

Hafif Raylı Sistemlerde Lazerli Engel Algılayıcı Sistem Tasarımı

(Laser Obstacle Sensor based System Design on Light Railway Systems)

Sonay GÖRGÜLÜ BALCI¹, İbrahim UZUN², Ertuğrul ÇAM³, Murat LÜY⁴, Salih İbrahim AKIN⁵

^{1,2,3,4}Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, 71450, Kırıkkale, sonaygorgulu@kku.edu.tr,iuzun71@hotmail.com, cam@kku.edu.tr, mluy@kku.edu.tr, ⁵Durmazlar Makine Sanayi A.Ş., Bursa, sakin@durmazlar.com.tr

Özet—Günümüzde yerleşim bölgelerindeki nüfusun çok yoğun olduğu yerlerde toplu ulaşım araçları ve özellikle demiryolları çok önemli hale gelmiştir. Bu durum demiryollarındaki güvenlik önlemlerini de önemli hale getirmektedir. Bu bağlamda çalışmada hafif raylı sistemlerdeki ulaşımında önemli yere sahip olan kaza önleme ve sisteminin güvenli bir şekilde durdurulması üzerine çalışılmıştır. Hafif raylı sistemlerde ulaşım sisteminde oluşabilecek kaza tehditlerinin başında tramvayın önüne çıkabilecek engellerin algılanması, bu durumun tren güvenlik sisteminin tanımlanması ve gerekli güvenlik mekanizmasının çalıştırılması gerçekleştirilmiştir. Tren rayları üzerine bilerek ya da bilmeyerek bırakılan cisimler, güzergâh üzerinde yürüten insanlar, trafikteki diğer araçlar algılanmakta ve geliştirilen yazılımla değerlendirilmektedir. Değerlendirme cisimlerin hız, konum ve büyüklük olarak gözlemlenmesi ve çarpma olasılığına karşı sürücünün uyarılması devamında fren mekanizmasının devreye girmesi sağlanmaktadır. Çalışma bir proje çerçevesinde gerçek zamanlı olarak Bursa'da Durmazlar Makine Sanayi A.Ş. tarafından üretilmiş bir tramvay için geliştirilmiş ve test aracı olarak kullanılmıştır. Çalışmada insan sağlığına zararlı sınıf-1 lazer sinyaller üreten bir tarayıcı tramvay üzerinde kullanılarak yol güzergahındaki nesnelere tarama işlemi yatay düzlemde ve iki boyutlu olarak gerçekleştirilmiştir. Tramvay güvenlik sistemine lazer tarayıcı sisteminin entegrasyonu ile tarama alanı sürücüye ön panelde görsel olarak sunulmuş ve sistem, sürücü uyarıları ve otomatik frenleme sistemiyle donatılmıştır. **Anahtar Kelimeler**—Raylarda engel, IR bölge, lazer tarayıcı, risk analizi, güvenlik.

Abstract—Nowadays, rail transport system has become very important in the urban traffic and public transport. This situation also makes safety precautions on the railways important. For this purpose, in this study, the tram transportation system which has an important place of rail transport systems may be threatened by the most common risks that intentionally or unintentionally falling on the rails, the possible objects/people detection in front of the tram or rails may be threatened, therefore these situations detection was carried out. In order to be working in real time, Bursa Durmazlar Machinery Industry Co., Ltd. produced a tram was used as the test vehicle. In this study,

class-1 laser signal used in a tram which harmless to human health and scanned objects screened in two-dimension with horizontal plane.. As a result laser scanner system integrated with tram security system and, obtained images showed by interface on the driver's screen. In addition, system is equipped with warning and automatic braking system.

Keywords—Obstacles in railway, IR region, laser scanner, risk analysis, safety.

1. GİRİŞ

Enerji kaynaklarının sınırlı ve maliyetlerinin çok yüksek olduğu günümüzde toplu taşıma araçları kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Toplu taşıma araçlarının artması ise güvenlik tedbirlerini ve kontrol mekanizmalarını da üst düzeyde kullanma gereği ortaya çıkmıştır. Toplu taşıma araçlarındaki bu gelişim Türkiye'de kendini göstermiş özellikle son yıllarda şehir içi ve şehirlerarası ulaşımında gittikçe yaygınlaşmaktadır. Bu gelişimi takiben yerli kaynaklarla raylı sistem üretim ve donatımı artmaktadır. Bu gelişmelere bağlı olarak toplu taşıma araçlarında meydana gelebilecek kazalarda toplu ölümler ya da mal kayıpları söz konusu olabileceğinden bu araçlarda iç ve dış güvenlik sistemlerinin önemi artmış, dolayısıyla ek güvenlik sistemleri de önemli hale gelmiştir.

Bununla ilgili olarak çeşitli sistemler kullanılmaktadır. Özellikle radar mantığı ile çalışan, raylara ya da köprülere takılan sistemler ile demiryollarında yavaş giden trenlerin çeşitli noktalarına takılan kameralarla kurulan sistemler öne çıkmaktadır. Bunlardan ilki sadece belirli noktalardaki güvenliği ilgilendirdiği için ve hafif raylı sistemlerin şehir içlerinde de kullanılmalarından dolayı ve tehlikenin her noktada karşımıza çıkması ihtimalinin büyük olmasından dolayı geçerliliğini yitirmektedir. İkincisi ise tren kullanıcısının sürekli yola bakmasının gerekliliği dolayısıyla kameraya bakmadığı dönemlerdeki oluşacak tehlikeyi algılayamaması açısından yetersizdir. Bütün bu durumlardan dolayı günümüzde yavaş ve/veya hızlı tüm taşıma sistemleri için bütünleşmiş çözümler kullanılmaya başlanmıştır. Bu sistemler yardımcı ve tam otomatik olarak ikiye ayrılmaktadır. Yardımcı sistemler daha çok kamyon gibi araçlarda kullanılırken, tam otomatik sistemler raylı taşımacılık yapan araçlarda kullanılmaktadır [1]. KOMPAS adlı bir proje ile Almanya'da yapılan ve denemesi gerçek bir

¹ Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Sanayi Tezleri(SANTEZ),

tren üzerinde yapılan tam otomatik engel sezme sisteminde yoldaki objeleri tespit etmek için bir güvenlik sistemi yapılmıştır. Burada sezme işi çoklu sensör sistem yapısı ile açıklanmıştır. Bu sistemin içinde 3 video kamera ve 1 kızılötesi kamera olduğu ve tespit edilen engellerin bir bilgisayara aktarıldığı söylenmiştir. Bilgisayarda seçme işlemi için bir kalman filtresi algoritması da kullanılmıştır [1]. Ancak sistemin şehir içinde kullanılması durumunda her an karşısına çıkan nesnelere engel kabul edeceği görülmektedir. Ayrıca makalede de geçtiği gibi daha detaylı hata analiz sisteminin olması gerekmektedir. Yapılan diğer bir çalışmada ise, LIDAR tarayıcılar kullanılarak öncekine benzer bir sistem geliştirilmeye çalışılmıştır. Böylece insandan daha iyi ve hızlı bir sistem tepkisi alındığı söylenmiştir. Ancak bu sistemde de optimizasyon yapılmamış ve sistemin şehir içi uygulaması eksik bırakılmıştır [2]. Gonyop ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada [3] ise, belirli bölgelerdeki rayların kenarına konulan bir lazer tarayıcı ile tren yollarının kavşak noktaları için bir güvenlik sistemi önerilmiştir. Bunlardan başka birçok 2-boyutlu yada 3-boyutlu görüntü oluşturarak engel tespiti yapan sistemler önerilmiştir [7, 8]. Ancak bu sistemlerin de eksik olduğu nokta şehir içerisinde seyreden hareketli bir cihazda hiçbirinin denememiş olmasıdır.

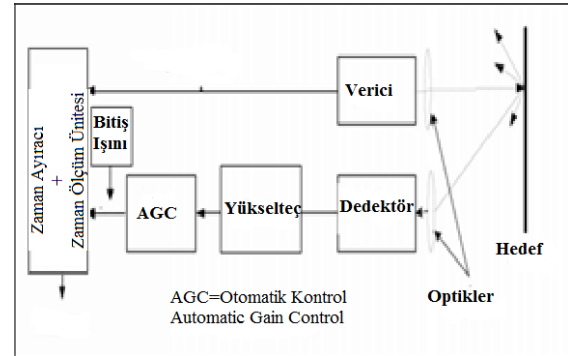
Bu çalışmada önerilen sistem ise, Bursa ilinde faaliyet gösteren Durmazlar Holding bünyesinde yapılan ilk yerli tramvay *İpekböceği* üzerinde ve hareket halindeyken denenmiştir. Alınan sonuçlar geliştirilen sistemin etkin olarak kullanılabilirliği ve tren için zorunlu olan standartlara uyumluluğunun sağlanması durumunda yaygın olarak kullanımı söz konusu olacaktır.

II. METOT

Bilindiği üzere Lazer tarayıcılar verici, alıcı, ölçüm üniteleri ve optik elemanlardan oluşmaktadır. Şekil 2.1.'de tipik bir lazer tarayıcı sistemin şematik blok diyagramı gösterilmiştir[4]. Tarayıcılar verici ve dedektör olarak noktasal veya düzlemsel tarama yapabildiği gibi üç boyutlu olarak belirlenen açılar altında bir hacim taraması da yapabilmektedirler.

Lazerler; yüksek güç, kısa darbe, CW sistemlerinde sinyalin modüle edilebilme, yüksek yönlendirilebilme ve dar optik spektrumda yayılma gibi fiziksel özelliklerinin avantajları sebebiyle tarayıcılarda kullanılır. Işık dalgası ($\lambda=0.5-1\mu\text{m}$. ve 300-600 THz.) aracılığıyla yol alan lazer ölçüm sistemlerinde başlıca üç teknik kullanılır; Triangulasyon (üçgenleme),

İnterferometri ve Time Of Flight (Uçuş Süresi Ölçümü)'dür. Bu tekniklerin hepsi ışık yoluyla çalışır. 400-1000 nanometre görünür ve NIR spektrumunda çalışırlar[5].

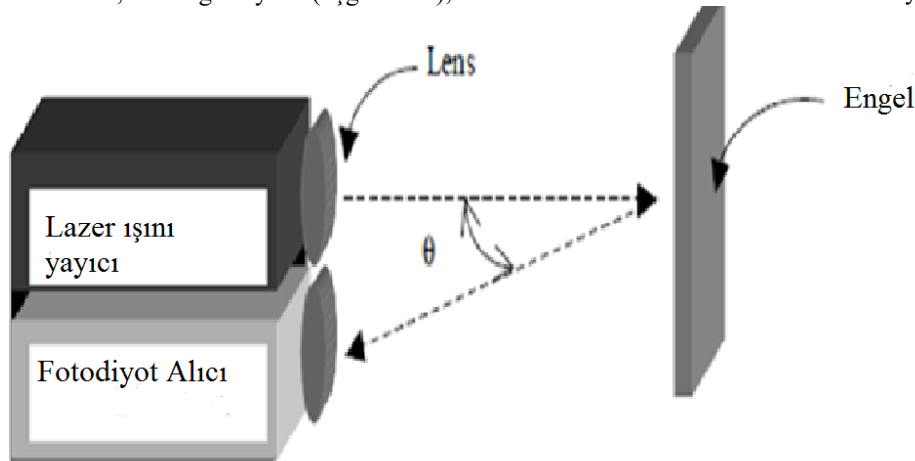


Şekil 2.1. Tipik atımlı lazer telemetrenin blok düzeni

Bu çalışmada Time of Flight, (TOF), olarak bilinen Uçuş Zamanı tekniği kullanılarak tramvayların önündeki engellerin belirlenmesi amaçlanmıştır. TOF tekniğinde tarayıcı tipik Elektromanyetik Radyasyon(ER) darbeleri yayar. Bir lazer ışını nesneye gönderilir ve gönderici ile yüzey arasındaki mesafe, sinyal iletimi ile alımı arasındaki seyahat zamanı ile ölçülür. Motor eksenli merkez istasyon ile tarayıcılar, lazer ışının açılma sapması için küçük dönüş aletleri kullanırlar ve nesne üzerinden yansarak gelen ışın dahili mikroişlemcide basit algoritmalar kullanılarak mesafe bilgisinin elde edilmesini sağlar. Uzaklık ölçümlerinin tipik standart sapmaları, birkaç milimetre olmaktadır[6]. Hedefin tarayıcıya olan uzaklığı, ölçülen geri dönüş süresi ile sabit olan ışık hızından yola çıkarak hesaplanır. Objenin uzaklığı(R), lazer darbesinin kat ettiği yolun yarısı kadardır ve şu şekilde hesaplanır:

$$R = ct/2$$

Burada ışık hızı(c) ve zaman(t) ile gösterilmiştir. Bu metot ile kısa mesafelerden uzun mesafelere kadar, yüksek hassasiyette mesafe ölçümü yapılabilir. Kısa mesafeler herhangi bir özel hedeflemeye ihtiyaç duymadan noktasal olarak ölçülebilir. Ayrıca, saniyeler mertebesinde birkaç örnekleme ile uzun mesafelerin ölçümü de yapılabilmektedir. Pratikte uçuş zamanı ürünleri, daha çok yüksek mesafeler, hızlı bir şekilde ölçmek için kullanılan bir tekniktir. Şekil 2.2.'de TOF lazer sistemlere ait blok diyagram gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Uçuş-Zaman (TOF) tekniği şematik gösterimi

Pratikte verici ve dedektör arasındaki açı(θ) açısı çok küçüktür ve bunun TOF mesafe ölçümünde bir etkisi olmaz. Kullandığımız lazer tarayıcı modül; Modüle edilmiş ışık kaynağı ve elektro-optik modülatör, Saptama, Demodülasyon ve 3 Boyutlu TOF Ölçümü bölümlerinden oluşmaktadır. Kullanılacak sistemdeki lazer optik dalga boyu seçimi lazer tarama dizaynı ile bağlantılıdır. En hassas lazer tarayıcılar 800nm ile 1000 nm. arasındadır. Daha yüksek enerji darbeleri lazerlerde(>1000nm.) eye-safe hassasiyeti düşmektedir. Lazerin dalga boyuna karar verilirken, hedef yüzeyinden geri saçılmalar göz önüne alınmalıdır. Su, kum, bitki örtüsü yansımaları dikkate alındığında 810 nm. lazer seçiminin daha uygun olacağı düşünülmüştür. Lazer ışınının dalga boyu hedef üzerinden yansıması maksimum menzili etkiler. Bu nedenle üretici firmalar lazer ışınının maksimum

menzili, hangi tür yansımanın olabileceğini, yansımaya katsayısını belirtmektedirler. Kullanılan sistemde buna uygun olarak eye safe-1 sınıfı 800nm lazer kullanılmıştır[7].

III. TRAMVAY GÜVENLİK SİSTEMİ

Lazer tarayıcı bu çalışmada, Şekil 3.1'te gösterildiği gibi, tramvaya takılarak lazer tarayıcıdan yatay düzlemde gönderilen lazer ışınları kullanılarak, taranan noktalardan nesne tespiti ile objenin uzaklığını, hareket yönü ve çarpışma olasılığı tespit edilebilmektedir. Burada yapılan örnek uygulamada Durmazlar Holding bünyesinde yapılan *İpekböceği* tramvayın önüne takılan lazer sistem görülmektedir.



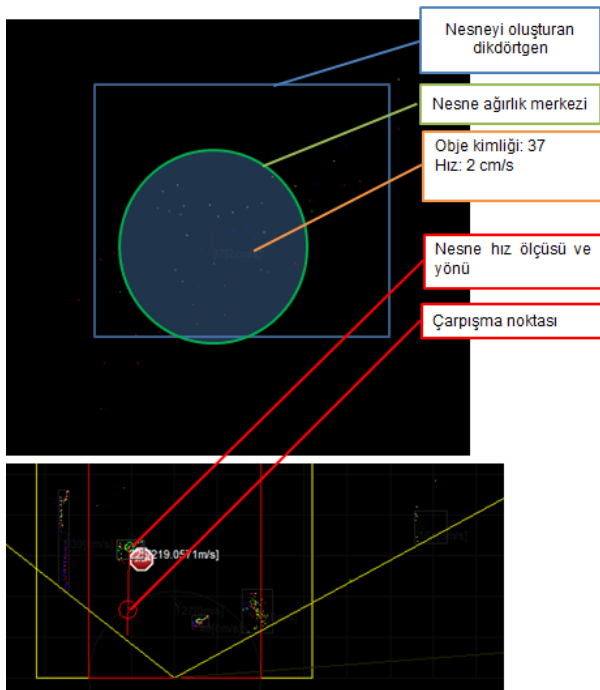
110° açı ile tarama yapabilen Lazer Tarayıcı

Şekil 3.1. Tramvaya takılı lazer güvenlik sistemi

Sistem radar mantığı ile çalışıp, nesnenin konum bilgisini, aracın hareket edip etmediğini, yönünü, engelin hareketli

olup olmadığını ve engel yön durumu bilgilerini vermektedir. Bu sonuca ulaşmak için yazılan yazılımda nesnelerin çizdiriliş mantığını da bilmek gerekmektedir. Taranan nokta sayısı, noktalar arasındaki mesafe, nesne çevresi, nesne ağırlık merkezi, son bulunan konum ile yeni tespit edilen konum arasındaki kabul edilebilirlik mesafesi, tarama hızı ve hareket hızı göz önünde bulundurularak nesnelerin güzergah üzerindeki sürekliliği tespit edilmeye çalışılmıştır.

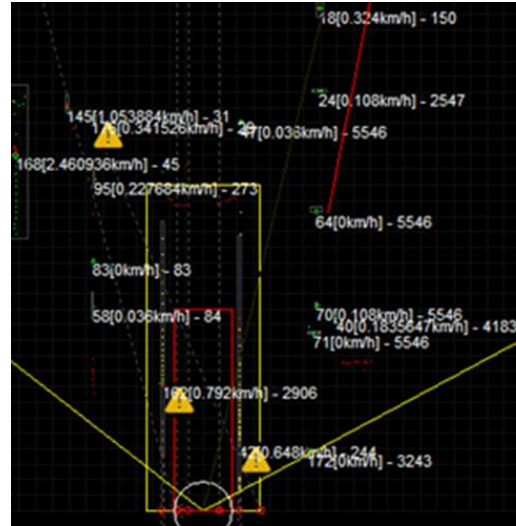
Çarpışma hesaplamaları için tehlike alanı içerisine giren nesnelerin hareket bilgileri çeşitli filtreleme teknikleri ile işleme tabi tutularak çizdirme öncesinde tehlike analizi yapılır ve lazer tarayıcı merkezi (araç) göz önünde bulundurularak çarpışma olasılıkları elenir. Bu filtreler; hız, yön ve yaş sınırı (nesne varlık kontrolü) filtreleridir. Nesne veri türü ile ilgili program görüntülerinden bir örnek görüntü Şekil 3.2.'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Nesne Veri Türü Tespiti Program Görüntüsü

3.1 Filtresiz Ekran Durumu

Geliştirilen yazılımla yapılan filtrelemeler devre dışı bırakıldığında ekran görüntüsü Şekil 3.3.'te verildiği gibi olmaktadır. Bu şekilden de anlaşılacağı gibi tramvayın önündeki her şey bir tehlike gibi algılanmakta ve sürücü ve/veya tramvayın fren tertibatı bu tehlike algısına göre sürekli uyarılmaktadır. Bu durumun kazaları azaltıcı değil aksine artırıcı etkisi olacaktır. Onun için filtrelemeler çok fazla sayıda ve çok fazla parametre ile önemsiz ve tehlike arz etmeyen nesnelere devre dışı bırakılmaktadır.



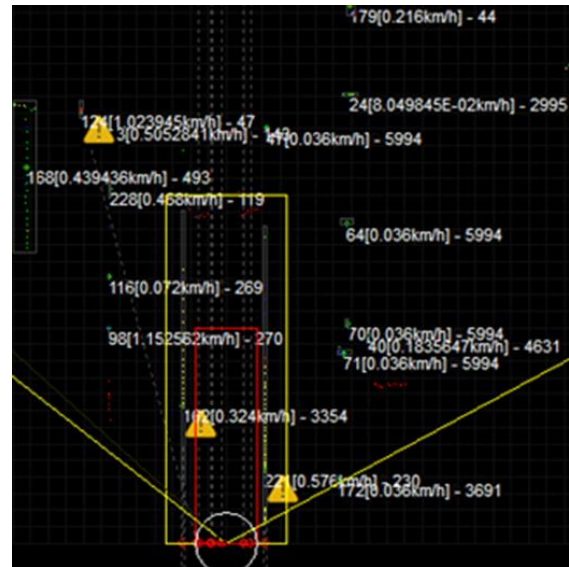
Şekil 3.3. Filtresiz Ekran görüntüsü

3.2. Yaş Sınırı Filtresi

Her taramada algılanan nesne görüntülerinden birçoğunu oluşturan gürültü veya tarayıcı hata oranının elenmesi, Yaş sınırı filtresi ile birkaç taramadan sonra nesne görüntülerinden yaşamını (sürdürülebilirliğini) kaybedenlerin devre dışı bırakılmasıyla gerçekleşir.

$Nesne(i).nesneyasi < en\ az\ yaş\ sınırı$

Filtre devreye alındığında Şekil 3.4.'de verilen görüntüye benzer görüntüler ortaya çıkmaktadır. Burada tramvayın geçiş güzergâhında sürekli hareketsiz duran cisimler bir önceki zamanda da orada hareketsiz durmaları nedeniyle belirlenir ve sisteme yanlış uyarı verilmesinin önüne geçilmiş olur.



Şekil 3.4. Yaş Filtreli Ekran Görüntüsü

3.3. Hız Filtresi

Taranan çoğu nesne oluşan gürültülerden veya tarayıcı hata oranından dolayı sürekli hareket halindedir. Bu tür nesnelere elemek için hız filtresi kullanılmaktadır.

$Nesne(i).hizi < en\ az\ hız\ sınırı\ elenir.$

Hız filtresine ilişkin herhangi bir andaki görüntü ekranlarından birisi Şekil 3.5.'de verilmektedir. Hız

filtresinde cisim hareketleri ile tren hızları arasında karşılaşma olasılığı olmayan nesnelere devre dışı bırakılmaktadır. Hareketli nesnelere bu şekilde tehlike olmaktan çoğu çıkarılmaktadır.

3.4. Yön Filtresi

Hareket eden nesnenin 'X' ve 'Y' yönü lazer tarayıcı merkezi (araç) göz önünde bulundurularak nesnenin lazer tarama alanı sınırları içerisinde olup olmadığı ve yönünün durumuna göre çarpışma olasılığı elenir. Bu taranan alanın sınırları içerisinde olmayan veya sınırlar dışına çıkan nesnelere dikkate alınmazlar. Tarama alanı düzlemi altında ve üstünde olana nesnelere algılanması bu filtrelerle algılanması doğal olarak söz konusu değildir. Nesnelere tarayıcı tarama düzlemi ile nesne birleşim noktaları sadece algılanarak ekranda bir çizgi veya nokta şeklinde gözlemlenmesi sonucunu doğurmaktadır. Yön filtresi ile engellenmiş nesnelere oluşan bir görüntü Şekil 3.6'da verilmiştir.

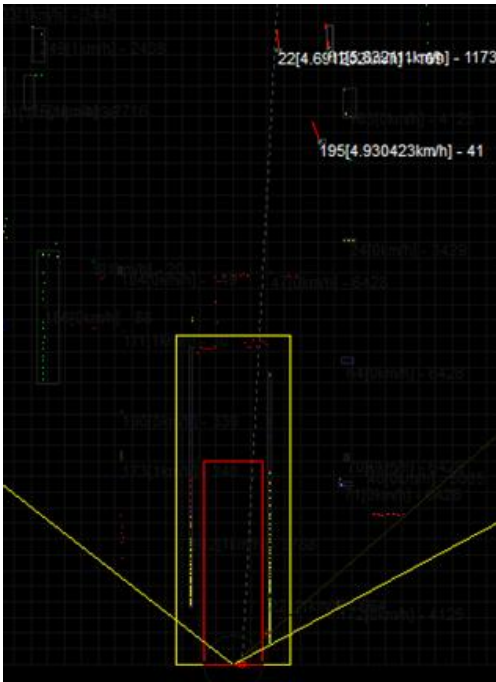
$Nesne(i).Y_{yönü} > 0$ elenir

$Nesne(i).X < \text{Lazer merkezi sınırları}$ ve

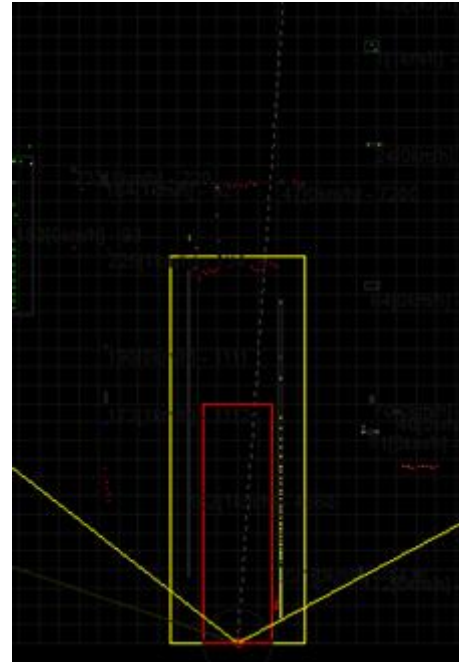
$Nesne(i).X_{yönü} < 0$ elenir

$Nesne(i).X > \text{Lazer merkezi sınırları}$ ve

$Nesne(i).X_{yönü} > 0$ elenir



Şekil 3.5. Hız Filtreli Ekran Görüntüsü



Şekil 3.6. Yön Filtreli Ekran Görüntüsü

3.5. Tüm Filtreler Devreye Alındığında

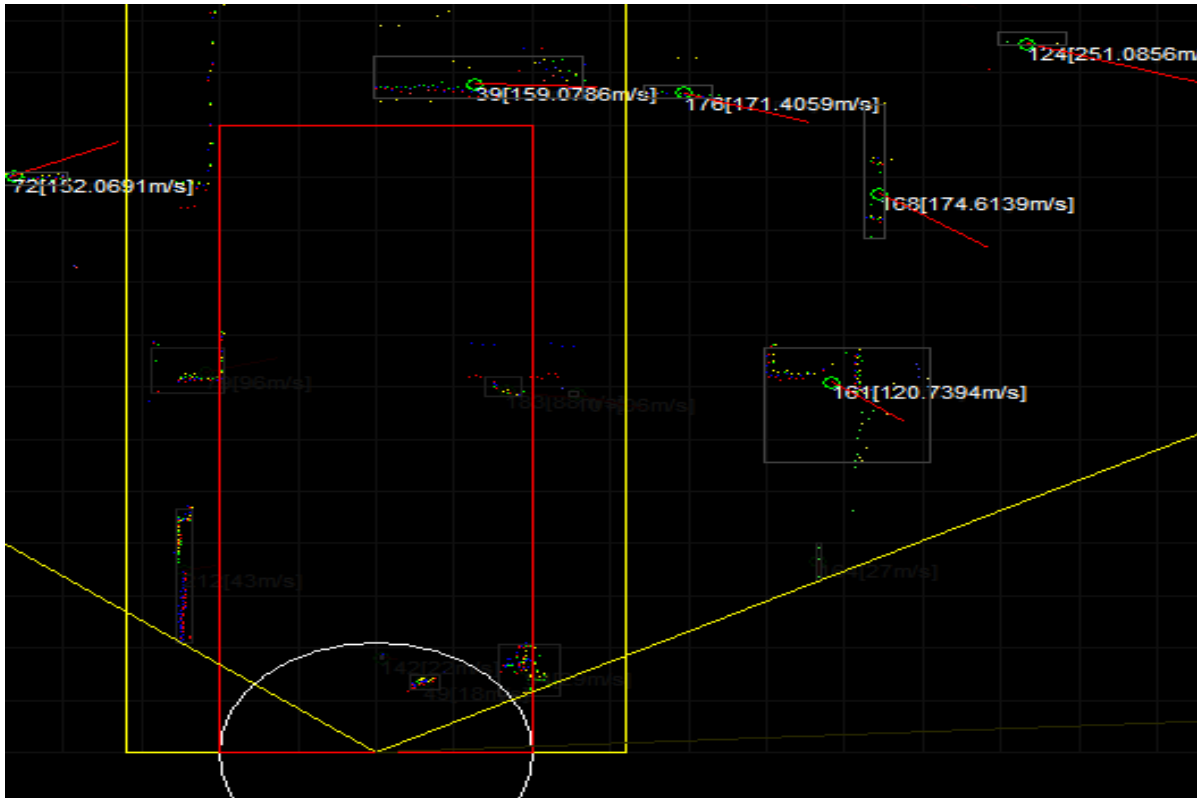
Aşağıdaki şekillerde de görüldüğü gibi tüm filtrelerin bir arada çalışması durumu sistemin tam çalışma durumudur. Şekil 3.7'de program çıktısı olarak, renk katmanları göstermek üzere; sarı çizgiler tarama açısını, kırmızı çizgiler ise tehlikeli bölgeyi temsil etmektedir.

Tespit edilmiş 6 nesnenin hız ve yön bilgisi, nesne merkezinden çıkan kırmızı oklar yardımı ile gösterilmiştir.

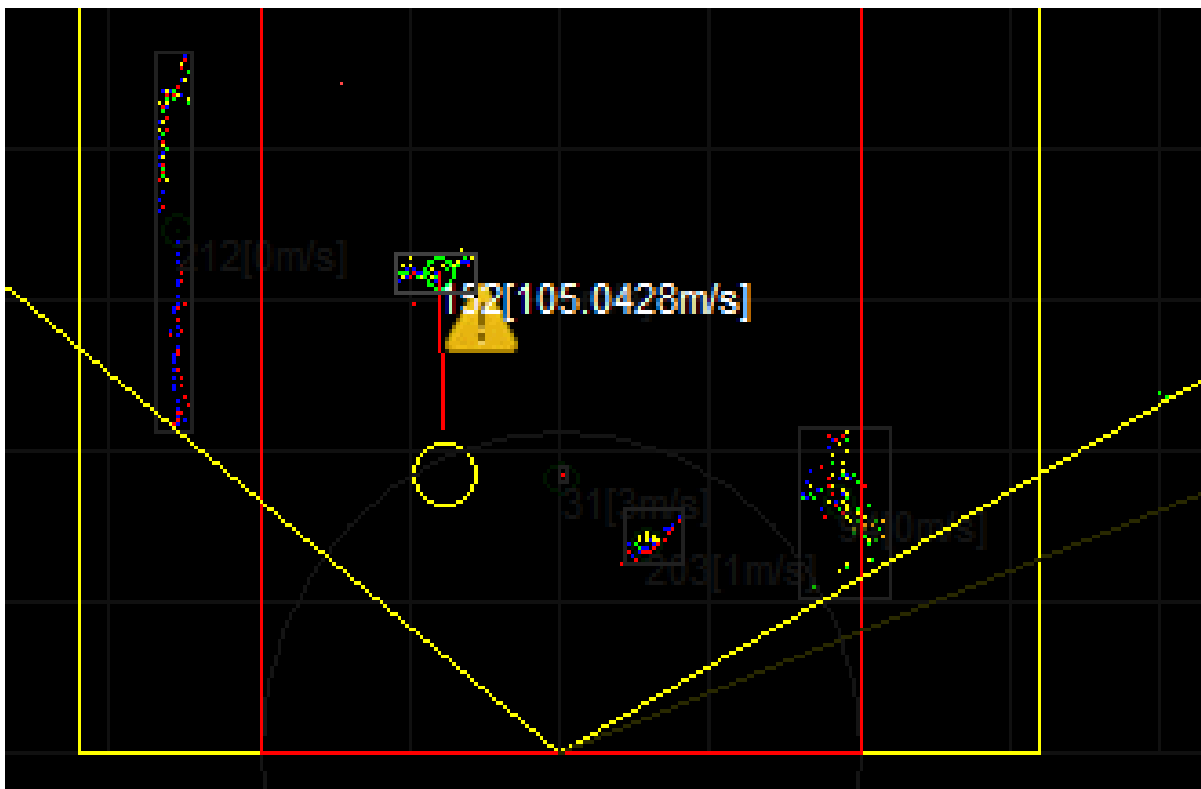
Şekil 3.7.(a)'da tehlikeli alanı gösteren kırmızı dikdörtgen bölgesi içerisinde hiçbir nesne bulunmadığından, sürücüye hiçbir çarpışma uyarısı verilmiyor sesli uyarı ve/veya fren sistemi çalıştırılmıyor, (b) şeklinde olasılık arttığı için uyarı üçgeni çıkıyor, (c) şeklinde ise maksimum çarpışma riskinden dolayı hem görüntülü tehlike işareti hem de sesli uyarı işareti zil ile sürücü uyarılıyor.

Lazer tarayıcı ile yol taraması gerçekleştirilirken Şekil 3.3., 3.4., 3.5., 3.6. ve 3.7. test sonuçları göz önüne alındığında, bir filtrenin kullanımının yanıltıcı ve tehlikeli olabileceği, tüm filtrelerin kullanımını ile ancak doğru bir analiz yapılacağı sonucu ortaya çıkmaktadır.

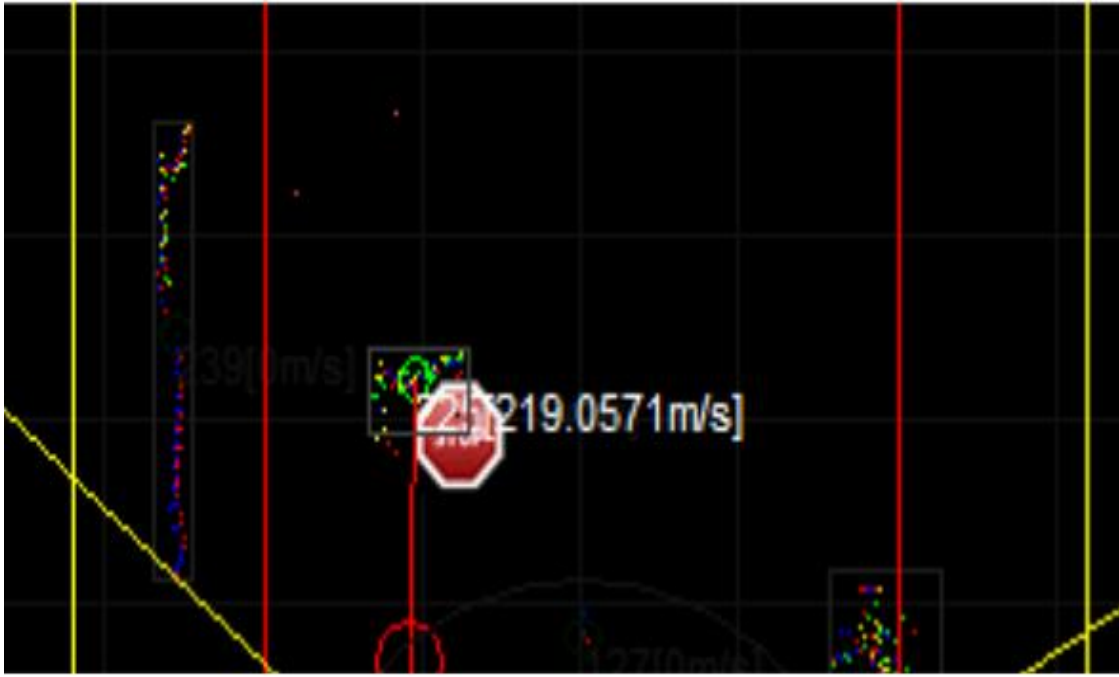
Taranan nesne çizimi için yapılan yazılımda çok hızlı araç hareketinde her nokta mesafesinin ardışık olarak yapılan okumalarının farklı olmaları nedeniyle aritmetik ortalama filtresi kullanılmış, daha yavaş hızda sistemin genel performansını navigasyon verileri ile kaynaşmasını sağlayan ve çok sayıda gürültü içeren bir sistemin değişken değerlerini optimal olarak tahmin edebilen Kalman Filtresi[9] ve en yavaş hızda en son okunan verinin hata oranından küçük olması durumunda son verinin gözardı edilerek hatanın filtrelediği Hata Oranı filtresi kullanılmıştır[10].



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.7. Program tarafından tespit edilmiş 6 nesnenin konum, hız ve yön bilgisi

(a) Çarpışma olasılığı yok, b) Çarpışma olasılığı var, dikkat, c) Kesin çarpışılacak, uyarı ikazı alınıyor.

(b)

VI. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Tramvay üzerine monte edilen lazer tarayıcı donanım ile ona uyumlu yapılan yazılım birleştirilerek, şehir içlerinde tramvaylar ile diğer sistemler arasında olan kazaların ve/veya çarpışmaların önüne geçilmesi için önerilen sistem iyi bir şekilde çalıştığı görülmüştür. Görüntülerin daha anlaşılır olması ve sürücüler tarafından daha farklı şekilde görselleştirilmesi gereği görülmektedir. Nesnelerin cisim yüzeyinde bir çizgisel hat değil de nesneyi daha iyi tanımlayacak yüzeysel bir görüntü elde edilebilmesi için taramanın hem yatayda hem de dikeyde tarama yapması gerektiği görülmüştür. Bu durum kullanılan lazer kaynağının özelliklerini de farklılaştırmaktadır. Bu çalışma kapsamında olmamakla birlikte ileri düzeyde nesnelere hakkında fikir verebilecek tanımlamalar üzerine çalışmalar yapılabileceği bu tür çalışmalara önemli bir katkı sağlayacaktır.

IV. KAYNAKLAR

- [1] Ruder, M., Mohler, N., Ahmed, F., "An obstacle detection system for automated trains, Intelligent Vehicles Symposium", Proceedings IEEE, pp:180-185, 2003.
- [2] Mockel, S. ; Scherer, F. ; Schuster, P.F., "Multi-sensor obstacle detection on railway tracks, Intelligent Vehicles Symposium", Proceedings IEEE, pp:42-46, 2003.
- [3] Gonyop, K., Jonghyun, B., Hyunjung, J., Kangmi, L., Jaeho, L., "Design of Safety Equipment for Railroad Level Crossings using Laser Range Finder, 9th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery", Proceedings IEEE, pp: 2909-2913, 2012.
- [4] K.Gümüş, H. Erkaya, "Mühendislik Uygulamalarında Kullanılan Yersel Lazer Tarayıcı Sistemler", YTÜ Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Bölümü, Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, İstanbul, 2007.
- [5] R.Lange, "3D Time-of-Flight Distance Measurement with Custom Solid-State Image Sensors in CMOS/CCD-Technology", Siegen Univ. Doktora Tezi, 2000.
- [6] Boehler, W. And Marbs, A., "3D Scanning Instruments. In Proceedings of International Workshop on Scanning for Cultural Heritage Recording-Complementing or Replacing Photogrammetry. Corfu", Greece, September, 1- 2, 2002.
- [7] A.Wehr, U.Lohr, "Airborne laser scanning—an introduction and overview", ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 54, 68-82, 1999.

- [8] I.Puente, H. González-Jorge, P. Ariasand J. Armesto, “Land-Based Mobile Laser Scanning Systems: A Review”, *Commission V, WG V/3*, 2011.
- [9] İ. ÇAYIROĞLU, “Kalman Filtresi ve Bir Navigasyon Uygulaması, Fen ve Teknoloji Bilgi Paylaşımı”, 2012-2.
- [10] Biyolojik İşaretlerin Sayısal İşlenmesi, http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Biyolojik%20C4%B0%C5%9Faretlerin%20Say%C4%B1sal%20C4%B0%C5%9Flenmesi.pdf, MEB Biyomedikal Cihaz Teknolojileri (ErişimTarihi:12.08.2014)