

# DOĞUŞ-USV İNSANSIZ DENİZ ARACI: STEREO GÖRÜŞ İLE HARİTALANDIRMA

*Ebru Dağlı<sup>1</sup>, Caner Civan<sup>2</sup>, Sercan Şöhmelioğlu<sup>1</sup>, Fazıl Emre Ediş<sup>1</sup>, Dilek Tükel<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Kontrol ve Otomasyon Mühendisliği Bölümü  
Doğuş Üniversitesi, Acıbadem  
2K836019@dogus.edu.tr

<sup>2</sup>Bilgisayar Mühendisliği Bölümü  
Doğuş Üniversitesi, Acıbadem  
2K31020@dogus.edu.tr

## Özetçe

İnsansız kara, hava ve deniz taşıtları ve uygulamaları askeri ve sivil alanda yaygınlaşmakta, bu alanda ki araştırmalar oldukça önem kazanmaktadır. Otonom araçların gelişmiş donanımları ile öncesinde bilgi sahibi olmadığı ortamlarda engeller arasında gezebilmeleri, başlangıç konumundan, görev alanına, güvenli bir yörünge ile en kısa zamanda ulaşabilmeleri hedeflenmektedir. Görüş ve alan tarama insansız sistemlerin önemli problemlerinden biridir. Bu çalışmanın amacı, üniversitemizde geliştirilen insansız deniz taşıtına monte edilen stereo kamera düzeneği ile çevreden görüntü alınması, engellerin tanımlanması ve konumun parametrelendirilmesi ile potansiyel alan teoremi kullanılarak yol planının belirlenmesidir.

## 1. Giriş

İnsansız araçların kökleri 425 M.Ö. [1] kadar gitmektedir. İlk kendi kendine uçan robot kuş, basınçlı hava ile tahrik edilmekteydi. Bu alanda, ilk modern kavramlar, Birinci ve İkinci Dünya Savaşları sırasında geliştirilmeye başlanmıştır. İlk insansız deniz aracı (IDA), 1946 yılında, Amerikan donanmasında radyoaktif su örneklerinin toplanmasında kullanıldı. 1960 yılında, radyo kontrollü drone tekneler mayın temizleme işlemleri için kullanılmıştır. 1985 yılında, ilk modern IDA "The Owl-Baykuş" , International Robotic Systems Inc tarafından jet-ski tabanı etrafında tasarlanmıştır [2]. Deniz gücünün askeri, ticari ve ulaşım uygulamalarında çok önemli bir faktör olması, askeri ve deniz tabanlı araştırma enstitülerinden insansız deniz araçlara büyük ilgi uyandırmıştır.

1995 Navtec A.Ş., radar tabanlı engel kaçınma sistemi ile birlikte küresel konumlandırma sistemi (GPS) ve pusula kullanarak tamamen otonom navigasyon sistemi geliştirilmiştir. Orta Doğu'da 1995 yılında, MK II [2], Dünya üzerinde ilk defa gerçek bir görevle konuşturulacak ilk IDA oldu.

IDA'ların gelişimine katkıda bulunan pek çok akademik araştırma projeleri vardır. Bu projelerde, çeşitli katamaran tipi IDA'ları geliştirilmiş. Bu IDA'lara İtalyanların geliştirdiği

katamaran IDA SESAMO'yı örnek verebiliriz [1]. 2004 yılında, Plymouth Üniversitesi Deniz ve Endüstriyel Dinamik Analizi (MİDAS) Araştırma Grubu, çift gövde bir katamaran olan Springer tasarlanmıştır [3]. Springer araştırma programında, yeni gelişmiş akıllı entegre navigasyon sistemi ve otomatik pilot (IINA) sistemini oluşturmayı amaçlanmıştır.

IDA'lar da, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kullanımı uzun görevler için çok önemlidir. Pasifik okyanusunu geçen dalga enerjisi çalışan IDA "Wave Glider" [1] bu yeteneğine sahipti. 2012 yılında, bugüne kadar bir USV tarafından denen en uzun mesafe geçmiştir.

Doğuş İnsansız Deniz Aracı (Doğuş-USV) [4], Doğuş Üniversitesi tarafından finanse edilmekte olan bir araştırma projesidir. Bu projede amaç, keşif ve gözetim amaçlı açık denizde, merkeze dönmeden, mümkün olan en uzun süre kalabilecek IDA geliştirmektir. Sistemimizde, enerji kaynağı güneş enerjisidir. Geliştirilen IDA, kameralar ve küresel konumlandırma sistemi (GPS) kullanarak farklı konumlara gidebilmektedir. Şekil. 1'de, Doğuş-USV görülmektedir. Aracın özellikleri Tablo 1 'de verilmiştir.



Şekil 1: Doğuş USV, Aydos Göleti denemeleri.

Tablo 1: Doğuş-USV Özellikleri

Ağırlık	256 kg
Uzunluk/Genişlik/Yükseklik	330/151/110 (cm)
Güç	5 HP
Hız	16 knot
Motor	Parsun F5ERL
Motor Soğutma	Su
Bataryalar	Jel
Batarya Kapasitesi	100 Ah (her batarya)
Batarya Adeti	4
Güneş Panelleri	Lorentz LA-Series
Güneş Panel verimliliği	İlk 10 yıl %90, 20 yıl %80
Dümen Kontrolü	DC motor
Denetleyici	U1 Ultra PC-Intel Atom Z520 pek çekirdek, 1.33 GHz
İletişim	WiFi, GPS, RF, 3G
Araç denetleyicisi	Arduino Mega 2560

Bilgisayarla görüntü işleme insansız araç sistemlerinin, bilinmeyen ortamlarda otonom çalışmasının temelini oluşturmaktadır. Görüntü işleme ile alınan görüntüler çeşitli işlemlere tabii tutularak, işlem sonucunda elde edilen istenilen görüntü ve parametrelerle sistemin çalışması sağlanmaktadır.

## 2. Sistem Bileşenleri

Doğuş-USV, uzaktan kumandalı ya da otonom olabilecek bir deniz aracı olarak inşa edilmiştir. Ekibimiz, şişme bot gövdesine, elektrik motoru, pervaneler, U1 bilgisayar, mikroişlemci kartı, sensörler, kameralar, bataryalar ve güneş panelleri monte edilerek, sistemimizi oluşturdu. Sistem bileşenleri zor ortamlarda uzun mesafeli görevleri gerçekleştirmek amaçlı seçildi, inşa edildi. Dümen hareketi bir dişli motorun güç zinciri hareketi aktarması sayesinde sağlanmıştır.

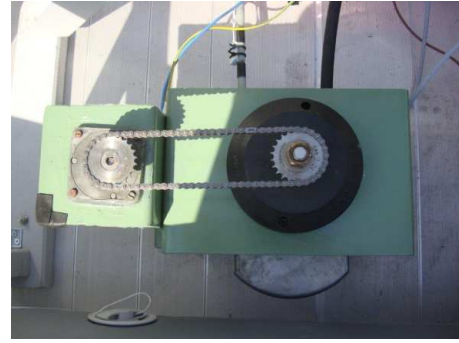
Araç, yüksek verimli fırçasız motor tarafından desteklenmektedir. Maksimum güç 4,8 KW'dir (6hp üzerinde), sürekli çalışma durumunda güç 5 hp 'dır. Yüksek akım koruma sistemi vardır. Aracın, uzun mesafelerde çalışabilmesi için de su soğutmalı motor versiyonu tercih edilmiştir. Sürekli çalışma için 100 amper akım ve tam hız için (10 saniyelik güç artışı) 140 ampere, 48 V DC akü sistemine ihtiyacı vardır. İnverter kutusu da su soğutmalıdır. İleri ve geri yön modlar için, uygulanan kontrol röle üzerindedir. Servo motor, elektrik motorunun hızını kumanda eden mekanizmanın kontrolü için kullanılır. Acil durum içinse, farklı bir kanal kullanarak, bir röle yardımıyla sistemin enerji kesilmektedir. Pervaneler standarttır. Sistemimiz, uzaktan kumanda modunda, 2012 yılında başarı ile test edilmiştir[4].

IDA'a monte ettiğimiz güneş panelleri ile 7 saat içinde boş bataryaların, tamamen dolumu gerçekleştirebilmektedir. Sistem gücünü, 130 W'lık iki güneş panelleri, her biri için 100 Ah 12 V dört deniz jel aküler oluşturur. Paneller yüksek verimli

ve deniz suyuna karşı dayanıklıdır. Panel yüzeyi hidrofobik tabaka ile kaplanır. Her güneş paneli boyutu 669x1556x37mm ve ağırlığı 16 kg 'dır .

Jel tipi deniz aküler, en yüksek hızda 6 saate kadar, elektrik motoruna güç sağlayabilmektedir. Kurşun asit jel aküler, deniz araçlarında köpüklenmeyi önlemek için en sık tercih edilen seçenektir. Doğuş-USV'ye, dört batarya doğru denge sağlayacak şekilde yerleştirilmiştir. Bataryayı laboratuarda hızlı şarj edebilmek için inverter kullanılmıştır. İnverter ile şarj işlemini 5 saat altında yapılabilmektedir. Güneş panelinden bataryaya doğru olan akımı denetleyen, su geçirmez şarj kontrol devresi de önemli bir sistem bileşenimizdir.

Dümen sisteminde(Şekil 2) 241:1 dişli kullanılmıştır. Harici enkoder (500 darbe/tur) ile pozisyon bilgisi alınmaktadır.



Şekil 2: Dümen mekanizması

Otonom çalışma için taşıt sisteminin, kendi pozisyon ve yön bilgisini ölçmesi, çevre bilgisini kamera ile ve/veya harita ile poz/ölçüm olarak oluşturması gereklidir.

Bu çalışmada Doğuş-USV için, stereo görüntü kullanılarak(Şekil 3) ortamdaki engellerin haritalanması gerçekleştiriliyor, bilinen başlangıç ve hedef noktası için rota hesaplanacak, yazılım potansiyel alan algoritması kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



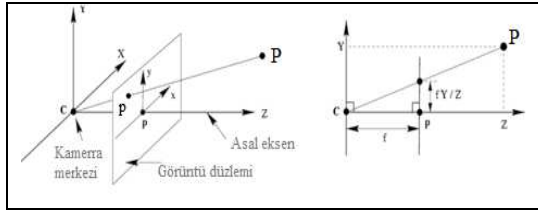
Şekil 3: Stereo Kamera Görüş sistemi

## 3. Stereo Görüş

Bilgisayarla stereo görüş kavramı biyolojik görmenin bir uzantısıdır. Biyolojik görme sisteminin basit modeli, sıkıca destelenmiş sinirlerle beyne bağlı iki sensör (gözler) içerir. İki gözden alınan veriler beyin tarafından üst üste bindirilerek derinlik algısı yaratılmasında kullanılır. Benzer şekilde stereo görme iki kameranın iletim hattı ile ana bilgisayara bağlanıp görüntülerin merkezi işlem biriminde analiz edilmesiyle sağlanır. Cismin kameralara uzaklığının bulunması trigonometrik ve optik hesaplamalara dayanır.

### 3.1. Kamera Geometrisi

Kameralar, üç boyutlu bir cismin görüntüsünü, görüntü düzlemi üzerinde iki boyutlu yansımasından oluşturur. En basit kamera modeli iğne deliği kamera modelidir. Parlak ışığa maruz kalan insan gözü ve küçük diyafram açıklıklı fotoğraf makineleri de benzer davranış sergiler. Bu kamera modelinde uzay içerisindeki noktaların merkezi izdüşümü sanal düzleme düşer. İz düşüm merkezi, Öklid uzayının orijini ve düzlemi görüntü düzlemi olarak belirlenmiştir. Görüntü düzlemine paralel uzanan odak düzlemine olan uzaklık  $f$  odak uzaklığı olarak tanımlanır. İğne delikli kamera modeline göre koordinatları  $P(X,Y,Z)$  olan uzayda ki bir noktanın eşlemesi,  $P$ 'den izdüşümü merkezine giden bir doğrunun görüntü düzlemini kestiği noktada oluşur (Şekil 4).



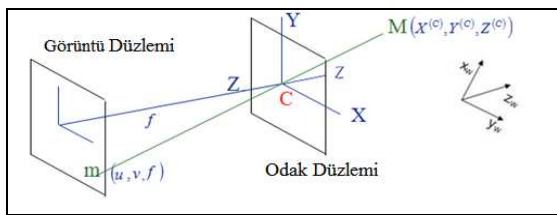
Şekil 4. İğne delikli kamera modeli izdüşümü

$P(X,Y,Z)$  noktasının, üçgen benzerliği kullanılarak  $P\left(f \frac{X}{Z}, f \frac{Y}{Z}, f\right)$  noktasına eşlendiği kolaylıkla bulunabilir.

Projeksiyon merkezinin görüntü düzleminden  $f$  kadar uzakta olduğu düşünülürse, nesnenin gerçek boyu ile görüntü düzlemi üzerindeki boyu;

$$X' = -f \frac{X}{Z}, \quad Y' = -f \frac{Y}{Z} \quad (1)$$

Çift görüşlü kamera sistemlerinde 3 farklı koordinat düzlemi vardır (Şekil 5). Bunlar global (world) referans düzlemi  $(X^{(w)}, Y^{(w)}, Z^{(w)})$  orijini kamera merkezi olan  $(X^{(c)}, Y^{(c)}, Z^{(c)})$  odak düzlemi ve görüntü düzlemini  $(U, V)$ .



Şekil 5. Kamera koordinat sistemi

Kamera modeli, homojen koordinatlar kullanılarak lineer olarak denklem (2) 'deki gibi gösterilebilir:

$$X' = AX \quad (2)$$

İzdüşümsel kamera matrisi olan  $A$  matrisi şu şekilde tanımlanır:

$$m = A[R \ T]M \quad (3)$$

İzdüşümsel kamera matrisi olan  $A$  matrisi şu şekilde tanımlanır:

$$A = \begin{bmatrix} f_x & 0 & c_x \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$(c_x, c_y)$  asal noktanın koordinatları

$(f_x, f_y)$  odak uzaklığının  $x$  ve  $y$  koordinatları

$$\begin{bmatrix} U \\ V \\ S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_x & 0 & c_x & 0 \\ 0 & f_y & c_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X^{(c)} \\ Y^{(c)} \\ Z^{(c)} \\ 1 \end{bmatrix} \Rightarrow m^{(I)} = AM^{(C)} \quad (5)$$

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} \quad \text{ve} \quad T = \begin{bmatrix} T_X \\ T_Y \\ T_Z \end{bmatrix} \quad (6)$$

$R$  ve  $T$  kameranın dışsal parametreleridir:  $R$  rotasyon (dönme) matrisi,  $T$  ise öteleme matrisidir,  $D$  dış kamera matrisidir.

Kamera koordinat sisteminin dünya koordinatına göre ilişkisi aşağıda ki gibidir.

$$\begin{bmatrix} X^{(c)} \\ Y^{(c)} \\ Z^{(c)} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{3 \times 3} & T_{3 \times 1} \\ 0_{1 \times 3} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X^{(w)} \\ Y^{(w)} \\ Z^{(w)} \\ 1 \end{bmatrix} \Rightarrow M^{(C)} = DM^{(w)} \quad (7)$$

Özetle, dünya koordinatlarda verilen bir nokta aşağıdaki denklem(8) kullanılarak iki boyutlu bir görüntü düzlemine düşürülür.

$$m^{(I)} = PM^{(C)}, M^{(C)} = DM^{(w)} \Rightarrow m^{(I)} = PDM^{(w)} \quad (8)$$

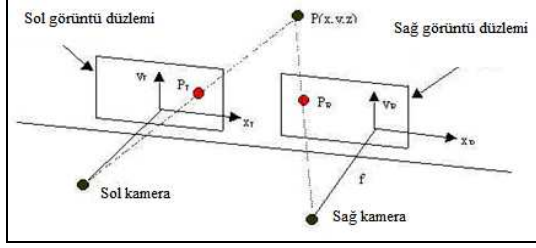
$$\begin{bmatrix} U \\ V \\ S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_x & 0 & c_x & 0 \\ 0 & f_y & c_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{3 \times 3} & T_{3 \times 1} \\ 0_{1 \times 3} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X^{(w)} \\ Y^{(w)} \\ Z^{(w)} \\ 1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

İğne deliği kamera modeli iki çeşit parametre seti ile karakterize edilir. İçsel parametreler kameranın optik özelliklerini açıklar, harici parametreler de gerçek dünya üzerindeki kamera konumu ve yönünü tarif eder. 4 çeşit iç parametre vardır. Bunlardan ikisi görüntü koordinat düzlem orijini, diğer ikisi de düzlem kümeleri arasındaki eksen ölçekleme faktörüdür. Aynı zamanda 6 adet dış kamera parametresi bulunur. Bunlardan 3'ü yansımanın merkezinin koordinatları, diğer 3'ü de görüntü düzlemi koordinatlar kümesinin yönelimi içindir[5].

### 3.2. İkili görme geometrisi

Görüntü işleyebilen sistemler, sadece 2 boyut ile sınırlı olmamakla beraber birden fazla noktadan alınan görüntüler ile cisimlerin derinlik bilgisi ve 3 boyutlu şekilleri algılanabilmektedir.[6] Yan yana duran ve aynı yöne bakan 2

adet kameranın paralel bir düzleme sabitlenmesiyle oluşan sistem Şekil 6'da verilmiştir.

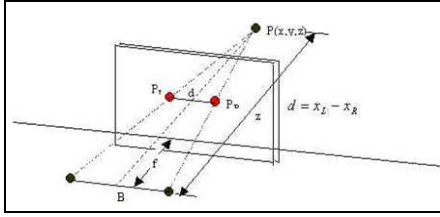


Şekil 6. Paralel eksen teoremi

Cismin sol kameradaki görüntüsü sağ kameradakinin farklı olur. Aradaki bu fark, kameralar arasındaki mesafeye ve cismin kameralara olan uzaklığıyla değişmektedir. Kameralar arasındaki mesafe ölçüldükten sonra görüntüler arasındaki fark kullanılarak cismin kamera eksenine uzaklığı bulunabilir. Bu yöntemle stereo vizyon (ikili görme) denmektedir[7].

$P(X, Y, Z)$  noktası sol görüntü düzlemindeki  $P_L$  noktasının ve sağ görüntü düzlemindeki  $P_R$  noktasının izdüşümüdür.  $(x_L, y_L)$ ,  $(x_R, y_R)$  ve  $(x, y, z)$  sırasıyla sol koordinat sağ koordinat ve evrensel koordinatlarıdır.

Kameralar yatay düzleme sabitlendiği için (disparity) stereo uzaklık vektörünün dikey bileşeni sıfırdır. Objenin derinliği (z-f) stereo uzaklığın eşitsizliğiyle ters orantılıdır.



Şekil 7. Derinlik kestirimi ve stereo uzaklık (aykırılık)

Kameralar yatay düzleme sabitlendiği için (disparity) stereo uzaklık vektörünün dikey bileşeni sıfırdır. Objenin derinliği (z-f) stereo uzaklığın eşitsizliğiyle ters orantılıdır.

$$Z - f = \frac{f * B}{d} \quad (10)$$

Denklem (10), Şekil (7)'den elde edilmiştir.

### 3.2.1. Stereo görüş ile uzaklık hesabının sadeleştirilmesi

Kameralar aynı model ve marka olup yatay bir düzleme sıkıca sabitlenerek kameraların birbirlerine göre aynı pozisyonda kalması sağlanmış ve hareketleri engellenerek kontrol parametrelerinin sadeleştirilmesi sağlanmıştır. Görüş açıları birbirine eşit iki kameranın cisme uzaklığı (R) yataydaki piksel sayısının ölçekli oranının, sol ( $x_L$ ) ve sağ ( $x_R$ ) görüntüler arasındaki yatay kayma miktarına (disparity) bölünmesi ile de hesaplanabilmektedir.

$$\frac{R}{D_3} = \frac{R + f}{W \left( \frac{x_L}{R} - \frac{x_R}{R} \right)} \quad (11)$$

Cismin uzaklığının bulunabilmesi için denklem aşağıdaki gibi düzenlenmiştir:

$$R = C_{sabit} \frac{1}{(X_L - X_R)} \text{ ve, } C_{sabit} = \frac{D_3 f T}{W} \quad (12)$$

Denklemdaki  $D_3$  kamera sensörleri arasındaki uzaklık,  $f$  odak uzaklığı ve  $W$  sensörün genişliği boyunca piksel sayısı,  $C$  sabitini oluşturur. Bu sabitin değeri yaklaşık olarak deneysel çekimlerle elde edilebilir. [8]

## 3. Rota planlaması

Rota planlamasında amaç, bilinen bir başlangıç noktasından engellere çarpmadan en kısa yol ve zamanda hedefe ulaşmaktır. Potansiyel Alan Yaklaşımı, mobil robotik uygulamalarında sıkça kullanılan bir yöntemdir. Potansiyel alan yaklaşımı, çalışma alanının yapay bir potansiyel alanla dolu olduğunu kabul etmektir. Robotun gideceği hedef çekici bir vektör yaratarak robotun hedefe çekilmesini, robotun yakınındaki engeller ise itici vektörler yaratarak robotun engellerden uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Robot bu çekici ve itici vektörlerin bileşkesi sonucu elde edilen yönde ve hızda hareket etmektedir. [9]

IDA, skalar potansiyel alan  $U$  etkisi altında bir parçacık olarak düşünebiliriz. Aracımıza etki eden potansiyel alan:

$$U = U_{çekici} + U_{itici} \quad (13)$$

Kuvvet vektör alanı  $F(q)$ , potansiyel alan  $U$ 'nın gradyanı olarak aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$F(q) = -\nabla U_{çekici} + \nabla U_{itici} \quad (14)$$

Khatib tarafından[10] en sık kullanılan potansiyel alan fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$U_{att}(q) = \frac{1}{2} \xi d^m(q, q_{hedef}) \quad (15)$$

Burada  $q$  taşıtın güncel kordinatları,  $q_{hedef}$  ise gidilecek noktanın koordinatları,  $\xi$  ise çekici potansiyeli etkileyen,  $d(q, q_{hedef})$  ise UDA güncel pozisyonu ile hedef-varış noktası arasında ki uzaklıktır.  $m = 1$  ise, çekici potansiyel konik,  $m = 2$  ise potansiyel paraboliktir.  $U$  fonksiyonunun hedeften uzaklaştıkça değeri artmaktadır. Bu fonksiyonun, doğal olarak hedef noktasında minimuma sahip olacaktır. Hedef noktası, aşağıdaki çekici kuvvetle aracımızı çekecektir.

$$F_{çekici}(q) = -\nabla U_{çekici}(q) = \xi (q_{hedef} - q) \quad (16)$$

İtici kuvvetleri engeller oluşturmaktadır.

$$U_{itici}(q) = \begin{cases} \frac{1}{2} \eta \left( \frac{1}{d(q, q_{engel})} - \frac{1}{d_0} \right) & \text{eger } d(q, q_{engel}) \leq d_0 \\ 0 & \text{eger } d(q, q_{engel}) > d_0 \end{cases} \quad (17)$$

$\eta$  pozitif ölçekleme faktörü,  $d(q, q_{engel})$  IDA ile engel arasında ki en kısa mesafe,  $q_{engel}$  engel üzerinde ki IDA en yakın nokta,  $d_0$  ise engelin uzaklığının etkisini gösteren pozitif sabittir. İtici kuvveti aşağıda ki gibi yazabiliriz.

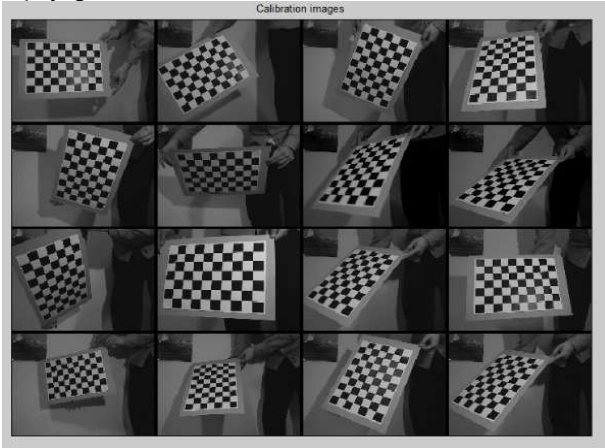
$$Fitici(q) = \begin{cases} \frac{1}{d^2(q, q_{engel})} \nabla d(q, q_{engel}) & \text{eger } d(q, q_{engel}) \leq d_0 \\ 0 & \text{eger } d(q, q_{engel}) > d_0 \end{cases} \quad (18)$$

Toplam kuvveti, itici ve çekici kuvvetleri toplayarak bulabiliriz. Birçok durumda potansiyel alan metodu başarıyla hedefe giden rotayı hesaplayabilmektedir. Bazı durumlarda, yerel minimum içine düşen bir hedefe ulaşmakta başarısız olabilmektedir. Bu durum için algoritmamızı geliştirmemiz gerekmektedir.

## 4. Deneysel sonuçlar

### 4.1. Kamera kalibrasyonu

Stereo görüş ile engelin kamera düzlemine olan uzaklığının hesaplanabilmesi için kameranın iç ve dış parametrelerine ihtiyaç vardır. Bu parametreler Bouguet'in Matlab kullanarak geliştirdiği kamera kalibrasyon aracı yardımıyla hesaplanabilir[11]. Kameralar ölçüleri bilinen bir kalibrasyon nesnesinin farklı açılardan alınmış görüntüleri kullanılarak kalibre edilir. Satranç tahtası benzeri (Şekil 8) eşit kenarlı ve köşeli bir cismin farklı açı ve uzaklıklardan alınmış görüntüleri ile kalibrasyon sonrasında elde edilen iç parametreler lens bozukluklarının düzeltilmesinde kullanılır. Dış parametreler ise kameralar arasındaki göreceli geometrik ilişkiyi göstermektedir.



Şekil 8. Farklı açı ve uzaklıklardan çekilmiş kalibrasyon görüntüleri

Stereo görüş ile uzaklık hesaplanabilmesi için ikinci bir yol da belirlenen arayla yerleştirilen bir cismin, stereo kamera düzeneğinden alınan görüntülerinden hesaplanan aykırılık (disparity) değeri ile gerçek uzaklığın çarpılmasıyla C kamera sabitinin bulunmasıdır .

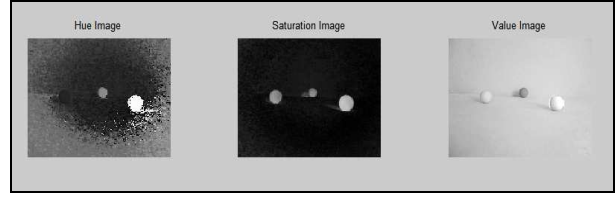
C sabitinin bulunmasıyla cisimlerin kameraya uzaklıkları, bulunan sabitin iki resim arasındaki yatay aykırılık değerine bölünmesi ile kolaylıkla hesaplanabilir.

### 4.2. Engel tanıma

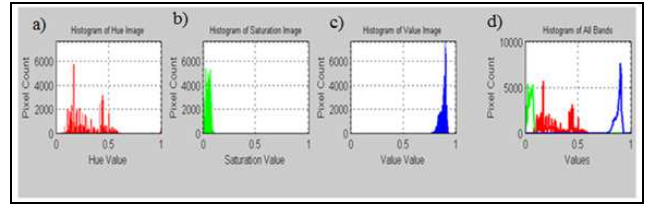
Kameradan alınan görüntüler sadece sayılarla tanımlanır. İmge işlemede görüntünün kodlanması için bir çok metod olmakla beraber en çok kullanılan renk uzayı RGB'dir. Bu sistem, Red, Green, Blue yani kırmızı yeşil mavi olarak tanımlanan üç

temel rengin karışımıyla belirtilir ancak görüntü alındığında ortamın aydınlığı, işaretin solgun olması ve kameradan kaynaklanabilecek nedenlerle RGB uzayı renk temelli bir alan belirlemeye uygun değildir. RGB aksine görüntünün işlenmesine daha uygun olan HSV (hue, saturation, value) renk uzayı, renkleri sırasıyla renk tonu, doygunluk, parlaklık olarak tanımlanmıştır. Doygunluk saf rengin içerdiği beyazı ölçer. Şekil 10'da görüldüğü üzere değerler 0 1 arasında değişir.

Stereo görüş ile engellerin tespiti ve uzaklıklarının başarılı bir şekilde ölçülebilmesi için mavi,yeşil, sarı, kırmızı renkli engellerin birbirinden ayrılabilmesi gerekmektedir. RGB renk uzayının imgeden sarı rengin tespiti için yetersiz kalması sebebiyle HSV uzayında çalışma yapılmıştır. Cisimlerin algılanması ve uzaklıklarının bulunabilmesi için Matlab'da kullanıcı ara yüzü tasarlanmıştır.



Şekil 9. Orijinal görüntünün ton (Hue), doygunluk (saturation), parlaklık (value) görüntüleri



Şekil 10. Ton, doygunluk ve parlaklık görüntülerinin histogram değerleri

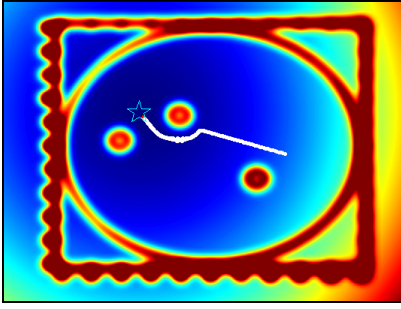
İlk önce HSV uzayına dönüştürülen görüntü (Şekil 9), ardında ikili görüntüye çevrilmiş ve çeşitli filtreleme yöntemleri ile gürültü değerleri yok edilmiş, böylece sadece sarı, kırmızı ve mavi tonlar maskelenmiştir .



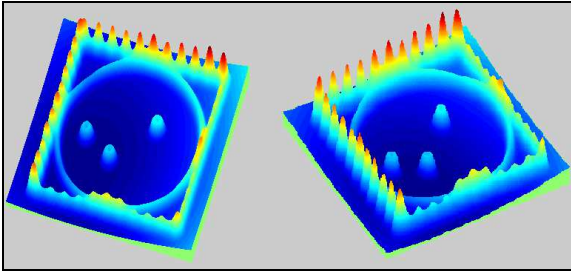
Şekil 11. Cisim konumlarının gösterimi

Engeller Matlab ortamında yazılan algoritma ile ağırlık merkezlerinin koordinatları ve yarıçapları (Şekil 11) bilgisi elde edilerek ölçeklenir ve kuşbakişi görünümüne göre haritalanır. Şekil 12'de engellere çarpmadan arasından geçerek bulunduğu noktadan hedef noktasına vardığı görülebilir. Kırmızı alanlar yüksek zemini, engelleri temsil

eder. Hedef koyu mavi alanda, yani minimum enerjinin bulunduğu noktadır. (Şekil 13)



Şekil 12: Rota bulma



Şekil 13: Potansiyel alan haritasının 3-Boyutlu gösterimi

Cisimlerin algılanması ve uzaklıklarının bulunabilmesi için Matlab'de geliştirilen kullanıcı ara biriminin ekran görüntüsü Şekil 14'tedir.



Şekil 14:Doğu USV, rota bulma arayüzü

#### 4. Sonuçlar

İnsansız deniz taşıtlarını geliştirmek, askeri ve sivil keşif, uygulamaları arama için çok önemlidir. Projemizin ilk aşamasından uzaktan kumandalı olarak çalıştırabildiğimiz, Doğu USV aracımıza ikinci aşamasında stereo görme ekleyerek haritalandırma ve rota hesaplama özelliği kazandırdık. Bilgisayar görüşü ve rota planlama, daha önceden bilgi sahibi olunmayan bir çevrede çalışabilmek için mutlaka gereklidir. Bu bildiriye bu amaca ulaşabilmek için laboratuvar ortamında, stereo görüş simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Rota

planlaması için gerçek zamanlı uygulayabileceğimiz, potansiyel alan yöntemi kullanılmıştır.

#### Kaynakça

- [1] A. Motwani, "A Survey of Uninhabited Surface Vehicles",MIDAS Technical Report: MIDAS.SMSE. 2012.TR.001 , 2012
- [2] OwIMKII, <https://www.wamiltons.com/project/index.php>
- [3] Springer: The Unmanned Surface Vehicle, Plymouth University, UK. [www.springer-usv.com](http://www.springer-usv.com)
- [4] S. Batı, H.A. Oğul, C. Karaçizmeli, D.B. Tükel, "Human-Computer Interface for Doğu Unmanned Sea Vehicle," Robotic Sailing 2012-2013, s:61-71
- [5] Intel Referans Manuel, Open Source Computer Vision Library,2001
- [6] R. Hartley, A.Zisserman, Multiple View Geometry, June 1999
- [7] Aktaş K., Bir Cismin 2-Boyutlu Resimlerinden 3-Boyutlu Modelinin Üretilmesi,2007
- [8] K. A. Baravik. Object Localization and Ranging using StereoVision for use on Autonomous Vehicles,2009
- [9] E.Çınar, O.Parlaktuna, A.Yazıcı, Robot Navigasyonunda Potansiyel Alan Metodlarının Karşılaştırılması ve İç Ortamlarda Uygulanması, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği 12. Ulusal Kongresi ve Fuarı Bildirileri, 2007
- [10] O. Khatib, "Real time obstacle avoidance for manipulators and mobile robots", The International Journal of Robotics Research, Vol. 5, No. 1, s.90-98, doi.12