



TÜBİTAK–2209-A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI

Başvuru formunun Arial 9 yazı tipinde, her bir konu başlığı altında verilen açıklamalar göz önünde bulundurularak hazırlanması ve ekler hariç toplam 20 sayfayı geçmemesi beklenir (Alt sınır bulunmamaktadır). Değerlendirme araştırma önerisinin özgün değeri, yöntemi, yönetimi ve yaygın etkisi başlıkları üzerinden yapılacaktır.

ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU

2023 Yılı

2. Dönem Başvurusu

A. GENEL BİLGİLER

Başvuru Sahibinin Adı Soyadı: Ömer Faruk Çelik
Araştırma Önerisinin Başlığı: Sualtı Araçları için Arttırılabilir Menzilli Konumlandırma ve Yardım Sistemi Tasarımı
Danışmanın Adı Soyadı: Dr. Öğretim Üyesi Ebru Karaköse
Araştırmanın Yürütüleceği Kurum/Kuruluş: Fırat Üniversitesi

ÖZET

Türkçe özetin araştırma önerisinin (a) özgün değeri, (b) yöntemi, (c) yönetimi ve (d) yaygın etkisi hakkında bilgileri kapsamı beklenir. Bu bölümün en son yazılması önerilir.

Özet

Bu projenin odak noktası, sualtı araçlarının güvenli bir şekilde konumlarını tespit etmelerini sağlamak amacıyla ses dalgalarını temel alan bir konumlandırma sisteminin tasarımı ve işleyişi üzerinedir. GPS sinyallerinin su altında etkisiz olması nedeniyle sualtı araçları, yolunu bulmak için alternatif teknolojilere ihtiyaç duymaktadırlar. Ancak, mevcut yöntemlerin çoğu ya ilkel ya da yüksek maliyetlidir ve sıklıkla su yüzeyine çıkarak GPS sinyallerini yakalamak zorunda kalırlar. Bu durum, güvenlik sorunlarına yol açabilmekte ve zaman ile enerji kaybına neden olabilmektedir.

Dünya'nın su üstü bölgeleri genellikle GPS sistemleri tarafından keşfedilirken, su altındaki bölgeler bu sinyallere erişememektedir. Bu nedenle birçok otonom sualtı aracı, konumlarını tespit edemediği için kaybolabilmektedir. Sualtı Araçları için **Arttırılabilir Menzilli Konumlandırma Sistemi Tasarımı**, bu problemi ortadan kaldırma amacı taşımaktadır. Ses dalgaları, uygun koşullar altında su altında binlerce kilometre yol alabilirler. Su yüzeyindeki konum belirleme başarısı elektromanyetik dalgalara dayalıyken, sualtı konum belirleme başarısı mekanik dalga olan ses dalgalarına dayalıdır. Bu sistem, sualtında iletişimin zayıfladığı alanlarda sinyallerin tekrar güçlendirilebileceği sinyal arttırıcılar kullanma yeteneği sunar. İlk olarak iki noktalı bir sonar verici, herhangi bir konumda kaynaklarını belirler, ardından sinyallerin zayıflamaya başladığı yerlere sinyal arttırıcılar konumlandırılır. LBL (Long Baseline), SBL (Short Baseline) ve USBL (Ultra Short Baseline) gibi mevcut sistemler konum belirlemek için iki yollu ölçüm yaparlar. İki sistem arasındaki mesafe; gidip gelen dalganın harcadığı zamanla bulunur. Bu projede yapılması planlanan tasarım ile tek yollu ölçüm yapılır ve saat bilgisi dalgaların içine ikili değerlerle kodlanır. Böylece sinyal gücünün genliğini artırma potansiyeli yakalandığı gibi yoldan iki kat kazanılmış olur.

Bu projede aynı zamanda sualtı araçlarının daha güvenli bir şekilde konumlandırılması amaçlanmaktadır. Böylece, bağımsızlık ve taşınabilirlik sağlanarak denizaltı haritalama ve konumlandırma operasyonlarına olanak tanınmaktadır. Temel olarak, 10 kHz ile 15 kHz arasında düşük frekansta kare dalga akustik sinyalleri ile bir tür su altı GPS sistemi geliştirmeyi de hedef almaktadır. Bu tasarım, tek yollu verici modülü ile yayın yapmaktadır. Modül, kare dalga akustik sinyaller üreterek alıcı modül tarafından yakalanmasını sağlamaktadır. İki vericili bir sistem tasarlanarak, vericilerin konumu aracın boyutlarına uygun bir şekilde ölçeklendirilebilmektedir. Alıcı, vericilerden gelen sinyallerin zaman farklarını hesaplayarak sualtı aracının konumunu hesaplamaktadır. Proje, 17 bitlik bir veri paketi kullanmaktadır ve her dalga titreşimi bu veriyi alıcıya ileterek saat bilgisini aktarmaktadır. Bu saat bilgisi, sualtı aracının konumunu hesaplamak için kullanılır. Ayrıca, menzil arttırıcı, sinyalin genliğini artırarak iletim mesafesini uzatmaktadır. Son olarak, yardım modülü, araçtan gelen sinyal ile su yüzeyine bir kapsül ateşleyerek GPS sinyalleri ile aracın küresel konumunun tespit edilmesi planlanmaktadır. Gerektiği durumlarda aracın su altındaki konumu küresel koordinatlara dönüştürülebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sualtı GPS, Ses Dalgaları Konumlandırma, Sualtı Keşif, Uzun Menzilli Konumlandırma, Yardım Modülü

• ÖZGÜN DEĞER

1.1. Konunun Önemi, Araştırma Önerisinin Özgün Değeri ve Araştırma Sorusu/Hipotezi

Araştırma önerisinde ele alınan konunun kapsamı ve sınırları ile önemi literatürün eleştirel bir değerlendirmesinin yanı sıra nitel veya nicel verilerle açıklanır.

Özgün değer yazılırken araştırma önerisinin bilimsel değeri, farklılığı ve yeniliği, hangi eksikliği nasıl gidereceği veya hangi soruna nasıl bir çözüm geliştireceği ve/veya ilgili bilim veya teknoloji alan(lar)ına kavramsal, kuramsal ve/veya metodolojik olarak ne gibi özgün katkılarda bulunacağı literatüre atıf yapılarak açıklanır.

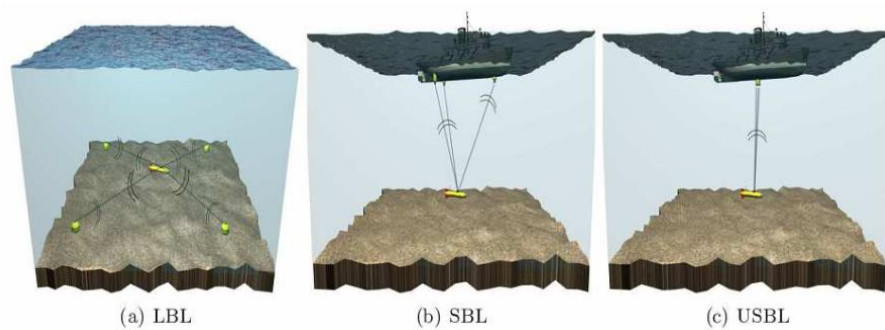
Önerilen çalışmanın araştırma sorusu ve varsa hipotezi veya ele aldığı problem(ler)i açık bir şekilde ortaya konulur.

Konunun önemi açısından, sualtı konumlandırma sistemleri, günümüzde hala yeterli bir seviyeye ulaşamamıştır. Sualtı keşifleri ve güvenli seyahat için, konum belirleme hassasiyetinin Küresel Navigasyon Uydu Sistemi (GNSS) ile karşılaştırılabilir düzeyde olması gerekmektedir. Sualtı araçlarının konumunu tespit etme sorunu, can kayıplarına ve araç kayıplarına neden olmaktadır. Maalesef, 18 Haziran Pazar günü Titan adlı denizaltı aracının kaybolup patlaması bu sorunun acı bir örneğidir. GPS ve benzeri uydu tabanlı iletişim yöntemleri, yeryüzünün üstünde veya yakınında konum belirlemeye yönelik önemli araçlardır. Ancak, bu araçlar sualtı keşiflerinde kullanıldığında sınırlı kalırlar. Yardım ve kurtarma ekipleri sık sık Kendiliğinden Yüzen Acil Durum Göstergeli Radyo Vericisi (EPIRB) gibi popüler cihazları kullanırken, bu tür cihazlar sadece sualtı araçları bir veya dört metre derinlikte batarsa devreye girerler. Bu nedenle, bu cihazlar diğer sualtı araçları için işlevsel olsa da, derin sualtı araçları gibi daha derin sulara inen keşif araçlarında kullanılamazlar [1-3].

Sualtında Kullanılan Teknolojiler

Derin su altında kullanılan üç temel teknoloji vardır. Bunlar sırasıyla; **LBL** (Long Baseline Method), **SBL** (Short Baseline), **USBL-SSBL** (Ultra Short Baseline or Super Baseline) ve bunların karışımları şeklinde karşımıza çıkar [2-4]. **LBL** sistemler, su altında birden fazla sonar verici istasyonları bulunduran sistemlerdir. Vericilerden yayılan sinyaller araçtaki alıcılar tarafından alınıp, işlenir. İşlenen sinyaller aracın bulunduğu konum bilgisini verir. Bu sistemlerde istasyonlar arası mesafe fazla olduğundan ve konum bilgisi daha hassas olarak ölçüldüğünden diğer sistemlere kıyasla en güvenilir ama maliyeti en fazla olan sistemlerdir. **SBL** sistemlerde, gerekli konum tespitini araca yerleştirilen birden fazla alıcı ile yapılır. SBL sistemde vericiler arasındaki mesafe LBL sistemde olduğu kadar fazla değildir. LBL sistemlerden sonra en hassas konum bilgisi veren sistemlerdir. **USBL** sistemler, su altında akustik konumlama yapılmasını sağlayan, içinde bir alıcı-verici entegresinden oluşan bütünleşik sistemlerdir. Bütünleşik sistemin içindeki alıcı-verici parçalarının arasındaki mesafe çok az olduğundan, LBL ve SBL sistemler içinde mesafe bilgisi alınırken en büyük hata veren sistemlerdir [4-7].

LBL sistemi, diğer sistemlere kıyasla en hassas ve güvenilir konumlama bilgisi sağlayan ama maliyet açısından uygun olmayan sistemdir. Deniz tabanına yerleştirilen istasyonlar aralarındaki mesafe fazlalığı sayesinde hassas bir ölçüm imkânı verir [4]. USBL sistemler maliyet açısından uygundur. Dezavantajları büyük hataya sahip olmaları. Konum belirlerken sahip olunan hatalara rağmen dinamik etkisinden dolayı yine de tercih edilirler [2-4]. Bu üç sistemin farkları alıcılar ya da vericiler arasındaki mesafelerdir. Şekil 1'de üç sistemin çalışma prensibi görsel olarak sunulmuştur.



Şekil 1. Ses dalgaları prensibiyle çalışan üç temel sistem [4]

Projede verilen araştırma önerisinin özgün değeri bakımından; sualtı keşif ve navigasyonunda önemli bir rol oynayan konumlama sistemleri, her geçen gün daha gelişmiş hale gelmektedir. Bu proje, LBL, SBL ve USB sistemleri ile karşılaştırıldığında **Arttırılabilir Menzilli Konumlama Sistemi'ni (AMKS)** incelemektedir. AMKS, sualtı araçlarının konum belirleme yeteneklerini arttırmayı amaçlayan yeni bir prototiptir. Burada gerçekleştirilen tasarımın bazı önemli konularda bilinen sistemlerden farkı açıklanacak olursa:

1. Temel İşleyiş

LBL Sistemleri: LBL sistemlerinde hareketsiz referans istasyonları sualtına yerleştirilir ve sualtı araçları bu istasyonlar tarafından yayınlanan sinyalleri kullanarak konumlarını belirleyen iki yönlü ölçüm yapılar.

AMKS (Sualtı Araçları için Arttırılabilir Menzilli Konumlandırma ve Yardım Sistemi): AMKS, LBL sistemlerine alternatif bir yaklaşım sunar. AMKS'de iki vericili taşınabilir istasyonlar kullanılır ve tek yönlü bir ölçüm yapılır. LBL, SBL ve USBL sistemlerinde araç, bir sinyal gönderir ve bu sinyali alan istasyonlar özel bir cevap gönderir [2-6]. Araç, sinyal gönderme ve alım süreleri arasındaki farkı kullanarak konumunu hesaplar. AMKS ise sinyali taşınabilir istasyon aracılığıyla gönderir ve içinde kodlanmış zaman bilgisi içerir.

2. Referans ve Alıcı Sistemi

SBL Sistemleri: Geleneksel SBL sistemlerinde referans noktaları, belirli sabit konumlara yerleştirilmiş alıcı sistemlerini kullanır [4, 5]. Araç, bu referans noktalarına göre konumunu belirler. AMKS'de, ihtiyaca göre iki vericili taşınabilir istasyonlar kullanılır. Araç, bu taşınabilir istasyonları hedef olarak kullanır ve bu sayede istediği yere konumlanabilir. AMKS'de tek bir alıcı sistemi bulunur ve tek yönlü ölçüm yapılır.

3. USBL Sistemleri ile Karşılaştırma

USBL Sistemleri: USBL, bir dizi alıcı-verici sistemini tek bir parçada toplar ve dar bir alanda aracın konumunu belirleyip, LBL ve SBL sistemler gibi iki yönlü ölçüm yapar [2-4, 7]. AMKS'de, sualtında iki vericili bir sistem bulunur ve bu sistem, araç ile doğrudan ilişkili değildir. AMKS, iki vericili sistemi kullanarak sadece zaman bilgisini tek bir sinyal ile ileterek sinyalin bütünlüğünü korur. Bu, sinyalin bozulmadan gitme olasılığını artırır.

4. Avantajlar ve Uygulamalar

AMKS, sualtı araçlarının konumlarını belirlemek için daha geniş bir menzile sahip ve maliyet etkin bir seçenektir. Sualtında referans verici noktalarına gerek duymadan istenilen yere konumlanabilen sualtı araçlarına olanak tanır. Mikrosaniye hassasiyetinde zaman bilgisi içerir ve aynı anda birden fazla araca mikrosaniye bilgisi taşıyan verilerle konum bilgisi sağlar. Ek maliyet gerektirmez ve sonar alıcıya sahip olan bütün araçlar bu teknolojiyi kullanabilir.

5. Sonuç

AMKS, sualtı araçlarının konum belirleme ihtiyaçlarını karşılama amacı güden yenilikçi bir çözümdür. Bu sistem, LBL, SBL ve USBL sistemlerine kıyasla biraz daha esnek ve maliyet açısından etkin bir seçenek sunar. AMKS, sualtı keşif ve haritalama alanlarında geniş bir uygulama potansiyeline sahiptir ve gelecekte daha fazla geliştirme ve benimseme olasılığı taşır. Son olarak AMKS, GPS sistemlerinin sahip olduğu işleyiş şeklini kullanır. Bu da araçlardan hiçbir cevap almadan içindeki saat yardımıyla zaman bilgisini ses dalgalarıyla yollaması anlamını taşır. LBL, SBL, ve USBL sistemleri iki yönlü ölçüm yapar. AMKS, tek yönlü ölçüm yapar. AMKS hiçbir istasyona bağlı olmadan konum bilgisini iletir.

Sualtı tabanı bağlantılı istasyonlara gereksinim duymadan keşfetmek mümkün olabilir. Bu projede sualtına tabanına yerleştirilen iki vericili sonar sistemi istasyonları, istenilen konumda kurulabilir ve taşınabilir. Tek yönlü ölçüm olanağı sayesinde sinyal iki kat hızlı yakalanıp, koordinat bilgisi sağlanır. Sinyalin içinde barındırdığı zaman bilgisi birden fazla sualtı aracına konum bilgisi sağlayabilir. Bu sayede çok fazla araç yüksek maliyete girmeden güvenli bir koordinat sistemine sahip olurlar. Sinyal güçlendirme olanağı ile istasyondan yayınlanan dalgalar daha uzak mesafelere giderler. Yapılması planlanan tasarımın sahip olduğu yardım modülü ile araçlar vericilere gönderecekleri sinyalle kendi konumlarını dış dünyaya açabilir ve küresel olarak nerede olduğunu öğrenebilir. Belirtilen tüm bu özellikler LBL, SBL ve USBL sistemlerde olmayan ve bu projede gerçekleşmesi amaçlanan özelliklerdir.

• Amaç ve Hedefler

Araştırma önerisinin amacı ve hedefleri açık, ölçülebilir, gerçekçi ve araştırma süresince ulaşılabilir nitelikte olacak şekilde yazılır.

Amaç ve Hedefler

Bu proje raporu, sualtı araçlarının su altında kaybolmadan güvenli bir şekilde konumlarını tespit etmelerini sağlayacak yeni bir konumlandırma sistemi tasarımını sunmayı amaçlamaktadır. Bu tasarım ile sualtı

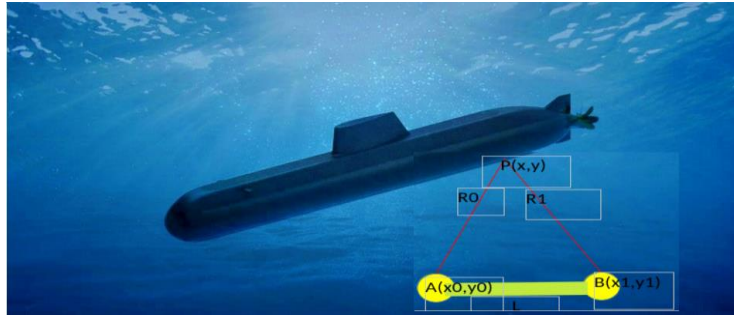
konumlandırma alanında önemli eksiklikler ve zorluklar ele alınarak çeşitli hedeflere ulaşmak planlanmaktadır. Bu hedefler;

- **Sualtı Araçlarının Güvenliği:** Ana hedefimiz, sualtı araçlarının güvenli bir şekilde seyahat edebilmelerini ve kaybolma riskini en aza indirmelerini sağlayacak bir konumlandırma sistemi geliştirmektir. Bunu başararak su altındaki keşiflerin ve operasyonların güvenliğini artırmayı amaçlıyoruz.
- **Maliyet ve Erişilebilirlik:** Önerdiğimiz sistem, maliyet açısından etkili bir çözüm sunmayı hedefler. Bu, denizaltı araştırmalarının ve operasyonlarının daha geniş bir kullanıcı kitlesi tarafından kullanılabilir hale gelmesine yardımcı olacaktır.
- **Taşınabilirlik ve Esneklik:** Konumlandırma sistemi, taşınabilir ve sınırları aşılabılır olmalıdır. Bu sayede denizaltı araçları, keşiflerini daha geniş alanlarda gerçekleştirebilir ve daha fazla hareket özgürlüğüne sahip olur.
- **Geliştirilebilirlik:** Tasarım, gelecekteki teknolojik gelişmelere ve yeni dalga modellerine uyum sağlama yeteneği ile özgün bir çözüm sunmayı amaçlar. Bu sayede sistem güncel tutulabilir.
- **Konum Gizliliği:** Önerilen pasif sonar kullanımı, denizaltı araçlarının konumlarını aktif olarak ifşa etmek zorunda kalmadan çalışabilmesini hedefler, bu da gizliliğin korunmasını sağlar.
- **Geniş Kullanım Alanı:** Bu konumlandırma sistemi, denizaltı araştırmalarından kurtarma operasyonlarına kadar birçok farklı uygulama için uyarlanabilir ve geniş bir kullanım yelpazesi sunar.

Bu yeni konumlandırma sistemi sayesinde, su altı araştırmaları ve operasyonları daha güvenli, ekonomik ve verimli bir hale gelebilir.

•YÖNTEM

Projede yapılması planlanan ses dalgalarıyla konumlandırma sistemi, deniz tabanına yerleştirilen istasyonlara kıyasla taşınabilir ve araca bağlı istenilen noktada haritalama ve konumlama operasyonu için bırakılabilir olacaktır. Bu yaklaşım su içinde basit haritalama imkânı sunduğu gibi sualtı araçları için herhangi bir istasyona bağlı kalmaksızın kendi istasyonlarını oluşturabilme imkânını sağlar. Ses dalgasının genliği mesafeye bağlı olarak logaritmik olarak azalır [8, 9]. Bu problemin çözümü için gerekli görüldüğü konumda araç tarafından sualtı tabanına bağımsız güçlendirici konumlandırılarak sinyalin tekrardan anlaşılıp, yakalanabilmesi sağlanılacaktır. Böylece ilk konuma bağlı olarak, sınırları aşan bir konumlandırma sistemi geliştirilecektir. İki vericiden oluşacak olan mini istasyon yapısında pasif sonar sistemi bulundurup, gerekli durumlarda araçtan aldığı bir sinyalle, su yüzeyine aracın bulunduğu koordinatları taşıyan bir kapsül ateşleyebilecektir. Bu kapsül, GPS sinyallerini alıp aracın global olarak en son görüldüğü konumu gerekli yerlere gönderecektir.



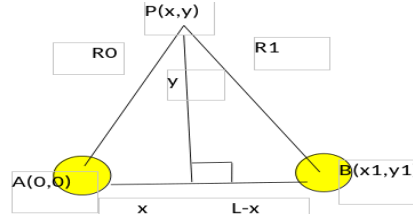
Şekil 2. Yeni konumlama sisteminin geometrisi [15]

Şekil 2’de A ve B noktaları, aracın bıraktığı akustik vericiler olan birer istasyondur. Bu noktalardan yayılan ses dalgaları, aracın P noktasındaki tek bir alıcısında birleşir. Burada L uzunluğu, |AB| uzunluğunu temsil etmektedir. Bu tasarım, vericiler arasındaki mesafeyi aracın boyutuna göre ölçeklendirebilme esnekliği

sunmaktadır. Alıcı sensör, sualtı aracının belirlediği konuma yerleştirilebilen bir mini istasyon sistemi tarafından akustik sinyallerle gönderilen zaman bilgisini alıp, mesafe bilgisini çıkaracaktır. Şekil 2'deki R0 ve R1 uzunlukları verici istasyon tarafından ikili sayı sistemi aracılığıyla iletilecektir. İstasyonun etki alanı azaldığında, araç tarafından akustik sinyal artırıcı sualtına yollanılarak, menzil artırılır. Böylece ilk konuma (orijin) bağlı olarak konum tespiti yapılır. Sistemin geometrisi Şekil 3'te gösterilmiştir.

$$|AB| = L$$

Geminin nokta tespiti için konum hesabı:



Şekil 3. Konum Hesabı için Sistem Geometrisi [2-3]

A noktası orijin kabul edildiğinde,

$$x_0=0, y_0=0$$

$$x^2 + y^2 = R_0^2$$

(Denklem 1)

$$(L - x)^2 + y^2 = R_1^2$$

(Denklem 2)

$$R_1^2 - R_0^2 = L^2 - 2Lx$$

(Denklem 3)

$$x = \frac{L}{2} + \frac{R_0^2 - R_1^2}{2L}$$

(Denklem 4)

$$y = (R_0^2 - x^2)^{\frac{1}{2}}$$

(Denklem 5)

Böylece, P noktasının A orijinine bağlı x ve y koordinatları hesaplanmış olur. Diğer bir aşama, menzili artırma aşamasıdır. Deniz tabanında konumlandırılan iki vericili mini istasyonun etki alanı mesafeye bağlı olarak azaldığında, araç bir sinyal artırıcıyı deniz tabanına bırakacaktır. Bu sinyal artırıcı, sinyalin karakteristiğini bozmadan genliğini artırarak ikinci bir yayın başlatacaktır. Sinyalin yapısı bozulmadan, A noktasını orijin kabul ederek daha uzak mesafelere ulaşma olanağı sağlayacaktır.

Geliştirilecek prototipin üçüncü bir özelliği, alıcı ve verici arasındaki iletişimi araçta sağlayan bir verici ile bir alıcı mini istasyon arasında olacaktır. Araç, gerektiğinde istasyondan aracın konumunu dış dünyayla paylaşmak için bir kapsülü ateşlemek amacıyla bir mesaj gönderebilecektir. Bu kapsül, GPS sinyallerini alarak aracın küresel olarak konumunun belirlenmesini sağlayacaktır. Projenin yapım aşaması Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Proje tasarım aşamaları

1. Kullanılacak Sinyalin Şekli ve Frekansının Belirlenmesi

Akustik sinyallerin en iyi yayılımı, sesin düşük frekanslardaki yayılımıdır [10]. Bu yüzden su altında 10 kHz ile 15 kHz arası bir frekans kullanılacaktır. Kullanılacak sinyalin şekli ise kare dalga olacaktır. Kare dalgalar, genliği sabit dalgalardır. Minimum ve maksimum genlikler arasında eşit süre olan bu dalgaları mantıksal kapılarla çeşitli hesaplama ve kontrol için ikili sayı sistemiyle kodlamak kolaydır [11].

2. Sonar Alıcı ve Verici Devresinin Sayısal Tasarımı

Sonar verici devresi, başlangıçta 10 kHz frekansta kare dalga sinyali göndermeyi hedeflemektedir. Bu verici sistem, saniyede 10.000 kare dalga sinyali ile çalışacaktır ve bu sinyallerin zaman bilgisi ikili formatta kodlanacaktır. Alıcı devresi, bu kodlanmış zaman bilgisini alacak ve gönderilen zaman bilgisi ile anlık zaman arasındaki farkı hesaplayacaktır. Hesaplanan zaman farkı, iki belirli nokta arasındaki geçen süreyi temsil edecektir. Kodlanacak zaman bilgisi mikrosaniyeler cinsinden ifade edilecektir. Su içinde sesin hızı (v), 20 derece ve 0 bar basınç altında yaklaşık 1482 m/saniye olarak ölçüldüğünden [12, 13], zamandaki her ± 1 mikrosaniyelik hata, mesafe farkının $1482 * 10^{-6}$ dan ± 1.482 mm'ye kadar değişmesine neden olacaktır. ± 1.453 mm oldukça yeterli olduğundan ve daha az donanıma ihtiyaç duyulduğundan projede kullanılacak veri hassasiyeti ± 10 mikrosaniyeden gerekli bit miktarı Denklem 6 ile bulunur [14].

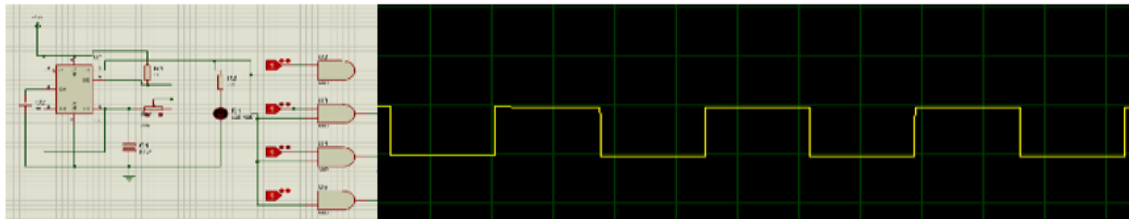
$$2^n = 10^5; n * \log(2) = 5 * \log(10); \lceil n \rceil = 5 * \frac{\log(10)}{\log(2)} = 17 \text{ bit} \quad (\text{Denklem 6})$$

Proje kapsamında, ± 100 mikrosaniye hassasiyet için 17 bitlik bir veri paketi kullanılacaktır. Her bir dalga titreşimi, saat bilgisini 17 bitlik paketler halinde alıcıya iletecektir. Başlangıçta 10 kHz kare dalga üretmek için bir tane 555 entegresi kullanılacaktır. Kullanılacak olan entegrenin çıkışı, 17 adet lojik AND kapısı ile bağlanacaktır. AND kapısının her boşta kalan ucuna, 17 bitlik JK Flip-Flop ile yapılan bir sayıcı devresinin Q çıkışları bağlanacaktır. JK Flip-Flop devresi, sayıcı devresi için mantıksal kapılardan oluşturulan bir entegredir [11]. JK Flip-Flop devresinin "clock" pinini saniyede 10^5 kez tetikleyen bir zamanlayıcı devresi yapılacaktır. Bu tetikleme, zamanlayıcının 10 mikrosaniye hassasiyetle zaman bilgisini saklamasını sağlayacaktır. Sayıcıdan gelen zaman bilgisi, 555 entegresindeki AND kapılarının bacaklarını tetikleyecektir. Tetiklenen AND kapısı, her bir 17 bit veriyi ayrı ayrı dalga formuna dönüştürecek. Bu ayrı dalgaların her birinin başlangıç zamanları eşit olduğundan, tüm bu dalgaları tek bir dalga formuna getirmek için n, n. dalga ve t zamanı olarak n=1, n=2, n=3 ..., n=17 için sırasıyla t'n zaman farkı eklemek üzere bir zaman gecikmeli devre kullanılacaktır. Bu gecikme sayesinde 17 bitlik veri OR kapılarıyla paralel olarak toplanıp, çıkışta saat bilgisini taşıyan 10kHz'lik tek bir dalga formunu alacaktır. Temel işlem adımları Şekil 5'teki gibi olacaktır.



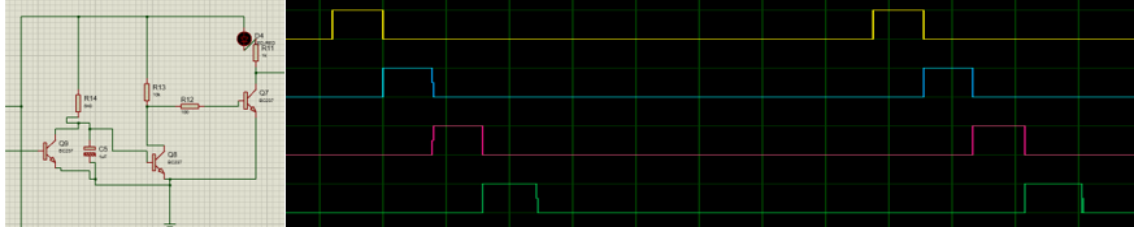
Şekil 5. Sonar alıcı, verici devresi tasarım adımları

Gerekli tasarım ve simülasyonlar için Proteus 8 programı kullanılmıştır. Şekil 6'da 555 entegresi ile kare dalga üretilmiş ve sinyalin frekansı osiloskop yardımıyla belirlenmiştir.



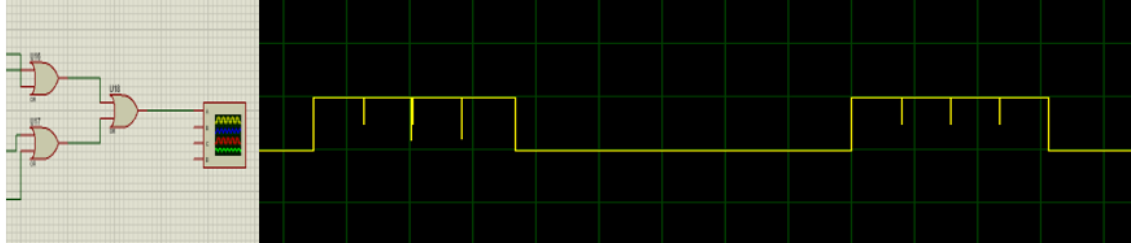
Şekil 6. 555 entegresi ve kare dalga oluşumu

Osiloskop yardımıyla üretilen kara dalganın dalga boyu 77 mikrosaniye olarak bulunmuştur. Şekil 6'da 555 entegresinin bağlı olduğu AND kapıları ve diğer uçlarının bağlandığı lojik değerler sinyal yollamaya hazır 4 bitlik bir veriyi temsil etmektedir. Şekil 7'de zaman gecikmeli devre tasarımı ve analizi gerçekleştirilmiştir.



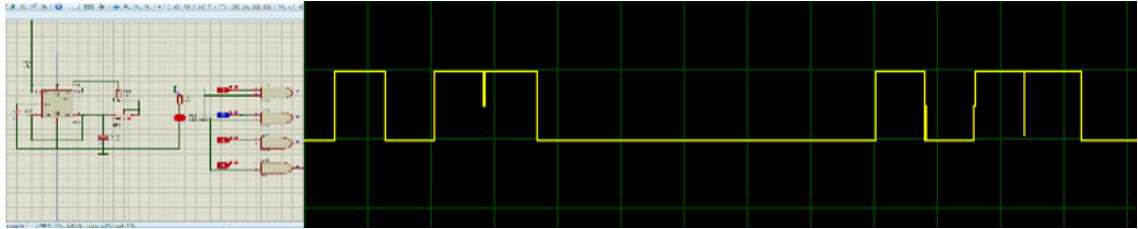
Şekil 7. Zaman gecikmeli devre

Şekil 7'de zaman gecikmeli devrenin 4 bitlik kanaldan gelen verileri nasıl kaydırıldığı ayrıca osiloskop ile gözlemlenmiştir. Kaydırılan sinyaller VEYA kapısıyla tekrar bir araya getirilerek 4 bitlik veriler tek bir dalga ile temsil edilmiştir. Şekil 8'de VEYA kapısıyla dalgaların paralel toplamı Proteus ortamında analiz edilmiştir.



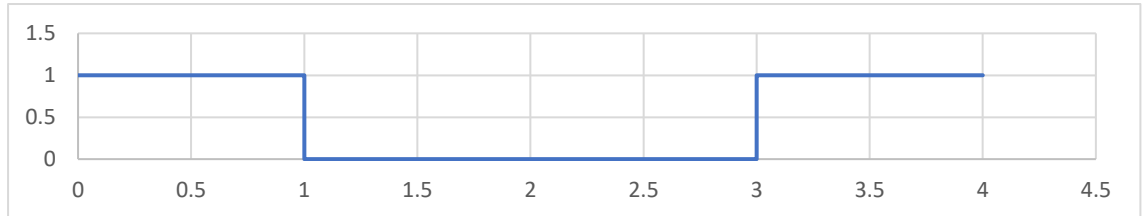
Şekil 8. VEYA kapısı 4 bitlik paralel toplam

Şekil 8'de osiloskop ile birleştirilen dalga ikili tabanda 1111 değerlerini simgelemektedir. Sisteme 1011 değeri yollandığında ortaya çıkan dalga modeli Şekil 9 ile gösterilmiştir.



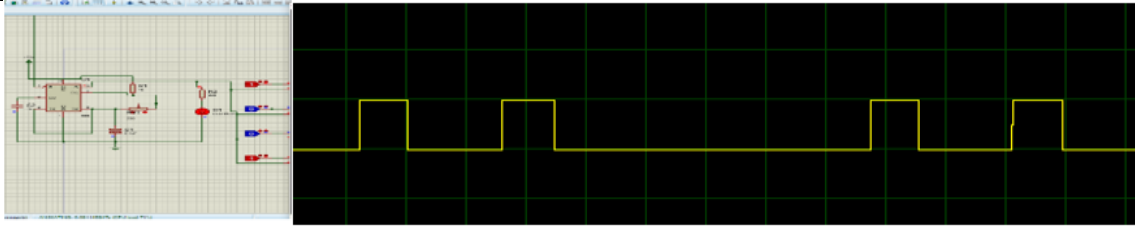
Şekil 9. 1011 ikili sinyal

4 bitlik bir veri setinde 9 onluk tabanındaki sayının ikili tabanda gösterimi 1001'dir. Bu sayıyı 10 kHz'lik sinyallere dönüştürülmek istenildiğinde oluşacak görüntü Şekil 10 ile gösterilmiştir.



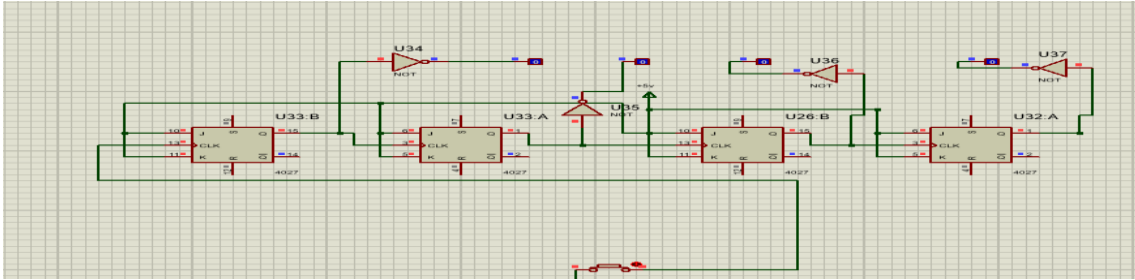
Şekil 10. 9 (1001) sayısının sinyal gösterimi

9 sayısını Proteus ortamında simüle edersek Şekil 10 ile aynı sinyali almayı bekleriz. Şekil 11'de 1001 sinyali yollandığında oluşan tek dalgalı sinyal gözlemlenmiştir.



Şekil 11. Proteus ortamında 1001 sinyali gösterimi

Bu aşamaya kadar verici devresi veri göndermeye tamamen hazır bir duruma gelmiştir. Bu aşamadan sonra saat bilgisini 555 entegresine yollayacak sayıcı devresi tasarımı yapılacaktır. Sayıcı devresi için JK Flip-Flop kullanılacak. Şekil 12'de 4 bitlik sayıcı devresi tasarlanıp Proteus ortamında gösterilmiştir.



Şekil 12. JK Flip-Flop ile tasarlanmış 4 bitlik sayıcı devresi

Son olarak, 4 bit saat bilgisi, 555 entegresine gönderildikten ve gerekli işlemlere tabi tutulduktan sonra Şekil 8'de gösterilen dalga, tek bir akustik verici ucunda titreşim oluşturmak için sonar verici ucuna iletilir. Sonar alıcı devresi, gelen sinyali işleyerek saat bilgisini çözecektir. Çözülen saat bilgisi, mesafe hesaplamaları yapmak için mesafe ölçer cihaza iletilir. Mesafe hesaplama işlemi, mikrosaniye cinsinden ifade edilen t zamanı kullanılarak gerçekleştirilir. Mesafe hesabı şu denklem ile ifade edilir:

mesafe = 1482 m/saniye * t, bu sayede mesafe bilgisi metre cinsinden elde edilir. Burada, 1482 m/saniye, suyun 0 bar basınç ve 20 derece sıcaklık altındaki hızını temsil etmektedir [11, 12]. İki vericili sistem ile entegre edilen alıcı devresi, A ve B vericilerinden gelen sinyallerden mesafeyi hesapladıktan sonra, konum bilgisi Denklem 4 ve Denklem 5 denklemlerine göre hesaplanır. Alıcı devresi için bir Arduino Nano kullanılır ve gerekli kodlamalar C programlama dili kullanılarak gerçekleştirilir, bu kodlamalar Şekil 13'te gösterilmiştir.

Şekil 13'te görülen kod, yalnızca bir vericiden gelen sinyali alacak ve mesafe bilgisini hesaplayacaktır. Ancak iki farklı vericiden gelen sinyalleri işlemek için her bir vericinin kendine özgü bir tanımlayıcı sinyali olacaktır. Bu sayede alıcı devresi, A ve B vericilerinden gelen sinyalleri ayırt edebilecektir.

```

const int pinVerici = 2; // Verici sinyalinin bağılı olduğu pin
const int bitSayısı = 17; // İkili verinin bit sayısı, 17 bit kabul edilmiş
int onlukDeger; // Onluk tabana dönüştürülen değeri tutacak değişken

void setup() {
    pinMode(pinVerici, INPUT);
    Serial.begin(9600); // Arduino ile seri iletişim başlatma
}

void loop() {
    int ikiliVeri = 0;

    // Verici pininden gelen sinyali okuma
    for (int i = 0; i < bitSayısı; i++) {
        int okunanBit = digitalRead(pinVerici);
        ikiliVeri = (ikiliVeri << 1) | okunanBit;
    }

    // İkili veriyi onluk tabana dönüştürme
    onlukDeger = ikiliVeri;

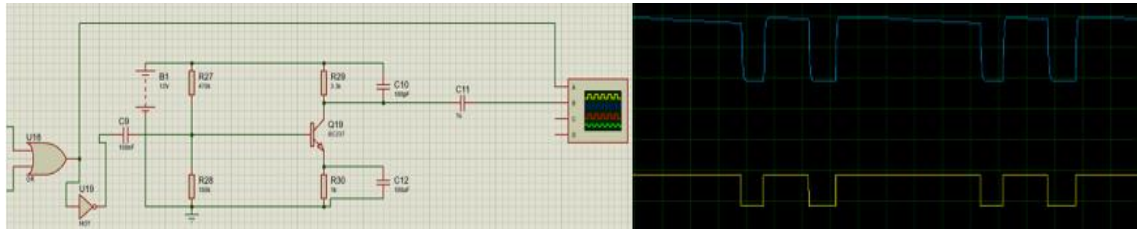
    // Onluk değeri seri porta yazdırma
    Serial.print("Gelen onluk değer: ");
    Serial.print(onlukDeger);
    Serial.println(); // Yeni satır
}

```

Şekil 13. Arduino, gelen verileri onluk tabanına dönüştürme

3. Menzil Arttırıcı ve Yardım Modülü

Menzil artırıcı modül, ses dalgalarıyla taşınan dalgaların genliğini artırarak, sinyalin frekansı ve yapısına herhangi bir müdahalede bulunmadan bu dalgaları yeniden iletecek şekilde tasarlanacaktır. Yükseklikleri artırılmış dalgalar, daha uzak mesafelere ulaşabileceklerdir [8, 9, 14]. Bu da koordinat düzleminin kapsama alanını genişletecektir. Şekil 14'te, Proteus simülasyon ortamında 10 kHz sarı kare dalga, yüksekliği iki katına çıkarılmış olarak gösterilmektedir.



Şekil 14. Genlik Arttırıcı Modül

Yardım Modülü verici sisteme ayrılabilir bir parça olarak bağlanıp, araçtan gelen sinyalle tetiklenerek su yüzeyine çıkacak şekilde tasarlanacaktır. Su yüzeyine çıkan modül, GPS sinyallerini alarak aracın küresel konumunu belirleyecektir. Belirlenecek olan bu konum bilgisi, ekiplerce tespit edilebilecek. Yardım Modülü de alıcı sistemin yapısını barındıracaktır.

- PROJE YÖNETİMİ
- İş- Zaman Çizelgesi

Araştırma önerisinde yer alacak başlıca iş paketleri ve hedefleri, her bir iş paketinin hangi sürede gerçekleştirileceği, başarı ölçütü ve araştırmanın başarısına katkısı "İş-Zaman Çizelgesi" doldurularak verilir. Literatür taraması, gelişme ve sonuç raporu hazırlama aşamaları, araştırma sonuçlarının paylaşımı, makale yazımı ve malzeme alımı ayrı birer iş paketi olarak gösterilmemelidir.

Başarı ölçütü olarak her bir iş paketinin hangi kriterleri sağladığında başarılı sayılacağı açıklanır. Başarı ölçütü, ölçülebilir ve izlenebilir nitelikte olacak şekilde nicel veya nitel ölçütlerle (ifade, sayı, yüzde, vb.) belirtilir.

İŞ-ZAMAN ÇİZELGESİ (*)

İP No	İş Paketlerinin Adı ve Hedefleri	Kim(ler) Tarafından Gerçekleştirileceği	Zaman Aralığı (...-... Ay)	Başarı Ölçütü ve Projenin Başarısına Katkısı
1	Kullanılacak sinyalin şekli ve frekansının belirlenmesi	A, Y	1 Ay	Amaç gürültüden daha az etkilenen, en verimli dalgayı belirlemek. Proje başarısına katkı oranı: %10
2	Sonar alıcı ve verici devresini sayısal tasarımı	A, Y	3 Ay	Alıcıya gönderilecek zaman bilgisini, ikili sayı tabanı yardımıyla akustik darbelere dönüştürmesi. Vericiden gelen kodun çözülmesi ile zaman bilgisinden mesafenin tespit edilmesi Proje başarısına katkı oranı: %60
3	Alıcı ve verici sisteminin Python veya C dili ile simülasyonu	Y	1 Ay	Python ile iki vericideki mesafe bilgisiyle Denklem 4 ve Denklem 5 ile koordinat düzleminin simüle edilmesi Proje başarısına katkı oranı: %5
4	Menzil artırıcı ve yardım modülünün sayısal tasarımı	A, Y	2 Ay	Sinyalin daha uzak mesafelere ulaşabilmesini sağlamak Proje başarısına katkı oranı: %20
5	Sistem entegrasyonu ve grafik arayüz oluşturulması	A, Y	1 Ay	Tüm sistemi test etme aşamasıdır. Python programlama dili arayüz yapılacaktır Proje başarısına katkı oranı: %5
A: Akademik Danışman Y: Proje Yürütücüsü				Prejenin toplam başarı ölçüsü: %100

(*) Çizelgedeki satırlar ve sütunlar gerektiği kadar genişletilebilir ve çoğaltılabilir.

•Risk Yönetimi

Araştırmanın başarısını olumsuz yönde etkileyebilecek riskler ve bu risklerle karşılaşıldığında araştırmanın başarıyla yürütülmesini sağlamak için alınacak tedbirler (B Planı) ilgili iş paketleri belirtilerek ana hatlarıyla aşağıdaki Risk Yönetimi Tablosu'nda ifade edilir. B planlarının uygulanması araştırmanın temel hedeflerinden sapmaya yol açmamalıdır.

RİSK YÖNETİMİ TABLOSU*

İP No	En Önemli Riskler	Risk Yönetimi (B Planı)
-------	-------------------	-------------------------

1	Verici devresinin su alması	Yedek olarak gerekli elemanlardan 2 tane alınacak ve bu sorunu başta önleyebilmek açısından verici yuvasının sızdırmazlık testi yapılacaktır.
2	Su altındaki gürültülerin, basıncın ve sıcaklığının sinyali etkileyecek değer aralıklarına sahip olması nedeniyle sinyalin bozulması.	Gürültü lere karşı sinyalin frekansının ayarlanabilir olmasını sağlamak, her sıcaklıkta ve her basınç altında sesin su altındaki hızını sensörler yardımıyla tespit ettikten sonra, sesin su altındaki hız bilgisini güncelleyecek kodu yazmak. Tüm bunlara karşın sinyalin bozulup bozulmadığının tespiti için sinyalin bilgi sayısını çifte veya teke tamamlayacak bir bit daha eklenmesi.

(*) Tablodaki satırlar gerektiği kadar genişletilebilir ve çoğaltılabilir.

• Araştırma Olanakları

Bu bölümde projenin yürütüleceği kurum ve kuruluşlarda var olan ve projede kullanılacak olan altyapı/ekipman (laboratuvar, araç, makine-teçhizat, vb.) olanakları belirtilir.

ARAŞTIRMA OLANAKLARI TABLOSU (*)

Kuruluşta Bulunan Altyapı/Ekipman Türü, Modeli (Laboratuvar, Araç, Makine-Teçhizat, vb.)	Projede Kullanım Amacı
Fırat Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Atölyesi	Devrenin tasarımı ve lehimlemesinin gerçekleştirilmesini sağlamak.
Fırat Üniversitesi Makine Mühendisliği Havuzu	Sistemin çalışma testinin yapılması.
Fırat Üniversitesi Sivil Havacılık Yüksek Okulu	Projede kullanılacak ölçüm ve lehimleme aletlerinin alınması.

(*) Tablodaki satırlar gerektiği kadar genişletilebilir ve çoğaltılabilir.

• YAYGIN ETKİ

Önerilen çalışma başarıyla gerçekleştirildiği takdirde araştırmadan elde edilmesi öngörülen ve beklenen yaygın etkilerin neler olabileceği, diğer bir ifadeyle yapılan araştırmadan ne gibi çıktı, sonuç ve etkilerin elde edileceği aşağıdaki tabloda verilir.

ARAŞTIRMA ÖNERİSİNDEN BEKLENEN YAYGIN ETKİ TABLOSU

Yaygın Etki Türleri	Önerilen Araştırmadan Beklenen Çıktı, Sonuç ve Etkiler
Bilimsel/Akademik (Makale, Bildiri, Kitap Bölümü, Kitap)	Projede sualtı konumlandırma sistemlerine katkı sağlayarak, ulusal ve uluslararası alanlarda sualtı araçların güvenli bir şekilde seyahat etmesini sağlamak amacıyla bilimsel araştırmalar yapılacaktır. Ayrıca proje önerisi ile yurtiçinde ulusal/uluslararası bir konferansa katılmak ya da bir bilimsel dergiye göndermek planlanmaktadır.
Ekonomik/Ticari/Sosyal (Ürün, Prototip, Patent, Faydalı Model, Üretim İzni, Çeşit Tescili, Spin-off/Start-up Şirket, Görsel/İşitsel Arşiv, Envanter/Veri Tabanı/Belgeleme Üretimi, Telif Konu Olan Eser, Medyada Yer Alma, Fuar, Proje Pazarı, Çalıştay, Eğitim vb. Bilimsel Etkinlik, Proje	Sualtı konumlandırma sistemleri yüksek maliyetli sistemler olduğundan kullanımı sınırlıdır. Bu nedenle maliyeti düşürmek ve kullanım alanını yaygınlaştırarak sualtı operasyonlarına katkı sağlamak amaçlanmaktadır. Tasarlanan sistem sualtı konumlandırma ve haritalama alanlarında kullanılabilir.

Sonuçlarını Kullanacak Kurum/Kuruluş, vb. diğer yaygın etkiler)	Kullanım kolaylığı ve özgürce erişilebilir bir sistem olmasının yanı sıra sistemin kurulumu da maliyetli değildir. Ayrıca büyük arama kurtarma operasyonlarında daha az maliyetle kullanılabilir.
Araştırmacı Yetiştirilmesi ve Yeni Proje(ler) Oluşturma (Yüksek Lisans/Doktora Tezi, Ulusal/Uluslararası Yeni Proje)	Bu projenin sonucunda, sualtı konumlandırma sistemlerine olan ilgim arttı ve gelecekte yüksek lisans tez konusu olarak bu alanda daha fazla çalışma yapmayı düşünüyorum. Ayrıca, bu alandaki gelişmelere katkıda bulunmak amacıyla TÜBİTAK'a başvurular yapmayı , projeler yapmayı ve ilgili araştırmalara devam etmeyi planlıyorum.

5. BÜTÇE TALEP ÇİZELGESİ

Bütçe Türü	Talep Edilen Bütçe Miktarı (TL)	Talep Gerekçesi
Sarf Malzeme	9000	Projede kullanılacak entegreler (555 entegresi, JK Flip-Flop, Decoder, Encoder, MUX, DMUX), Arduino, elektrik kabloları, elektronik devre elemanları (direnç, transistör, kondansatör, diyot, led), akustik alıcı ve akustik verici, 3D yazıcı ile parça bastırmak için filament, lehim teli vb. malzemelerinin alımı yapılacaktır. Ayrıca ek teçhizat malzemeleri üniversitemizin laboratuvarından temin edilecektir.
Makina/Teçhizat (Demirbaş)		
Hizmet Alımı		
Ulaşım		
TOPLAM	9000	

NOT: Bütçe talebiniz olması halinde hem bu tablonun hem de TÜBİTAK Yönetim Bilgi Sistemi (TYBS) başvuru ekranında karşınıza gelecek olan bütçe alanlarının doldurulması gerekmektedir. Yukardaki tabloda girilen bütçe kalemlerindeki rakamlar ile, TYBS başvuru ekranındaki rakamlar arasında farklılık olması halinde TYBS ekranındaki veriler dikkate alınır ve başvuru sonrasında değiştirilemez.

6. BELİRTMEK İSTEDİĞİNİZ DİĞER KONULAR

Sadece araştırma önerisinin değerlendirilmesine katkı sağlayabilecek bilgi/veri (grafik, tablo, vb.) eklenebilir.

7. EKLER

EK-1: KAYNAKLAR

- [1] Paul, A. Sualtı Keşif Aracı Titan'ı Bulmak Neden Çok Zor? (2023), Popular Science, 15 Temmuz.
- [2] Reis, A. J., Morgado, M., Batista, P., Oliveira, P., & Silvestre, C. (2016). Design and Experimental Validation of a USBL Underwater Acoustic Positioning System. Sensors, 16(9), 1491. ;<https://doi.org/10.3390/s16091491>
- [3] Almeida, J., Matias, B., Almeida, C., Martins, A., Ferreira, A., & Silva, E. (2020). Underwater Localization System Combining iUSBL with Dynamic SBL in iVAMOS! Trials. Sensors, 20(17), 4710. ;<https://doi.org/10.3390/s20174710>

- [4] Genç, E. U., SEYİR VE KONUMLANDIRMA SİSTEMLERİNDE ALGILAYICI TÜMLEŞTİRME (2008), Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- [5] <https://slideplayer.biz.tr/slide/1959023/>.
- [6] Tau, Z., Liping C. (2018) Yaxiong Y., Underwater Positioning Algorithm Based on SINS/LBL Integrated System, IEEE Access, 22 Ocak.
- [7] Chen, Hsin, H. (2013), The Estimation of Angular Misalignments for Ultra Short Baseline Navigation Systems, THE JOURNAL OF NAVIGATION,
- [8] K. Trachenko, B. Monserrat, C. J. Pickard, V. V. Brazhkin (2020), Speed of sound from fundamental physical constants, Science Advances, 9 Oct, Cilt: 6, Sayı: 41
- [9] Abramson, E. H., Brown, J. M. (2004), Equation of state of water based on speeds of sound measured in the diamond-anvil cell , Elsevier, 15 April.
- [10] Çavuşlu, M. A., Altuncu, M. A., Özcan, H., Gülağız, F. K., Şahin, Suhap (2020), Sualtı Haberleşmede Çok Yolluluğun Bant Genişliği, Kapasite ve İletim Gücü Üzerindeki Etkisi, BŞEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 7(1), 404-420.
- [11] Mano, M. Moris (2021), Sayısal Tasarım, Literatür Yayıncılık.
- [12] Chen, C.-T., & Milliero, F. J. (1976), Reevaluation of Wilsons sound-speed measurements for pure water, Academia, Cilt: 60, Sayfa: 1272.
- [13] Wayne, D. Wilson (1959), Speed of Sound in Distilled Water as a Function of Temperature and Pressure, The Journal of the Acoustical Society of America, Cilt: 31, Sayı: 8.
- [14] Alcocer, A., Oliveira, P., Pascoal, A. (2006), UNDERWATER ACOUSTIC POSITIONING SYSTEMS BASED ON BUOYS WITH GPS, Proceedings of the Eighth European Conference on Underwater Acoustic, 12-15 June.
- [15] <https://www.trthaber.com/haber/gundem/sihalardeki-basariyi-mini-denizaltida-da-yakalayabiliriz-648444.html>.