

Görme Engelliler İçin Engel Mesafe Tespiti Sistemi

Obstacle Distance Detection System For Sight-Disabled People

Nerin KANAY, Umut Engin AYTEN

Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
Yıldız Teknik Üniversitesi
nerinkanay@gmail.com, ayten@yildiz.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, görme engelli bireyler için iki adet USB web kameradan alınan görüntüler, MATLAB ortamında işlenerek; engellerin kameralara olan mesafesinin tespiti ve elde edilen tespit doğrultusunda görme engelli kişinin uyarılmasını hedefleyen bir sistem tasarlanmıştır.

Tasarlanan sistem üç aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama, sistem için gerekli olan kalibrasyon aşamasıdır. Kalibrasyon adımlarının uygulanması ile kameralara ait iç ve dış parametreler elde edilmektedir. Elde edilen bu parametreler ile görüntülerin düzeltilmesi (rektifikasyon) sağlanır. Sonraki aşama olan stereo eşleme adımı, sağ ve sol kameradan elde edilmiş eş zamanlı görüntülerin işlenmesiyle uzaklık haritasının elde edilme aşamasıdır. Bu aşamada 3 boyutlu bir noktanın farklı görüntü düzlemlerinde karşılık geldiği noktalar bulunmaya çalışılmaktadır. Stereo uzaklık haritası üzerinden arka arkaya gelen ve aynı fark değerine sahip noktaların bulunmasıyla engeller tespit edilir. Daha sonra tespit edilen engelin bulunduğu bölgedeki fark değeri ile kameraların geometrik yerleşiminden yararlanılarak, engelin kameralara olan uzaklığı bulunur. Son aşamada ise mikrodeneyleyicili bir elektronik donanım ile haberleşme kurularak, görme engelli bireylerin uyarılması sağlanır.

Abstract

In this study, an obstacle distance detection system is designed for sight-disabled people. This system finds distances between the obstacles and sight-disabled people and is alerted according to distance value. Images captured from two USB cameras are processed in MATLAB environment.

The obstacle detection is performed in three phases. The system is calibrated in the first phase. With the implementation of calibration steps, intrinsic and extrinsic parameters of the cameras are calculated as a result of the calibration. Images are provided with the rectification of these parameters. The second phase is stereo matching step, the simultaneous images which are captured from the left and right cameras processes and disparity map is obtained in this phase. At this stage, points, are tried to be identified, where are the three dimensional points correspond to different image planes. Barriers, through the help of stereo disparity maps, are identified with discovery of the points that occurs consecutively and that have the same difference value. Then, with the help of identified difference value in the identified

barrier area and geometrical location of the cameras, distance of barrier to the camera is calculated. In last phase, the sight-disabled individuals alerted with the microcontroller hardware.

1. Giriş

Engelli bireylerin toplumdaki varlıklarını kabul etmek ve onların hayatlarını daha kolay şekilde devam ettirebilmelerini sağlamak, diğer vatandaşlar için dikkat edilmesi gereken bir husustur. Bu projenin asıl amacı, görme engelli bireylerin günlük hayatlarında karşılaştıkları sorunları daha aza indirmek amacıyla, bilgisayar aracılığıyla görme sağlanan bir sistem oluşturmaktır. Bilgisayarla görme, görme engelliler için birincil göz perspektifinde dünyayı algılama fırsatı sağlamaktadır. Stereo görme, bilgisayarla görme aracılığıyla geliştirilen sistemlerden bir tanesidir. Doğrudan derinlik ölçme özelliği nedeniyle 3 boyutlu nesne algılamada kullanımı geliştirilen bir tekniktir.

Stereo görme için verilebilecek en güzel örnek insan gözüdür. İnsan, iki gözü ile elde ettiği görüntüyü işleyerek, kendi etrafındaki cisimler hakkında bilgi sahibi olmaktadır. Stereo görmeye de insan gözüne benzer şekilde iki kamera aracılığıyla, yazılımsal çalışmalar yapılarak dış dünya hakkında bilgi elde edilmektedir. Engel mesafesi tespiti için ilk yapılan çalışmalardan bir tanesi J. Borenstein'in 1989 yılında yaptığı çalışmadır [1]. Bu çalışmada, bir çizgi lazer kaynağı ve kalibre edilmiş bir kamera kullanılır. Sistem sürekli fotoğraf çekerek lazer çizgisindeki profil değişikliğinden faydalanarak, 3 boyutlu nesnenin profilini çıkarır. Bu profil yardımıyla engelin mesafesi tespit edilir [1]. Okada N. vd., Hongbin Zha, Nagata T., Kondo E., Morooka K.'dan oluşan çalışma grubu ve Taylor, R.M. ile Probert, P.J. yaptıkları çalışmalarda engel tespiti için lazer uzaklık sensörü kullanmışlardır. Yatay olarak ışın yayan lazer sensör kullandıkları için, ancak iki boyutlu objeleri yakalayabilmişler, yüksekliği az olan veya karmaşık şekle sahip üç boyutlu engelleri tespit edememişlerdir [2]. L.M. Lorigo, R.A. Brooks ve W.E.L. Grimson çalışmalarında sistemin çalıştığı ortam ve tespit edilecek engellerin daha önceden bilindiğini kabul ederek, bilgiler ve kameradan alınan görüntülerin yardımıyla engellerin tespit edilmesi sağlanmıştır [3]. Masako Kumano ve Akihisa Ohya 'nun 2000 yılında yaptıkları çalışmada iki kameradan alınan görüntüler üzerindeki çakışan noktaların parlaklık değerlerinden yararlanılarak engel tespiti yapmışlardır. Geliştirilen algoritma

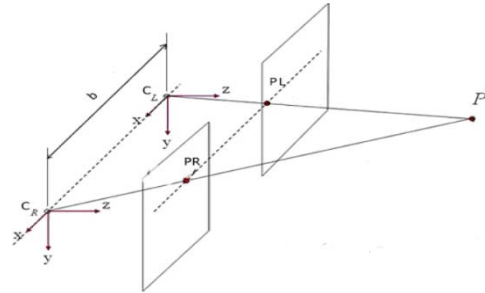
oldukça hızlıdır; ancak gerçekte engel olmayan bazı bölgeler engel olarak tanımlanmaktadır [4]. D. J. Kriegman, E. Triendl (1989) ve K. Onoguchi, N. Takeda, M. Watanabe 1997 yılındaki çalışmalarında, stereo görüntü çifti üzerinden engel tanıma için kullanılan algoritmayı iyileştirmişlerdir. Fakat çalışmalarında az desenli ortamlarda bazı nesnelerin tespiti gerçekleştirilmemektedir [5]. Kohtarō Sabe 2004 yılında tasarladığı QRIO isimli robot stereo görüntü sistemini kullanarak elde ettiği bilgiden, bulunduğu ortamın zemin bilgisini çıkararak gerçekleştirmiştir. Yalnızca kapalı ortamlarda çalışabilecek şekilde tasarlanan sistemde, tüm engellerin zemin üzerinde olduğu kabul edilmiştir [6]. Darius Burschka ve Stephen Lee 'nin 2002 yılında tasarladıkları sistemde, mobil araçlar için stereo tabanlı bir engel aşma çalışması yapmışlardır. Sistemin ilk adımında, görüntüdeki yer yüzeyi modellenip görüntüden çıkarılmaktadır. Daha sonra geriye kalan görüntü, bağlı parçalara ve fark alanlarına bölünmektedir. Engel olarak tanımlanmış parçaların zemin yüzeyine yerleştirilip, yol planlaması yapılmaktadır. Sistem az desenli ortamlarda stereo görüntünün yeniden yapılandırılmasıyla, desensiz yüzeye sahip büyük nesnelerin tespitinde hatalar oluşturmaktadır [7]. R. A. Hamzah ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada stereo görme ile otonom araçta yer bilgisinin tespiti üzerinde çalışmışlar ve stereo eşleştirme sonucunda mutlak farkların toplamı algoritmasını (SAD) kullanarak elde ettikleri derinlik haritasından uzaklıkları hesaplamışlardır [8]. Bhowmick ve çalışma grubu yayaları algılayıp araçtan ne kadar uzakta olduklarını tespit eden stereo görüş sistemi oluşturmuşlardır. Bu sisteminin uygulamalarında insan üzerindeki eş noktaları tespit eden yeni bir yaklaşım öne sürülerek ölçüm için gerekli üçgenlere ayırmayı sağlamaya çalışmış ve %80 oranında başarı elde etmişlerdir [9]. Petrović ve çalışma grubu stereo görme ile insanların algılanması ve takibini birleştirerek modifiye edilmiş Kalman filtresi yardımıyla stereo görmeye yeni bir yaklaşım sunmuşlardır. Kullanılan Kalman filtresi ile insanların 3D koordinatları robot kamerasından alınan veriler ile sürekli en uygun değere güncellenmektedir [10]. Xue ve Wu düşük ışıklı ortamlardan ya da kameralara gelebilecek hasarlardan kaynaklı problemleri çözmek amacıyla, görüntü ve ışık düzlemi arasındaki homografiyi baz alan bir matematik modeli ve ışık kaynağı görüşü için kalibrasyon metodunu geliştirmişler, yaptıkları deneysel çalışmalar ile kullandıkları metodun doğruluğunu ispatlamışlardır [11].

Bu çalışmada, görme engelli bireylerin uyarılması için engel ve engelin mesafesinin tespiti, bir bilgisayarla görme metodu olan stereo görme kullanılarak görüntülerin işlenmesi ile gerçekleştirilmiştir. İlk olarak USB web kameralardan alınan görüntüler ile kameraların kalibrasyonu yapılmıştır. Kalibrasyon sonucunda kameralara ait iç ve dış parametreler elde edilmiştir. Bu parametrelerin yardımıyla iki kameradan eş zamanlı alınan görüntüler MATLAB ortamında düzeltme (rektifikasyon) işlemi yapıldıktan sonra işlenerek, ortamın disparity haritası çıkarılmıştır. Bu haritadaki engellerin kameralara bağlı konumu üçgen benzerliği kullanılarak tespit edilmiştir. Elde edilen bu mesafe bilgisinin belirli bir sınır değerini aşması durumunda, mikrodenetleyicili donanım ile seri haberleşme sağlanarak görme engelli bireylerin uyarılmasını sağlayan bir sistem geliştirilmiştir. Daha sonrasında engel mesafesi ile alakalı yazılımsal olarak elde edilen sonuçlar, gerçek dünyadaki mesafe bilgisi ile karşılaştırılarak hata analizi yapılmıştır.

2. Metot

Stereo görme, iki boyutlu birden fazla görüntüden üç boyutlu bilgi elde etme işlemidir. Üç boyut bilgisi, stereo çifti denilen iki resim ile bu resimlerin birbirlerine göre derinliğinin tahmin edilmesiyle elde edilir. Bu tahminler, stereo çiftinde birbirine karşılık gelen noktaların eşlenmesiyle oluşturulan disparity haritası ile temsil edilmektedir.

Şekil 1'de görüldüğü üzere P noktası sahnede bulunan herhangi bir noktadır. C_L ve C_R sol ve sağ kameranın izdüşüm merkezleridir. P_L ve P_R ise her bir kameraya karşılık gelen görüntü düzlemleridir. Sol ve sağ kameraların görüntü düzlemindeki konum bilgileri bilindiğinde, üçgenleme tekniğinden yararlanılarak iki ışının kesişiminden P noktasının ortamdaki asıl yeri bulunabilmektedir. Bu işlem için Denklem (1) kullanılmaktadır.



Şekil 1: Stereo Görmenin Temel Prensipleri [8].

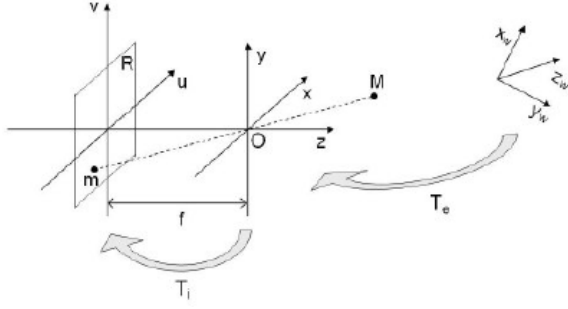
$$\frac{b-d}{z-f} = \frac{b}{z} \quad (1)$$

Burada, b kameralar arasındaki uzaklıktır (baseline) ve $b=|C_L-C_R|$ ifadesi ile hesaplanır. d değeri ise P noktasının sağ ve sol görüntü düzlemi üzerindeki konum farkı (disparity) olarak ele alınmaktadır ve $d=|P_L-P_R|$ denklemi ile değeri hesaplanır. Kameraların yerleştirilme konumlarına göre nesneler görüntü düzlemlerinde farklı yerlere düşerler. Bu iki noktanın görüntü düzlemlerinde birbirlerine olan mesafeleri farkı (d , disparity) verir. f odak uzaklığıdır ve Z değeri de, b 'den P noktasına olan uzaklık olarak gösterilmektedir [12]. Bu denklemler aracılığıyla Z , yani derinlik bilgisi Denklem (2) kullanılarak hesaplanır.

$$Z = f \frac{b}{d} \quad (2)$$

2.1. Kamera Kalibrasyonu ve Kalibrasyon Parametreleri

İki veya daha fazla kamera içeren bir sistemin modellenmesi için üç farklı koordinat sistemi gerekmektedir. Bu sistemler dünya referans çerçevesi (x_w, y_w, z_w) optik orijin merkezli kamera çerçevesi (x, y, z) ve görüntü çerçevesi (u, v) olarak gösterilir [14]. Homojen dünya koordinatlarında verilen üç boyutlu bir nokta, T_e harici parametreleri olarak ifade edilen r_{ij} rotasyonu ve t_j ötelemesi ile kamera çerçevesine Denklem (3) verildiği gibi dönüştürülebilir.



Şekil 2: Kameraların dahili ve harici parametreleri [13].

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = T_e \begin{bmatrix} x_w \\ y_w \\ z_w \end{bmatrix}, \quad T_e = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_1 \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_2 \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_3 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Daha sonra bu nokta, içsel parametreler kullanılarak iki boyutlu görüntü düzlemine dönüştürülür. Bu parametreler; odak uzaklığı (f), görüntü düzleminin merkezi olan esas nokta (u_0, v_0), milimetre cinsinden piksel büyüklüğü (k_0, k_1), $a = f/k_0$ ve $b = f/k_1$ bilgileri kullanılarak oluşturulur. Dışsal parametreler kullanılarak dönüşüm Denklem (4)'te verildiği gibi yapılmıştır.

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ s \end{bmatrix} = T_i \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}, \quad T_i = \begin{bmatrix} \alpha & 0 & u_0 \\ 0 & \beta & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

(u, v, s) koordinatlarının homojen olması dolayısıyla u' ve v' piksel koordinatlarının elde edilebilmesi için (u, v, s) ayrı ayrı s' 'e bölünür. İçsel (dahili) ve dışsal (harici) kamera parametre bilgilerinin bulunmasıyla görüntülerin düzeltilmesi (rektifikasyon) işlemi yapılabilmektedir.

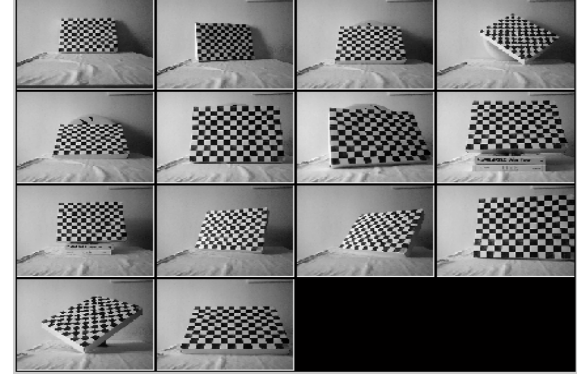
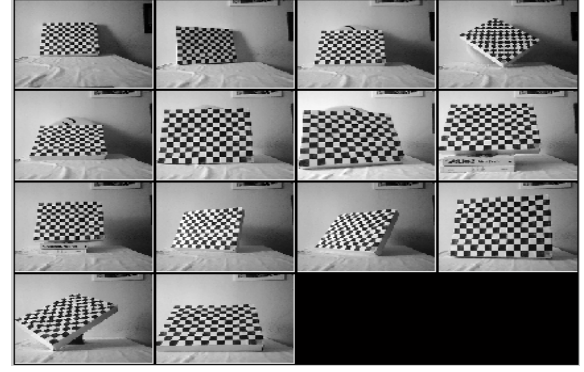
Sistemin kalibrasyonunun yapılabilmesi için, iki adet USB Webcam ile Tsai Izgarası olarak adlandırılan deseni içeren 14'er çift fotoğraf, kameralardan aynı anda farklı açı ve uzaklıklarda çekilmiştir. Dahili ve harici parametrelerin hesaplanabilmesi için izgaradaki tüm köşelerin ön işlemci fonksiyonu ile tespit edilmesi gerekmektedir.

Bu sistemde kalibrasyon için Matlab Caltech Camera Calibration Toolbox' ı kullanılmıştır [15].

2.2. Görüntülerin Düzeltmesi (Rektifikasyon)

Kalibrasyon işleminin ardından elde edilen kamera parametreleri ile görüntülerin rektifikasyonu yapılmaktadır. Rektifikasyon, epipolar doğruların görüntü satırlarında eşleşmesi amacıyla yapılan stereo görüntü çiftinin yeniden örneklenmesi işlemidir. Rektifikasyon matrisi oluşturabilmek için sistemin dışsal parametrelerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Dışsal parametreler sonucunda elde edilen rektifikasyon matrisi kullanılarak kameralardan alınan görüntüler düzeltilir ve elde edilen yeni görüntülerin aynı y ve z koordinatlarına sahip olması sağlanır. Bu işlem sonrasında düzeltilmiş görüntülerin red-cyan seviyesinde üst üste bindirilmesiyle elde edilen görüntü Şekil 4' de gösterildiği gibi olmaktadır.



Şekil 3: Sağ ve sol kamera kalibrasyon resimleri.



Şekil 4: Rektifikasyon işlemi sonucu elde edilen görüntü.

2.3. Stereo Eşleme ve Disparity Haritasının Elde Edilmesi

Stereo eşleme algoritması bir çift görüntüyü analiz etmek ve görüntülerle alakalı uzaklık haritası elde etmek için kullanılmaktadır. Bu çalışmada stereo eşleme için mutlak farkların toplamı (Sum of Absolute Differences, SAD) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde, v_x ve v_y boyutundaki pencere içerisinde tüm merkez pikseller için parlaklık değerlerinin farkı hesaplanmaktadır. SAD algoritmasının hesaplanması Denklem (5)'de verilmiştir.

$$SAD_v(x, y) = \sum_{i=-w/2}^{w/2} \sum_{j=-w/2}^{w/2} \|g_t(x+i, y+j) - g_{t-1}(x+v_x + i, y+v_y + j)\| \quad (5)$$

Burada g_r ve g_{r-1} karşılıklı görüntüler, v_x ve v_y aramanın gerçekleştiği pencere boyutları $w \times w$ ise (x, y) konumundaki blok boyutudur. Sol görüntüdeki seçili komşuluğdaki tüm piksellerin parlaklık değerleri toplanır. Sağ görüntüdeki piksellerin toplamından farklarının mutlak değeri elde edilmektedir. Elde edilen en küçük değer en iyi eşleşmedir.

Bu yöntemde sadece güçlü eşleştirmelerin olduğu noktalar bulunur, yani dokunun yüksek olduğu (high texture) sahnelerde piksellerin tamamının derinlikleri belirlenir. İşlem adımları şu şekilde gösterilebilir:

- Görüntü parlaklıklarındaki farkların giderilmesi ile görüntü dokusunun iyileştirilmesi için ön filtreleme yapılması
- SAD penceresi ile epipolar düzlemde karşılıkların aranması ve dokunun yeterli olması durumunda eşleştirmenin bulunması
- Hatalı eşleştirmelerin elenmesi

Eşleşme esnasında stereo uzaklık değerinin küçük olduğu noktalar uzak bölgeleri gösterirken, fark değerinin büyük olduğu noktalar yakın bölgeleri göstermektedir. Eşleşmeyen pikseller bir kamera tarafından görüntülenirken diğer kamera tarafından görüntülenemeyen noktalar. Bu işlemlerin sonunda görüntüdeki bütün piksellerin karşılıkları bulunarak farklılık haritası elde edilmektedir [16].

3. Bulgular

Bu çalışmada stereo görme ve görüntü işleme yöntemleri kullanılarak ortamdaki engellerin kişiye olan mesafesinin tespiti yapılmıştır. Gerçekleştirilen sistemde stereo kameralar kullanılarak bu kameraların kalibrasyonu gerçekleştirilmiş ve görüntülerin düzeltilmesi ile yapılan stereo eşleme algoritmaları sayesinde 3 boyut bilgisi elde edilerek engellerin mesafeleri tespit edilmiştir.

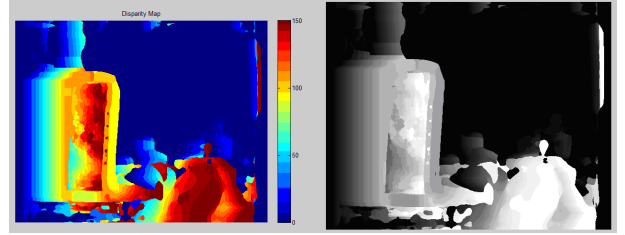
Yazılım kısmına MATLAB programı ile mikrodenetleyicili bir donanımın seri haberleşmesi sağlanarak engel mesafelerinin tespitine bağlı olarak, engelliye uyarı yapacak şekilde basit bir donanım da gerçekleştirilmiş ve mesafeye bağlı olarak uyarı işareti oluşturulmuştur.

Kullanılan eşleme algoritması sonucunda görüntülerden elde edilen fark haritası ve görüntülerin orijinal halleri Şekil 5 ve 6'da verilmiştir. Bu haritalardan ilkinde kırmızı rengine yaklaşan yerler kameraya yakın noktaları gösterirken mavi ve lacivert rene yakın yerler ise kameraya uzak noktaları göstermektedir. Grayscale oluşturulan haritada beyaz rene yaklaşan yerler yakın bölgeler iken, siyah renkli yerler uzak noktaları temsil etmektedir.

Bu işlem esnasında, elde edilen disparity haritasının düzeltilmesi için harita üzerinde bazı iyileştirmeler yapılmıştır. İlk olarak bir pikselin sağ ve sol komşuluğundaki piksellerin değerine bakılır, bu iki komşu değerlerin eşit olması durumunda kontrolü yapılan piksele de bu değer atanmaktadır. Daha sonra benzer şekilde piksel grubunun sürekliliği kontrol edilir. Bu kontrolde aynı piksel grupları sınır değerini aştığında kontrolü yapılan bu piksel grubunda değişiklik yapılmazken, sınır değerini aşmayan piksel grubu hatalı eşleşen piksel grubu olarak değerlendirilip, bu gruba piksel değerinin değiştiği yerdeki piksel değeri atanır. Bu işlem aynı şekilde dikey yönde de gerçekleştirilir. Bu düzeltmeler yapıldıktan sonra, harita üzerinde engelin ve engel mesafesinin tespiti gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5: Sağ ve sol kameralardan eş zamanlı alınan görüntüler.



Şekil 6: Jet skalada ve gray skalada gösterilen disparity uzaklık haritası.

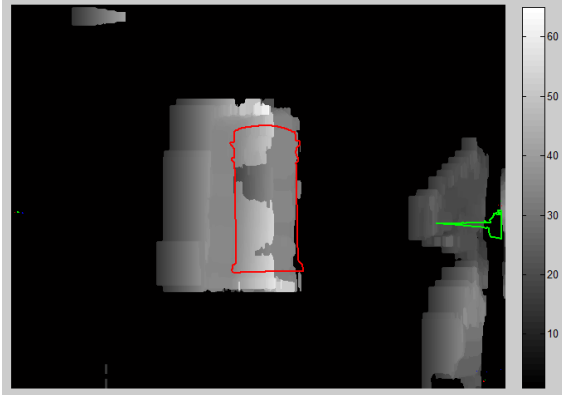
Elde edilen disparity haritasının bazı dış etkenlerden (kameraların çözünürlüğü, ışığın etkisi, vb.) dolayı yeterince sağlıklı olmaması nedeniyle, engellerin tespit edilmesi konusunda bazı problemler yaşanmıştır. Bu nedenle, engel tespiti tek engele indirgenerek bu engelin harita üzerinde bulunduğu koordinat grubu kontrol edilip mesafe tespiti yapılmaktadır. Bu işlem için eşleme adımı öncesinde, iki görüntü için de sahnede engel dışındaki objelerin elenmesi yapılarak yalnızca nesnenin bulunduğu yeni görüntüler elde edilmiştir. Elde edilen bu görüntüler ile eşleme yapılarak, önceden bulunan referans görüntüdeki engelin bulunduğu koordinatlar elde edilen harita üzerinde gösterilir ve engel mesafe bilgisi için bu bölge içinde tarama gerçekleştirilir. Daha sonrasında 3 boyut geometrisinden yararlanılarak engelin kameralara olan uzaklığı bulunmaktadır. Bu işlem ile elde edilen disparity haritası Şekil 7'de verilmiştir.

Bu haritadan elde edilen engel bilgisi sonrası engel mesafesinin 50 cm'den az olması durumunda mikrodenetleyicili donanım ile haberleşme kurularak alarmın çalması sağlanmaktadır.

Yapılan çalışmayı test etmek için farklı mesafelere konulan engelin uzaklığıyla alakalı alınan sonuçlar ve engelin gerçek uzaklık değerleri incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda elde edilen değerler ile ilgili hata tablosu Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1: Test işlemleri sonucu elde edilen hata oranları.

Bulunan Değer	Gerçek Değer	Oran(%)
45.6672 cm	40 cm	14.17
68.1614 cm	50 cm	36.32
69.3222 cm	60 cm	15.54
75.8193 cm	70 cm	8.31
73.9267 cm	80 cm	7.59
74.6705 cm	90 cm	17.03
101.4107 cm	100 cm	1.41
125.7594 cm	110 cm	14.33
132.5166 cm	120 cm	10.43



Şekil 7: Engel tespiti yapılan disparity haritası.

Engel mesafesi 10'ar cm ara ile ölçülerek eşleşme sonucu ortaya çıkan değer ile karşılaştırılmıştır. Bu işlemin sonunda ortalama % 11.5924 hata olduğu görülmüştür.

4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, stereo görme ve görüntü işleme yöntemleri kullanılarak ortamdaki engellerin kişiye olan mesafesinin tespiti yapılmıştır. Gerçekleştirilen sistemde stereo kameralar kullanılmış, bu kameraların kalibrasyonu gerçekleştirilmiş ve görüntülerin düzeltilmesi ile yapılan stereo eşleme algoritmaları sayesinde 3 boyut elde edilerek engellerin mesafeleri tespit edilmiştir. Engel mesafelerinin tespitine bağlı olarak, engelliye uyarı yapacak şekilde basit bir donanım da gerçekleştirilmiş ve mesafeye bağlı olarak uyarı işareti oluşturulmuştur.

Çizelge 1'de verildiği gibi ölçüm sonuçları gerçekleştirilmiş ve belirtilen hata oranıyla sistem gerçekleşmiştir. Geliştirilen sistemin avantajları olarak yalnızca görüntü bilgisinin değerlendirilmesiyle engel ve mesafe tespiti yapılabilmesi, gerçek zamanlı bir uygulamada kullanılabilecek düzeyde hızlı olması ve modüler yapısı sayesinde başka uygulamalara da entegre edilebilir olması sayılabilir.

Geliştirilen sistemin en büyük dezavantajı ise stereo uzaklık haritasının elde edilmesi aşamasında kullanılan algoritmanın ortam şartlarına bağlı olarak çok çabuk bozulmaya uğramasıdır. Ortamın ışık kaynağının ışık şiddeti, kameralardaki ışıklandırma seviye farklılığı, arka plan, ortamdaki nesnelerin hareket hızı ve ortamdaki nesnelerin kameralara olan mesafesi ölçülen mesafeye ilgili farklı sonuçların çıkmasına sebep olmaktadır. Bu sorunu iyileştirmek adına elde edilen haritada bölütleme işlemi yapılması, disparity haritasının daha sağlıklı olması ve engellerin tespiti açısından kolaylık sağlayabilir. Aynı zamanda engellerin tespiti için lazer vb. donanımlarla daha doğru sonuçlar elde edilebilir.

5. Kaynaklar

- [1] Borenstein J., "Real-Time Obstacle Avoidance For Fast Mobile Robots", IEEE Trans. Syst. Man Cybern., 19, 1179-1187, 1989.
- [2] Okada, N., Zha, H., Nagata, T., Kondo, E., Morooka K., "3-Dimensional Object Model Construction From Range Images Taken By A Range Finder On A Mobile Robot Intelligent Robots And Systems", IEEE/RSJ, 1998, 3, 1853 - 1858.
- [3] Lorigo, L.M., Brooks, R.A., Grimson W.E.L., "Visually Guided Obstacle Avoidance in Unstructured Environments", IROS97, IEEE/RSJ, 1997, 373-379.
- [4] Ohya, M.K.A.i Yuta, S., "Obstacle Avoidance of Autonomous Mobile Robot Using Stereo Vision Sensor", Int. Conf. on Robotics and Automation, 2000, 497-502.
- [5] Kriegman, D. J., Triendl E. ve Binford, T. O., "Stereo Vision And Navigation In Buildings For Mobile Robots", IEEE Trans. Robotics Automat., 5, 792-803, 1989.
- [6] K. Sabe, M. Fukuchi, J. Gutmann, T. O. K. Kawamoto, T. Yoshigahara, "Obstacle Avoidance and Path Planning for Humanoid Robots using Stereo Vision", FTocedlngs of the 2004 IEEE, 2004.
- [7] Burschka, D., Lee, S., Hager, G., "Stereo-Based Obstacle Avoidance in Indoor Environments with Active Sensor Re-Calibration", International Conference on Robotics and Automation, 2002, 2066-2072.
- [8] Hamzah, R.A., Salim, S. I., ve Rosly, H. N., "An effective distance detection of obstacles in stereo vision application", Canadian Journal on Electrical and Electronics Engineering, 1, no.3, 49-53, 2010.
- [9] Bhowmick, B., Bhadra, S., ve Sinharay, A., "Stereo vision based pedestrians detection and distance measurement for automotive application", IEEE 2011 Second International Conference on Intelligent Systems, Modelling and Simulation, 2011, 25-29.
- [10] Petrović, E., Leu, A., Ristić-Durrant, D., ve Nikolić, V., "Stereo vision-based human tracking for robotic follower", International Journal of Advanced Robotic Systems, 2013, 10, 230-240.
- [11] Xue, T., ve Wu, B., "Reparability measurement of vision sensor in active stereo visual system", Measurement, 49, 275-282, 2014.
- [12] Jacobs, D., Dellaert, F., Camps, O., Seitz, S., "Stereo Vision, Bağlantı: <http://slideplayer.com/slide/4223368> (Erişim tarihi: 25/04/2016).
- [13] Aghajan, H., Cavallaro, A., Multi Camera Networks Principles and Applications, Akademik Basım, 2009.
- [14] Kuhl, A., "Comparison of Stereo Matching Algorithms for Mobile Robots", Thesis, The University of Western. Australia Faculty of Engineering, 2005.
- [15] Camera Calibration Toolbox for Matlab, Bağlantı: http://www.vision.caltech.edu/bouguetj/calib_doc/ (Erişim tarihi:29/04/2016).
- [16] Humenberger, M., Zinner, C., Weber, M., Kubinger, W., Vincze, M., "A fast stereo matching algorithm suitable for embedded real-time systems", Computer Vision and Image Understanding, 114, 1180-1202, 2010.