

HİDROĞRAFİK HARİTA YAPIMINDA "SIDE SCAN SONAR" TEKNİĞİ VE GEOMETRİK TEMEL İLKELERİ

Doç. Dr. Emirhan ALGÜL

1- GİRİŞ:

Yeryüzünün sularla örtülü kısımlarında ölçme ve haritalama çalışmaları, ülkelerin bu bölgelerde artan ekonomik çıkarlarına paralel olarak hızla devam etmektedir.

Günümüzde, denizlerde yapılan detaylı araştırmalarda, maden, petrol ve doğal gaz işletmelerinde ve yapım mühendisliği uygulamalarında büyük ölçekli güvenilir hidroğrafik haritalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Teknolojinin son yirmi yılının ürünleri olan Elektronik Konum Belirleyiciler, Yapay Uydular ile Konum Belirleme Teknikleri, Bilgisayar Destekli Çizim Otomatları vb. hidroğrafik çalışmalarda büyük hız ve doğruluk sağlamıştır. Konum belirlemede ve çizimdeki bu gelişmelere karşın, derinlik ölçmeleri yakın zamana kadar konvansiyonel yöntemlerle belirli hatlar üzerinde nokta nokta yada kesitler biçiminde yapılmıştır. Bu uygulamalarda derinlik ölçmesi (iskandil) yapılan noktalar ve hatlar arasında sualtı zemininin değişmediği varsayılmıştır. Topoğrafik yapının güvenilir ve doğru olarak elde edilebilmesi için iskandil hatları arasının sıklaştırılması gereği, su üzeri çalışmaların süresini, dolayısı ile maliyetini önemli ölçüde artırmaktadır.

Hidroğrafik amaçlı çalışmalarda su ortamında harcanacak zaman kısıtlı olduğundan, son yıllarda sualtı zemininin Fotoğrametrideki gibi yüzeysel olarak görüntülenmesi ve ölçülmesi fikri gelmiştir. Bu yöndeki araştırmalarda ışık ışınları su içinde olumlu sonuç vermeyince, çalışmalar ses enerjisi üzerine yoğunlaştırılmıştır. Bu araştırmanın ürünü olan "Side Scan Sonar" sistemi ile 1950 yılına sualtı zeminin ilk akustik görüntüleri (sonar resimleri) elde edilmiştir. (1)

Side Scan Sonar sistemi ile elde edilen verilerden yararlanarak harita yapma çalışmaları, karşılaşılan güçlüklerin 1978 yılında aşılmasından sonra, özellikle gelişmiş ülkelerde büyük ölçekli haritalar bu teknikle yapılmaya başlanmıştır.

2- SİSTEMİN GENEL ÖZELLİKLERİ

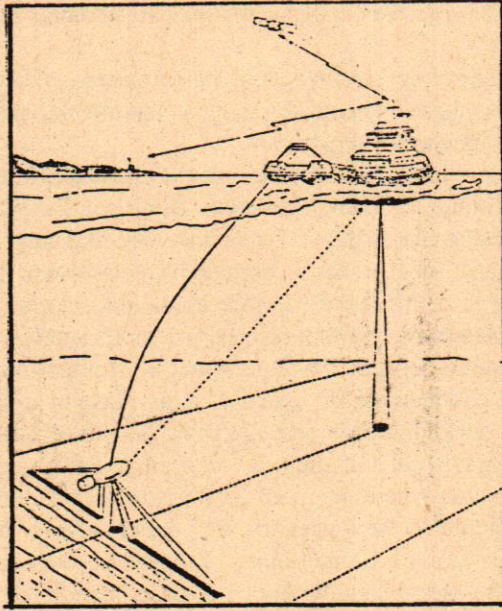
Side Scan Sonar (SSS) sistemi başlıca dört üniteden oluşmaktadır. Bunlar; a) Yüzen ünite, b) Sinyal İşleme ünitesi, c) Kaydedici ünite ve d) Bağlantı Kablosudur. Bu ünitelerin genel özellikleri ve fonksiyonları aşağıda kısaca açıklanmıştır.

a- Yüzen Ünite:

Ölçme gemisinin arkasında ve su içinde yüzdürülen, akustik alım olayını gerçekleştiren ünitelerdir. Su içindeki konumu ve denge durumu çok önemli olduğundan, hidrodinamik bir yapısı ve arka kısmında yatay-düşey konumlu kanatları

vardır. Ayrıca alım süresince ortaya çıkabilecek eğilme, dönme ve doğrultudan ayrılma (sapma) hareketlerini belirlemek için ünitenin içinde elektronik bir dengeleyici bulunur. Balık biçimindeki bu ünitenin gövdesinin her iki yanına, her biri 10-12 adet ultrasonik ses üreticinden oluşan birer transdüser (verici-alıcı) yerleştirilmiştir.

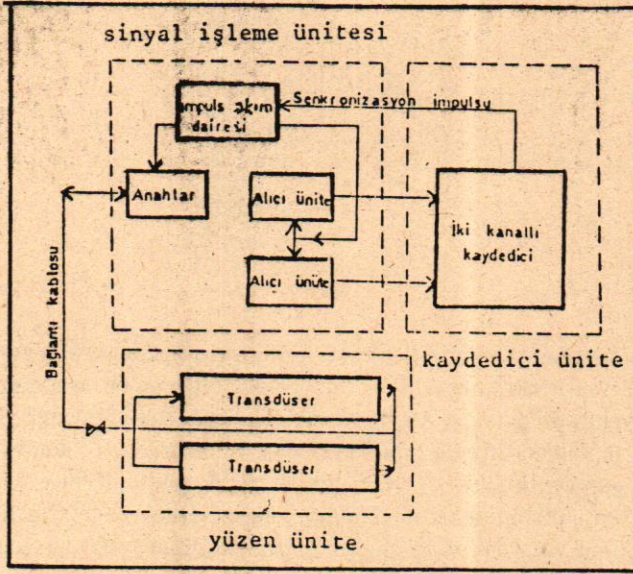
Her iki transdüser yüzen ünitenin hareket (rota) doğrultusuna dik yönde, yatay düzlemde $1-2^\circ$ gibi dar, düşey düzlemde $40-50^\circ$ lik bir alan içinde ses impulsları (Sinyalleri) yayarlar (Şekil-1). Sualtı zemininden yansiyarak geri dönen sinyaller gene transdüserlerce tesbit edilerek gemide bulunan sinyal işleme ünitesine iletilir.



Şekil: 1

b- Sinyal İşleme Ünitesi:

Gemi içindeki ölçme kamarasında bulunan bu ünite, impuls akım devresinin açık olduğu süre içinde, her bir ses üreticiden gönderilen ve alınan ses sinyallerini elektriksel olarak karşılaştırmak suretiyle eğik derinlik (uzunluk) bilgilerini üretir. Burada su içindeki absorpsiyonlar nedeni ile zayıf alınan sinyaller, belirli bir ölçekte ve zamana bağlı olarak güçlendirildikten sonra değerlendirilir. Yüzen ve kaydeden ünitelerle senkroniye çalışan bu ünitenin bilgisayar ile bağlantı devreleri vardır. (Şekil-2)



Şekil: 2

c- Kaydedici Ünite:

Sinyal işleme ünitesinde belirlenen eğik derinlik verileri, çift kanaldan kaydedici üniteye iletilir ve özel bir kağıt üzerine yada manyetik bir banda anında kaydedilir.

Elektrokimyasal kağıt üzerine yapılan kayıtlarda, sualtı zemininden alınan sinyallerin gücü ile orantılı olarak grinin değişik tonlarında çizimler (sonar görüntüleri) elde edilir.

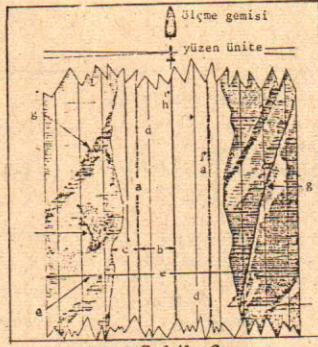
d- Bağlantı Kablosu:

Yüzen ünite ile sinyal işleme ünitesi arasında enerji ve akustik sinyal iletişimi Bağlantı Kablosu ile sağlanır. Koaksiyal yapıda ve çift mahfazalı olan bu eleman aynı zamanda yüzen ünitenin çekilmesi görevini de yapar.

Şekil- 2 de Side Scan Sonar sistemini oluşturan ünitelerin birbiri ile ilişkisi şematik olarak gösterilmiştir.

3- SONAR RESİMLERİNİN ÖZELLİKLERİ

Yüzen ünitenin altında ve rotanın heriki yanında yer alan sualtı zemininin kayıt kağıdı üzerindeki görüntüsü grinin tonları biçiminde oluşur. (Şekil- 3).



Şekil: 3

Sonar resimleri adı verilen bu görüntülerin doğru oluşması için gemi hızı ile kağıt ilerleme hızının senkronize edilmesi ve görüntü tonunun bir operatör tarafından ayarlanması gerekir. Sualtındaki küçük bir objenin veya şeklin operatör tarafından tanınabilmesi için, bunun belirli uzunlukta olması ve ardarda 8-10 dönüş sinyali ile işaretlenmesi gerekmektedir. Ayrıca belirlenecek objenin büyüklüğü, ışın genişliğine, yüzen ünitenin deniz tabanından yüksekliğine, objenin sertlik derecesine, ışın ekseninin yataydan olan eğimine, tarama (çizim) hızı ve doğrultusuna bağlıdır.

Bir sonar resminde, sualtı topoğrafyasına ilişkin görüntüler dışında Şekil-3'den görüleceği gibi;

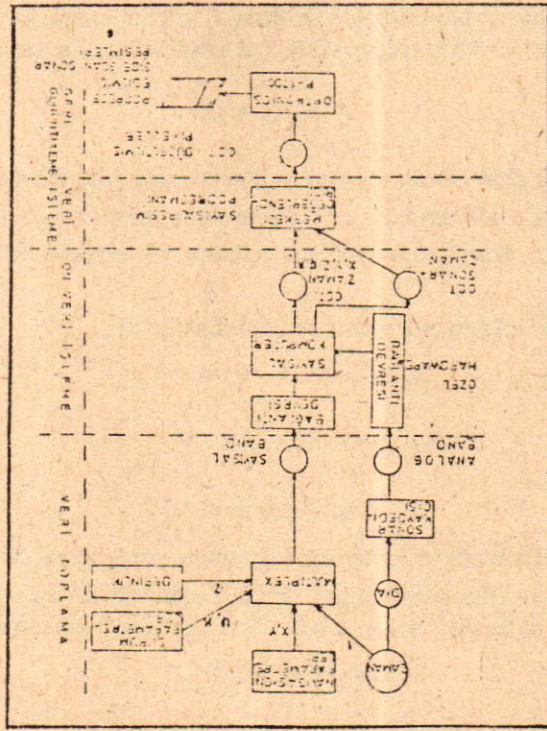
- a: Akustik yayın çizgisi,
- b: Yüzen ünitenin deniz yüzeyinden derinliğini gösteren çizgi,
- c: Deniz tabanının yüzen ünite altındaki derinliğini gösteren çizgi,
- d: Sabit aralıklı eğik mesafe çizgileri,
- e: Konum ölçmesi yapılan anları belirleyen çizgiler,
- g: Sualtı zeminindeki batık cisimler, boru hatları, kum dalgaları vb.
- h: Ölçme gemisinin rotasını gösteren çizgi bulunur.

4- TÜM VERİLERİN TOPLANMASI ve İŞLENMESİ:

Side Scan Sonar tekniği ile harita üretmek için Şekil-4 de şematik olarak gösterildiği gibi, a) Veri toplama, b) Ön veri işleme, c) Veri işleme, d) Geri görüntüleme olarak adlandırılan dört aşama söz konusudur.

Veri toplama aşamasında; derinlik bilgileri yanında, ölçme gemisinin yada buna bağlı olan yüzen ünitenin X,Y,Z konum parametreleri ve φ, λ, ω durum parametreleri belirli aralıklarla ölçülerek kaydedilir. Analog ve sayısal olarak kaydedilmiş bu bilgiler özel Hardware sahip bir bilgisayarda değerlendirilerek t,x,y, φ, λ parametreleri ile ilişkisi sağlanmış ve derinlik değerleri düzeltilmiş resim noktaları elde edilir. Zamana bağlı olarak konumlandırılmış bu noktalar ya bir çizim otomatı yardımıyla çizgisel haritaya dönüştürülür yada rödrese edilmiş SSS resimleri olarak

tekrar görüntülenir (1)



Şekil: 4

Resim verilerinin sayısallaştırılması, geometrik ve dansitometrik olmak üzere iki ayrı yoldan yapılır. Sayısallaştırma ve çizgisel haritanın elde edilmesi konularında literatür (1) (2) de ayrıntılı bilgi verilmiştir.

5- ALIM OLAYININ GEOMETRİK TEMEL İLKELERİ:

Sualtı zeminine ait bir P noktasının;

Temel referans sisteminde koordinatları: X_p, Y_p, Z_p

Resim Koordinatları : x_p, y_p

Yüzen üniteye ait bilgiler;

t_0 anındaki koordinatları: X_0, Y_0, Z_0

t_i anındaki koordinatları: X_i, Y_i, Z_i

t_i anındaki durum parametreleri: φ, θ, ω

olsun. Bu durum ve konum parametreleri arasındaki ilişkiler sistemin geometrik temel ilkesini oluşturur. Bu ilişkiyi sağlayan bağlantuların çıkarılması aşağıda gösterilmiştir.

Yüzen ünitenin baş-kuyruk doğrultusu X' eksenini olmak üzere alım anında ortaya çıkan X', Y, Z' eksen sistemi ile X, Y, Z temel referans sistemi arasındaki ilişki

$$X' = A (X - X_0) \quad (1)$$

denklemleri ile kurulur. Burada A: toplam dönme (rotasyon) matrisidir ve $A = R_x R_y R_z$ bağlantısı ile ifade edilmektedir. (1). Yüzen ünite bir $dt = t_1 - t_0$ zaman aralığında P_0 başlangıç noktasından P_1 alım noktasına gelirken "d" yolunu kateder (Şekil-5)

t_1 anında yüzen ünitenin orta noktasının koordinatları;

$$X = X_0 + d \cos \gamma \cdot C \cos \beta = U_1$$

$$Y = Y_0 + d \sin \gamma \cdot C \cos \beta = V_1 \quad (2)$$

$$Z = Z_0 + d \tan \beta = W_1$$

olur. U_1, V_1, W_1 eksenleri, temel referans sistemine paralel yeni bir koordinat sistemi olarak görülebilir. Alım anında yüzen ünitenin orta noktası etrafındaki üçlü bir rotasyon da dikkate alınarak, P noktasının X'Y'Z' sistemindeki koordinatları;

$$X' = a_{11}U_p + a_{12}V_p + a_{13}W_p$$

$$Y' = a_{21}U_p + a_{22}V_p + a_{23}W_p \quad (3)$$

$$Z' = a_{31}U_p + a_{32}V_p + a_{33}W_p$$

bağlantılarına göre bellidir. Burada a_{ij} elemanları yüzen ünitenin ψ, α, ω parametrelerinin trigonometrik fonksiyonlarıdır. Ayrıca $U_p = X_p - X_i$, $V_p = Y_p - Y_i$ ve $W_p = Z_p - Z_i$ dir. Yüzen ünite kanatları sayesinde $\omega = 0$ olacak şekilde hareket ettiği düşünülür ve $X' = 0$ alınrsa, bir t_1 anında bu ünitenin P noktasına uzaklığı;

$$r = ((Y')^2 + (Z')^2)^{1/2} \quad (4)$$

olur. Yüzen ünitenin $dt = t_1 - t_0$ zaman aralığında aldığı d yolu;

a) a_{ij} katsayıları ve γ, β açılarının fonksiyonu olarak;

$$d = \frac{a_{11}(X_p - X_0) + a_{12}(Y_p - Y_0) + a_{13}(Z_p - Z_0)}{a_{11} \cos \gamma \cos \beta + a_{12} \sin \gamma \cos \beta + a_{13} \tan \beta} \quad (5)$$

b) Ölçme gemisi hızının fonksiyonu olarak;

$$d = \int_{t_0}^t V \cdot dt \quad (6)$$

hesaplanabilir. Bu zaman aralığında alımı yapılmış P noktasının resim koordinatları;

$$x_p = \frac{1}{m'} \cdot d \quad (7)$$

$$y_p = \frac{1}{m''} \cdot r = \frac{1}{m''} \cdot ((y_p')^2 + (z_p')^2)^{1/2} \quad (8)$$

olur (1). Bu bağıntılarda;

1/m': x eksenini doğrultusundaki resim ölçeği ($m' = V/s$)

1/m'': y eksenini doğrultusundaki resim ölçeği ($m'' = C_0/c$)

V: Ölçme gemisinin hızı

S: Kayıt kağıdının ilerleme hızı

C₀: Sesin su içindeki hızı

c: Çizicinin tarama hızı

ifade edilmiştir.

(7) ve (8) bağıntıları, SSS sisteminin görüntü denklemleridir. Bu denklemler resim koordinatlarının hesaplanmasında yada bunların ölçülmüş olması halinde sualtı zeminine ilişkin noktaların koordinatlarının hesaplanmasında kullanılacak geometrik bağıntılardır.

6- SİSTEMİN HATA KAYNAKLARI

Bir SSS sistemi ile harita yapımında ortaya çıkan hata kaynakları;

- Yüzen ünitenin konum ve durum parametrelerindeki hatalar,
- Resim geometrisinden kaynaklanan hatalar,
- Ölçme gemisi ile kağıt ilerleme hızının hatalı senkronizasyonu
- Sonar resminin boyutsal deformasyonu

şeklinde dört grupta toplanır. Bu hata kaynaklarından en önemlisi alım olayını gerçekleştiren yüzen ünitenin X, Y, Z konum ve φ , λ , ω durum parametrelerindeki hatalardır. Bu parametrelerin doğruluğu;

- Gemi hızına,
- Konum belirleme sistemin sağlayacağı doğruluğa,
- Yüzen üniteyi etkileyen su içi faktörlere bağlıdır.

7- SONUÇ:

Side Scan Sonar sistemi sualtı zemininin boşluksuz görüntülenerek ölçülmesi ve haritalanmasında kullanılacak yeni bir olanaktır. Büyük ölçekli hidroğrafik haritaların güvenilir ve hızlı bir şekilde yapılmasını sağlayan bu teknik, pahalı olması nedeniyle şimdilik ülkemizde uygulanmamaktadır.

LİTERATÜR

- (1). Clerici, E.: Über die Anwendbarkeit von Side Scan Sonar zur Erstellung von Topographische Karten des Meeresbodens (Hannover, Nr 74, 1977)
- (2) Kolouch, D.: Geometrische Auswertung von Sonarbild daten und Interferometeraufnahmen mit Hilfe Digilater Bildverarbeitung (Hannover, Nr 124, 1983)
- (3) Ingham, A.E.: Hydrography for the Surveyor and Engineer (Granada Publishing Ltd, London, 1984)