

## GPS Verisinin Alınmadığı Ortamlarda Otonom Görev Yapabilen Gemi İçin Sensör Kaynaştırma Algoritmaları Tasarımı, Gerçeklenmesi ve Testi

Caner ÇELİK<sup>1,2,\*</sup>, Prof.Dr. Yaşar BECERİKLİ<sup>1,3,\*\*</sup>

<sup>1</sup> Bilgisayar Mühendisliği Bölümü / Mühendislik Fakültesi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli/Türkiye

<sup>2</sup> Bilgisayar Mühendisliği Bölümü / Milli Savunma Üniversitesi Deniz Harp Okulu, İstanbul/Türkiye

<sup>3</sup> Adli Bilişim İhtisas Dairesi, Adli Tıp Kurumu, İstanbul, Türkiye

\*[205112003@kocaeli.edu.tr](mailto:205112003@kocaeli.edu.tr)

\*\*[ybecerikli@kocaeli.edu.tr](mailto:ybecerikli@kocaeli.edu.tr)

(Geliş Tarihi: 08 Temmuz 2023, Kabul Tarihi: 24 Temmuz 2023)

(5th International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences ICAENS 2023, July 10 - 12, 2023)

**ATIF/REFERENCE:** Çelik, C. & Becerikli, Y. (2023). GPS Verisinin Alınmadığı Ortamlarda Otonom Görev Yapabilen Gemi İçin Sensör Kaynaştırma Algoritmaları Tasarımı, Gerçeklenmesi ve Testi. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 7(6), 156-162.

**Özet** – Günümüzde yapılan otonom araç çalışmalarında insansız deniz araçları da önemli yer tutmaktadır. Su üstü ve sualtı araçları seyirlerini gerçekleştirdikleri sırada buldukları konum bilgisine ihtiyaç duyarlar. İlgili konum bilgisi araçların yönlerini tayin etmeleri konusunda yardımcı olur. Denizcilerin konum bildirme uygulamaları haricinde özellikle geçmişte kullandıkları bazı yöntemler vardır. Parakete Seyri, Pusula ile Yön Tayini, Yersel ve Göksel Seyir çalışmaları denizcilerin yön seçiminde hayli önemlidir. Çıkış noktaları, hızları ve konumu bilinen araçlar için, daha önce belirlenmiş lokasyonlar kerteriz alınarak sapmalar hesaplanabilir ve yön tayini yapılabilir. Otonom deniz araçlarında insan faktörü bulunmayacağından bu araçlarda yön tayini yapılabilmesi için GPS (Global Positioning System) vb. global konum belirleme sistemlerinin haricindeki yön belirleme çalışmalarını yapabilecek bir sisteme ihtiyaç duyulur. Bu sistem bizim çalışmamızda oluşturulmuş ve maket bir gemiye entegre edilmiştir. Bu bildiri kapsamında gemi başlangıç noktasında tanımlanan rotaya uygun olarak pusula ile yön tayini yapmış, seyir esnasında görüntü işlemiş, konum belirlemiş ve otonom bir şekilde limana aborda olmuştur. Test ortamında bulunan ve koordinatları bilinen adalar, şamandıralar, sahiller vb. sisteme eklenmiş ve bu noktalara gelindiğinde aracın bulunduğu konum bilgisi güncellenmiş ve rota bu koordinata uygun olarak yeniden değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen otonom gemi projesinde bu veriler işlenerek geminin konum bilgisi, rotası ve rota tutma kabiliyeti incelenmiş ve geliştirilmiştir. İlerleyen süreçte farklı ölçüm yöntemleri ve algoritmalar kullanılarak aralarındaki farklar incelenecek ve en optimum sonuca ulaşılan yöntem ile geliştirme sürecine devam edilecektir.

**Anahtar Kelimeler** – Görüntü İşleme, Parakete Seyri, Otonom Seyir, Pusula İle Seyir, Sensör Kaynaştırma

### I. GİRİŞ

Otonom seyir, bir aracın insan müdahalesi olmaksızın kendiliğinden seyahat etme yeteneğini ifade eder. Bu, aracın kendi içerisinde bulunan sensörler, haritalar, yapay zekâ ve otomasyon

sistemleri sayesinde çevresini algılayarak hareket etmesini sağlar. Otonom bir sistemin çalışabilmesi için başlangıç noktası, hedefi, hedefe ilerlerken kullanacağı rota bilgisinin bilinmesi bir gerekliliktir. Rota tayin edilirken, denizde aracın

karşılaşacağı engeller bilinmez. Ayrıca rüzgâr, dalga gibi faktörler aracın hızını etkiler. Bu sebeple araç hesaplanan sürede belirlenen noktada olamaz. Böyle bir durumda belirli aralıklarla aracın konum bilgisi doğrulanarak, yeni rota tayini yapılabilir. Bu işlemin, GPS olmadığında otonom olarak yapılabilmesi için bu çalışma gerçekleştirilmiştir. Yaptığımız araştırmalarda, yapılan çalışmalarda hazır haritalar, GPS gibi yöntemlerin kullanıldığını görülmüştür [1]. Fakat bu projede sensör kaynaştırma algoritmaları üzerinde çalışılmıştır.

Denizde konum belirlemek için çeşitli yöntemler kullanılabilir. Bu yöntemlerden bazıları [2]:

- GPS: GPS, uydu tabanlı bir navigasyon sistemidir ve dünya genelinde konum belirleme imkânı sağlar. GPS ile uydu sinyallerini alarak konum belirlenebilir. GPS, kesin ve güvenilir konum bilgileri sağlar, ancak sinyal alımının zor olduğu yerlerde veya sinyal kesintileri olduğunda doğru sonuçlar vermeyebilir.

- Pusula: Pusula, manyetik kuzeyi gösteren bir araçtır. Denizde pusula kullanarak, belirli bir yön veya hedef kerteriz alınabilir ve o yönde ilerlenebilir. Ancak pusula, manyetik alanlardan etkilenebilir ve doğru sonuçlar için düzgün bir kalibrasyon gerekir.

- Haritalar ve Deniz İşaretleri: Deniz haritaları, denizlerde navigasyon için önemli bir kaynaktır. Haritalarda, kara parçaları, limanlar, deniz işaretleri, boğazlar ve diğer navigasyon noktaları gibi bilgiler yer alır. Haritaları kullanarak konum belirlenebilir, rota planlanabilir ve önemli noktaları tanımlanabilir.

- Radar: Radar, elektromanyetik dalgalar kullanarak nesnelere tespit etmek ve konumlarını belirlemek için kullanılır. Radar, diğer gemileri veya kara parçalarını tespit ederek konum belirlemeye yardımcı olabilir. Ancak radar, sadece belirli bir mesafedeki nesnelere algılar ve sınırlı bir görüş mesafesi sağlar.

- Optik Navigasyon: Optik navigasyon yöntemleri, teleskoplar veya dürbünler gibi optik cihazları kullanarak konum belirlemek için kullanılır. Kara parçaları, deniz işaretleri veya diğer tanımlayıcı özelliklerin optik olarak tespit edilmesiyle konum belirlenebilir.

Sensör kaynaştırma, farklı sensörlerden gelen verileri birleştirerek daha doğru ve güvenilir sonuçlar elde etmeyi amaçlayan bir tekniktir. Sensör kaynaştırma algoritmaları, farklı sensörlerin verilerini entegre ederek birbiriyle uyumlu hale

getirir ve sonuçları analiz eder. Kalman Filtresi, Parçacık Filtresi, Genetik Algoritma, Unscented Kalman Filtresi, Hedef Takip Algoritmaları yaygın olarak kullanılan bazı sensör kaynaştırma algoritmalarıdır.

Literatür taramasında otonom araçlarla ilgili çalışmaların çok eski yıllara dayandığı görülmüştür. İnsansız araçların ilk örneklerinin denizcilik alanında olduğu ve M.Ö. 333 yılına dayandığı, dönemde Lübnan'ın Sur kentini kuşatan Büyük İskender bir mendirek yaptırılmış, Surlular ise bu mendireğe yanıcı maddelerle doldurdukları kundak gemileri göndererek yakmışlardır. Sanayinin geliştiği dönemlerde bu alanda yapılan çalışmalar da hız kazanmıştır. 1868 yılında Whitehead tarafından geliştirilen ve kendinden tahrikli olan torpido, 1870'te ise Werner Siemens isimli bir subayın tasarladığı uzaktan kumandalı insansız deniz aracı bu alanda ortaya çıkan ilk örneklerdendir [3].

1898 yılında ise Tesla radyo dalgalarını kullanarak ilk kez bir geminin kontrolünü gerçekleştirmiştir [4].

Yapımı 2015 yılında tamamlanan MUNIN (Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks), ticari faaliyetlerde kullanılmak amacıyla hayata geçirilmiş otonom projelerden birisidir. Personel giderlerinin azaltılması, personel kaynaklı kazaların önüne geçilmesi amacıyla proje Avrupa Birliği desteği ile hayata geçirilmiştir. Uydu bant genişliğinin kısıtlı olduğu bölgelerde yaşanabilecek problemler sebebiyle gemi tam otonom hale getirilmemiştir. Otonom seyir, otonom makine takibi, kıyı kontrolü gibi görevleri gerçekleştirebilme kabiliyetine sahiptir [5].

2015-2017 yıllarında Finlandiya Devleti ve Rolls Royce ve FinFerries firmalarının beraber geliştirdiği AAWA (Advanced Autonomous Waterborne Applications) projesinde, insansız ticari gemileri uzaktan yönlendirmek üzerine çalışılmış ve inşası Türkiye'de gerçekleşen 28 metre uzunluğundaki Svitzer Hermod römörkörünü uzaktan yönetilmiştir [5].

2020 yılında ise Yara Denizcilik ve Kongsberg teknoloji firmaları tarafından dünyanın ilk otonom ve tamamen elektrikli konteyner gemisi denize indirilmiştir. 80 metre uzunluğa, 15 metre genişliğe sahip gemiye Yara Birkeland adı verilmiştir [5].

Gemi navigasyonunda GPS, yaygın olarak kullanılan bir konum belirleme yöntemidir. Ancak,

bazı durumlarda GPS sinyaline erişim zor olabilir veya tamamen kaybolabilir. Bu durumda, geminin otonom görevlerini başarıyla yerine getirmesi için geleneksel navigasyon yöntemlerine başvurmak önemlidir. Alternatif konum belirleme yöntemleri (parakete ve pusula ile seyir gibi) ve sensör kaynaştırma algoritmaları gereklidir. Geleneksel navigasyon yöntemlerini bilmek ve kullanmak, modern teknolojiye bağımlı olmadan seyahat etme becerilerini geliştirmek açısından son derece önemlidir. Parakete ve pusula ile seyir yöntemi, bu becerilerin pratik uygulamasını sağlar.

Temel seyir sistemlerinde, seyrin esas unsuru mevki koymak ve bunun için gerekli verileri doğru kullanabilmektir. Yön belirleme çalışması yapılırken kullanılacak sistemlerden birisi manyetik pusulalardır. Manyetik pusula, dünyanın manyetik alanından faydalanarak manyetik kuzeyi gösterir ve bu sayede yön bulmaya yardımcı olur [6].

Bu bildiriye, otonom seyir yapabilecek şekilde tasarlanmış bir maket gemi, maket gemi havuzunda, belirlenen bir rotada parakete seyri gerçekleştirecek, daha önce konumu belirlenmiş cisimleri algılayarak II. Bölümde açıklandığı şekliyle konum tespiti gerçekleştirecek ve sapma olması durumunda rotasını güncelleyecektir.

## II. MATERYAL VE YÖNTEM

### A. Denizcilikte Kullanılan Seyir Yöntemleri

Parakete ve pusula ile seyir, denizcilikte ve açık alanlarda yolculuk yaparken kullanılan bir yöntemdir. Parakete, bir deniz aracının arkasına bağlanan ve suyun üzerinde sürüklenerek hareket eden bir cisimdir. Parakete, su akıntısına maruz kalarak aracın hareket ettiği hız ve yön hakkında bilgi sağlar [7].

Parakete ve pusula ile seyir yöntemi şu adımları içerir:

1. Başlangıç Noktasının Belirlenmesi: Seyrin başlangıç noktasını belirlenir ve pusula üzerindeki manyetik kuzey gözlemlenir.
2. Paraketenin Suya Bırakılması: Parakete, deniz aracının arkasından suya bırakılır ve geminin hızı ve diğer doğa şartlarının etkisiyle hareket etmesi sağlanır.
3. Hızın Belirlenmesi: Paraketeyi su üzerinde sürüklerken bir kronometre veya saat kullanarak

belirli bir süre tutulur ve bu süre boyunca parakete takip edilir, cismin geçtiği mesafe kaydedilir.

4. Yönün Belirlenmesi: Pusula kullanarak aracınızın yönünü belirlenir.

5. Seyir Hesaplaması: Belirli bir süre boyunca parakete takip edildiğinden geminin ortalama yer değişimi elde edilir. Daha sonra bu değerle süre çarpıldığında belirli sürede yapılan seyir mesafesi elde edilir.

### B. Projenin Gerçeklenmesi

Bu bildiriye kullanılan gemi, gemi havuzunda teste tabi tutulmuş ve Tablo 1'deki sonuçlar elde edilmiştir. Havuz içerisinde ideal şartlar altında ölçümler yapıldığından elde edilen sonuçlar sabittir.

Tablo 1. Gemi Hızı

Gemi Hareketi	Güç	%100 güç ile	%60 güç ile
İleri		2 m/s	1 m/s
Tornistan (Geri)		1 m/s	0,5 m/s

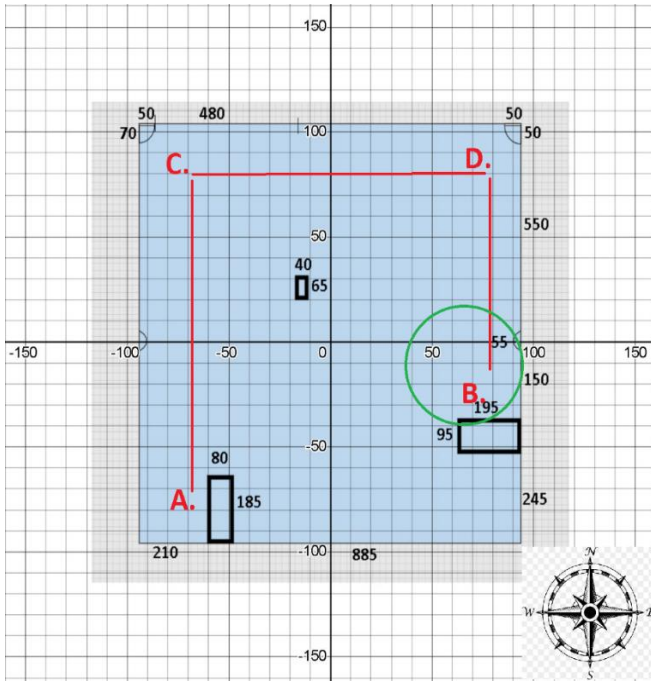
Geliştirilen otonom geminin A noktası ile B noktası arasındaki seyir başlatılmadan önce gemiye bir rota tahsis edilir. Şekil 1'de gösterildiği gibi geminin iki nokta arasında belirlenmiş rotayı takip etmesi sağlanır ve otonom seyrin yapılması sağlanır.

Gemi seyre başlamadan önce belirlenen rotaya uygun hareket etmesini sağlamak ve bunu kontrol etmek amacıyla üçüncü bir ara nokta kerteriz alınır ve geminin bu noktaya ulaşması hedeflenir. Bu amaçla gemiye, 000° (Yıldız) rotasında %60 güç ile 6 saniye süresince ilerlemesi talimatı verilir. Amaç, geminin A-C noktaları arasındaki 600 mm'lik mesafeyi, parakete hesabı yöntemi ile  $6 \times 1 = 6$  saniye sürede seyretmesidir.

Geminin, seyri esnasında meydana gelebilecek riskler araştırılır. Gemi bu riskleri ortadan kaldırmak veya bunlardan zarar görmemek amacıyla çevresini sensörleri yardımıyla tarar. Bir engel ile karşılaşılması durumunda, engel sancak (sağ) tarafta ise, gemi engelden kaçınmak amacıyla dümeni iskele tarafa döndürür ve iskele makinesini durdurur. Tehdit ortadan kalkıncaya kadar dümen ve makine hareketleri bu şekilde devam eder. Tehdit ortadan kalktığında, gemi yaptığı manevranın tersini gerçekleştirerek yeniden rotasına oturur ve her iki makineyi eski gücüne geri

döndürür. Engelin iskele tarafta olması durumunda komutlar ters yönde uygulanır.

Gemi C noktasına ulaştığında kesin konumunu belirlemek için üzerine yerleştirilmiş mesafe sensörleri ve Raspberry Pi Kamerasından faydalanır. Bu sensörler belirlenen alanı tarayarak hedefi bulur ve geminin kesin konumunu tespit eder. Lazer mesafe bulucu sensöründen alınan mesafe bilgisi, geminin kesin konumunu belirlemesine yardımcı olur. Kesin konumun belirlenmesinde kullanılan yöntemler D. Kesin Konum Belirleme Başlığı altında açıklanmıştır.



Şekil 1. Gemi Yüzdürme Havuzunun 1/5 Ölçekli Krokisi ve Geminin Örnek Hareketi

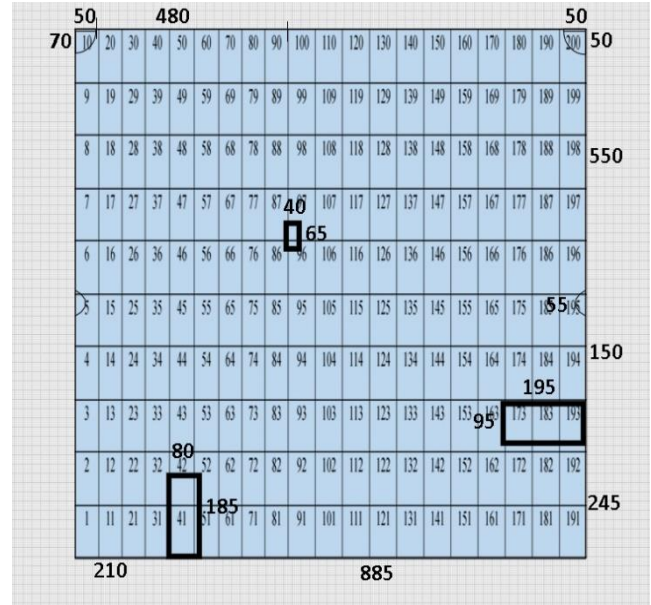
### C. Gemi Yüzdürme Havuzu

Bu bildiriye kullanılan gemi havuzunun kullanılabilir alanı 1095x945 mm ölçülerindedir. Havuz içerisinde kerteriz alınabilecek 5 farklı nokta bulunmaktadır. Bunlar;

- İki adet 50x70 mm ve 50x50 mm ölçülerinde kayalık,
- Bir adet 40x65 mm ölçüsünde kolon,
- İki adet 185x80 mm ve 195x95 mm ölçülerinde iskeleler.

Havuzun krokisi Şekil 2'de gösterildiği gibidir. Geminin bulunduğu noktanın belirlenmesi amacıyla havuz eşit karelere bölünmüş ve bu

kareler numaralandırılmıştır. Şekil 3'te bu çalışmada kullanılan gemi, havuz ve havuz içerisinde bulunan ve kerteriz almak için kullanılan kayalık ve kolon gösterilmiştir.



Şekil 2. Gemi Havuzunun Eşit Parçalara Bölünmüş Hali



Şekil 3. Bu Çalışmada Kullanılan Gemi ve Havuz

### D. Kesin Konum Belirleme

Hedef takip algoritmaları, farklı sensörlerden gelen verileri kullanarak bir hedefin konumunu ve hareketini takip etmeyi amaçlayan algoritmalarlardır. Bu algoritmalar, nesne takibi, hareketli hedeflerin izlenmesi, araçların takibi gibi çeşitli uygulamalarda kullanılır [8].

Bazı hedef takip algoritmaları örnekleri:

1. Öklidyen Mesafe Tabanlı Takip: Bu algoritma, hedefin önceki konumu ile yeni algılanan konumu arasındaki Öklidyen mesafesini hesaplar. Hedefin konumu, sensörlerden gelen verilere dayanarak belirlenir. Ardından, önceki konum ve yeni konum arasındaki mesafe hesaplanarak hedefin hareket yönü ve hızı tahmin edilir.

2. Hareketli Hedefin Sabit Hızlı Modeli: Bu algoritma, hareketli bir hedefin sabit hızlı olduğunu varsayar. Sensörlerden gelen veriler kullanarak hedefin konumu ve hızı tahmin edilir. Örneğin,

radar veya LIDAR (Laser Imaging Detection and Ranging) gibi sensörlerle hedefin mesafesi ve açısı ölçülerek konum ve hız tahmini yapılabilir.

3. Ölçüm Birleştirme: Bu algoritma, farklı sensörlerden gelen ölçümleri birleştirerek hedefin konumunu ve hareketini tahmin etmeyi hedefler. Örneğin, radar, kamera ve LIDAR gibi sensörlerin verileri birleştirilerek daha kesin bir hedef takibi gerçekleştirilebilir. Kalman filtresi veya parçacık filtresi gibi sensör kaynaştırma teknikleri, farklı sensörlerden gelen verileri entegre ederek hedefin konumunu ve hareketini tahmin etmek için kullanılabilir.

4. Optik Akış Tabanlı Takip: Bu algoritma, kameradan gelen görüntü verilerini kullanarak hedefin hareketini takip eder. Optik akış, bir görüntüdeki piksellerin zaman içindeki hareketini temsil eder. Bu bilgi kullanılarak hedefin hareket yönü ve hızı tahmin edilir. Optik akış algoritmaları, hedefin görüntüdeki izini takip ederek hareketini tahmin etmek için kullanılır.

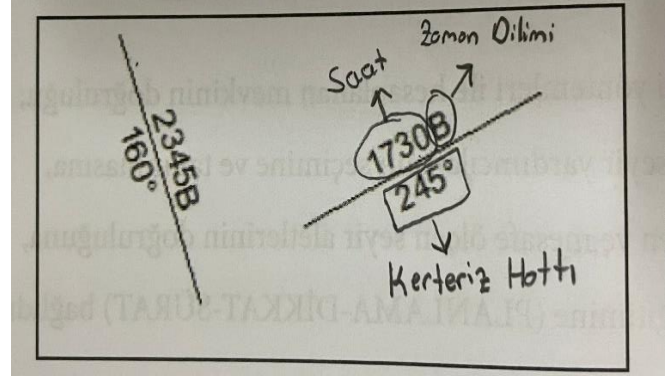
Hedef takip algoritmaları, genellikle sensör verilerinin işlenmesi, hedefin konumunun tahmin edilmesi ve hareketin takip edilmesi adımlarını içerir. Bu algoritmaların performansı, kullanılan sensörlerin doğruluk düzeyine, hedefin hareket hızına ve çevre koşullarına bağlı olarak değişebilir.

Bu bildiri ile sunulan modelde hedef takip algoritmaları kullanılmıştır. Sensör kaynaştırma, hedef takip sistemlerinde de yaygın olarak kullanılır. Farklı sensörlerden gelen veriler hedefin konumunu ve hareketini tahmin etmek için birleştirilir. Örneğin, radar, kamera ve LIDAR verileri hedefin konumunu takip etmek için bir araya getirilebilir. Projede bu veriler kullanılarak hedef cihazın değil, sensörlerin bulunduğu cihazın konum tahmini yapılmaktadır.

Kılavuz seyri, sahil yardımcılara ve sahile yakın seyir yaparken, konumumuzu harita yardımıyla tam ve doğru bir şekilde belirlememizi sağlayan bir yöntemdir. Kılavuz seyri esnasında her 3 dk da bir mevki tayini yapılmalıdır [9].

Merkez Hattı (Kerteriz): Gözlemcinin veya konumunu belirlemeye çalışan kişinin bulunduğu yerden geçen, ölçümle elde edilen hat olarak tanımlanır. Elektronik seyir aygıtları veya pusula kullanılarak mevki hattı (kerteriz) belirlenebilir. Kılavuz seyirde kerterizler genellikle gözlemlerle elde edilir. Bir noktanın diğer noktaya olan yatay açı farkını, referans yöne (kuzey) göre ölçülerek ifade eder. Şekil 4'te ölçümü yapılan değerler

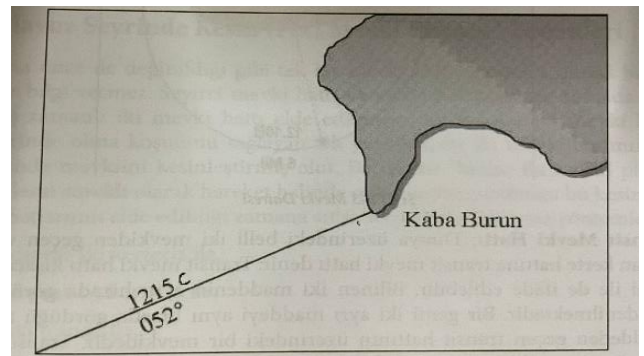
gösterilmiştir. Kerteriz ölçümü için radar, gyro (cayro) repiteri veya pusula kullanılır [9].



Şekil 4. Merkez Hat Üzerindeki Yazıların Açıklaması [9]

Kerteriz belirlemek için, haritada sabit bir hedefe doğru bakılıp görülen hat haritaya çizilir. Çizilen mevki hattı, uzun olmamalı ve tahmini bir mevkiye kadar çizilmelidir. Bu, haritada karmaşıklık ve yıpranma riskini önlemek içindir. Tek başına bir mevki hattı kesin bir konum vermez, sadece geminin bu hattın üzerinde olduğunu belirtir. Geminin kesin mevki bilgisini elde etmek için en az iki mevki hattına ihtiyaç vardır.

Kılavuz seyirinde kesin (fix) mevki koyma işlemi için sadece bir mevki yolunu kullanmak yeterli değildir. Gözlemci, çizdiği yolun herhangi bir noktasında olabilir. Kesin bir konuma ulaşmayı sağlayan kılavuz seyri, dünya üzerinde kesin olarak bilinen seyir yardımcılarında ve işaretlerden yararlanır [9]. Şekil 5'te bilinen bir noktadan alınan kerteriz işlemi gösterilmiştir.

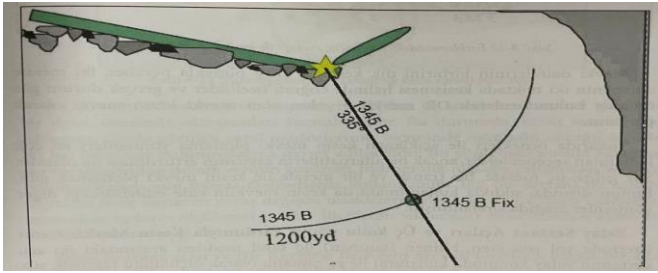


Şekil 5. Mevki Hattının (Kerteriz) Haritaya Plotlanması [9]

Bu bildiride mevki tayini yapılması için; Görüntü İşleme: Kerteriz alınacak 5 nokta belirli olduğu için Python ile görüntü işleme uygulaması

hazırlandı. Raspberry Pi kamerası seyir süresince bir servo motor üzerinde dönüş yaparak geminin pruvasını tarar. 5 bilinen kerteriz noktasından birisi görüntüye dahil olduğunda kamera o açıda sabitlenir ve Aynı Maddeden Bir Kerteriz ve Bir Mesafe ile Kesin Mevki tayini için gerekli ölçümler yapılır.

Aynı Maddeden Bir Kerteriz ve Bir Mesafe ile Kesin Mevki: Seyir yardımcısından veya kerteriz alınan nesneden hem kerteriz hem de mesafe ölçülerek bulunan kesin mevkidir. Mesafe ölçüldüğünde, ölçülen mesafe kadar yarıçapa sahip bir mevki dairesi çizilir. Kesin mevki, bu mevki dairesini birleştiren noktalardan birinde olduğumuzu belirler. Kesin konumu bulmak için yine aynı nesneden alınan kerteriz kullanılır. Böylece Şekil 6'da gösterildiği gibi mevki yayının her derecesi başka bir yeri temsil ettiğinden ve seyir yardımcısına olan uzaklık bilindiğinden kesin mevki bulunmuş olur.



Şekil 6. Aynı Seyir Yardımcısından Alınan Mevki Dairesi ve Kerteriz ile Atılan Bir Fix Mevki [9]

Bu yöntemle gemi, havuz üzerinde belirlenen 5 noktadan herhangi birinden kerteriz alarak kesin konum belirler ve parakete hesabı ile olması gereken nokta ile karşılaştırır.

İlgili noktalar havuz üzerinde belirlenen noktalardır. Ortaya çıkan değerler ideal şartlarda sıfır olması beklenir. Aksi durumda çıkan sayıya mod 10 işlemi uygulanır ve pozitif değer olması durumunda gemi olması gereken noktanın ilerisindedir ve her 1 birim değer için motorlar 1 sn durdurulur, negatif olduğu durumda ise her 1 birim değer için motorlar 1 sn boyunca tam güç ile çalıştırılır.

### III. BULGULAR

Gemi havuzunda şartlar sabit olduğundan yapılan hız ölçümlerinde sabit bir değer elde edilmiştir. Denizde yapılacak seyirlerde parakete hesabı yapılması son derece önemlidir. Belirli sürelerde mevki kontrolü yapılması da doğru bir seyir

gerçekleştirilebilmesi için son derece önemlidir. Proje ölçütü büyüdüğünde toplanan veriler özellikle görüntü işlemi esnasında hayli büyüktür. Bu durumda projede kullandığımız Raspberry Pi cihazının yeterli olmayacağını sonucuna varılmıştır.

Deniz akıntıları, rüzgâr ve diğer dış etkenler seyir hesaplamalarını etkilemektedir. Bu çalışma kapalı bir havuzda maket gemi ile gerçekleştirildiğinden bu etkenler süreç boyunca sabit tutulmuş ve yapılan ölçümlere istinaden elde edilen hız, dönüş çapı ve mesafe bilgileri ile başarılı sonuçlara ulaşılmıştır.

### IV. TARTIŞMA

Yapılan çalışma ile herhangi bir vericiden bağımsız çalışan bir sistem üzerinde durulmuştur. Çalışma ideal şartlarda ve nispeten küçük bir ortamda gerçekleşmiş olmasına rağmen kabul edilebilir sonuçlar ortaya konmuştur. Ayrıca ilgili sonuçların beklenenden farklı çıkması durumunda alınması gereken tedbirler de ifade edilmiştir. Kısa sürelerde yapılan mevki tayinlerinin hata payını düşüreceği ve meydana gelen sapmaları azaltacağı görülmüştür. Projenin sürekliliği açısından faydalı bir başlangıç olmuştur. İlerleyen süreçte proje farklı mevki tayin yöntemleri kullanılarak test edilecek ve en verimli yöntem aranacaktır.

### V. SONUÇLAR

GPS verisi alınamayan ortamlarda, gemi üzerinde bulunan sensörler kullanılarak elde edilen veriler Raspberry Pi ve Arduino cihazları ile kıymetlendirilmiş ve bu sonuçlar kullanılarak otonom seyir yapabilen bir gemi projesi gerçekleştirilmiştir. Projede pusula, mesafe sensörleri ve kameradan elde edilen veriler işlenmiştir. Hedef takip algoritmaları kullanılarak farklı sensörlerden gelen veriler birleştirilmiş ve eskiden konum belirlemek için kullanılan yöntemler bilgisayara öğretilmiştir. Elde edilen veriler, Şekil 5'te gösterildiği şekilde yerine konduğunda cihaz konum doğrulaması yapmış ve seyri gerçekleştirmiştir.

Meydana gelen sapmaların hızlıca telafi edilebilmesi için sık sık mevki tayinleri yapılması gereklidir. Bu sayede hata boyutu büyümeden müdahale edilir. Rüzgâr, akıntı gibi deniz durumlarının geminin hızını etkileyeceği unutulmamalıdır. Seyrin başlangıcında parakete hesabıyla geminin yer değişiminin yani yere göre

hızının elde edilmesi ve rota planlamasının buna göre yapılması gereklidir.

## KAYNAKLAR

- [1] STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş., İnsansız Deniz Araçlarının Geleceği Ve Kullanım Konseptleri III - İDA'ların Mevcut Durumu Ve Küresel İDA Pazarının Gelişimi, Araştırma Raporu, Haziran 2021
- [2] M.A. Danışman, Denizlerde Konum Belirleme Ve Uygun Sistemlerin Seçimi T.C. İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Doktora Tezi, Nisan 1994.
- [3] F. Bolat, Ö. Koşaner, İnsansız Gemilerin Güncel Statüleri, European Journal of Science and Technology, April 2021.
- [4] A. Marincic, D. Budimir, Tesla's Multi-frequency Wireless Radio Controlled Vessel, Conference Paper, DOI: 10.1109/HISTELCON.2008.4668708 · Source: IEEE Xplore, Oct. 2008.
- [5] Z.H. Munim, Autonomous ships: a reviewi innovative applications and future maritime business models, Taylor&Francis Online, Jun 2019.
- [6] T.C. MEB, Temel Seyir Ders Kitabı, Ankara, 2016
- [7] Ö. Bozal Navigasyona Hazırlık ve Geleneksel Navigasyon Yöntemleri, Boğaziçi Üniversitesi Denizcilik ve Yatçılık Kulübü, Ağustos 2016
- [8] B. Maraş, N. Arıca ve A. Ertüzün, Görsel Hedef Takibi Yöntemlerine Genel Bakış, EMO Bilimsel Dergi, Cilt 7, Sayı 12, Haziran 2017
- [9] DHO, Yersel Seyir Ders Kitabı, Deniz Harp Okulu Matbaası, Tuzla, İstanbul,2014.
- [10] V. YILMAZ, Kaynaştırılmış Görüntülerden Elde Edilen Doku Özellikleri ile DVM Sınıflandırma Performansının İyileştirilmesi, Journal of Geomatics Araştırma Makelesi, Mart 2019.
- [11] M. Peker, Otonom Araçlarda Kullanılan Görsel Seyir Sistemleri İçin Yeni Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mayıs 2016.
- [12] E. Lushnikov, Magnetic Compass in Modern Maritime Navigation, Transnav the International Journal, Dec. 2015.
- [13] Ş. Aktuğ, Piri Reis Döneminde Kullanılan Seyir Aletleri ve Yöntemleri, Bilim ve Teknik Dergisi, Haziran 2013.
- [14] M.E. Cavlı, Parakete Seyri Hesabi Ve Parçacık Filtresi İle Altyapisiz Yaya Konum Belirleme, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mayıs 2018.
- [15] T. Pektürk, S. Kocaoğlu, Digital Compass Calibration Using Particle Swarm Optimization and Least Squares Method, Journal of Materials and Mechatronics, Feb. 2021.