Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi
Cilt: 13, No: 2, 2016 (49-63)

Electronic Journal of Machine Technologies
Vol: 13, No: 2, 2016 (49-63)

TEKNOLOJİK ARAŞTIRMALAR

www.teknolojikarastirmalar.com
e-ISSN:1304-4141

Makale
(Article)

GPS Destekli Bölütlenmiş Arka Plan Modellemesi İle Otonom Kara Araçlarından Dinamik Nesnelerin Tespiti

Güray SONUGÜR[**], Barış GÖKÇE[*]
[*]Afyon Kocatepe Ünivesitesi Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, 03200 Afyonkarahisar/TÜRKİYE
[**] Afyon Kocatepe Ünivesitesi Teknoloji Fak. Mekatronik Müh. Böl., 03200 Afyonkarahisar/TÜRKİYE
gsonugur@aku.edu.tr

Geliş Tarihi: 25.04.2016
Kabul Tarihi: 30.06.2016

Öz

Bu çalışmada insansız kara araçlarının rotaları üzerinde bulunan hareketli nesneleri bilgisayar görme sistemleri kullanarak tespit edebilmesi için küresel konumlandırma sistemi destekli bir sistem geliştirilmiştir. Gerçek zamanlı çalışma öncesinde rota üzerinde belirlenen tüm koordinatlarda yalın arka planı temsil eden birer referans görüntü modeli oluşturulmuştur. Modelin oluşturulmasında 160x160 piksellik bloklar kullanılmıştır. Bu model elde edildiği koordinat bilgisi ile ilişkilendirilerek bilgisayar sistemi veri tabanında tutulur. Mobil aracın gerçek zamanlı hareketi sırasında araç belirlenen koordinatlara geldiği anda yakalan anlık görüntüler aynı yöntem ile modellenir. Sonrasında bu anlık model ile koordinatla ilişkilendirilmiş referans model çerçeve farkı yöntemi ile karşılaştırılır. İşlem sonucunda gri seviye değerleri belirlenen eşik değerden daha yüksek olan pikseller dinamik nesneler olarak kabul edilir. Geliştirilen yaklaşım ile hareketli platformlar üzerindeki kameralar ile hareketli nesneler konumsal olarak tespit edilebilmektedir. Rota üzerindeki her bir koordinat için hafızada tutulan referans modeller sayesinde hareketli kameraların oluşturduğu gürültünün dengelenmesi için karmaşık ve yüksek maliyetli işlemlere gerek duyulmamaktadır. Yapılan deneysel çalışmalarda geliştirilen sistemin anlık arka plan imge çerçevesinde bulunan nesneleri %100 ila %72.7 doğrulukta algılayabildiği ve düşük maliyetli bilgisayar sistemleri ile %4 işlemci yükü ve 0.020 sn. çerçeve başına işlem süresi ile çalışabildiği anlaşılmıştır.
Anahtar Kelimeler: Görüntü işleme, İnsansız kara aracı, Hareketli nesne tespiti, Arka plan modelleme

GPS Assisted Moving Object Detection From Unmanned Ground Vehicles by Segmented Background Modelling

Abstract

In this study a global positioning system-aided model developed to be able to detect moving objects which located on the route of unmanned ground vehicles by using computer vision systems. Before real-time application, a reference model representing a simple background image was created on all coordinates determined on the route. 160x160 pixel blocks are used to generate the models. Each model associated with its coordinate information was stored into the application database. a number of snapshots are captured and modeled using the same method during the real time movement of the vehicle when the vehicle reached the specified coordinates. Then, these instant snapshots were compared with the reference model of the associated coordinates by using interframe differencing method. End of this process, the pixels which grey levels higher than the threshold were considered as dynamic objects. In the developed approach, moving objects can be detected by the camera on the spatially moving platform. There is no need for complex and costly process to compensate for the noise generated by the moving camera with reference model are held in memory for each coordinate on the route. In the experimental study, the Object detection accuracy in the instant background image frame of the developed system is observed between 100% and 72.7%, also It was determined that low-cost computer system can be used with 0.020 sec processing time per frame and 4% CPU load.
Keywords: Image processing, Unmanned ground vehicle, Moving object detection, Background modelling

Bu makaleye atıf yapmak için
Sonugür G., Gökçe B. "GPS Destekli Bölütlenmiş Arka Plan Modellemesi İle Otonom Kara Araçlarından Dinamik Nesnelerin Tespiti" *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 2016, 13(2) 49-63*

How to cite this article
Sonugür G., Gökçe B.., *GPS Assisted Moving Object Detection From Unmanned Ground Vehicles by Segmented Background Modelling", Electronic Journal of Machine Technologies, 2016, 13(2) 49-63*

1. GİRİŞ

Günümüzde insansız araçlar üzerinde yoğunlaşan çalışmalar kameralardan alınan gerçek zamanlı görüntülerden hareketli ya da hareketsiz nesnelerin tespit edilmesi konusunda yapılan araştırmaların artmasına neden olmuştur [1],[2]. Özellikle insansız kara araçları, hava gözetleme sistemleri [3], araç sürüş yardımı sistemleri [4], insansız deniz altı araçları [5] konularında çalışmalar yoğunlaşmıştır.

Bir insansız kara aracı için üzerindeki kameralar vasıtasıyla alınan çevresel görüntülerin yorumlanması büyük önem taşır. Bu tip araçlar üzerlerinde bulunan kameralar aracılığıyla elde ettikleri verileri kullanarak kendi uzamsal hareketlerine, haberleşme uygulamalarına, etkileşim sistemlerine yön vermektedirler. Bu nedenle nesne tespit ve tanıma uygulamaları bilgisayar görme sistemleri için vazgeçilmez unsurlardır.

Bu çalışmada odaklanılan insansız kara araçları başta uzay çalışmaları [6], askeri hizmetler [7], kişisel yardım ve destek hizmetleri [8], toksik temizlik işlemleri [9] ve tur rehberliği [10] gibi pek çok uygulamada genişçe kullanılmaktadır [11]. Bu mobil araçların yukarıda sıralanan hizmetleri gerçekleştirebilmeleri için nesne tespit etme ve yer belirleme özellikleri büyük önem taşır. Lazer, sonar, ultrasonik ve kızılötesi ve kamera sistemlerini içeren algılayıcı kullanımı ve çeşitli görüntü işleme teknikleri bu amaçlar için kullanılmaktadır. İnsansız kara araçlarında kullanılabilecek algılayıcılar ile ilgili bir kısım çalışmalar yapılmıştır [12]. Özellikle engellerden kaçınma amacıyla ultrasonik sensörler sıklıkla kullanılmıştır [13]. Düşük maliyetli olmalarına rağmen açısal algılarının düşük olmaları nedeniyle hataya neden olabilmektedir. Kızılötesi algılayıcılar da düşük maliyetlidir [14]. Ölçme hassasiyeti ultrasonik sensörlere göre daha iyidir ancak dış ışık koşullarından fazlasıyla etkilenirler. Uzak mesafe engel ölçmek için lazer tarayıcılar kullanılabilmektedir ancak yüksek maliyetlidirler ve hacimsel olarak çok yer kaplarlar. TOF (Time-of-Flight) kameralar insansız kara araçlarının otonom hareketlerinde oldukça fayda sağlamaktadır. Lazer tarayıcılara göre gerçek zamanlı görüntülerden 3 boyutlu bilgiler çıkarabilmektedir ve daha hızlıdır [15]. Ancak lazer tarayıcılar kadar yüksek maliyetlidir. Mobil araçların çevrelerini en az maliyetle tarayabilecekleri algılayıcılardan biri stereo kameralardır. Stereo kameralar ile de imge çerçevelerinden 3 boyutlu bilgi elde edilebilmek mümkündür ancak stereo görüntülerin eşleştirilmesi sorunları nedeniyle güvenilir bilgilerin çıkarılmasında sorunlar yaşanabilmektedir [16]. Yabancı nesnelerin uzak mesafelerden tespiti 2 boyutlu kameralar ile yapılabildiği takdirde bu türden yüksek maliyetli çözümlere ihtiyaç kalmamaktadır.

Günümüzde bilgisayar sistemlerinin boyutları küçülmüş ancak veri işleme hızları, depolama kapasiteleri ve SSD (Solid State Disk) diskler sayesinde disklerde depolanmış verilere hızlı erişim teknolojileri oldukça gelişmiş durumdadır. Yani hareketli nesne tespit ve tanıma çalışmalarında eskiden bir kısıt olarak kabul edilen veri tabanı erişiminin yoğun bir şekilde kullanımı, hafıza işlemleri, büyük veri depolama gibi işlemler artık kısıt olmaktan çıkmıştır. Bir kısım çalışmalarda [17]-[20] hesaplama maliyeti kısıtlarını göz önünde bulundurulduğu ifade edilmiştir. Yüksek hesaplama maliyetlerinden kaçınmak adına daha az maliyet gerektiren yaklaşımların geliştirildiği ve bu tür sistemlerin başarılarının da kısıtlı kaldığı anlaşılmaktadır. Geliştirilen yaklaşımda; yüksek hızda ve kapasitede erişim ve depolama özelliklerine sahip sistemler kullanılarak yalın arka planları temsil eden modeller veri tabanında depolanarak kullanılabilmiştir. Bu çalışmada oluşturulan model matrisler oldukça küçük boyutlarda olup yalın arka planın tamamını temsil etmektedir. Gerçek zamanlı hareket sırasında yakalanan anlık imge çerçeveleri de arka plan imgeleriyle aynı yöntem kullanılarak modellenmekte ve bu şeklide karşılaştırma işlemi küçük boyutlardaki matrisler arasında yapılmaktadır. Böylece zaman ve sistem maliyetlerinden büyük ölçüde tasarruf sağlanmaktadır.

Görüntü çerçevelerindeki nesnelerin tanınması işlemlerinde ilk aşama nesnenin doğru bir şekilde tespit edilmesidir. Tespit edilecek nesne ardışık çerçeveler arasında hareketsiz ya da hareketli olabilir. Hareketsiz nesneler için pek çok yaklaşım geliştirilmiştir ancak hareketli nesnelerin tespiti için ardışık imge çerçeveleri içerisinde gizlenmiş bulunan bilgi parçacıklarını açığa çıkartmak gereklidir. Hareketli nesne tespiti

amacıyla en sık yapılan işlem video akış analizidir. Farklı zamanlarda alınan iki veya daha fazla görüntü çerçevesi, görüntüleme sistemi ile sahne arasındaki bağıl hareket hakkında bilgiler içerir. Bu bilgi; çerçeveler arasındaki gri seviye ve renk değişimleri şeklinde veya nokta, sınır çizgileri ve bölütlenmiş alanların uzamsal ve öznitelik değişimleri şeklindedir [21].

Bir insansız kara aracına kamera monte edildiğinde alınan görüntülerden hareketli nesneleri tespit etmek için klasik yöntemler kullanılamayabilir. Çünkü buradan alınan görüntülerdeki arka planın tamamı aracın hareketi nedeniyle hareketli olarak algılanır. Kullanılacak olan algoritmaların kamera hareketi nedeniyle hareketliymiş gibi görünen nesneler ile gerçekten hareketli nesneleri ayırt edebilmesi gerekir.

Sabit kameralar ile yapılan çalışmalarda farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan başlıcaları; arka plan kestirimi yöntemleri [22],[23], optik akış tabanlı yöntemler [24]-[26] ve ardışık çerçevelerin çıkarılmasına dayalı metotlardır [27]. Kameraların sabit olması nedeniyle genellikle kararlı sonuçlar alınmaktadır ancak sahnede oluşabilecek ışık değişimleri, gölge etkisi, kamera titremesi, ağaç sallanma hareketi ve deniz dalgası vs. şeklindeki gürültülerin sönümlenmesi gerekir.

Hareketli kameralar ile nesne tespiti uygulamalarında da optik akış yöntemleri [28] kararlı sonuçlar vermektedir. Bu yöntem öznitelik tabanlı veya alan tabanlı olarak uygulanabilmektedir [29]. Ancak kameranın hareketi de dâhil olmak üzere ardışık imge çerçeveleri arasındaki nesne hareketini tespit etme zaman aralıkları çok düşük olması gerektiğinden bilgisayar sistemleri için işlem yükü çok ağırdır. Bu nedenle özel donanımlar haricinde kullanılması uygun değildir [30]. Arka plan kestirimi yöntemlerinde ise sabit kameralar için kullanılan algoritmaların kullanılması hareketli kameralar için mümkün değildir. Hareketli kameralarda ardışık imge çerçeveleri arasında açısal ve uzamsal farklar bulunur. Bu nedenle hareketli nesnelerin tespit edilebilmesi için öncelikle iki çerçeve arasında kamera hareketi nedeniyle oluşan farkın dengelenmesi gereklidir. Bu yönteme imge çakıştırma (image registration)[31] yöntemi denilmektedir. Dört adımda gerçekleştirilir [32]:

- Referans ve ardışık gelen imge çerçevelerinin özniteliklerinin çıkartılması,
- Özniteliklerin eşleştirilmesi,
- Dönüşüm modelinin belirlenmesi, (geometrik, lineer olmayan, izdüşel, vs.),
- Dönüşüm gerçekleştirilerek imgenin yeniden elde edilmesi.

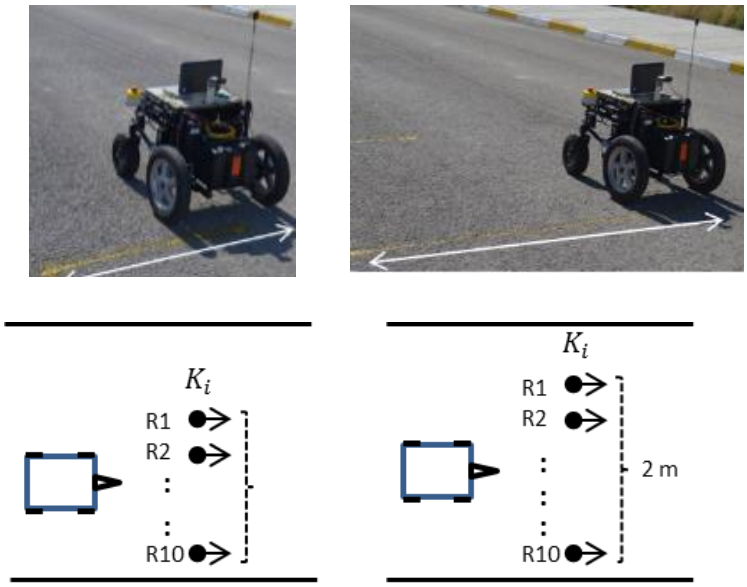
İmge yeniden elde edildikten sonra içerdiği nesnelerin siluetlerinin tam olarak belirlenebilmesi, anlamlandırılabilmesi ve tanımlanabilecek hale getirilmesi için bir kısım bölütleme tekniklerinin uygulanması gerekecektir. Bu şekilde odaklanılan nesne arka plandan ayrılabilecektir. Ancak her ardışık imge çerçevesi için yukarıda belirtilen adımların gerçekleştirilerek kamera hareketinin dengelenmesi bilgisayar sistemleri için ağır bir işlem yükü oluşturur. Bu nedenle gerçek zamanlı video akışlarında uygulanması zordur. Bu nedenle bu çalışmada imgelerin yeniden elde edilmesi süreçlerinde karmaşık dönüşüm teknikleri uygulamamıştır. Bunun yerine modellenmiş referans arka planlardan aynı şekilde modellenen anlık arka plan imgelerinin çerçeve farkı yöntemiyle çıkartılması işlemi yapılmıştır.

Bu çalışmada bilgisayar sistemleri için ağır işlem yükü gerektirmeyen, yüksek bilgi depolama maliyetleri gerektirmeyen, yürütülebilir bir yaklaşım geliştirilmeye çalışılmıştır. 2. Bölümde yaklaşımın detayları açıklanacak, 3. Bölümde ise deneysel sonuçlar ifade edilecektir.

2. YÖNTEM

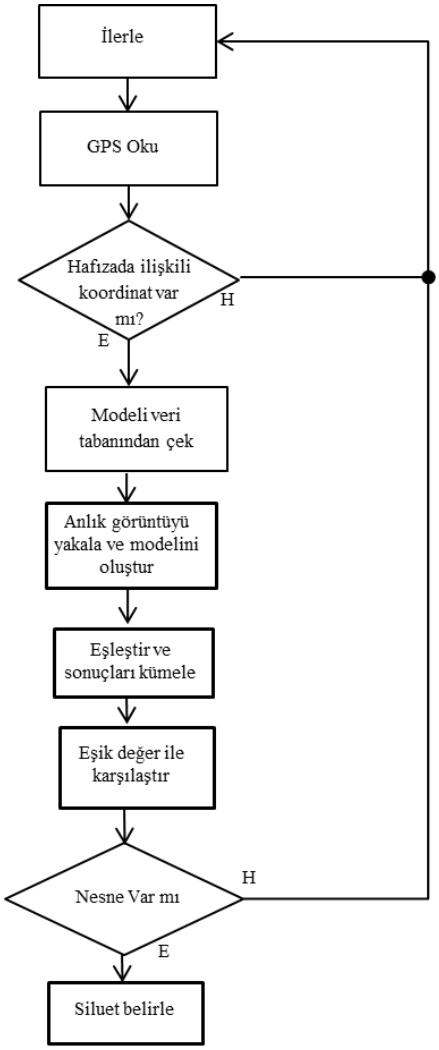
Kullanılan mobil araç programlandığı rotası boyunca yatay eksende yaklaşık olarak aynı noktalardan geçmektedir. Bu durumda herhangi bir K_i koordinatında yatay eksen boyunca aracın geçebileceği noktalardan alınacak yalın arka plan görüntüleri hemen hemen aynı karakteristikte olacaktır. Belirlenen K_i koordinatlarındaki arka planı temsil edebilecek bir model oluşturulabildiği durumda anlık görüntüler ile kıyas edilerek görüntüdeki hareketli nesneler elde edilebilecektir. Yalın arka plan modelinin oluşturulması

için; öncelikle araç üzerindeki kamera ile önceden belirlenmiş rota boyunca belirlenen K_i noktalarından yalın arka plan imge çerçeveleri alınır. Bu görüntü çerçeveleri referans imgeler R_i olarak adlandırılmıştır. Bu imgeler Şekil 1 'de gösterildiği gibi belirli yatay eksen aralıklarında, farklı görüş açılarından ve belirli sayılarda alınır. Referans alınan R_i imgeleri bloklara ayırılarak ortalamaları alınır ve bulunulan koordinattaki yalın arka planı temsil eden tek bir referans görüntü elde edilir. Bu referans görüntü bloklara ayrıldığı için orijinal görüntüden daha küçük boyutlu bir matris olarak ifade edilebilmektedir. Bu şekilde yalın arka plan küçük boyutlu bir matris ile modellenmiş olur. Bu model matris sistem hafızasına kaydedilir ve her bir model kendi GPS koordinatı (K_i) ile sistem veri tabanında ilişkilendirilir. Bu model matrisleri mobil aracın gerçek zamanlı hareketi sırasında alınacak görüntülerle aynı arka plan özelliklerine sahip olacaktır. Bu şekilde K_i konumundaki boş arka plan sisteme öğretilmiş ve aracın engel belirlemesi ve çevresindeki nesneleri tespit edebilmesi için değerli bilgiler çıkarsayabilmesi sağlanmıştır. Bu çalışmada; mobil aracın yatay eksen üzerinde geçiş yapabileceği aralıklar 2 m ve 1 m arasında değiştirilmiştir. Çalışma 2 adımdan oluşmuş olup 1. adımda gerçek zamanlı işlemler öncesi bir defa yapılan hazırlık çalışması, 2. adımda ise gerçek zamanlı işlemler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Yatay eksen geçiş aralıkları

Hareketli nesnelerin tespiti için oluşturulan sistemin genel akış algoritması Şekil 2'de verilmiştir. Oluşturulan algoritmaya göre araç belirlenen güzergâhta görüntü alarak ilerlemeye başlar ve eş zamanlı olarak GPS konumunu okur. Okuduğu konum hafızada herhangi bir model matris ile ilişkilendirilmiş bir konum ise ilişkili konuma ait referans modeli ile anlık görüntü için hesaplanan model nicel olarak eşleştirilir. Alınan sonuçlara anlık görüntüde hareketli ya da hareketsiz bir nesne bulunup bulunmadığı analiz edilir.



Şekil 2. Mobil araç ilerleyişinde kullanılan genel akış şeması

2.1 Yalın Arka Plan Modelinin Oluşturulması

Öncelikli hedef gerçek zamanlı görüntüler ile çalışırken bilgisayar sistemlerinin CPU ve hafıza kapasitelerini yormadan yüksek doğrulukta karşılaştırmalar yaparak sonuç almaktır. Aksi takdirde kararlı sistemler geliştirilse bile pratikte uygulama şansı bulunmayabilmektedir. Sistemin doğru olarak çalışabilmesi için gerçek zamanlı uygulama öncesi gerçekleştirilmesi gereken bir takım hazırlıklar bulunmaktadır. Bu hazırlıklar aşağıdaki adımlarda gerçekleştirilir;

1.Adım:

Üniversite kampüsü içerisinde belirlenen bir rota boyunca GPS koordinatlarının (K_i) her belirgin değişimine karşılık gelen konumlardan yalın arka plan imgeleri fotoğraflanmıştır ve bunlar referans imgeler olarak adlandırılmışlardır. Bu çalışmada her bir koordinat için 10 farklı referans imge kullanılmıştır. İmgeler her bir koordinat için Şekil 1'de verilen geçiş aralıkları dahilinde aracın geçebileceği farklı noktalardan ve farklı bakış açılarıyla fotoğraflanarak elde edilmiştir. Yapılan işlem Şekil 3'de ifade edilmiştir.



Şekil 3. Belirlenmiş koordinatlardan elde edilen referans imgeler.

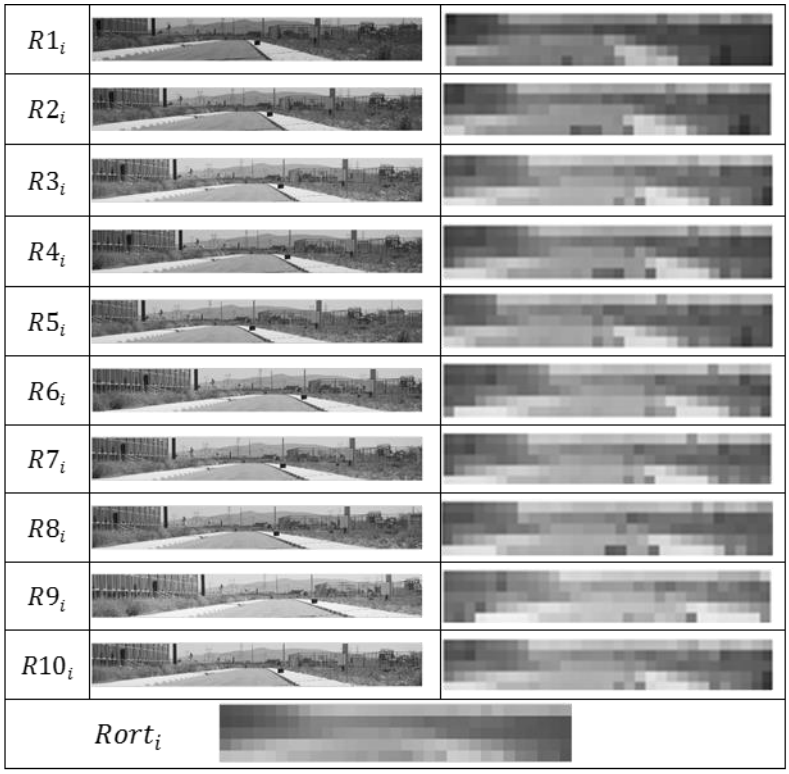
2. Adım:

Bu adımda K_i koordinatlarından elde edilen referans imgelerin (R_i) modelleri oluşturulmaktadır. Bilgisayar sistemlerindeki işlem yükünü azaltmak ve daha net sonuçlar elde etmek için referans ve anlık imgelerin tamamı kullanılmamış ve 3 parçaya bölünerek değerlendirilmişlerdir. Bölümlere ayrılmış örnek bir imge Şekil 4 de gösterilmiştir. B_1 daha az detay bulunduran yol kısmını içerirken B_2 detay içeren kısımlardan oluşmuştur. B_3 bölümü rota dışında olduğu için dikkate alınmamıştır. İmgenin orta kısmı (B_2) yoğun işlem alanı olarak belirlenmiştir. Hareketli nesne tespiti için hedef alınan bölüm B_2'dir. İmgenin alt kısmı (B_1) araca çok yakın kısımları içerdiği için bu alanda bulunan nesneler ekranın tamamını kaplamakta ve tespit işlemi için sağlıklı veri elde edilememektedir. Bu nedenle bu bölüm de değerlendirme dışı bırakılmış sadece B_2 bölümündeki görüntü değerlendirilmiştir.



Şekil 4. Bölümlere ayırılmış imge

Öncelikle tüm R_i imgeleri 160x160 boyutlarında bloklara bölünerek mozaik imge elde edilmiş ve her bir bloğun gri seviye ortalaması o bloğun parlaklık değeri olarak kabul edilmiştir. Bu şekilde her bir bloğun çevresindeki pikselleri en doğru şekilde temsil edebilmesi, küçük gürültülerin yok edilmesi ve az miktardaki yerel keskin ton değişimlerinin etkisinin azalması sağlanmıştır. Tüm referans imgeler için bu işlemin tekrar edilmesinin ardından mozaik imgelerin gri seviye değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak K_i koordinatında yalın arka planı temsil eden tek bir referans imge $Rort_i$ elde edilmiştir. Bu mozaik imge matrisi bulunduğu koordinatın yalın arka plan modelidir. K_i koordinatından alınmış referans imgelerin, her referans imgeye ait bloklara ayrılmış mozaik imgenin ve mozaik imgelerin aritmetik ortalamaları alınarak oluşturulmuş olan referans imgenin bir örneği Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. Referans imgelerin orijinal ve mozaik durumları ve arka plan model örneği

2.1 Gerçek Zamanlı Hareketli Nesne Tespiti

Gerçek zamanlı işlemlerin başlangıcında mobil araç kontrol sisteminin hafızasında rotası boyunca belirlenmiş her bir K_i koordinatı için boş arka planı temsil eden bir model matris oluşturulmuş durumdadır. Mobil araç belirlenen rota boyunca ilerlerken üzerinde bulunan GPS alıcı sistem sayesinde 500 ms. 'de bir koordinat bilgilerini almaktadır. Zamansal bir döngü içerisinde bu bilgi hafızadaki koordinat bilgileri ile karşılaştırılır. Uyuşma sağlandığı anda aracın üzerinde bulunan kamera ile arka planın anlık görüntüleri yakalanır. Anlık imgenin model matrisler ile karşılaştırılabilmesi için aynı yöntemlerle modellenmesi gerekir. Bu nedenle anlık imge, referans imgelerde olduğu gibi 160x160 boyutlarında bloklara ayrılır ve herbir bloğa kendi ortalama gri seviye değeri verilerek mozaik imge elde edilir. Böylece anlık imgeye ait model oluşturulmuş olur.

Modellerin oluşturulmasının ardından arka planda yabancı bir nesne olup olmadığının belirlenebilmesi için iki model arasında karşılaştırma yapılması gerekir. Bu karşılaştırma işlemi model matris ile anlık imgeye ait matris elemanları arasındaki Öklid uzaklığının (Euclidean Distance - ED) hesaplanmasıyla gerçekleştirilir. Bir döngü içerisinde gerçekleştirilen hesaplama sonucunda $Uzaklık_{i,j}$ matrisi elde edilir. Bu matris;

$$U_{i,j} = \sqrt[2]{(I(M)_{i,j} - I(A)_{i,j})^2} \quad (1)$$

şeklinde hesap edilir. Burada i, j matrislerin satır ve sütun değerlerini, $U_{i,j}$ uzaklık matrisini, $I(M)_{i,j}$ referans model matrisini, $I(A)_{i,j}$ anlık imgenin modellenmiş matrisini ifade etmektedir.

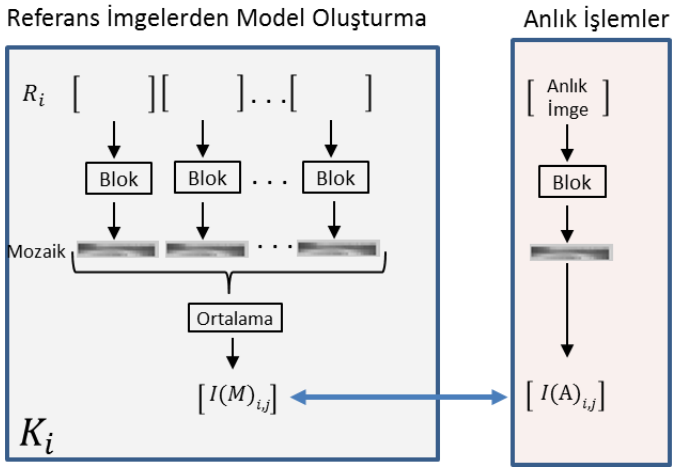
$U_{i,j}$ matrisi elemanlarından belirlenmiş bir eşik değerin üstünde bir değere sahip olanlar bloklar arası gri seviye değişiminin fazlalığı nedeniyle arka plandaki yabancı bir nesneye ait olarak kabul edilir. Söz konusu eşikleme işlemi aşağıda ifade edilmiştir.

$$E_{i,j} = \begin{cases} 1, & U_{i,j} > \tau \\ 0, & \text{diğer} \end{cases} \quad (2)$$

Burada $E_{i,j}$ eşiklenmiş uzaklık matrisini, τ ise eşik değeri ifade etmektedir. Blokların yabancı bir nesneyi işaret edebilmeleri için bir arada anlamlı bir şekilde kümelenmiş olmaları gereklidir. Sağlıklı bir tespit için bu kümelerin $E_{i,j}$ içinde ayırt edilebilmesi gerekir. Bu ayırt etme işlemi bağlı bileşen işaretleme yöntemi (connected component labelling - CCL) [33] ile yapılmıştır. Bu şekilde değişimin meydana geldiği blokların anlık imge üzerindeki kümelenip işaretlenir böylece yabancı nesnenin imge üzerindeki konumu belirlenmiş olur.

Bu aşamadan sonra yabancı nesnenin siluetinin belirlenmesi işlemine geçilmektedir. Mobil araç yabancı nesneyi tespit ettikten sonra hareketine son vererek siluet belirleme maksatlı video akışını alır ve ardışık imge çerçevelerine çerçeve farkı yöntemini uygulanır. Bu yöntem ile ardışık iki çerçevedeki tüm piksel değerleri aritmetik olarak birbirlerinden çıkartılır. Değişime uğramayan bölümlerde pikseller kendileriyle eş değer piksellerden çıkartıldıkları için değerleri 0'a yaklaşacaktır. Aksine, değişime uğrayan bölgelerde piksel değerleri değişeceğinden çıkartma işlemi sonuçları 0'dan uzaklaşacaktır. Böylece farkı oluşturan nesnelerin silueti yaklaşık olarak ortaya çıkacaktır. Siluetlerin belirginleştirilmesi için eşikleme ve çeşitli morfolojik işlemlerin uygulanması gerekir. Bu çalışmada eşikleme için Otsu [34] yöntemi ile morfolojik olarak da açma ve kapama işlemleri uygulanmıştır. Elde edilen sonuç görüntüde belirgin olarak görünen siluetlerin görüntüye sonradan dahil olan hareketli ya da hareketsiz nesne oldukları belirlenmiştir.

Rota üzerindeki K_i'nci koordinat noktasındaki hareketli nesne tespiti için gerçekleştirilen gerçek zamanlı işlemler Şekil 6 'da ifade edilmiştir. Şekilde sistem hafızasında her bir K_i koordinatı için hazırlanan model (solda) ile gerçek zamanlı işlemler (sağda) görülmektedir.



Şekil 6. K_i koordinat noktası için hafızadaki referans model ile gerçek zamanlı modelin karşılaştırılması

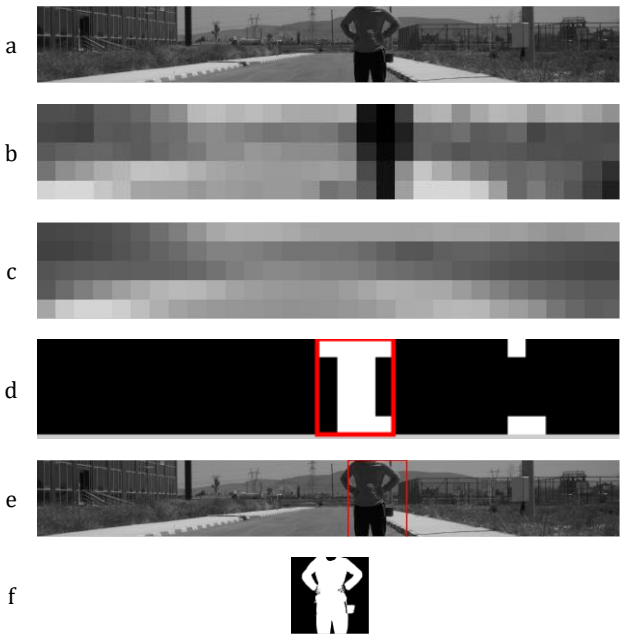
Bu işlemler dizisindeki amaç; öncelikle kameranın hareketinden kaynaklanan gürültünün kaydedilmiş arka plan modelleri ile dengelenerek hareketli nesnelerin tespit edilmesidir. Nesne siluetlerinin belirlenmesi ise birinci bölümde anlatıldığı üzere tespit işleminden sonra gerçekleştirilmektedir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Sahnedeki yabancı nesne siluetlerinin kesin olarak belirlenebilirliğini test etmek amacıyla K_1 ile K_{20} arası koordinatlara farklı mesafelerde bulunan nesneler ile deneysel çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmada gerçek zamanlı çalışma öncesi Şekil 3'de belirtilen rota üzerinde yukarıda belirtilen koordinatlar arasındaki her bir

koordinatta boş arka planı temsil eden model matrisler elde edilerek veri tabanına kaydedilmiştir. Mobil araç ilerleyişi sırasında söz konusu koordinatların her birine ulaştığında yakaladığı anlık görüntüyü 160x160 piksellik bloklara bölerek elde ettiği model matrisler ile hafızasında kayıtlı referans model arasında karşılaştırma yapmıştır. Rota üzerinde yapılan deneme çalışmalarında yabancı nesne olarak yaya ve otomobiller kullanılmıştır. Farklı geçiş aralığı ve kamera kaynağına farklı uzaklıkları içeren model ve anlık görüntüler kullanılmıştır.

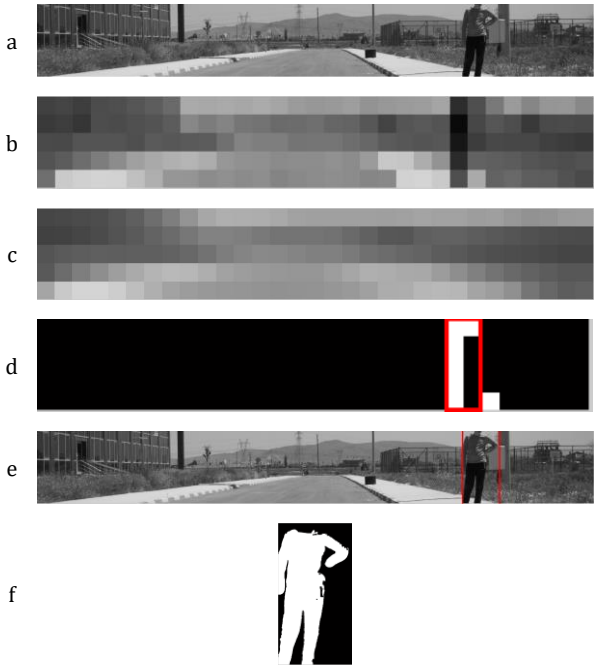
K_1 koordinatına 10 m uzaklıkta bir yayanın arka plana dahil olduğu bir imge çerçevesi ile yapılan çalışma sonucunda işlem basamaklarında elde edilen imge çerçeveleri ve ara değerlerin görünümleri Şekil 7'de verilmiştir. Nesne içeren görüntü araca yakın olduğu için yaya silueti tam olarak görüntülenememiştir ancak nesne tanıma sistemlerinin bu tür eksik parçalı nesneleri de tanıyabiliyor yetenekte olmaları gereklidir.



Şekil 7. (a) Nesne içeren orijinal görüntü, (b) orjinal görüntüye ait bloklara ayrılmış mozaik görüntü, (c) referans imgelerin ortalaması, (d) karşılaştırma sonucu elde edilen piksel öbeklerinin kümelenmiş görüntüsü, (e) sınır çizgilerinin dönüştürülmesi sonucu orijinal görüntü üzerindeki izdüşümler, (f) nesne silueti

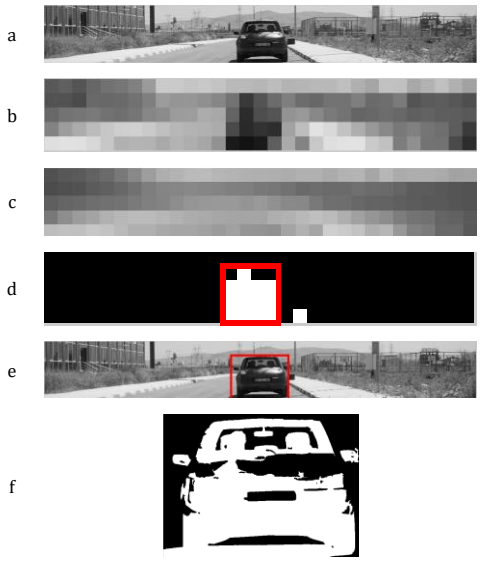
Özellikle (d) bölümünde görülmekte olan 1 blok boyutlu küçük öbekler ihmal edilmiştir. Yapılan deneme çalışmalarında genellikle bu tür durumların oldukça uzak mesafede bulunan hareketli nesnelerden ya da arka planda oluşan gürültülerden kaynaklandığı belirlenmiştir. Bu deneme çalışmasında referans imgeler Şekil 1'de belirtilen 1 m geçiş aralığında oluşturulmuştur. Geçiş aralığı mesafeleri daraldıkça referans imgeler arasındaki fark azaldığı için ortalama imgenin doğru arka planı yansıtma oranı artmaktadır. Yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar da bunu doğrular niteliktedir.

Yakın mesafede bulunan nesneler geliştirilen sistem tarafından daha kolay ve yüksek başarıyla tespit edilebilmesine rağmen bir sonraki aşama olan nesne tanıma aşamasında başarıyı azaltmaktadır. Çünkü nesne yaklaştıkça tanımada kullanılacak bir takım ayrıntılar yok olmaktadır. Şekil 8'de yine K_1 koordinatından 20 m uzaklıkta bulunan bir yaya içeren anlık imge çerçevesi ile yapılan çalışma sonucunda elde edilen görüntüler verilmiştir.



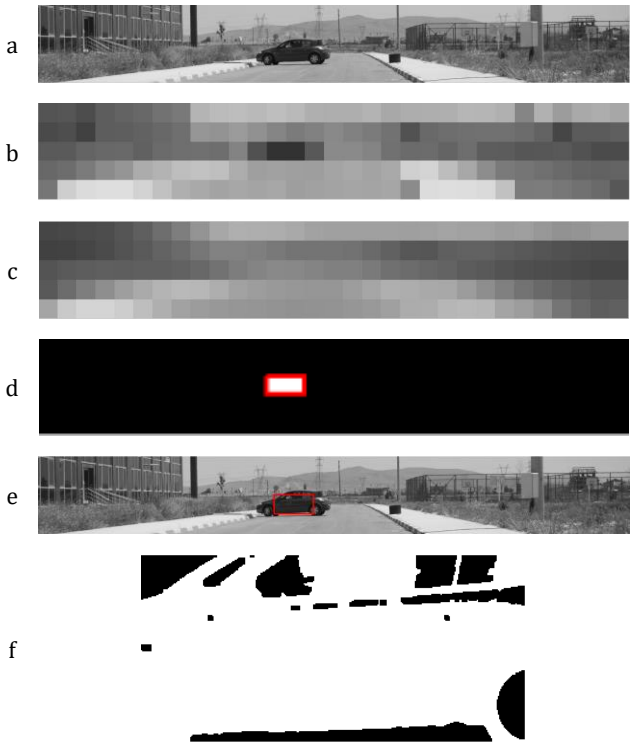
Şekil 8. Uzak bir mesafeden hareketli nesne siluetinin elde edilmesi sürecinde oluşturulan imge örnekleri

Bu deneme çalışmasında geçiş aralığı mesafesi 2 m olarak alınmıştır. Geçiş aralığı mesafesinin artması ve nesnenin kameradan uzaklaşmasına rağmen nesne silueti başarılı olarak çıkarılabilmiştir. Şekil 9'da verilen deneme çalışmasında otomobilin K_1 koordinatından 20 m uzaklıkta bulunduğu bir imge çerçevesi anlık imge olarak alınmıştır.



Şekil 9. Hareketli nesne olarak otomobil kullanıldığında elde edilen imge örnekleri

Otomobiller yayalara göre daha büyük boyutlu ve rijit yapıda oldukları için yayalara göre daha uzaktan doğru olarak tespit edilebilmektedir. Yayalar ise esnek yapıda olduklarından video akışı içerisinde bazı imge çerçevelerinde normal karakteristik görünümlerinden daha farklı şekillerde fotoğraflanabilirler. Özellikle kamera kaynağına uzak bir noktada bulunduklarında yine tespit edilebilmekte ancak sonraki aşamalarda tanıma işlemlerinde başarı oranı düşmektedir. Şekil 10'da kamera kaynağına 42 m uzaklıkta bulunan bir otomobil içeren imge çerçevesi ile yapılan deneme çalışmasının görüntüleri verilmiştir. Bu mesafe Şekil 9'da yapılan deneme çalışmasına göre 22 m daha uzaktır.



Şekil 10. Hareketli nesne olarak 42 m uzaklıkta bir otomobil kullanıldığında elde edilen imge örnekleri

Bu deneme çalışmasında; Şekil 10(d) bölümünde elde edilen piksel öbeklerinin boyutlarının ve sayılarının azaldığı dikkat çekmektedir. Bu durumu engellemek için eşik değer azaltıldığında ise hareketli nesne ile gürültü nedeniyle oluşan bloklar ayırt edilememektedir. Otomobil ve yayaların kamera kaynağına uzaklıkları arttıkça tespit ve tanıma işlemlerindeki başarı oranı düşmektedir. Burada Şekil 10(e) bölümünde otomobilin alt ve orta kısmının tespit edilebildiği tamamının tespit edilemediği görülmüştür. Otomobilin alt kısmındaki renk zıtlığının daha fazla olması, üst kısmında ise camların şeffaflığı nedeniyle arka plan ile yetrerince zıtlık oluşturamaması bu şekilde yarım tespitin başlıca nedenidir. Ancak; yinede bu çalışmanın amacı olan yabancı nesne tespiti gerçekleştirilebilmiştir. (f) bölümünde tespit edilen kısım net bir şekilde ikilik görüntü olarak verilmiştir.

Bu ölçülerde tespit için Şekil 7, Şekil 8 ve Şekil 9'un (d) bölümlerinde verilen kümelenmiş piksel öbekleri en az 2 blok kalıncaya kadar nesneler kamera lensinden aşamalı olarak uzaklaştırılmıştır. 2 bloktan daha az olan kümeler tespit için yeterli görülmeyip ihmal edilmiştir. Tespit için yeterli görülen en uzak mesafede en fazla bloğa sahip sadece 1 öbeğin kalmasına dikkat edilmiştir.

Ayrıca nesnelerin doku renk tonları da tespit işleminde önemli bir rol oynadığı görülmüştür. Renkler arka plan renkleriyle ne kadar çok zıtlık oluşturursa tespit başarısı o kadar artmaktadır. Bu tip durumlarda ikilik görüntü olarak tespit edilen siluetin daha net olarak elde edilebilmesi için eşik değerin daha hassas olarak belirlenmesi gerekmektedir. Aynı şekilde siluetin elde edilmesi için yapılan morfolojik işlemlerde seçilen parametreler de hassas bir şekilde belirlenmektedir.
Şekil 7, Şekil 8 ve Şekil 9'un (f) bölümünde elde edilen ikilik görüntü için bir eşik değer kullanılmalıdır. Bu eşik değer ne kadar doğru seçilirse elde edilen siluet o kadar net olmaktadır. Ayrıca ortamdaki ışık seviyesine göre değiştirilmesi gerekir. Bu çalışmada eşik değerin doğru olarak belirlenebilmesi için mobil araç üzerinde ışık şiddeti ölçüm sensörü kullanılmıştır.

Yapılan deneme çalışmalarında 10 m, 20 m ve 30 m uzaklıktaki otomobil ve yayalar geliştirilen yaklaşım ile tespit edilmeye çalışılmıştır. Her bir uzaklık için 1 m ve 2 m geçiş aralıklarında 33 adet deneme yapılmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Yayalar ile 1 m geçiş aralığında yapılan deneme çalışması başarı oranları

Nesne	Uzaklık (m)	Başarı Oranı (%)
Yaya	10	100
Yaya	20	93.9
Yaya	30	81.8

Tablo 2. Yayalar ile 2 m geçiş aralığında yapılan deneme çalışması başarı oranları

Nesne	Uzaklık (m)	Başarı Oranı (%)
Yaya	10	100
Yaya	20	90.9
Yaya	30	72.7

Otomobiller ise her bir uzaklık değeri yine 1m ve 2m geçiş aralıklarında için 33 adet deneme çalışması yapılmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 3 ve Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 3. Otomobiller ile 1 m geçiş aralığında yapılan deneme çalışmaları başarı sonuçları

Nesne	Uzaklık (m)	Başarı Oranı (%)
Otomobil	10	100
Otomobil	20	100
Otomobil	30	90.9
Otomobil	40	81.8

Tablo 4. Otomobiller ile 2 m geçiş aralığında yapılan deneme çalışmaları başarı sonuçları

Nesne	Uzaklık (m)	Başarı Oranı (%)
Otomobil	10	100
Otomobil	20	93.9
Otomobil	30	84.8
Otomobil	40	72.7

Hem yayalarla hem de otomobillerle yapılan çalışmalarda 30 m ile 40 m arasında başarı oranlarında hızlı bir düşüş gözlemlenmektedir. Bu gözlem neticesinde özellikle yayalar için 30 m sonrasında sağlıklı tespit yapılamayacağı otomobiller için ise 40 m sonrası sağlıklı bir tespitin yapılamayacağı belirlenmiştir. Geçiş aralığı mesafelerinin azaldıkça tespit başarısını olumlu yönde etkilediği görülmüştür.

Sistemin çalışma hızı ile ilgili denemelerde öncelikle bilgisayarın CPU kullanım oranı gözlemlenmiştir. Deneme çalışmalarında 4 çekirdekli 2.8 GHz işlemciye sahip 4 GB RAM kapasiteli bir bilgisayar kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 5 'de verilmiştir.

Tablo 5. Yöntemlerin bilgisayar sistemi performans karşılaştırması

Yöntem	İmge çözünürlüğü	CPU yükü (%)	Çerçeve başına işlem süresi (sn)
GD[35] + ÇF[19]	3264x4928	%99	5.475
GD + Gauss[36]	3264x4928	%99	5.91
GY	3264x4928	%4	0.020

Tabloda belirtilen GD kısaltması Geometrik Dönüşüm Yöntemini, ÇF kısaltması Çerçeve Farkı Yöntemini, GY kısaltması ise geliştirilen yaklaşımı ifade etmektedir.

Tablodaki ilk iki yöntemde nesne tespiti için sürekli olarak ardışık çerçeveler için çerçeve matrislerinin tamamının karşılaştırılması suretiyle işlem yapma zorunluluğu bulunmaktadır. Bir başka deyişle 3264x4928 boyutunda görüntü matrisleri üzerinde ardışık olarak dönüştürme ve çerçeve çıkarma işlemleri yapılmaktadır. Bu türden yüksek boyutlu matris işlemlerinin hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için yüksek maliyetli bilgisayar sistemleri gerekmektedir. Bu çalışmada kullanılan bilgisayar sisteminde farklı yöntemler denenerek yapılan yapılan deneme çalışmalarında %99 CPU yüklenmesi ve 5.475 sn. gibi pratikte kullanılması imkânsız bir çerçeve başına işlem zamanları elde edilmiştir. Bu nedenle 3264x4928 çözünürlüğe sahip kaliteli görüntülerde küçük ölçekli bilgisayar sistemleriyle bu yöntemlerin kullanılması mümkün değildir. Mevcut yöntemde karşılaştırma işlemi en yüksek çözünürlükteki çerçeveler için bile milisaniyeler mertebesinde sürmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada mobil aracın rotası üzerinde belirli aralıklarla alınan konumların GPS koordinatlarıyla bu konumlara ait yalın arka plan imgelerinden oluşturulan model ilişkilendirilmiş ve sistem hafızasına kaydedilmiştir. Kaydedilen model yalın arka plan imgelerinin bloklara ayrılmış bölümlerinin gri seviye ortalamalarıdır. Bu şekilde GPS koordinatlarına göre kaydedilmiş arka plan modelleri aracılığıyla mobil araç üzerinde bulunan kameranın kendi hareketinden kaynaklanan hareketli nesne tespitindeki zorluklar aşılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalarda yayalar için 10 m ila 30 m arası mesafelerde %100 ila %81.8 otomobiller için 10 m ila 40 m arası mesafelerde %100 ila %81.8 doğrulukta sonuçlar elde edilmiştir. Bu şekilde hareketli bir araç üzerindeki kameralardan alınan yüksek çözünürlükteki video akışlarını analiz ederek hareketli nesnelerin tespit edebilecek bilgisayar sistemi kapasitesi ve hacmi en aza indirgenmiştir. İhtiyaç duyulan bilgisayar sistemi kapasitesinin düşmesi maliyetleri de düşürdüğü gibi sistem hacmi ve ağırlığının azalması sonucu enerji tüketimi de azalacaktır.

6. KAYNAKLAR

1. Shimizu S., Yamamoto K., Wang C., Satoh Y., Tanahashi H., Niwa Y., 2006, "Moving object detection by mobile Stereo Omni-directional System (SOS) using spherical depth image", Pattern Analysis and Applications, 9(2-3), 113-126

2. Gamez D.A.M., Devy M., 2013, "Active vision-based moving objects detection from a motion grid". Mobile Robots (ECMR), IEEE 2013 European Conference, Barcelona, Spain

3. Yu Q., Medioni G., 2007, "Map-enhanced detection and tracking from a moving platform with local and global data association", IEEE Workshops on Motion and Video Computing, Austin, TX, USA

4. Kong H., Audibert J., Ponce J., 2010, "Detecting abandoned objects with a moving camera", IEEE Transactions on Image Processing, 19, 2201–2210

5. Foresti G.L. and Gentili S., 2000, "A vision based system for object detection in underwater images", International Journal of Pattern Recognition, 14(02), 167-188

6. Snorrasson M., Norris, J. and Backes P., 1999 "Vision based obstacle detection and path planning for planetary rovers," Proceedings of SPIE. Vol. 3693 Presented at 13th annual Aero sense. Orlando, FL

7. Albekord, K., Watkins, A., Wiens, G.L. and Fitz-Coy, N., 2004 "Multipleagent surveillance mission with non-stationary obstacles," Proceedings of 2004 Florida Conference on Recent Advances in Robotics, Orlando, Florida

8. Kosuge, K., Sato, M. and Kazamura, N., 2000, "Mobile robot helper" Proceedings of International Conference on Robotics and Automation, pp.583-588

9. Velasco-Arjona, A., and de Castro, M. L., 1997, "Fully robotic method for characterization of toxic residues", Analyst, 122(2), 123-128.

10. Philippsen, R., and Siegwart, R., 2003, "Smooth and efficient obstacle avoidance for a tour guide robot", In None (No. LSA-CONF-2003-018).

11. Gopalakrishnan, A., Greene, S., and Sekmen, A., 2005, "Vision-based mobile robot learning and navigation", In Robot and Human Interactive Communication, IEEE International Workshop, 48-53

12. Everett H.R., 1995, "Sensors for mobile robots: theory and application", AK Peters Ltd.

13. Kim S. and Kim H., 2010, "Optimally overlapped ultrasonic sensor ring design for minimal positional uncertainty in obstacle detection", International Journal of Control and Automation Systems, 8(6), 1280-1287

14. Alwan M., Wagner, M. B., Wasson, G. and Sheth, P., 2005, "Characterization of infrared range-finder pbs-03jn for 2-d mapping", In: Proc. IEEE ICRA, 3936-3941, Barcelona, Spain

15. Werner B., Surmann H. and Pervolz K., 2006, "3D time-of-flight cameras for mobile robotics", In: Proc. IROS, 790-795, Beijing, China

16. Kim, J. and Do, Y., 2012, "Moving obstacle avoidance of a mobile robot using a single camera", Procedia Engineering, 41, 911-916

17. Andreopoulos, A. and Tsotsos, J.K., 2013, "50 Years of object recognition: Directions forward", Computer Vision and Image Understanding, 117, 827–891

18. Guo, Y., Chen Y., Tang F., Li A., Luo W. and Liu M., 2014, "Object tracking using learned feature manifolds", Computer Vision and Image Understanding, 118, 128-139

19. Koller D., Luong Q.T. and Malik J., 1994, "Using binocular stereopsis for vision-based vehicle control", Proceedings of the Intelligent Vehicles' 94 Symposium, 237-242

20. Bugeau A., and Pérez P., 2009, "Detection and segmentation of moving objects in complex scenes". Computer Vision and Image Understanding, 113(4), 459-476

21. Chen X., 2008, "Application of Matlab in Moving Object Detection Algorithm", Future BioMedical Information Engineering 2008 FBIE '08 International Seminar on, Wuhan, China

22. Jarraya S.K. and Hammami M., Ben-Abdallah H., 2010, "Accurate Background Modeling for Moving Object Detection in a Dynamic Scene", Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA), 2010 International Conference on, Sydney, Australia

23. Spagnolo P., Orazio T.D., Leo M. and Distante A., 2006, "Moving object segmentation by background

subtraction and temporal analysis", Image and Vision Computing, 24, 411–423

24. Yu X., Chen X. and Gao M., 2012, "Motion Detection in Dynamic Scenes Based on Fuzzy C-Means Clustering", International Conference on Communication Systems and Network Technologies, Rajkot, India

25. Kim J., Ye G. and Kim D., 2010, "Movıng Object Detection Under Free-Movıng Camera", Proceedings of IEEE 17th International Conference on Image Processing, Hong Kong, China

26. Zhang Y., Kiselewich S.J., Bauson W.A. and Hammoud R., 2006, "Robust moving object detection at distance in the visible spectrum and beyond using a moving camera", Computer Vision and Pattern Recognition Workshop CVPRW'06. Conference on, New York, USA

27. Weng M., Huang G. and Da X., 2010, "A New Interframe Difference Algorithm for Moving Target Detection", Image and Signal Processing (CISP) 3rd International Congress, 1, 285-289, Yantai, China

28. Roth S., and Black M.J., 2007, "On the Spatial Statistics of Optical Flow". International Journal of Computer Vision, 74(1), 33-50

29. Liu, H., Hong T.H., Herman M., and Chellappa R., 1996 "Accuracy vs. efficiency trade-offs in optical flow algorithms", Editors: Buxton B., Cipolla R., Lecture Notes in Computer Science, 271–286, Cambridge, UK: Springer Berlin Heidelberg

30. Ren Y., Chua C.S. and Ho Y.K., 2003, "Statistical Background Modeling for Non-stationary Camera". Pattern Recognition Lettters, 24, 183–196

31. Sappa A.D., Dornaika F., Ger´onimo D. and L´opez A., 2008, "Registration-Based Moving Object Detection From A Moving Camera", 2008 Proc on Workshop on Perception Planning and Navigation for Intelligent Vehicles, Nice, France

32. Cheraghi S.A. and Sheikh U.U., 2012, "Moving Object Detection Using Image Registration For A Moving Camera Platform", Control System Computing and Engineering (ICCSCE) IEEE International Conference on, 355-359, Penang, Malaysia

33. Heijden F., 1996 "Image based measurement systems: object recognition and parameter estimation", Wiley

34. Otsu N., 1975, "A threshold selection method from gray-level histograms". Automatica, 11, (285-296), 23-27

35. Gonzalez R.C., Woods R.E. and Eddins S.L., 2009, "Digital image processing using MATLAB. 2nd ed", Gatesmark, USA

36. Stauffer C., Grimson W.E.L., 2009, "Adaptive background mixture models for real-time tracking", Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on ComputerVision and Pattern Recognition, Fort Collins, CO, USA