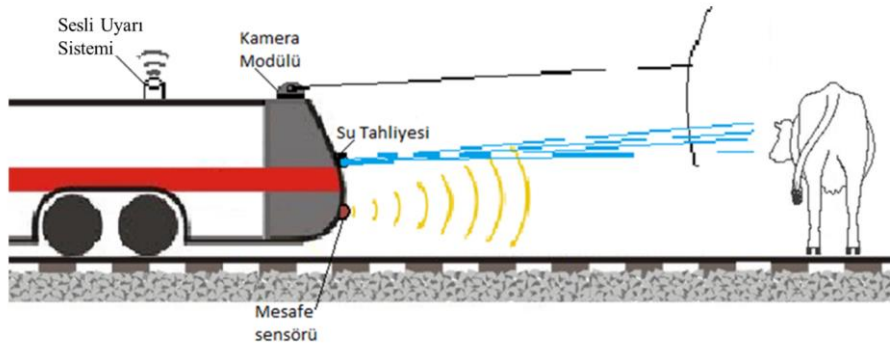
## 1. Giriş

Günümüzde kalabalık nüfus, ekonomik ve çevresel etkiler bakımından toplu taşıma unsurları içerisinde raylı ulaşım büyük bir öneme sahiptir. Bununla birlikte raylı ulaşımlarda otomatik kontrollü sistemlerin geliştirilerek yolculuk koşullarının iyileştirilmesi üzerine araştırmalar gerçekleştirilmektedir [1]. Tren yolu güvenliklerinin sağlanabilmesi için sinyalizasyon sistemlerinin aracın hız ve konum verileri ile haberleşmesini sağlayan sistemlerin geliştirilmesi gerekliliği vurgulanmaktadır. Bu bağlamda bilgisayar kontrollü sistemlerin raylı ulaşımlarda yaygınlaştırılmalarının güvenlik ve yolculuk konforu açısından önemli çıktıları ortaya koyabileceği düşünülmektedir [2]. Taşımacılıkta sağladığı avantajlar doğrultusunda yaygın kullanıma sahip olan raylı ulaşımların yol güvenliklerinin artırılması üzerine çalışmaların sürdürülmesi gerekliliği vurgulanmaktadır [3]. Ancak sürekli gelişen dünya ve ihtiyaçlar doğrultusunda artan raylı ulaşım beraberinde artan kazaları meydana getirmektedir Bundan dolayı yapay zekâ uygulamaları gibi akıllı sistemlerin geliştirilmesi üzerine odak sağlanmıştır [4]. 2018 yılında elde edilen verilere bakıldığında Avrupa Birliği bölgesinde 1666 kaza meydana geldiği bildirilmektedir. Bu sayının 939'u hareket halindeki vagonları ve insanları (intiharlar hariç) ve 442'si yayaları içeren hemzemin geçit kazalarını içermektedir. Aynı zamanda 2010 ile 2018 yılları kaza sayılarının nerede ise dörtte bir oranında azaldığı belirtilmektedir [5-6]. Ülkemiz için bir değerlendirme yapıldığında son yıllarda incelenen kaza raporları doğrultusunda 39 kaza meydana gelmiştir. Bu kazalar içerisinde raporlar detaylı incelendiğinde hemzemin geçit, çarpışma ve deray kazaları başlıca kaza türleri olarak bildirilmektedir [7]. Bu perspektiften bir değerlendirme yapıldığında kazaların önlenmesi adına çevresel koşulların iyileştirilmesi ve araç yapının teknik donanım açısından geliştirilmesi gerekliliği öne çıkmaktadır [8]. Raylı ulaşımlarda meydana gelen kazaların genel oluşum nedenleri incelendiğinde; Hemzemin geçit kazaları, deray kazaları ve çarpışma kazalarının sebebiyet verdiği gözlemlenmektedir. Genel bir değerlendirme yapıldığında bu kaza oluşumları içerisinde ülkemiz için ve genel Avrupa ülkeleri düzeyinde en çok meydana gelen kaza türleri sırası ile hemzemin, deray ve tren çarpışma kazaları olduğu ortak kanaattir [7]. Bu kaza türlerinin etkin bir şekilde çözümlenebilmesi için haberleşme sistemlerinin ve otonom araç mekanizmalarının geliştirilmesi bir gereksinim haline gelmiştir. Demiryolu haberleşme sistemlerinde insan yönetiminde uygulamaların kullanılması gelecekte risk oluşturabilecek unsurlar arasında belirtilmektedir [9]. Bununla birlikte raylı ulaşımlarda mesafe kontrollerinin sağlanarak ulaşımda bulunan trenlerin birbiri ile haberleşmesi güvenlik parametrelerinin geliştirilmesine katkı sağlayabileceği bildirilmektedir [10]. Yol güvenliklerinin sağlanabilmesi adına deray gibi kritik bir kaza analizinin gerçekleştirilmesine bağlı olarak sesli ve görsel olarak makinist uyarı sistemlerinin geliştirilmesi üzerine çalışmaların gerçekleştirildiği bildirilmektedir. Bu bağlamda otomasyon sistemlerinin raylı ulaşımlara uyarlanması önem verilmektedir [11]. Ek olarak demiryolu güvenliğinde insan etkileşimleri incelendiğinde önemsememe, dikkatsizlik, bilgi eksikliği, yorgunluk, yanılma gibi etkenlerin kazalara doğrudan sebebiyet verebileceğine değinilmektedir [12]. Öte yandan otonom uygulamaların geliştirilerek trenlerde anlık haberleşme sistemlerinin daha düşük hata oranlarında gerçekleştirilebileceği düşünülmektedir. Tren yolu üzerinde bulunan hayvanlara tren çarpması sonucu meydana gelen kazalarda hayvanların telef olması, araç yapının maddi zarar görmesi ve aracın kontrolden çıkması gibi çok büyük problemlerin oluşması muhtemeldir. Bu durumun önlenmesi adına literatürde yol üzerinde kusurların belirlenmesi için nesne algılama ve algılanan nesnenin türünün belirlenerek çözüm yöntemleri türetilmesi üzerine birçok çalışma gerçekleştirilmiştir [13-15]. Çoklu sensör kullanımları ile yol üstü engel tespitlerinin gerçekleştirilmesi üzerine gerçek ölçeklerde çalışmalar yürütülmektedir [16]. Demiryollarında hayvan teleflerinin önlenmesi

adına çoklu sensör uygulamaları kullanılarak başarılı bir şekilde yol üzerinde unsur tespitlerinin sağlanabileceği ifade edilmektedir [17]. Ancak optik sensörler, kamera kullanımları gibi pahalı ekipmanların gerekliliği gerçek ortamlarda deneysel çalışmaların maliyetini arttırmaktadır. Bu çalışmada artan deneysel maliyetlerin azaltılması doğrultusunda prototip ölçeklerde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın temel amacı görüntü işlemeye dayalı tespit edilen unsurların güvenli bir şekilde yoldan uzaklaştırılmasını sağlamak için bir uyarım mekanizması tasarımının geliştirilmesidir. Bu bağlamda tasarlanan prototip araç üzerine yerleştirilen kamera ve sensör uygulamaları ile sağlıklı bir şekilde yol üzerinde ki engellerin tespit edilebileceği ve bu engellere karşı çözümleyici sonuçların analiz edilebileceği çalışmanın özgün değerini vurgulamaktadır. Çalışma kapsamında yol üzerinde engellerin algılanabilmesi adına kamera modülünden alınan görseller tanımlanmaktadır. Tanımlanan görseller engel olarak algılama menziline girdiği taktirde sesli uyarı sistemleri ve fiziki olarak su püskürtme sistemleri sırası ile devreye alınmaktadır. Ayrıca bu uyarı sistemleri ile araç hızları birbirine entegre bir şekilde modellenmektedir. Sonuç olarak aracın belirtilen uygulamalar dahilinde çarpışma kazalarında önleyici bir yöntemi ortaya koyabileceği düşünülmektedir.

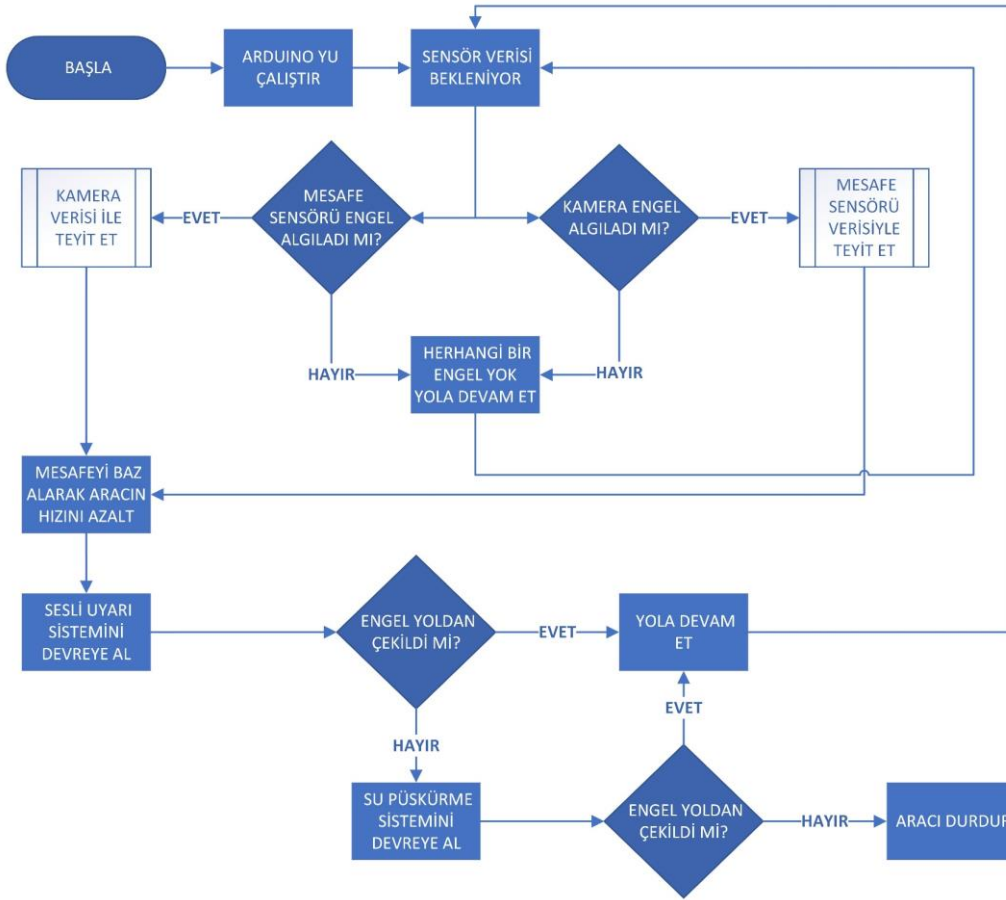
## 2. Metot

Çalışma da tasarlanan bir prototip araç üzerinden görüntü analizleri bir kamera modülü ile gerçekleştirilerek öncelikle yolda bulunan unsurların tanımlanması hedeflenmiştir. Tespit edilen engel oluşumlarının uyarımlarının sağlanabilmesi adına hız verilerinde kontrol sağlanarak gerekli uyarım sürelerinin kazanılması hedeflenmektedir. Yavaşlama süreci gerçekleşirken uyarım sistemi olarak sesli ve fiziksel olarak su püskürtme sistemi aracın şasesine yerleştirilmiştir. Şematik olarak çalışma kapsamında benimsenen analizlerin gerçekleştirilmesi Şekil 1’de gösterilmektedir.



Şekil 1. Çalışmanın şematik gösterimi

Şekil 1’de görüldüğü üzere öncelikle kamera modülü yol üzerinde bulunan engeli algılandığında engeli tanımlamaya çalışmaktadır. Bu süreçte araç hızında azalmalar meydana gelirken sesli olarak engeli uyarı gönderilmektedir. Devam eden süreçte hala engel yol üzerinde ise sesli uyarı ve araç hız düşümü devam etmektedir. Son olarak engeli 30 cm kalıncasına su püskürtme mekanizması devreye alınarak araç durdurulmaktadır. Engel yoldan çekildiği taktirde araç yola devam etmektedir. Aksi durumda uyarı sistemleri efektif olarak uyarıya devam etmekte ve araç harekete geçmemektedir.



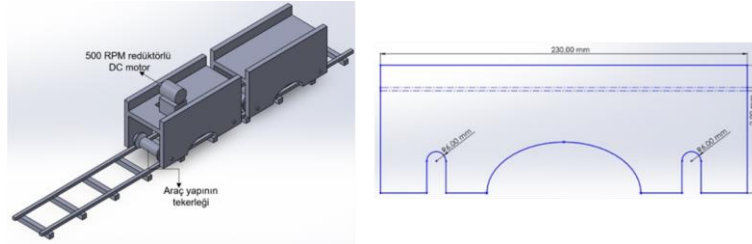
Şekil 2. Akış algoritması

Şekil 2’de çalışma kapsamında programlanan kamera ve sensör yapıların çalışma prensipleri gösterilmektedir. Önüne çıkan ehli ve yabani hayvanları kamera ve sensörler yardımıyla tespiti gerçekleştirilmesi planlanmaktadır. Kamera modülünü kullanarak hayvanların görüntüsünü bilgisayar ortamına aktarımı gerçekleştirilmiştir. Bilgisayar HC06 kodlu bluetooth modülü ile mikrodenetleyici ile haberleştirilmiştir. Mesafe sensörlerini kullanarak hem engele olan mesafenin ölçülmesi hem de engelin olup olmadığı bilgisi elde edilmiştir. Sağlanan verilere göre engel ile aracın arasındaki mesafe bilgisi kontrol edilmektedir. Sensörden alınan mesafe bilgisi oluşturulacak karar mekanizmasına aktarılmaktadır. Bu sayede mesafeye göre yavaşlama sistemi devreye sokulup aracın hız azaltımı gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. İlk aşamada Arduino Mega’ya bağlı olan sesli uyarı modülü devreye sokulup hayvanın ürkütülüp kaçması hedeflenmektedir. Eğer hayvan yoldan çekilmez ise ikinci aşama olan su püskürme ile fiziksel müdahale gerçekleştirilip hayvanın yoldan çekilmesi amaçlanmaktadır. Karar mekanizmasına hala yolda bir engel bilgisi geliyor ise aracın harekete devam etmemesi üzerine bir karar mekanizması oluşturulmuştur. Kullanılan denetleyiciler hem sensör verilerini değerlendirmeye hemde aracın hız ve uyarı sistemini yönetmeye eğitilerek belirtildiği gibi işlev görmektedir.

Çalışma da gerçekleştirilen görüntü analizlerinde bir kamera modülünü kullanarak tren yolu boyunca gerçek zamanlı görüntünün bilgisayara ortamına aktarımı gerçekleştirilmiştir. Aktarılan görüntü Python ile Open CV’de (Açık Kaynaklı bilgisayar görüşü) Mobile Net-SSD dedektör kullanarak ve önceden eğitilmiş hayvan kitaplığından (Microsoft Coco) yararlanılarak hayvanların algılanması gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemin tercih edilme sebebi yüksek doğrulukta çalışma imkânı sağlayabilmesidir [18]. Open CV gerçek zamanlı bilgisayar görüşü üzerine odaklanmış bir programlama fonksiyonları kütüphanesidir [19]. Genel olarak, nesne tespit bir görüntüdeki bir nesneyi konumlandırmak için nesne lokalizasyonu ve bulunan nesneyi uygun

katgoride sınıflandıran nesne sınıflandırması olmak üzere iki adımdan oluşur. SSD (Single Shot Detector (Tek Atış Dedektörü)), tek kısa devrede iki adımın üzerinde performans gösteren gerçek zamanlı nesne algılama algoritmasıdır. Mobile Net, görüntü sınıflandırması için kullanılan bir başka algoritmadır. Görüntü gerçek zamanlı video olarak sisteme alındıktan sonra belirli karelere bölünür ve değerlendirilerek çıktı olarak tanımlanabilmektedir.

Çalışma kapsamında prototip olarak tasarlanan araç değerlendirildiği takdirde bir adet araç hareketini sağlayacak lokomotif ve sensörlerin konumlandırılacağı bir adet vagon yapının birleştirilmesi ile meydana getirilmiştir.



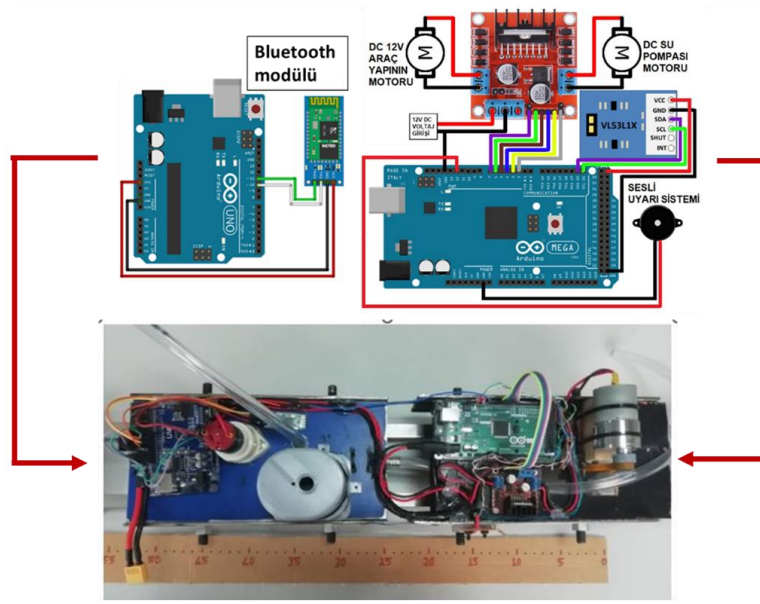
Şekil 3. Araç yapının 3B tasarımı ve dış şase ölçüleri

Araçın 3B tasarımı ve motor yapının konumlandırılması Şekil 3’de gösterildiği gibidir. Araç hareketleri 9-12 V 500 rpm DC motor ile sağlanmaktadır. Araç ölçülerine bakıldığında her bir vagonun 230 mm uzunluğa ve 80 mm genişliğinde 4 adet plakadan imal edilmektedir. Daha sonrasında bu plakalara 0.1 mm kalınlığında kanal açılarak şase gövdesi kanallar arasına yerleştirilmektedir. L298N motor sürücü ile Arduino Mega denetleyecisi kullanılarak aracın hız verileri kontrol edilmektedir.



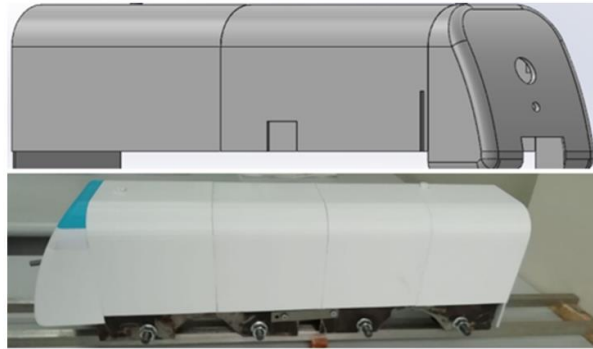
Şekil 4. Araçın güç aktarımı için tasarlanan dişli mekanizması

DC motordan elde edilen torkun aracın hareketinde kayıplar oluşturulmaması için Şekil 4’de görüldüğü üzere bir dişli yapı 3B yazıcı kullanılarak tasarlanmıştır. Burada kayış kasnak mekanizması ile hareket motordan tekerlere aktarılmaktadır. Dişli kullanımları kayıpları büyük oranda azaltmıştır. Kasnak yapı GT2 kayış standartlarına uygun diş yapısı ile tasarımı gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5. Tasarlanan araç yapıda elektronik bileşenlerin bağlantıları ve araç üzerindeki yerleşimleri

Görüntü işleme süreçlerinde kamera modulünden elde edilen görseller bilgisayarda elde edildikten sonra Arduino Mega üzerinden bluetooth modülü ile mesafe sensörünün zamanlama hatalarını önlemek için bluetooth modülü başka bir mikrodenetleyiciye bağlanarak işlemler gerçekleştirilmiştir. Bu sayede bilgisayar üzerinden elde edilen görüntü işleme sonuçları zaman kaybı ve kablolu bağlantı zorunluluğu olmaksızın sisteme entegre edilebilmiştir. Görsel analizler ile hız parametrelerinin kontrol edildiği iki ayrı mikrodenetleyici arasında seri haberleşme protokolü kullanılarak aracın kontrolü sağlanmaktadır (bkz. Şekil 5). Arduino mega mikro denetleyicisi görüldüğü gibi lokomotif unsurun bulunduğu bölüme konumlandırılmıştır. Su tankı, su pompası, lipo batarya ve Arduino Uno kartları ise vagon tasarımı olarak üretilen kısma konumlandırılmıştır.



Şekil 6. Araç kabuk tasarımı

Şekil 6'da tasarlanan ve araç üzerine montajı gerçekleştirilen kabuk tasarımı 3B yazıcı kullanılarak tasarlanmıştır. Tasarlanan yapının başlıca amacı araç üzerinde ki komponentlerin dış ortam koşullarından etkilenmemesini sağlamak ve görsel olarak kirliliğe sebep veren görüntünün ortadan kaldırılmasını sağlamaktadır. Tüm bileşenleri ile araç bu hali ile 4.2 kg değerinde bir ağırlığa sahiptir. 20 cm/s hızlara kadar çıkabilmektedir.



Şekil 7. Aracın hareket ettiği hattın kesiti

Şekil 7’de görüldüğü üzere aracın hareket ettiği yol unsur için 6 adet 1 m uzunluklarında 15x15 mm en kesit ölçülerine sahip çelik paslanmaz çubuklar kullanılmıştır. Ray malzemesinin zeminde kaçıklıklar oluşturmaması için 20x20 mm en kesite sahip 120 mm uzunluğunda ki ağaç traversler kullanılmıştır. Bu traversler üzerine açılan kanallara sıkı geçme ile yerleştirilen çelik paslanmaz çubuklar harekette meydana gelebilecek sapmalar önlenmeye çalışılmıştır. Gerçekleştirilen üretim işlemlerinin ardından deneysel olarak çalışmalar gerçekleştirmek için bazı ehli hayvan görsellerinin çıktıları hazırlanmıştır. Deneysel olarak çalışmalar gerçekleştirilerek sonuçlar bölümünde analizler gerçekleştirilmektedir.

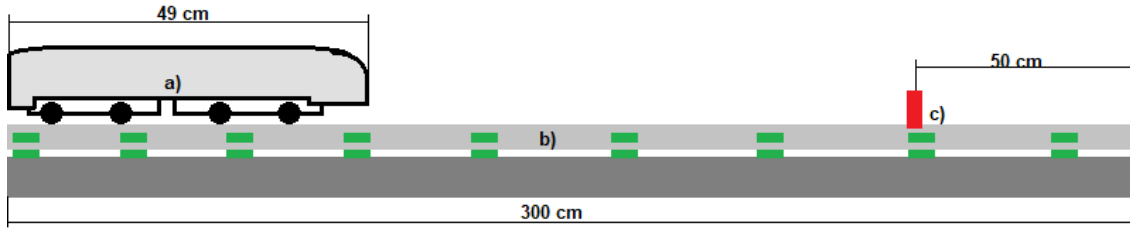
### 3. Bulgular

Görüntü analizlerinde eğitilmiş veri setinde bulunan 6 adet hayvan (köpek, kedi, at, inek, koyun ve ayı) görseli karton levhalar üzerine basılarak görüntü işleme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen görüntü analizlerinde kameranın etkin bir şekilde gördüğü engellerin türünü %80’in üzerinde bir başarı oranında tespit edebildiği gözlenmiştir (bkz. Şekil 8). Buradan hareketle tanımlanan engel türünde çeşitlilik arttırılabileceği ve zaman parametresinde tanımlama özelliklerinin daha kısa sürelerde gerçekleştirilebileceği de saptanmıştır. Genel olarak görüntü işleme algoritması başarılı bir şekilde çalışmaktadır. Bununla birlikte gelecek çalışmalarda algılanan görsellere karşı tren hızlarında artışların meydana getirilmesine bağlı olarak tepki sürelerinin kısaltılması üzerine odak sağlanabilir. Karayolu güvenliği üzerine sürdürülen bir çalışmada araç-hayvan çarpışmalarının önlenmesi için benzer bir yaklaşım ile görüntü analizlerinin tanımlanarak kullanıcı uyarım sistemlerinin geliştirilebileceğine değinilmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen verilere göre yol üzerinde bulunan unsurların %82,5 gibi efektif bir değerde tespit edilebileceği öngörülmüştür. Öte yandan çalışmalar kapsamında zaman parametrelerinin iyileştirilerek uyarım mekanizmasının araç hızları ile uyumlu çalışması gerekliliği de bildirilmektedir [20]. Benzer sonuçların elde edilebilmesinin yanı sıra yarı otonom olarak sürücü uyarımlı sisteme göre tamamen otonom çalışma prensibine sahip raylı ulaşım araçlarının geliştirilmesine sağladığı bakış açısı ile çalışma özgün bir nitelik taşımaktadır.



Şekil 8. Hayvan figürlerinin görüntü işleme ile tanınması

Görüntü işleme proseslerinde elde edilen başarılı tanımlama süreçlerinin ardından aracın engele karşı verdiği tepkiler anlık takip edilerek önerilen yöntemin işlevselliği ortaya konmuştur. Burada araç beklendiği gibi engeli gördüğü andan itibaren görüntüyü tanımlama sürecinden görüntünün kaldırıldığı sürece kadar doğrusal olarak hız azaltımı gerçekleştirmiştir.

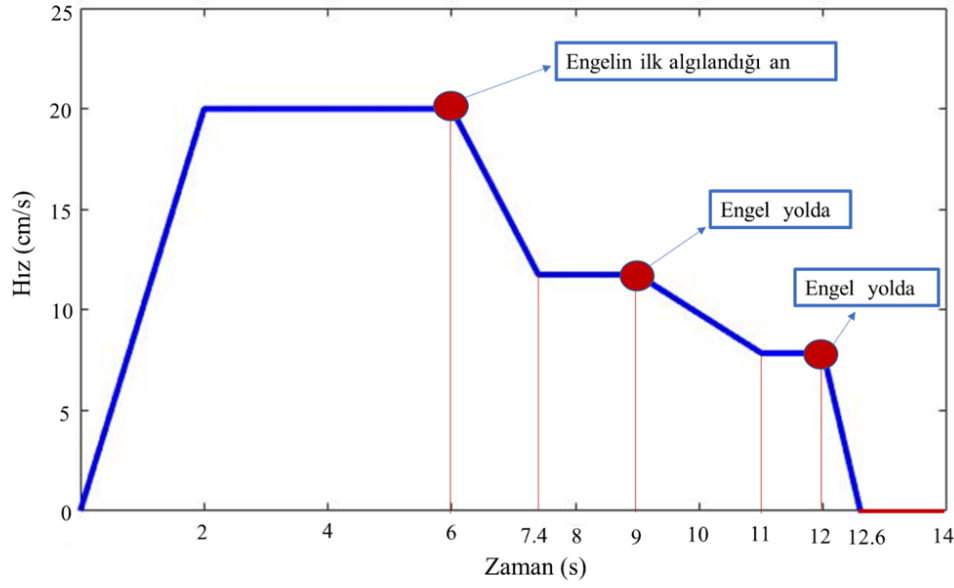


Şekil 9. Araç hareketinin şematik gösterimi a) Araç yapısı b) Yol c) Engel

Şekil 9'da belirtildiği üzere aracın boyu 49 cm değerindedir. Yolun tüm uzunluğu 300 cm ve kırmızı olarak belirlenen engel ile yolun son kısmı arasında ki mesafede 50 cm değerindedir. Bu durumda araç harekete geçmeden önce engel ile araç arasında 201 cm değerinde mesafe bulunmaktadır. Bununla birlikte araç ilk 100 cm boyunca hızlanan ve sabit hızlı hareket gerçekleştirirken engeli algıladığı andan itibaren yavaşlama ivmeleri göstererek engele 30 cm mesafede durup uyarım işlemini sürdürmektedir.

Şekil 10'da görüldüğü gibi araç ilk 6 s içerisinde 20cm/s hıza çıkarak sabit hızlı hareket sergilemektedir. Engeli ilk algıladığı anda engele olan uzaklık 71 cm olarak belirlenmiştir. Bu süreçten itibaren araç 1,4 s boyunca hızını %43,75 azaltarak 11,75 cm/s hız ile yoluna devam ederken ilk uyarı sistemi devreye girmekte ve sesli uyarı engel yönünde oluşturulmaktadır. Araç 141 cm yol aldıktan sonra engel hala yolda olduğu için hızını %33,19 daha azaltarak 7,85 cm /s değerine indirmektedir.





Şekil 10. Aracın hız-zaman grafiği

Bu hız düşümü ile beraber ses şiddetinde de artışlar meydana getirilmektedir. 1 s boyunca araç sabit hız ile hareketine devam ettikten sonra 0.6 s içerisinde yavaşlayarak tamamen durmaktadır. Araç tüm hareketi boyunca 171 cm yol alarak engele 30 cm bir mesafede durarak grafikte görülen kırmızı bölge boyunca su püskürtme işlemini engele uygulamaktadır. Eğer engel hala yolda ise araç pozisyonunu koruyarak sesli ve mekanik uyarı işlevine devam etmekte engel çekildiğinde ise sabit hızlı olarak hareketini sürdürmektedir.

#### 4. Sonuç

Görüntü işleme ve algılanan görüntünün tanımlanarak hız parametrelerinin buna entegre bir şekilde kontrol edilebilmesi çalışmanın başarılı sonuçları içerisinde yer almaktadır. Öte yandan görüntü analizlerinde ortalama olarak %83,59 değerinde tespit sağlanabileceği görülmüştür. Bununla birlikte tren hızlarında kontrollü yavaşlamanın öncelikle yarı yarıya daha sonra belirgin bir yavaşlama ile uyarım sistemine tam entegrasyonu söz konusudur. Yüksek verimlilikle önerilen sistemin gerçek ortam koşullarında da sesli ve mekanik uyarı sistemlerinin hız verileri ile bütünleşik bir formda işlev görebileceği düşünülmektedir.

Raylı ulaşımların yol perspektifleri değerlendirildiğinde dağlık bölgelerde, kırsal alanlarda ve tarımsal arazilere sınır olarak yoğunluğun belirgin bir şekilde dağılım sergilediği bilinmektedir. Bu noktada sürekli otonom olarak önerilen sistemin başarılı olması yol üzerinde tam zamanlı güvenlik önlemlerinin alınabilmesine imkân tanıyabilir. Özellikle ehli ve yabani hayvanların telef olmalarının önlenilmesinin yanı sıra çarpışma sonucu meydana gelebilecek maddi kayıpların azaltılmasına da katkı sağlayabilir.

Ek olarak deneysel çalışmalar gerçekleştirilerek kaza senaryolarının incelenmesi, otomatik kontrollü uyarı mekanizmaları geliştirilerek çarpışma kazalarına yönelik önlemlerin alınması önemli araştırma konuları arasındadır. Ancak gerçek ortamlarda deneysel çalışmaların yüksek maliyetler ve uygulanan deney sayılarının az olması gibi problemleri meydana getirmektedir. Bundan dolayı bu çalışma kapsamında prototip ölçeklerde otomatik uyarım sistemlerinin geliştirilmesi çarpışma kazalarının önlenmesine farklı bir bakış açısı kazandırmaktadır. Öte yandan küçük ölçeklerde prototip deney seti sayesinde çoklu deneylerin gerçekleştirilmesine imkân tanınmaktadır. Gelecekte raylı ulaşımlar için tasarlanan iyileştirme ve geliştirme

çalışmalarında simülatif sonuçların ya da çeşitli ortam koşullarının prototip ölçeklerde değerlendirilerek bir araştırma alanı oluşturulabileceği düşünülmektedir. Özellikle son dönemde ülkemizde ve dünyada kullanımı yaygınlaşan yüksek hızlı trenler için oldukça önemli bir kullanım alanına sahip olacağı öngörülmektedir. Bununla birlikte gelecek çalışmalar içerisinde araç hızlarına bağlı olarak elde edilen görüntü analizlerine uyumlu uyarım sistemlerinin oluşturulmasında frenleme mekanizmalarının sisteme dahil edilmesi, frenleme sonucunda meydana gelen sürtünme etkilerinin araştırılması, raylı sistemin alt sistemlerinde yer alan boji vb. kısımlarda meydana gelebilecek atalet kuvvetlerinin değerlendirilmesi gibi konular üzerine odak sağlanması hedeflenmektedir.

### Teşekkür

Bu çalışma Tübitak-2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri kapsamında 1919B012204725 başvuru numarasına sahip, “ Görüntü İşleme ve Su Püskürtme Teknolojileri ile Raylı Ulaştırma Hayvan Kazalarının Önlenmesi” isimli projenin destekleri doğrultusunda gerçekleştirilmiştir.

### Kaynakça

- [1] J. Yin, T. Tang, L. Yang, J. Xun, Y. Huang, Z. Gao, “Research and development of automatic train operation for railway transportation systems: A survey,” *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 85, pp. 548-572, 2017, doi: 10.1016/j.trc.2017.09.009
- [2] C. Atılgan, Ö. T. Kaymakçı and T. V. Mumcu, "Haberleşme Tabanlı Tren Kontrolünün (CBTC) Otomatik Tren Korumasına (ATP) İlişkin Dağıtılmış-Hiyerarşik Kontrol Yaklaşımı", *Demiryolu Mühendisliği*, no. 17, pp. 66-81, Jan. 2023, doi:10.47072/demiryolu.1191856
- [3] A. Çelik , "Demiryolu Ray ve Kusurlarını Tespit Etmek İçin Geliştirilen İki Yeni Yöntem", *Demiryolu Mühendisliği*, no. 12, pp. 52-63, Jul. 2020, doi:10.47072/demiryolu.737624
- [4] R. Tang et al, "A literature review of Artificial Intelligence applications in railway systems." *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol.140;103679, 2022, doi: 10.1016/j.trc.2022.103679
- [5] Eurostat, “Rail accident fatalities in the EU,” 2020. [Online]. Available: [https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php?title=Archive:Rail\\_accident\\_fatalities\\_in\\_the\\_EU&oldid=497205](https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php?title=Archive:Rail_accident_fatalities_in_the_EU&oldid=497205) [Accessed on 15 January 2021]
- [6] D. Ristić-Durrant, M. Franke, K. Michels, “A review of vision-based on-board obstacle detection and distance estimation in railways,” *Sensor*, vol 21, 2021, doi: 10.3390/s21103452
- [7] T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. “Kaza İnceleme Raporları”. [Online]. Available: <https://ulasimemniyeti.uab.gov.tr/demiryolu> [Accessed on 18 May 2022]
- [8] Z. Wang, “Application research of rail transit safety protection based on laser detection,” *Proceedings of the SPIE*, vol. 10153, pp. 91-98, 2016, doi: 10.1117/12.2244605
- [9] S. Küçük , "Demiryollarında Arıza Durumunda Otonom Trenler için Yedek Sistem Tasarlanması", *Demiryolu Mühendisliği*, no. 9, pp. 38-60, Jan. 2019
- [10] S. Yıldırım, "Yüksek Hızlı Tren Hatlarında Sinyalizasyon Blok mesafelerinin Hesaplanması", *Demiryolu Mühendisliği*, no. 14, pp. 14-25, Jul. 2021, doi:10.47072/demiryolu.869933
- [11] H. Sümbül, A. Bogrek and A. Tunçer, "Demiryolu Ulaşım Güvenliği için Makinist Uyarım Sistemi Kavramsal Tasarımı ve Simülasyonu", *Demiryolu Mühendisliği*, no. 14, pp. 1-13, Jul. 2021, doi:10.47072/demiryolu.832113
- [12] S. Yavuz, “Demiryolu Kazalarında Sistem ve İnsan Etkeni,” *Demiryolu Mühendisliği*, 2018, (7), 54-55.
- [13] T. Ye, B. Wang, P. Song, J. Li, “Automatic railway traffic object detection system using feature fusion refine neural network under shunting mode,” *Sensors*, vol. 18, 2018, doi: 10.3390/s18061916
- [14] A. Chernov, M. Butakova, A. Guda, P. Shevchuk, “Development of intelligent obstacle detection system on railway tracks for yard locomotives using CNN,” *Dependable Computing - EDCC 2020 Workshops*, 2020, doi: 10.1007/978-3-030-58462-7\_3

- [15] P. Hyde, C. Ulianov, J. Liu, M. Banic, M. Simonovic, D. Ristic-Durrant, "Use cases for obstacle detection and track intrusion detection systems in the context of new generation of railway traffic management systems," *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit*, vol. 236, pp. 095440972110410, 2021, doi: 10.1177/09544097211041020
- [16] S. Mockel, F. Scherer, P.F. Schuster, "Multi-sensor obstacle detection on railway tracks," Intelligent Vehicles Symposium, 2003. *Proceedings. IEEE*, pp. 42-46, 2003, doi: 10.1109/IVS.2003.1212880
- [17] T. K. Rajan et al, "IoT Based Remote Surveillance For Animal Tracking Near Railway Tracks," In 2023 International Conference on Networking and Communications (ICNWC), April 2023, (pp. 1-7). IEEE.
- [18] IG Fernandez ve C. Wada, "Shoe detection using SSD-MobileNet architecture," 2020 IEEE 2nd Global Conference on Life Sciences and Technologies (LifeTech) , Kyoto, Japonya, 2020, s. 171-172, doi: 10.1109/LifeTech48969.2020.1570618965
- [19] G. Bradski and, A. Kaehler, "Learning OpenCV", OReilly Publications, 2008.
- [20] S. U. Sharma and D. J. Shah, "A Practical Animal Detection and Collision Avoidance System Using Computer Vision Technique," in IEEE Access, vol. 5, pp. 347-358, 2017, doi: 10.1109/ACCESS.2016.2642981.

### Özgeçmiş



#### **Mustafa Kaan BALTACIOĞLU**

1984 yılında doğmuştur. Lisans eğitimini Çukurova Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde, Yüksek Lisans Eğitimini Mustafa Kemal Üniversitesi Makine Mühendisliği Anabilim Dalında ve Doktora eğitimini Çukurova Üniversitesi Makine Mühendisliği Anabilim Dalında tamamlamıştır. Halen İskenderun Teknik Üniversitesi Mekatronik Mühendisliği Bölümü'nde Doçent olarak görev yapmaktadır.

E-Posta: mkaan.baltacioglu@iste.edu.tr



#### **Mustafa Tunahan BAŞAR**

1994 yılında doğmuştur. Lisans ve Yüksek Lisans eğitimini İskenderun Teknik Üniversitesi'nde tamamlamıştır. Doktora eğitimine İskenderun Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünde devam etmektedir. Halen Amasya Üniversitesi Taşova Yüksel Akın Meslek Yüksekokulunda Öğretim Görevlisi olarak görev yapmaktadır.

E-Posta: tunahan.basar@amasya.edu.tr



#### **Muharrem KARAASLAN**

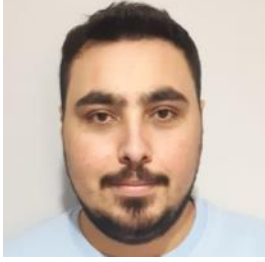
1975 yılında doğmuştur. Lisans eğitimini Gaziantep Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği, Yüksek Lisans Eğitimini Mustafa Kemal Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği ve doktora eğitimini Çukurova Üniversitesi Fizik bölümünde tamamlamıştır. Halen İskenderun Teknik Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliğinde Profesör olarak görev yapmaktadır.

E-Posta: muharrem.karaaslan@iste.edu.tr

**Zafer ÖZER**

1970 yılında doğmuştur. Lisans eğitimini İTÜ Sakarya Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği, Yüksek Lisans Eğitimini Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği ve doktora eğitimini Çukurova Üniversitesi Fizik bölümünde tamamlamıştır. Halen Mersin Üniversitesi Mersin Meslek Yüksekokulu'nda Doçent olarak görev yapmaktadır.

E-Posta: zaferozer@mersin.edu.tr

**Sefa ÖCAL**

1999 tarihinde doğmuştur. Ön Lisans eğitimini Marmara Üniversitesinde tamamlamıştır. Lisans eğitimine İskenderun Teknik Üniversitesinde devam etmektedir. İlgi alanına giren araştırma konuları Gömülü sistem tasarımları, Görüntü işleme teknolojisi, Yapay zekâ alanlarıdır.

E-Posta: sefaocal.mdBf20@iste.edu.tr

**Beyanlar:**

Bu makalede bilimsel araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Yazarların katkıları: Mustafa Kaan BALTACIOĞLU: Kavramsallaştırma, Metodoloji, Yazılım.

Sefa ÖCAL: Kaynaklar, Doğrulama, Yazma-orijinal taslak hazırlama. Mustafa Tunahan BAŞAR:

Görselleştirme, İnceleme. Muharrem KARAASLAN: Kontrol. Zafer ÖZER: Yazma-gözden

geçirme ve düzenleme.