

5. BÖLÜM

KONUM ÖLÇMELERİ

Konum ölçmeleri, uygulanacak yöntemle göre ya kıyıdaki jeodezik noktalardan ya da hidrografi taşıtından yapılır. Taşıtın belirli bir hızla sürekli hareket halinde olması durumunda, derinlik ve konum ölçmelerinin aynı anda yapılması ve çok kısa sürede tamamlanması zorunludur. Bu durumda ölçmelerin yinelenmesi olasılığı olmadığından eksik ya da hatalı ölçülerin belirlenmesini olanaklı kılan ölçme düzenleri uygulanır.

Su üzeri çalışmalarının rasyonel bir biçimde yürütülmesini sağlamak amacıyla çalışma bölgelerini kapsayan daha önceden yapılmış her ölçekte harita ve plan **çalışma kanavas**ı olarak kullanılabilir. Bunların mevcut olmaması halinde, yapılacak haritanın boş paftası veya bunun kopyası üzerine, kıyıdaki ve varsa su üzerindeki tüm jeodezik noktalar, geçici kıyı çizgisi ve kıyı şeridinin kabaca topografik durumu işaretlenir. Kıyı şeridine ilişkin ayrıntıların belirlenmesinde genellikle kıyıyı içeren kara haritalardan yararlanılır. Çalışma kanavas

ı üzerine, hidrografik çalışmanın ölçeği ve su üzeri çalışma yöntemleri dikkate alınarak hidrografi taşıtının hangi doğrultular üzerinde ilerleyeceği ve hangi aralıklarla derinlik ve konum ölçmeleri yapılacağı işaretlenir. Hidrografide botun ilerleme doğrultusu **iskandil doğrultusu** olarak ifade edilir. Çalışma kanavasına işaretlenecek iskandil doğrultuları, hidrografi taşıtının ölçmeler sırasında izlemesi istenen rotasıdır. Çalışma koşullarında bu doğrultular bir miktar değişebileceğinden bu doğrultular kesin değildir. Su üzeri çalışmaları sırasında taşıtta

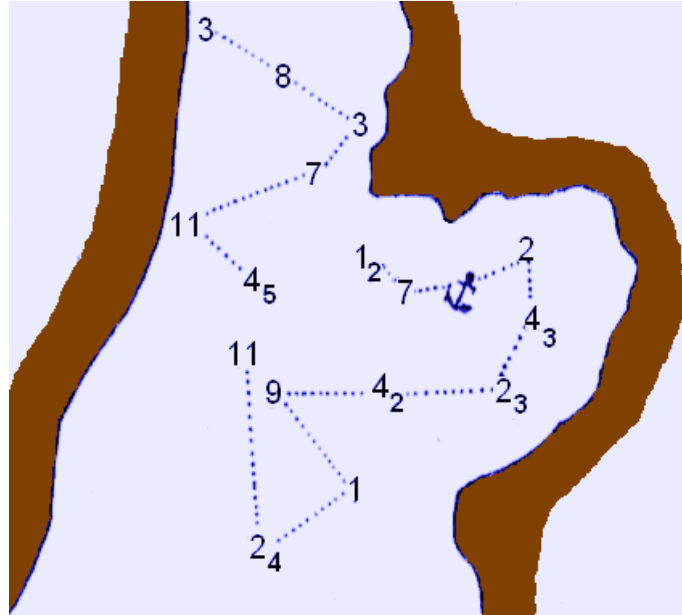
5. Konum Ölçmeleri

kullanılan ve üzerine gerekli işaretlemelerin yapıldığı çalışma kanavasına **bot kanavası**'da denir. Su üzeri çalışmalarında hidrografi taşıtının izleyeceği rotaya göre üç değişik çalışma yöntemi vardır.

5.1. Çalışma yöntemleri

5.1.1. Serpme yöntemi

Bu yöntemde çalışma ortamının rastgele yerlerinde ölçmeler yapılır. Hidrografi taşıtının izlediği belirli bir rota yoktur. Bu yöntemde derinlikler, sürekli derinlik ölçen ve kaydeden akustik aletlerden ziyade ip veya tel iskandil ile ölçülür. İskandil noktalarının düzensiz dağılımını önlemek amacıyla ölçme yapılan noktaların aynı anda bot kanavasına işlenmesi gerekir. Bu yöntem genellikle çok küçük alanlarda yapılacak tamamlama çalışmalarında ve diğer yöntemlerde tereddütlü görülen bölgelerin araştırılmasında uygulanır. Bu yöntem pek kullanışlı değildir.



Şekil-5.01 Serpme yöntemi

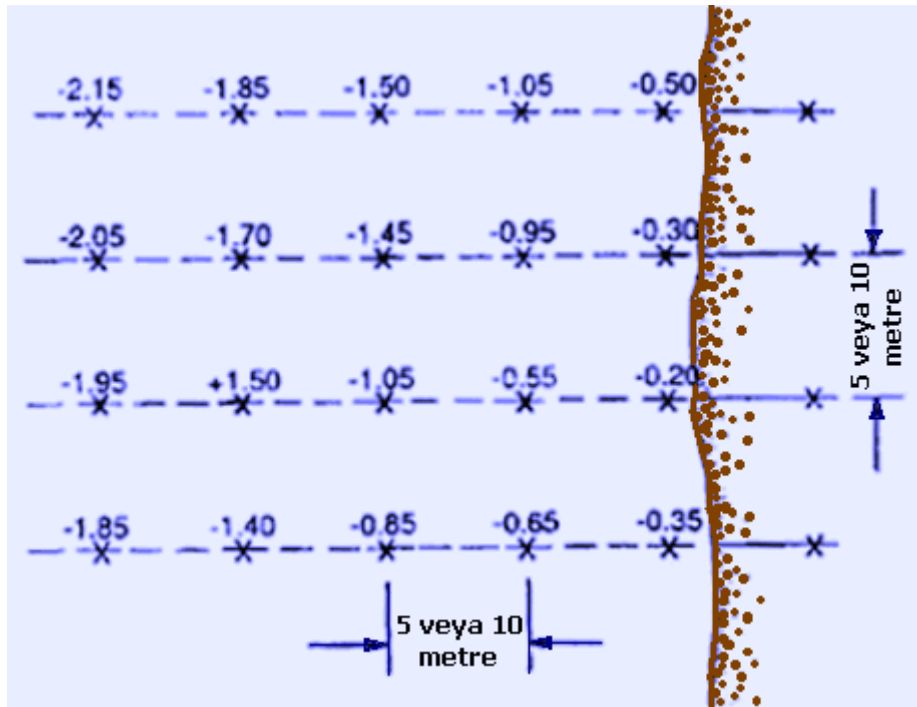
5.1.2. Doğrultu yöntemi

Bu yöntemde su üstü çalışmaları, belirli doğrultular üzerinde yapılır. Ölçmelerin kontrolü olanaklı ve hidrografi taşıtının yöneltmesi de kolay olduğundan çok kullanılan bir yöntemdir. Doğrultu konumlarının belirlenmesinde temel düşünce şudur: Bir yüzey, en büyük eğimli doğrultuları boyunca ölçülürse, en az sayıda nokta ile en doğru şekilde belirlenebilir. En büyük eğimli doğrular ise yüzeyin yükseklik

5. Konum Ölçmeleri

eğrilerine dik olduklarından, su üzeri çalışma doğrultuları (İskandil doğrultuları) sualtı tabanının yükseklik eğrilerine mümkün olduğunca dik olmalıdır. Ancak sualtı tabanı görülmediğinden, bunun doğal uzantısı olarak kabul edilen kıyının yükseklik eğrilerine dik olacak şekilde belirlenmelidir.

Kıydan açık denizler ile dar uzun göllerde yapılacak çalışmalar için, genellikle yukarıdaki kurala bağlı kalınmaksızın doğrultuların en uygun konumu seçilir. Kıyının topoğrafik yapısına göre iskandil doğrultuları birbirine yaklaşır ya da uzaklaşır; fakat birbirini kesmeyecek şekilde düzenlenirler. Çalışma kolaylığı nedeniyle az girintili kıyılarda doğrultular birbirine paralel olacak biçimde alınır. Doğrultular arasındaki uzaklıklar ile doğrultular üzerinde hangi aralıklarda ölçme yapılacağı, iskandil nokta yoğunluğuna bağlı olarak belirlenir. Birbirinden açılan doğrultularda, doğrultuların enağık yerlerindeki ara uzaklık, iskandil nokta yoğunluğunun gerektirdiği değerin 1,5 katını geçmeyecek şekilde belirlenir.



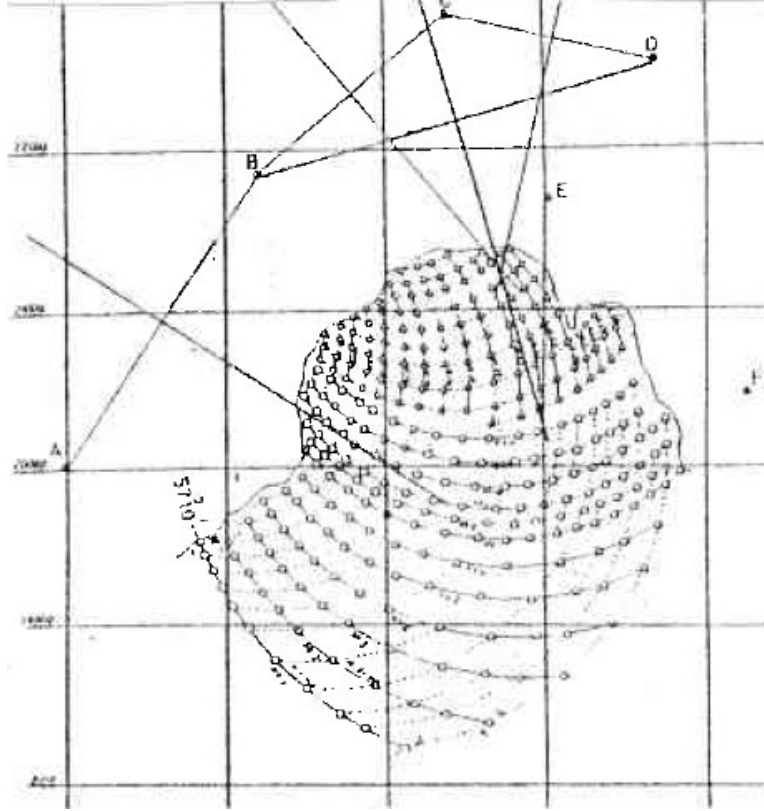
Şekil-5.02 Doğrultu yöntemi

5.1.3. Yay Yöntemi

Bu yöntemde hidrografi taşıtının rotası, sürekli olarak daire yayları üzerinde bulunur. Taşıtın yay üzerindeki hareketi, kıyıdaki iki jeodezik noktanın sabit bir açı altında sürekli olarak gözlenmesi ile sağlanır. Bu yöntemde de yayların mümkün olduğunca

5. Konum Ölçmeleri

kıyının topoğrafyasına dik ve birbirine paralel olması gerektiğinden, jeodezik noktaların ve yayların uygun konumu için diğer yöntemlere oranla daha ayrıntılı bir planlama yapılması zorunludur. Her jeodezik nokta çiftine ait yayların birbirine karışmaması için bunlar çalışma kanavasası üzerinde renkli olarak işaretlenir. Her yayın sabit kiriş açısı ve numarası yayın üzerine yazılır. Ayrıca yay üzerinde hangi aralıklarla iskandil yapılacağı, yani iskandil noktaları da gösterilir.



Şekil-5.03 Yay yöntemi

Yöntemin su üzerinde uygulanışı şöyledir: Bot, sekstant ile yapılacak kestirme ölçmeleri yardımı ile herhangi bir yayın başlangıç noktasına getirilir. Önceden saptanan sabit kiriş açısı sekstantta alınır ve kirişi oluşturan jeodezik noktalar bu açı altında görülecek biçimde bot hareket ettirilir. Bu arada önceden saptanan aralıklarla derinlik ve konum ölçmeleri yapılır. Botun rotası bilindiğinden iskandil noktalarının konumunun belirlenmesi için tek bir ölçme yeterlidir. Bunun için genellikle bot üzerinden ikinci bir sekstant ile diğer bir jeodezik nokta çiftine kestirme açısı ölçülür. Ancak bu jeodezik noktalardan biri, ilgili yaya ait kiriş noktalarından biri ile ortak

5. Konum Ölçmeleri

olmalıdır. Botun rotasını sık sık kontrol etmek ve düzeltmek gerektiğinden yöntem pek kullanışlı değildir.

5.4. Konum Ölçmelerinde Kullanılan Aletler

5.4.1. Sekstant

Sekstant, yatay, düşey ve pozisyon açılarının tek bir gözlem ile ölçülmesine olanak sağlayan hafif ve elde taşınarak kullanılan klasik bir açı ölçerdir. Kullanımları kolay, incelikleri ise düşüktür. Jeodezide fazla kullanım alanı bulamamış olmalarına karşın hidrografik ölçmelerde ile yersel ve astronomik navigasyonda geniş bir uygulama alanı bulmuş aletlerdir. Açı ölçmelerinin çok kısa sürede yapılabilmesi nedeniyle hareketli taşıt üzerinden yapılacak kestirme ölçmelerinde çok kullanılmaktadır. Yapılarına göre;

- a) Klasik sekstant (Şekil-5.04),
- b) Kutu sekstant (Şekil-5.05)

olmak üzere iki farklı tipe ayrılırlar.



Şekil-5.04 Klasik bir sekstant

5. Konum Ölçmeleri



Şekil-5.05 Kutu sekstant

Kutu sekstantlar 120^0 'den daha küçük açıların ölçülmesinde kullanılmaktadır. Sistem olarak bir eksene tespit edilmiş ve dönebilen ayna (1) ile yine bu eksene tespit edilmiş bir verniyer kolu (2) ile okunabilen 0^0 - 120^0 'lik açı aralığında bölümlendirilmiş bir skaladan (3) oluşmaktadır. Ayrıca eksene bir dişli segman (4) ile buna bağlı küçük bir dişli çarkda tespit edilmiştir. Bu küçük çark, (6) vidası ile döndürülerek ayna çevrilebilmektedir. Aynanın çevrilme miktarı verniyer ve skaladan okunabilmektedir. Üst yarısı sırlanmış sabit ufuk aynası (7) ve metal muhafaza (8) sekstantı oluşturmaktadır. Gözlem deliği (9) yardımıyla ufuk aynası gözlenebilmektedir. İki ayna arasındaki muhafaza kenarında bir pencere bulunmaktadır. Ufuk aynasının sırsız kısmından ve muhafaza penceresinden bir cisim gözlenirken, diğer bir cisim de her iki aynadaki yansımanın ardından gözlenebilmektedir. Bu anda gösterge aynası döndürülerek ikinci cismin yansıyan görüntüsü birinci cisim ile çakışma sağlanmaktadır.

Şekil-5.00'da görüldüğü gibi A ve B gibi iki istasyon noktası arasındaki BFA açısı aynalar arasındaki DEC açısının iki katıdır. Bu nedenle gösterge aynasının döndürülmesi ile ölçülen gerçek açı bu aynanın ufuk aynasına göre dönmesine

5. Konum Ölçmeleri

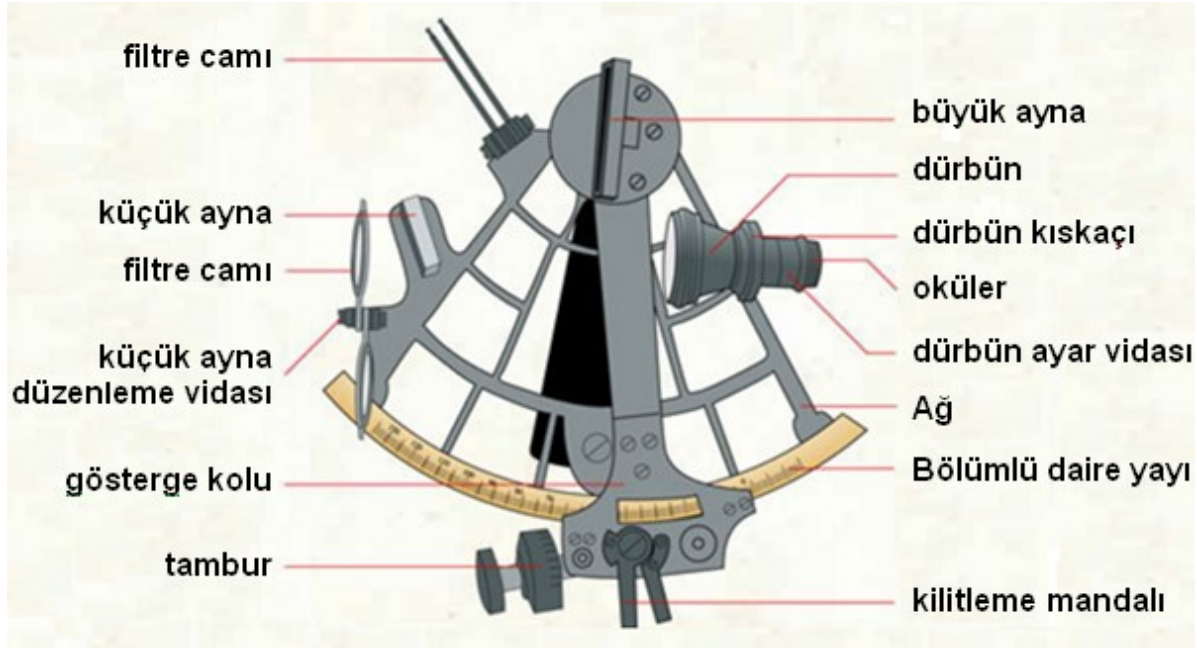
karşılık gelmektedir. Bu ise, eğer iki ayna paralel ise bunların arasındaki açı sıfır, dolayısıyla verniyer skala üzerinde sıfırdadır demektir.

Ufuk aynasına göre gösterge aynasının döndürülmesi ölçülür. Her defasında ölçülen açının iki katını almaktan kaçınmak için skala, gerçek değerinin iki katı olarak bölümlendirilmiştir. Skalanın 60^0 'lık kısmı 120^0 olarak görülmektedir. Okumaları kolaylaştırmak için bir büyüteç de bulunmaktadır. Ayrıca, güneş gözlemleri için koyu renk camlar ve ufak bir dürbün de bulunmaktadır.

Her iki tip sekstantın temel ilkesi aynı olmakla birlikte klasik sekstantlar kullanım bakımından daha pratik olup hidrografik ölçmeler alanında daha yaygın kullanım alanı bulmuştur.

5.4.1.1. Sekstantın yapısı

Klasik bir sekstantın yapısını oluşturan temel elemanları ve bunların özellikleri aşağıdaki şekilde açıklanabilir, (Şekil-5.06).



Şekil-5.06 Klasik bir sekstantın yapısı

Sekstant çerçevesi: Genellikle metalden yapılmış 60 derecelik yayı olan bir daire parçasıdır. Ağırlığının azaltılması düşüncesi ile daire düzlemi göz göz boşaltılarak çerçeve şekline getirilmiş sekstantın tüm elemanları bu çerçeve üzerine tesbit edilmiştir. Çerçevenin yay kısmı üzerinde açı bölümleri ve okuma donatımı bulunur.

5. Konum Ölçmeleri

Yay 60^0 'lık olmasına karşın sekstantların temel ilkesinin özelliği nedeniyle açı bölümleri, gerçek değerlerinin iki katı olarak sayılandırılmıştır. Bu nedenle yay üzerinde 0^0 ile 120^0 arasında sayılandırma görülür.

Gösterge kolu: Sekstant çerçeve düzlemi üzerinde kutupsal olarak hareket eden metal bir koldur. Bu kol sekstant dairesinin merkezine bir mil ile bağlı olup bunun etrafında hareket eder. Kolun yay üzerindeki ucunda tesbit ve açı okuma düzeneği ve mile bağlanan ucunda ise büyük ayna vardır.

Büyük ayna (gösterge kolu aynası): Her iki yüzeyi birbirine paralel ve düzgün olarak traş edilmiş ve dış etkilere karşı korumak için bir muhafaza içine alınmıştır. Ayna yüzeyi sekstant yüzeyine dik olarak ve simetri eksenine sekstant dairesinin merkezinden geçecek biçimde, göstere kolu üzerine tesbit edilmiştir.

Küçük ayna (çakıştırma aynası): Üst yarısı sırsız, alt yarısı sırlı bir aynadır. Sekstant çerçeve düzlemi üzerine ve dürbünün tam karşısına tesbit edilmiştir. Ayna yüzeyi, çerçeve düzlemine dik ve ayna göstergesinin sıfır durumunda büyük aynaya paraleldir.

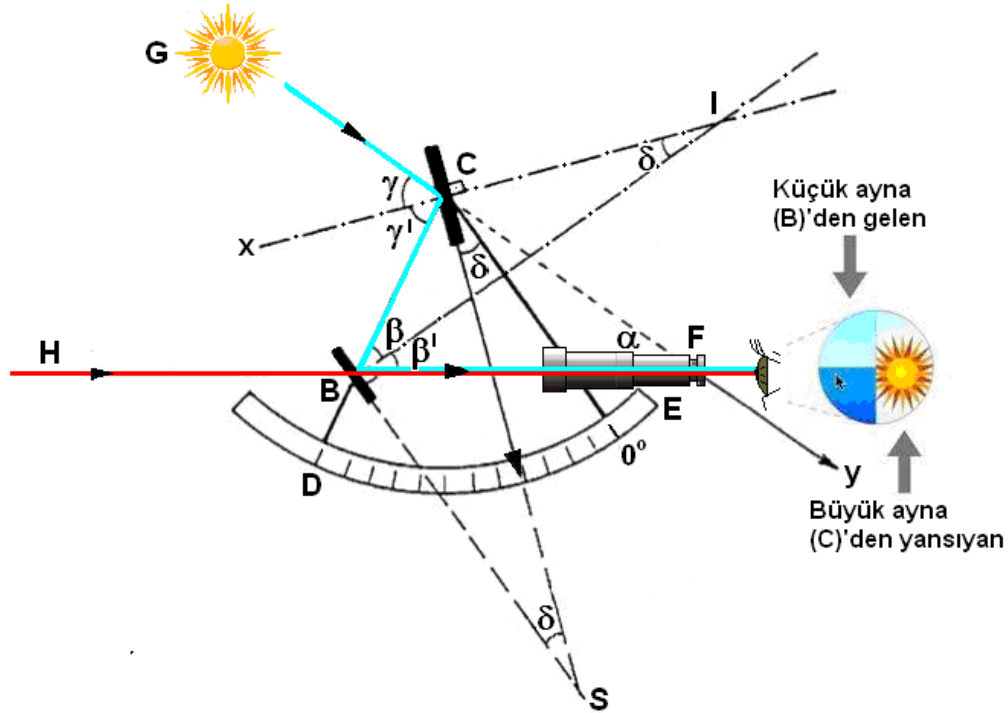
Dürbün: Hedeflerden birine yapılacak yöneltme ve her iki hedef görüntüsünün daha iyi çakıştırılması amacı ile kullanılır. Küçük aynanın tam karşısına ve sekstant çerçeve düzleminde tesbit edilmiştir. Sekstantlarda dürbünün büyütmesi genellikle 3 ile 10 kattır. Büyütme arttıkça görüş alanı azaldığından, büyütmesi fazla olan dürbünler, sekstantlar için uygun değildir. Doğrudan okunabilen en küçük açı birimi, presizyonlu sekstantlarda $1'$, klasik sekstantlarda $5' - 10'$ dir.

Kilitleme mandalı ve açı düzeneği: Bu iki donanım gösterge kolunun yay üzerindeki ucunda bulunur. Kilitleme mandalı, genel hareket vidası ve az hareket vidasından oluşur. Açı okuma düzeneği olarak, sekstantın yapısına bağlı olarak *vernierli* veya *gösterge-mikrometre* 'li olur.

Filtre camları: Güneşe ve parlak hedeflere yapılacak gözlemlerde veya Güneş ışınlarının gözlemciyi rahatsız ettiği durumlarda kullanılır. Bunlar, değişik renkte ve tonlarda camlardan oluşacak şekilde, biri küçük aynanın önüne, diğeri büyük aynanın önüne gelecek şekilde iki grup halinde sekstant çerçevesine yerleştirilmiştir.

5. Konum Ölçmeleri

5.4.1.2. Sekstantın temel ilkesi



Şekil-5.07 Sekstantın temel çalışma ilkesi

Sekstantın temel ilkesi, iki aynadan sıra ile yansiyarak çıkan bir ışının ilk aynaya geliş doğrultusu ile yaptığı açı (α), ayna normalleri arasındaki açının (δ) iki katıdır. Şekilden de görüldüğü gibi, C aynasına gelen bir ışın, bu aynadan yansiyarak B aynasına gelir ve buradan da yansiyarak F dürbününe gelir. Yansıma kanunlarına göre, $\gamma = \gamma'$ ve $\beta = \beta'$ olur.

$$\text{CBF üçgeninden, } \gamma + \gamma' = 2 \cdot \gamma' = 2 \cdot \beta + \alpha \quad (5.01)$$

$$\text{CBI üçgeninden, } \gamma' = \beta + \delta \quad (5.02)$$

yazılabilir. γ' 'nün (5.02) eşitliğinden bulunan değer, (5.01) eşitliğinde yerine konulursa,

$$2 \cdot \gamma' = 2 \cdot (\beta + \delta) = 2 \cdot \beta + \alpha$$

$$2 \cdot \beta + 2 \cdot \delta = 2 \cdot \beta + \alpha$$

$$\alpha = 2 \cdot \delta \quad (5.03)$$

elde edilir.

5. Konum Ölçmeleri

Açı ölçümü için, sekstant dürbünü H hedefine yöneltilir, gösterge kolu hareket ettirilerek G hedefinin aynalardan yansıyan görüntüsü dürbün içine alınır ve her iki görüntü çakıştırılır. Bu durumda G ve H hedeflerinin sekstant istasyonunda oluşturdukları α açısı, sekstant yayı üzerinde oluşan δ açısının iki katıdır. Gerçek açının okunabilmesi için yay üzerindeki açı bölümleri iki kat değerlerle sayılandırılmıştır. Ölçülecek açı küçüldükçe F tepe noktası, sekstantın dışına çıktığından dış merkez hatası oluşur. Bu nedenle küçük açılar ($\alpha < 20^\circ$) sekstant ile ölçülmesi önerilmez.

5.4.1.3. Sekstant açılarının yataya indirgenmesi

Açı ölçmesinde sekstant düzlemi gözlenen noktalardan geçecek biçimde tutulur ve bu noktalar genellikle aynı yükseltilerde olmadıklarından sekstant ile ölçülen açı, **pozisyon açısı** 'dır. Gözlenen noktaların aynı düşey düzlem içinde olmaları veya sekstant düzleminin düşey konumda tutulması halinde düşey açı ölçülmüş olur. Sekstant ölçülerine dayalı olarak yapılacak planimetrik konum belirlemesinde özellikle gözlenen noktalar arasındaki yükseklik farklarının büyük olması durumunda, pozisyon açılarının yatay düzleme indirgenmesi zorunludur. a pozisyon açısı a' yatay açısından daima büyüktür.

Yatay açıyı veren formülün çıkarılmasını kolaylaştırmak için, gözlenen noktaların sekstanta aynı uzaklıkta olduğu ($AI \gg BI = S$) kabul edilir. a' yatay açısı A, I, ve B, I noktalarından geçen düşey düzlemler arasındaki ölçek açıdır ve dolayısıyla I noktası merkez, S yarıçaplı küre üzerinde oluşan AZB küresel üçgeninin AZB açısına eşittir. Gözlenen noktaların yükseklikleri (ya da düşey açıları) ve ara uzaklıkları bilindiğinden küresel üçgenin Z_A , Z_B ve a kenarları bilinen elemanlardır. Buna göre a' açısının matematiksel ifadesi kosinüs teoreminden;

$$\cos \alpha' = \frac{\cos a - \cos Z_A \cos Z_B}{\sin Z_A \sin Z_B} \quad (5.04)$$

biçiminde yazılır. Gözlenen noktalar arasındaki yükseklik farkının az olması durumunda;

$$\cos \alpha' = \frac{\cos \alpha}{\cos(\Delta h)} \quad (5.05)$$

yaklaşık formülünden yararlanılır. Burada;

a :sekstant ile ölçülen açı,

5. Konum Ölçmeleri

a' : yatay açı.

Δh : gözlenen noktalar arasındaki açı cinsinden yükseklik farkı,

$$(\Delta h) = \frac{h_A - h_B}{a} \rho \quad (5.06)$$

ve anlamındadır.

5.5. Takeograf

Takeograf, konum ölçmelerinde kullanılmak üzere geliştirilmiş özel bir otoredüktör takeometredir. Alet bir plançete tablası ile birlikte kullanılır ve ölçülen noktalar, bu tabla üzerine yerleştirilen bir altlığa grafik olarak işaretlenir. Takeograf ile uzunluk ölçümü için, hidrografi botuna yerleştirilen düşey konumlu bir miradan yararlanılır. Takeograf ile miraya yapılan gözlemlerden doğrudan doğruya yataya indirgenmiş uzaklık elde edilir.

Şekil-5.00 Takeograf aleti

Takeografıta indirgenmiş uzaklığın elde edilmesinin temel ilkesi, şekildeki geometrik bağıntılardan,

$$\frac{s_i}{a} = \frac{b}{h_i} \rightarrow s_i = \frac{a \cdot b}{h_i} \quad (i = 1, 2, \dots, n \dots \text{nokta} \dots \text{numarası})$$

olarak yazılabilir. Burada;

a : Takeograf dürbünü taşıyan dikmelerin sabit ara uzaklığı

5. Konum Ölçmeleri

(a=250 mm)

- b : Bot üzerindeki mira boyu (b=sabit)
 h_i : i noktası için dürbünün radyan cinsinden eğimi
 S_i : Bot ile takeograf arasındaki yatay uzaklık anlamındadır.

Ölçme düzeni, a . b = k = 100 olacak biçimde saptandığından, indirgenmiş uzaklık,

$$S_i = \frac{k}{h_i} = \frac{100}{h_i}$$

bağıntısından bulunur. Takeograf üzerindeki eğim skalası, 100 / h_i değerlerine göre bölümlendirildiğinden yatay uzaklık doğrudan okunur.

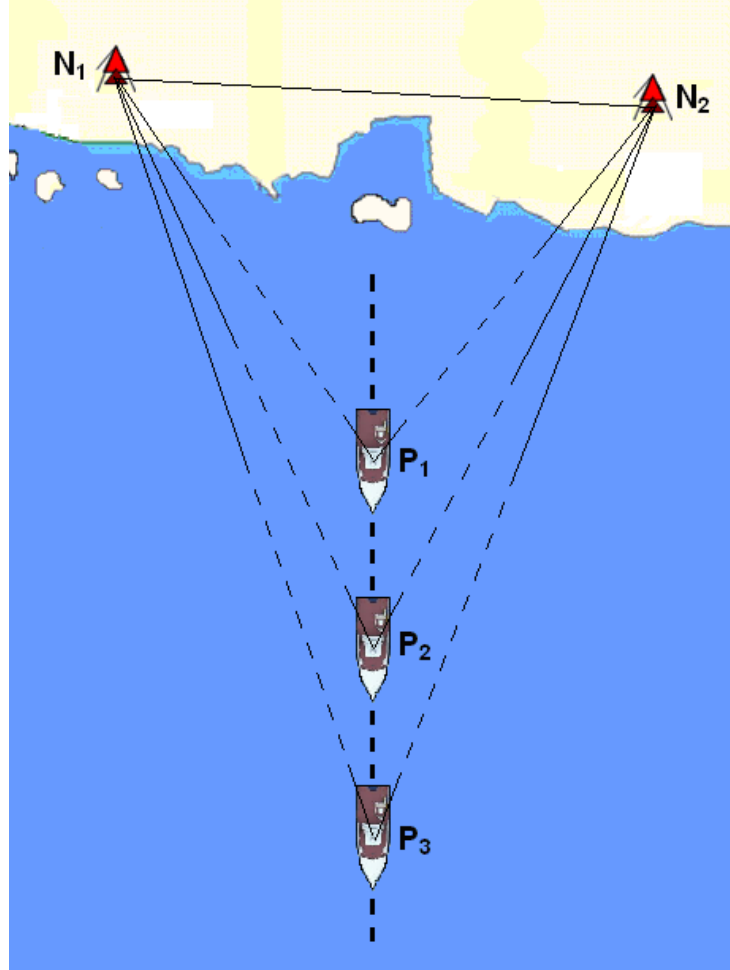
5.6. Konum belirlemede uygulanacak klasik yöntemler

5.6.1. Önden kestirme yöntemi

Kıyadaki en az iki jeodezik noktadan açı ölçmek suretiyle iskandil noktaları konumunun belirlenmesi yöntemin temel ilkesidir. Açı ölçmelerinde genellikle teodolitler kullanılır. Yöntem, klasik önden kestirmenin aynısı olmasına karşın, su üzeri çalışmalarında hidrografi taşıtının genellikle hareket halinde olması nedeniyle, yöntemin uygulanmasında bazı farklılıklar vardır. Bunlardan en önemlisi bir iskandil noktasına ait kestirme açılarının aynı anda ve çok kısa sürede ölçülmesi gereğidir. Bu nedenle yöntemin uygulanması sırasında bot ile kestirme istasyonları arasında işaretleşme veya telsiz-telefon haberleşmesi zorunludur. Çalışma bölgesi için önceden saptanan en az iki jeodezik noktada teodolitler ölçmeye hazır duruma getirilir. Her iki aletin dürbünleri bilinen noktalara yöneltilerek doğrultu değerleri okunur. İskandil ekibini taşıyan hidrografi botu iskandil doğrultularından birinin başlangıç veya bitim noktasına yöneltilir. Bot, bu doğrultu üzerinde sabit hızla yol alırken, ekip başının vereceği işaretlere göre aynı anda derinlik ve kestirme ölçmeleri yapılır. Yapılan ölçüler telsiz ile hidrografi botuna bildirilirse, iskandil noktaları bot kanavasına grafik olarak işlenir ve botun rotası, yani önceden belirlenen iskandil doğrultusu üzerinde ilerleyip ilerlemediği kontrol edilebilir. Çalışma koşullarının uygun olması durumunda, kıydan maksimum 5 km açılara kadar uygulanabilir. Her iskandil noktasının iki kestirme açısı ile saptanması halinde bu açılardan birinin veya her ikisinin hatalı ölçülmesi, noktanın konumunu doğrudan etkileyeceğinden, kontrolü sağlamak ve yöntemin inceliğini arttırmak amacıyla üçüncü bir açı ölçülür. Bu açı, çalışmanın

5. Konum Ölçmeleri

ölçeğine ve inceliğine bağlı olarak ya sekstant ile bottan veya kıyıdaki üçüncü bir jeodezik noktadan ölçülür.



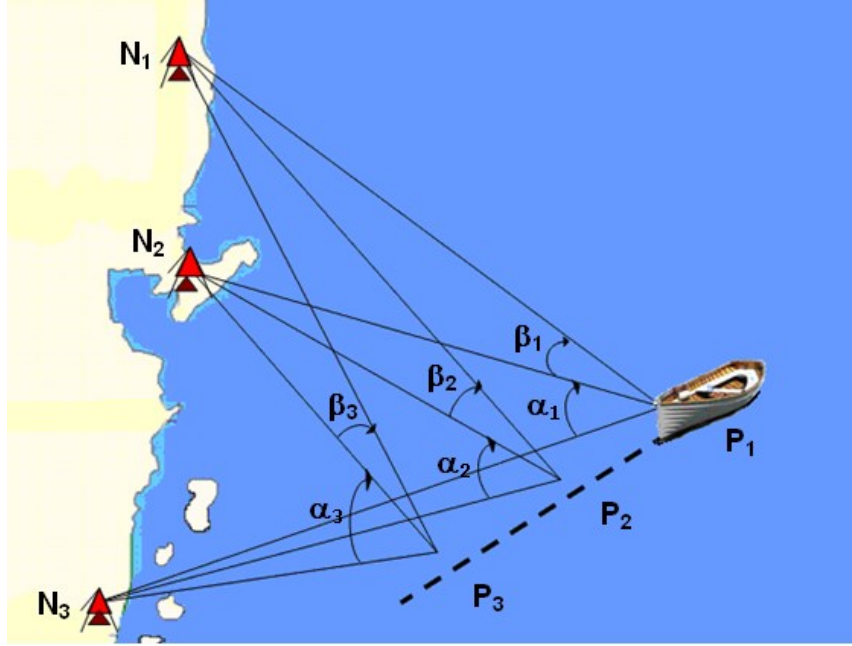
Şekil-5.00 Önden kestirme

5.6.2. Geriden kestirme yöntemi

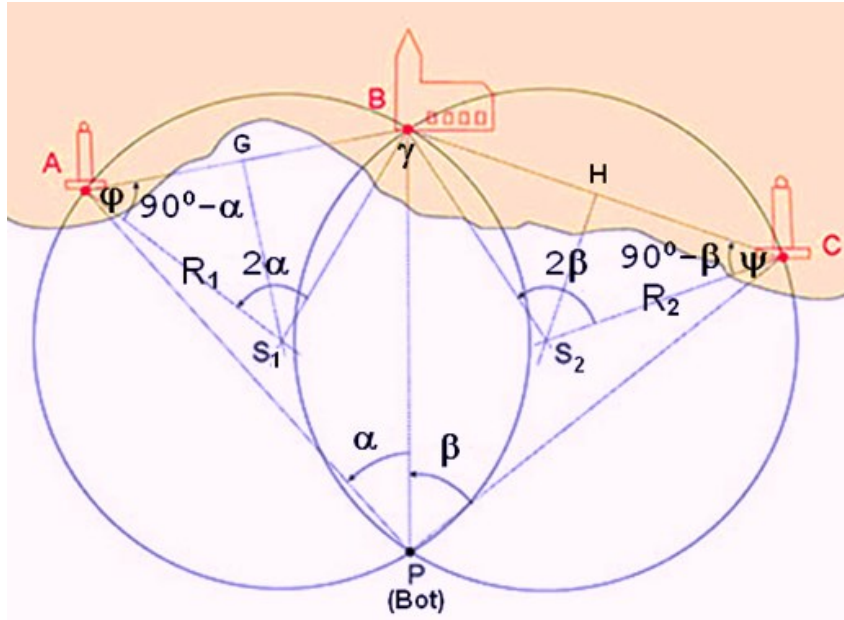
Hidrografik çalışmalarda çok uygulanan bu yöntemin temel ilkesi, klasik geriden kestirmenin aynısıdır. Burada kestirme gözlemleri, kıyıdaki üç tane jeodezik noktadan yararlanmak suretiyle bot üzerinden yapılır, (Şekil-5.00). Hidrografi botu, çalışmalar sırasında genellikle hareket halinde olduğundan kestirme açılarının aynı anda ve çok kısa sürede ölçülmesi zorunludur. Botun sallantılı ve hareketli olması nedeniyle açı ölçmeleri zorunlu olarak sekstant ile yapılır. İskandil noktalarının bot kanavasına işaretlenmesi ve dolayısıyla bot rotasının kontrol ve düzenlenmesi, önden kestirme yöntemine göre daha kolaydır. Geriden kestirme yöntemi, sekstant dürbün büyütmesinin az olması nedeniyle normal koşullarda kıydan maksimum 2 km açılara

5. Konum Ölçmeleri

kadar her su ortamında uygulanabilir. Gözlenen noktaların minare, kule vb. yüksek noktalar olması halinde, özellikle incelik aranmayan çalışmalarda, yöntemin uygulama alanı kıydan 3 - 4 km açılara kadar genişletilebilir.



Şekil-5.00 Bottan geriden kestirme yöntemi ile konumlama



Şekil-5.00 Geriden-bottan-kestirme yönteminin geometrik ilkesi

5. Konum Ölçmeleri

5.6.3. Sabit doğrultu yöntemi

Sabit doğrultu yöntemlerinde su üzeri çalışmaları, kıyıda tesis edilen noktaların belirlediği sabit doğrultular üzerinde yapılır. Bu amaçla kıyıda bir veya iki poligon geçkisi oluşturulur ve konumları, jeodezik olarak belirlenir.

Çalışma ortamının şekline ve büyüklüğüne göre, doğrultuyu belirleyen noktalar ya her iki kıyıda ya da kıyılardan birinde bulunur. Kıyıdaki noktaların seçiminde doğrultuların mümkün olduğu kadar kıyıya dik olmasına dikkat edilir. Sabit doğrultular düz kıyılarda birbirine paralel, yön değiştiren kıyılarda ışınal olarak uzanır. Doğrultu aralıkları, çalışma yöntemi ve ölçek dikkate alınarak, iskandil nokta yoğunluğuna uygun olarak belirlenir. İskandil noktalarının sabit doğrultu üzerindeki konumunu belirlemek amacıyla yapılacak ölçmenin türüne göre, sabit doğrultu yöntemleri dört gruba ayrılır.

5.6.3.1. Sabit doğrultu ve açı ölçme yöntemi

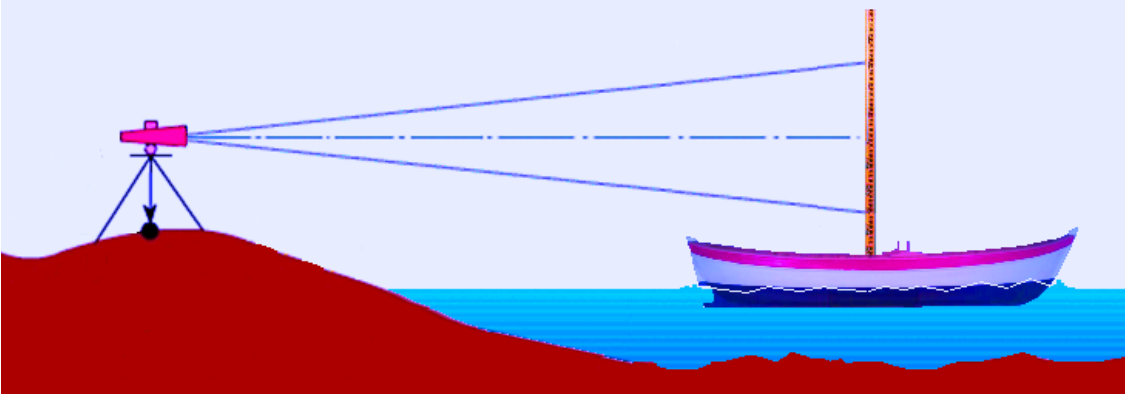
Bir iskandil noktasının sabit doğrultu üzerindeki yeri, bottan veya kıyıdan ölçülecek tek bir açı ile saptanır. Açı ölçümünün kıyıdan yapılması durumunda teodolit doğrultu dışındaki bir noktaya kurularak b_i açıları ölçülür. Bu nokta genellikle komşu doğrultunun kıyıya yakın noktalarıdır. Konum belirleyen açının bottan ölçülmesi durumunda, kıyıdaki bir bazdan ve sekstantdan yararlanarak a_i açıları ölçülür. Her iki durumda iskandil noktalarının doğrultu üzerindeki yeri, $P_1P_2I_i$ üçgeninin grafik ya da yarıgrafik olarak çözülmesi ile saptanır.

5.6.3.2. Sabit doğrultu ve uzaklık ölçme yöntemi

Sabit doğrultu üzerindeki iskandil noktalarının yeri, kıyıdaki bir istasyondan yapılacak uzaklık ölçmesi ile saptanır. Uzaklık ölçümünde koşullara ve olanaklara bağlı olarak doğrudan veya dolaylı yöntemler uygulanır. Örneğin; akarsular üzerinde yapılacak bazı çalışmalarda her iki kıyıdaki noktalar arasına halat veya tel germek suretiyle sabit doğrultular belirlenir. Bu doğrultular üzerinde yapılacak derinlik ölçmelerinin yeri, yani kıyı noktalarından birine olan uzaklık, tel veya halat üzerindeki bölümlerden okunur. Bu yöntem hidrografide *tel germe yöntemi* denir. Ayrıca doğrultu üzerindeki noktanın yeri, kıyıdaki noktaların birinden yapılacak optik veya elektronik uzaklık ölçümü ile de saptanabilir. Optik uzunluk ölçümünde klasik takeometreler (Şekil-

5. Konum Ölçmeleri

5.00), elektronik uzunluk ölçümünde ise elektronik takeometreler kullanılır. Hassas bir çalışma için doğrultu uzunluğu (S), doğrultu bazının (I) 3,5 katını geçmemelidir.



Şekil-5.00 Uzaklığın takeometrik olarak ölçülmesi

5.6.3.3. Sabit doğrultu ve sabit hız yöntemi

İskandil noktalarının doğrultu üzerindeki yeri, sabit hızla ilerleyen botun belirli bir zaman aralığında aldığı yola göre saptanır. Botun doğrultuya giriş noktası, pusula veya sekstant ile belirlenir. Derinlik ölçmesi yapılacak noktaların ara uzaklıkları (s) iskandil yoğunluğuna göre bilindiğinden, bot v sabit hızı ile ilerlerken $t = s / v$ zaman aralıkları ile iskandil yapılır. Derinliklerin akustik aletlerle ölçülmesi durumunda, daha basit bir uygulama şöyledir: Bot, başlangıç ve son noktası belirlenen bir doğrultu üzerinde sabit hızla ilerlerken sualtı tabanının ölçekli eko grafiği elde edilir. Çizimin başlangıç ve son noktası belirlenerek, bunlar arasında enterpolasyonla istenen aralıklarda yeni iskandil noktaları saptanır.

5.6.3.4. Sabit doğrultuların kesişmesi yöntemi

İskandil noktalarının konumu, birbirini kesen sabit doğrultuların kesişme yerleri olarak saptanır. Konum inceliğini yükseltmek amacıyla doğrultular, mümkün olduğunca birbirini dik açı altında kesecek biçimde alınır. Bot, doğrultulardan biri üzerinde herhangi bir hızla ilerlerken bunu kesen doğrultulara gelindiğinde yalnızca derinlik ölçmesi yapılır. Bir doğrultu üzerindeki çalışma tamamlanınca, bot komşu doğrultuya sokularak çalışma benzer biçimde sürdürülür.

5.6.4. Takeometri yöntemi

İskandil noktalarının konumunu saptamak amacıyla kıyıdaki bir jeodezik noktadan açı ve uzaklık ölçümü yapılır. Bu ölçmelerde takeometre, redüksiyon takeometresi ya

5. Konum Ölçmeleri

da takeograf gibi aletler kullanılır. Ölçme mirası botta ve düşey konumda bulunur. Ölçmeler sırasında botun hareket halinde olması durumunda, özellikle mira okumalarının çok kısa sürede tamamlanması gerekir. Bu yöntemde her iskandil noktası için yatay ve düşey açılar da ölçüldüğünden bot hızının çok az olması ya da botun her iskandil noktasında durması, deneyimli operatör kullanılması ölçülerin dolayısıyla yöntemin inceliği için önemli etkilerdir.

5.6.5. Elektrometrik yöntemler

İki konum çizgisi kesiştiğinde konumu sabit bir yer elde edilir. Konum çizgilerinin kabul edilebilir bir açıda kesişmesi önemlidir. En uygun kesişme açısı 90^0 ve minimum kesişme açısı 30^0 dir. Eğer deniz yüzeyinde ölçme yapılıyorsa düşey ölçmeler yatay ölçmelerden tamamen ayrılabilir. Yöntemin temel ilkesi, kıyıdaki jeodezik noktalar ile hidrografi taşıtı arasındaki uzaklığın veya uzaklıklar farkının elektromanyetik dalgalarla ölçülmesidir. Elektrometrik yöntemler, geometrik çözüm yönünden, doğrusal, dairesel ve hiperbolik yöntemler olarak sınıflandırılabilirler.

5.6.5.1. Doğrusal yöntem

Kıyıdaki bir jeodezik noktadan hidrografi taşıtına olan uzaklık ile bu doğrultuyu belirleyen yardımcı bir ölçme yapılır. Uzaklık ölçer, kıyıdaki jeodezik noktada, reflektör ise hidrografi taşıtında bulunur. Tek bir noktadan uzaklık ölçümü, iskandil noktasının konumunu belirlemeye yeterli olmadığından, botun sabit doğrultu üzerinde ilerlemesi, kıyıdan veya bottan açı ölçülmesi gibi yardımcı ölçmelere ihtiyaç duyulur. Yardımcı ölçme için kıyıdan açı ölçülmesi durumunda, teodolit genellikle ayrı bir jeodezik noktaya kurulur. Bu yöntemin maksimum uygulama uzaklığı, birinci derecede yardımcı ölçmelere bağlıdır. Doğrusal yöntemde konum belirleme inceliği, uzaklık ölçümünün ve yardımcı ölçmenin inceliğine bağlıdır.

5.6.5.2. Dairesel yöntem

Kıyıdaki iki jeodezik noktaya olan uzaklığı ölçmek suretiyle konum belirlemesi, yöntemin temel ilkesini oluşturur. Taşıtın ve dolayısıyla iskandil noktasının konumu, ölçülen bu iki uzaklığın, yani uzaklık dairelerinin kesişme yeri olarak belirlenir. Kıyıdaki jeodezik noktaların konumları bilindiğinden problemin grafik

5. Konum Ölçmeleri

çözümü, üç kenarı bilinen üçgenin çizilmesinden ibarettir. Ancak burada ölçülen kenarlar, 10 km'den büyük ve kıyıdaki jeodezik noktalar genellikle farklı yükseltilerde olduğundan uzay küresel üçgen ile karşılaşılır.

Şekil-5.00 Dairesel yöntem ile konum belirleme

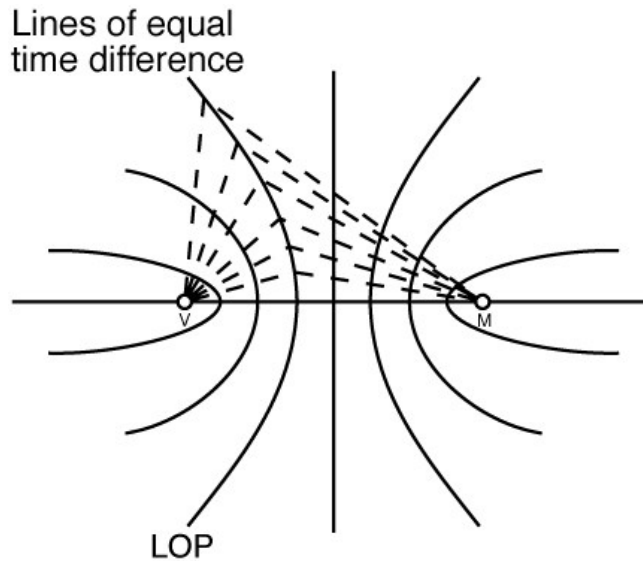
İskandil noktalarının koordinatları herhangi bir koordinat sistemine göre hesaplanabileceği gibi, hazırlanacak bir dairesel uzaklık ağı ile projeksiyon ağını karşılaştırarak grafik yoldan da bulunabilir. Hidrografi taşıtı ile jeodezik noktalar arasındaki uzaklıklar, kullanılacak alet sistemlerine göre ya gemiden ya da jeodezik noktalardan ölçülür. Büyük uzunluklarda zorunlu olarak mikro dalgalı uzunluk ölçme sistemleri kullanılır. Ana alet ölçmenin yapılacağı noktaya, yansıtıcı durumundaki alet karşı noktaya yerleştirilir. Derinlik ve uzaklık ölçmelerinin aynı anda yapılabilmesi ve antenlerin yöneltilebilmesi için hidrografi taşıtı ile kıyıdaki istasyonlar arasında telsiz-telefon bağlantısının sağlanması zorunludur. Ölçmelerde hidrografi taşıtı, genellikle hareket halindedir. Dairesel yöntemde Shoran, Decca gibi alet sistemlerive ayrıca iskandil noktalarını çalışma kanavasına otomatik olarak işaretleyen çizim aletleri kullanılır. Dairesel yöntemin kıyıdan 200 km açıklara kadar uygulanma olanağı vardır. Yöntemin inceliği, aletlerin inceliğine bağlı olarak 5-10 metre arasında değişmektedir.

5. Konum Ölçmeleri

5.6.5.3. Hiperbolik Yöntem

Bu yöntemde konum belirlemesi için kesişen iki hiperbol eğrileri demetinden yararlanılır. Hiperbollerin odak noktaları, kıyıdaki jeodezik noktalardır. Sabit iki noktaya uzaklıkların farkı sabit olan noktaların geometrik yeri bir hiperbol olduğundan, hidrografi taşıtının T_1 , T_2 ve T_2 , T_3 jeodezik nokta çiftine olan uzaklık farkları $(T_1I - T_2I)$ ve $(T_2I - T_3I)$ ölçülür. Taşıtın konumu $(T_1I - T_2I)$ farkının belirlediği hiperbol eğrisi ile $(T_2I - T_3I)$ farkının belirlediği hiperbol eğrisinin kesişme yeridir. Hiperbolik yöntemde uzaklıkların doğrudan ölçülmesi yerine, iki noktaya olan uzaklıkların farkı ölçülmektedir. Burada kullanılan alet sistemine göre, ya faz farkı ya da impuls seyir süresi farkı ölçülür. Hiperbolik yöntemlerin uygulanma biçimi, dairesel yöntemde olduğu gibidir.

Bu yöntemlerde Loran, Decca ve bunlara dayalı olarak geliştirilmiş ve büyük uzaklıkları ölçen sistemler kullanılır. Bunlar genellikle açık denizlerde yapılacak hidrografik çalışmalarda uygulanırlar. Bu yöntemde sağlanan konum inceliği, kullanılan alet sistemine ve uzaklığa bağlı olarak 5-20 m arasında değişir. Örneğin, iki bazlı Decca sisteminde 250 km ile 800 km uzaklık sınırında ortalama konum inceliği ± 20 m kadardır.



**hyperbolic
navigation system**

5. Konum Ölçmeleri

A system of electronic navigation in which a master and a remotely located slave station transmit a signal simultaneously. The difference between the time the signals from the two stations are received in an aircraft is carefully measured and plotted on a chart of hyperbolic curves. This information gives a line of position along which the aircraft is located. An electronic computer determines the position by plotting lines of position from two sets of stations. The aircraft is located at the latitude and longitude the lines cross.

Şekil-5.00 Hiperbolik yöntem ile konum belirleme

5.6.5.4. Loran Yöntemi

Loran " **Long Range Navigation** " kelimelerinden türetilmiş bir isimdir. Uzak mesafeli hiperbolik konum belirlemesi için ultra yüksek frekans transmisyonu önerisine dayanılarak geliştirilmiştir. Aralarında birkaç yüz km uzaklık bulunan ve yüksek frekanslı impuls yayan bir çift senkronize kıyı istasyonu ile gemi veya uçak arasında 500-800 km'ye kadar uzunluklar ölçülebilmektedir. Loran vericilerinde 1.700 ile 2.000 KHz arasında radyo frekansları kullanılmaktadır. Bu frekans sınırı **Standart Loran Bandı** olarak bilinmektedir. Verici cihazlar 100 kW çıkış gücü ile 50 mikrosaniye uzunluğunda impulslar göndererek, deniz üzerinde 1.000 km lik, karada ise 200 km lik bir ölçmeye olanak sağlarlar. Geceleri iyonosferden yansıyan dalgalar kullanılmak suretiyle bu sınır, 2.500 km'ye kadar arttırılabilir. İyonosfer dalgalarının kullanılması durumunda yer dalgaları için hazırlanmış harita ve planlarda düzeltmeler yapmak gerekir. Loran ağı, genellikle kıyı boyunca birkaç istasyonu kapsayan zincir şeklinde tesis edilirler ve bu istasyonlar arasındaki uzaklık 200 ile 500 km arasında olur. Loran sistemi, okyanuslar gibi geniş alanlarda "uzun mesafe gözlemleri" için geliştirilmiş olduğu için kıyılardaki istasyonların oluşturduğu ağların uzunluğu birkaç bin km'yi bulabilir. Dolayısıyla birkaç bağımsız istasyon çiftinin aynı zamanda çalışması ve belirli olan ölçmelerin yapılması gerekli olmaktadır. Bütün Loran İstasyonları 1.700 ile 2.000 kHz arasındaki frekans bandında çalışmalarına karşın, genellikle 4 değişik kanal ve frekans kullanılmaktadır.

Standart Loran inceliği; elektromanyetik dalgaların doğrudan gönderilmesi halinde (gündüz yapılan ölçmeler için) kısa uzaklıklarda ± 270 m, 1.200 km'de ise

5. Konum Ölçmeleri

$\pm 2,5$ km'ye ulaşır. Gece yapılan ölçmelerde (iyonosfer dalgalarının kullanılması halinde) 500 ile 2.500 km için ortalama konum inceliği $\pm 2,5$ km ile ± 14 km arasındadır (Özgen, Algül, 1977). Standart Loran sistemi, yalnızca navigasyon ve istikşaf ölçmeleri için uygun olup, harita alımları için Loran-B ve Loran-C sistemleri geliştirilmiştir.

Loran-B Sistemi: Bu sistemde impuls karakteristikleri, kanal frekanslar ve tekrarlama hızları Standart Loran ile aynıdır. Loran-B'de 2 MHz'lik faz karşılaştırma sistemi ile yüksek ölçme inceliği elde edilmektedir. Sistemin taşıyıcı dalga frekansı 1,85-1,95 MHz, band genişliği 35 KHz dir. Taşıyıcı dalgaların faz farkları, impulslar içinde ölçülmek suretiyle elde edildiğinden 2MHz transmisyonlu bir faz karşılaştırma sistemi söz konusu olmakta ve gönderici gücün azaltılması ile kısa impulslarda daha uzun ölçme sınırı sağlanmaktadır. Ayrıca impuls frekansında kaba konum belirlemesi belirsizlikten kurtarılmıştır. Loran-B ile sağlanan incelik, birkaç milimikro saniye ve standart hata 0,01 mikrosaniye kadardır.

Loran-C Sistemi: Loran-C sistemi, 90 ile 110 KHz taşıyıcı dalga frekansı ile çalışmaktadır. 100 KHz de yer dalgalarının yayılması oldukça stabildir. Loran-C'nin band genişliği 20 KHz dir ve 3.500 km'ye kadar uzaklıkların ölçülmesine olanak sağlamaktadır. Elde edilen oransal incelik yaklaşık 1/90.000 mertebesinde dir. Bu ise açık denizlerde ve okyanuslarda yapılacak hidrografik çalışmalar için yüksek bir incelik tir.

5.6.5.5. İki bazlı Decca sistemi

İki bazlı Decca sistemi, Standart Decca sisteminin bir varyasyonudur. Bu sistemde de istasyon çiftleri, hiperbolik konum eğrileri ailesi oluştururlar. Ana istasyon her çiftde bulunmakta ve dolayısıyla üç istasyon dizisi, konum belirleme için yeterli olmaktadır. Bu sistemin üstünlüğü, birçok geminin aynı zamanda kullanılabilmesi, konum belirlemesi için yalnız bir alıcı aletin yeterli olması ve bunun herhangi bir gemiye yerleştirilebilmesidir.

İki bazlı Decca zincirinde, kıyıdaki iki karşı istasyondan konumu belirlenecek bir gemiye, ana verici ile standart tipte bir Decca alıcısı yerleştirilir. Alıcıya bağlı Dekometreler, ana işaret ile karşı istasyonlardan alınan işaretlerden birisi arasındaki faz farkını gösterir. Bu faz farkı, transmisyon yörüngesinin doğrusal

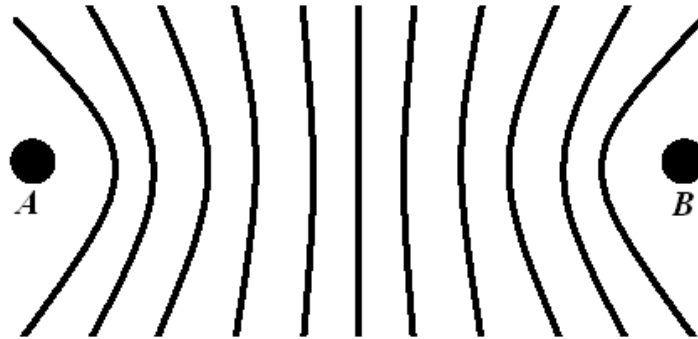
5. Konum Ölçmeleri

bağıntısı olmaktadır. Uzaklıklar, dekometreler yardımıyla elde edildiklerinden burada dairesel uzaklık yöntemi söz konusudur. İki bazlı sistemin ana ilkesi standart Decca sistemi ile aynıdır. Şeritlerin toplam sayısı, ana-karşı baz doğrusu uzunluğunun karşılaştırma frekansı dalga boyunun yarısına bölünmesi sonucunda elde edilir. Elektromanyetik dalgaların yayılma hızı bilindiğinden toplam şerit sayısı, ana istasyon ile karşı istasyon arasındaki uzaklığın bir ölçüsüdür. Toplam şerit sayısının ondalık değeri, uç noktalarda veya baz doğrusunun uzanımı boyunca kaydedilen okumaların karşılaştırılması ile bulunur. İki bazlı Decca sisteminde ana istasyon hareket ettiğinden karşı istasyonda faz açısı otomatik olarak, faz kontrol devrelerinin normal fonksiyonu ile karşı ekipmanın bir başlangıç kalibrasyonuna göre sabit tutulur. Bu durumda dekometreyi yalnız doğrunun uç noktasındaki ana istasyonda okumak yeterlidir.

İki bazlı Decca donatımının standart tipten tek ayrıcalığı, gemide kullanılan ana istasyon verici antenidir. Bu antenin şekli genellikle geminin cinsine bağlıdır. İki bazlı Decca sisteminin ölçme alanı ortalama 400 km, inceliği ise ± 20 m 'dir.

5.6.5.6. Kısa uzaklık Decca sistemi (Hi-Fiks)

Hi-Fiks yüksek incelikli, hafif bir elektronik konum belirleme sistemi olup, kısa uzaklıklar için geliştirilmiştir. Sistemin normal kullanıma uzaklığı 8-60 km'dir. Alıcı, verici istasyona daha da yaklaştırılmak suretiyle, inceliği azaltılmadan ölçme yapılabilir. Hi-Fiks sisteminde standart Decca sistemine oranla 20 kat daha yüksek frekans kullanılmaktadır. Sistemde bir ana ve iki karşı olmak üzere üç verici istasyon bulunur. Bunlar, hiperbolik veya dairesel yöntemle göre konum belirlemesine olanak sağlarlar. Sistemin ölçme sınırı, ortalama 35 km, baz doğrultusundaki hatası ± 1 m'dir.



Şekil-5.00 Decca navigasyon prensibi

5. Konum Ölçmeleri

The Decca Navigator principle.

The phase difference between the signals received from stations A (Master) and B (Slave) is constant along each hyperbolic curve. The foci of the hyperbola are at the transmitting stations, A and B.

5.6.6. Uydu sistemleri (GNSS)

Uzaydan konum belirleme sistemleri, yeryüzündeki veya yeryüzeyinin yakınındaki noktaların konumlarını belirlemek için, uzak mesafede veya yörüngedeki bir cisimden yayılan elektromagnetik yayılmadan faydalanarak geliştirilmiş sistemlerdir. Bu tanımlama çerçevesinde sistemler; klasik konum belirleme, jeodezi ve navigasyon amacıyla kullanılabilirler. Bütün uzay konum belirleme sistemleri, uzay teknolojisine paralel olarak ve 1957'lerden sonra geliştirilmiştir.

Günümüzde kullanılan GPS, Transit ve Rusların geliştirdiği GLONASS, başlangıçta savunma ve askeri amaçlarla yapılmışlardır. Askeri amaçlı olduğu için tek yol sistemlerdir. Yani sinyaller uydulardan alıcılara doğru gönderilir. Alıcının konumunun hiç bir zaman bilinmemesi gerekir. Uydular, alıcılara bağımlı kalmadan genişletilmiş periyodlarla çalışmalıdır. Bu özellikler tek yollu sistemleri karmaşık yapar ve uydularda ve alıcılarda beklenenler daha da fazlaşır. Bütün uydu konum belirleme sistemleri, dünya merkezli bir koordinat sistemi içinde bir alıcının yer koordinatlarını veya birkaç alıcı arasındaki baz vektörünü ölçerler.

5.6.6.1. Küresel konumlama sistemi (GPS)

NAWSTAR - GPS sistemi ABD Savunma Bakanlığı tarafından geliştirilmiş uydu konum belirleme sistemidir. Kendisinden önce var olan Transit Doppler Sistemindeki gibi GPS klasik ölçmelerden, yerden uzaya olan ölçmelere kadar ölçüm işlemlerini belirgin bir şekilde değiştirmiştir. Klasik ölçmelerde olduğu gibi noktaların birbirini görebilirliği önemli değildir. Ayrıca, ölçmeler her çeşit hava koşullarında, gündüz ya da gece yapılabilir. GPS, Transit sistemin yerini almasının yanında, uyduların eşzamanlı görünebilirlikleri ile uydu gözlemlerinde başlıca hata kaynakları giderilerek uzunluklar hassas olarak daha kısa zamanda ölçülebilir. GPS üç kısımdan oluşmaktadır. Uydular, kontrol sistemi ve kullanıcılar.

Global konumlama sistemi, konum ölçmeleri ve navigasyon için kullanılır. Sistem 4 uydu için geliştirilmiştir. Bu uydular, altı yörüngeden birine, ekvatora 55 derecede ve yerden 22.000 km yüksekliğe yerleştirilmiştir, (Şekil-5.00). Uydular, dünyanın çevresinde $11^h 58^m$ 'da döner. En fazla 10, en az 4 uydu aynı zamanda

5. Konum Ölçmeleri

görülebilir. Sistem için geliştirilmiş orijinal yöntemde konum belirlemesi için 4 uyduya ihtiyaç vardır. Bu noktada uydular, yerleri konusunda tahmin yayınlar, ayrıca rasgele (pseudo-random) kodla frekans değiştirirler. Ancak bu kod, uydu alıcıları tarafından tanınır. Kod, uydunun konumundan tek yönlü menzil alınması için kullanılabilir. Ancak bu işlem, gönderme zamanı biliniyorsa yapılabilir. Alıcının üç boyutlu konumunun bilinmeyenlerine ek olarak 4. bilinmeyen eklenir. Bu uydu saati ile alıcı saatinin ayrılığıdır. Dört bilinmeyen dört denklemle çözülebilir ve bir nokta için dört uydu gerekir. Bir bilinmeyen için değer bulunarak, konum sabitlemeye üç uydulla devam edilebilir. Denizde, su yüzeyi ile WGS 84 elipsoidi arasındaki ilişkinin belirlenebildiği derinliklerde üç uydu sabitleme sık kullanılır.



Şekil-5.00 GPS uydu konfigürasyonu

Uyduların yayınladığı kodlanmış mikrodalgalar, yer üstünde konumu belirlenecek noktanın üzerine merkezlenmiş alıcı yardımıyla alınır ve kodları çözülür. Uyduda bulunan atom saati, alıcıda bulunan quarz saatleri yardımıyla mikrodalganın uydudan alıcıya geliş zamanı hesaplanır. Bu fark ile ışık hızının çarpımı; uydu ile alıcı arasındaki uzaklığı verir. Noktanın koordinatlarını belirlemek için noktadan 3 uyduya olan uzaklığı aynı anda ölçmek gerekir. Uyduların konumları yardımıyla

5. Konum Ölçmeleri

noktanın konumu, uzay geriden kestirme ile ölçülür. İnceliğin artması için 4. bir uyduya gözlem yapılır. Yer istasyonun koordinatları, geosentrik koordinat sistemine (x,y,z) veya WGS84 elipsoidine (φ,λ,h) göre bulunur.

Yüksek doğruluklu sonuçların gerçek zamanda elde edilmesi güç olmasına karşın, çalışma ve veri işleme yöntemleriyle bu hatalar elimine edilir. Bunlara tekne iki kez yerine dönemezse ve ölçümler bir anda yapılırsa ihtiyaç duyulur. İki alıcı kullanarak hataların çoğu belirlenir ve sonra yok edilir. Bu teknik, farklı GPS uydu sinyallerini alıcılardan birini koordinatlarıyla belirlenmiş bir konumda kullanarak denetler. Uydunun yerini belirlemede yayın bilgisini kullanarak ve uyduyu alıcı menzilde hesaplayarak, düzeltme, gözlemlenen sahte menzilden hesaplanabilir. Bu düzeltmeler, yörünge bilgisindeki değişikliklerde, atmosferdeki gecikmelerde ve saat performanslarında kullanılır. Bu düzeltmeler, her uydu için, yere kurulmuş radyo vericisinden yayınlanarak ya da ölçüm teknesine bir iletişim uydusu yoluyla yapılır. Böylece teknenin yeri hesaplanmadan gözlenen sahte menzil düzeltilmiş olur.

Denetleme istasyonu, genellikle görüş alanındaki bütün uydulardan gelen sinyalleri gözlemler. Eğer tekne, denetleme istasyonundan çok uzakta ise değişik bir dizi uydu kullanılır ve/veya atmosferin sinyalleri üzerindeki etkisi, sinyal yolundaki farka bağlıdır. Uydu denetleme monitöründen biraz yukarıda ve tekne ufkunun yakınında olur. Monitör ile tekne arasında kabul edilen maksimum uzunluk 1.000 km'dir. Doğruluğu, 2-5 m arasındadır ve bu doğruluk seviyesi, ABD tarafından yayın uydusu verisinde büyük değişiklikler oluşturulursa bozulabilir.

GPS ölçümleri için en az iki alıcı gereklidir, ama sık kullanılan tekniklerde bilinen yerlerde üç, bilinmeyen yerlerde de dördüncü alıcı kullanılır. 10 km'de 10 mm'lik ve 100 km'de 10 cm'lik doğruluklara ulaşılabilir. Elde edilen doğruluklar, alıcıdan görüldüğü kadarıyla takım yıldızların geometrisine bağlıdır. Uydular sürekli biçimde yörüngelerinde hareket ederler ve dört uydu bir hat üzerinde ya da ufka yakın bir yerde dağılmış ise doğruluk azalır.

5.6.6.2. Transit Doppler alıcıları ile nokta konumlama yöntemi

Amerika Birleşik Devletleri uydu sistemi olan Transit, uzak yerlerdeki noktaların koordinatlarının tutarlı bir doğrulukla belirlenmesini sağlamıştır. Yedi uydu iki sabit

5. Konum Ölçmeleri

frekanstan yayın yapabilir. Bu durum, alıcıdaki frekans değişikliklerine bağlıdır ve bu değişiklikler de hareket halindeki uyduların neden olduğu Doppler etkisinden dolayı meydana gelir. Doppler kaydırmasının miktarı, uydunun uzaydaki konumundan elde edilen bir konum çizgisi verir ve bunların birkaçı kesişerek alıcının üç boyutlu koordinatlarını verir. Uydular, dünya etrafındaki kutupsal yörüngede, sürekli olarak dönmektedir. Bunların yörüngesel periyodları, $1^h 47^m$ kadardır. Yükseklikleri ise dünya yüzeyinden yaklaşık 1000 km kadardır.

- Yayın efemerisinde (senenin her gününde güneş ve birkaç yıldızın yerini tayin eden astrolojik takvim) yer alan yörünge parametreleri Kaliforniyadaki hesaplama merkezleri olan Maine, Minnesota ve Hawaii uzay izleme istasyonlarınca sağlanan verilerden hesaplanır. 12 saatlik aralıklarla yapılan tahminler, Minnesota ve California'daki enjeksiyon (içeri püskürtme) merkezlerinden, uydunun hafızasına enjekte edilir. Bir geçişten sonra kesin efemeris (tahmini değil) hesaplanır. Bu hesaplama sırasında dünyanın çeşitli yerlerindeki uzay izleme istasyonlarından gelen veriler kullanılır. Bundan sonra, daha incelikli bir değer elde edilebilir.

- İyonosfer kırılması 100 m 'lik ya da daha fazla konumda hatalara neden olabilir. Ancak bunun etkisi frekansın karesi ile ters orantılıdır. Uydu göndericileri için 2 kanal kullanımı (150 ve 400 Mhz) iyonosfer kırılmasının düzeltilmesine olanak tanır. Troposfer kırılması, hata modelinde bir dereceye kadar telafi edilebilir. Ancak etki, 10^0 'nin altındaki maksimum yükselmelerin geçişlerini geri göndererek minumuma indirilir.

- Doppler sayımları, alıcının tipine göre 2 dakikadan 5 saniyeye kadar değişiklik gösteren aralıklarla yapılır. Her doppler sayımı, yukarıda anlatıldığı gibi sabit bir ölçümü temsil eder. Böylece, aralık kısaltıkça tek bir geçişten daha çok ölçüm elde edilebilir ve teoride daha doğru bir sabitleme sağlanmış olur.

Uydudan elde edilen sonuçların dik koordinat sistemi üzerinde (WGS 84) enlem, boylam ve yüksekliğe dönüştürülmesi için sistem, yerküre ve deniz yüzeyi arasında bir ilişki olmalıdır. WGS 84'ün yüksekliği hidrografik ölçmeler uygun olmayabilir. Çünkü bu değer, deniz haritası başlangıç noktası (datum) değerinden onlarca metre farklı olabilir.

5. Konum Ölçmeleri

Uydu, yerel ufkun üzerinde olduğunda, gerekli geçiş ölçümlerini yapmak mümkün olur. Uydu ortalama 35-100 dakikada ortaya çıkar (boylama bağlı olarak) ve 12-16 dakika kalır. ± 10 m'ye kadar doğruluğu olan konumlama için, 30 iyi kaliteli geçiş alabilen sabit bir alıcı gereklidir. Daha iyi sonuçlar, bilinen bir noktaya konan ikinci bir alıcı ile sağlanabilir. Bu hatalar, uydudan, pozisyondan ve verinin gönderilmesinden kaynaklanabilir.

5.6.6.3. Starfix

Sayılan sistemlerin dışında başka sistemler kullanmak da mümkündür. Ancak kullanılmakta olan bir ticari sistem vardır. Starfix adındaki bu sistem, ABD ve Meksika Körfezi çevresinde kullanılmaktadır. Bu sistemin kullanıldığı "Geostationer" iletişim uydularının hareketleri, bir yer istasyonları ağı tarafından izlenir. Konumla ilgili bilgiler, uyduya merkezi bir kontrol istasyonundan yüklenir ve eldeki veriler rastgele bir kodla kullanıcıya nakledilerek, GPS'e benzer bir biçimde konum belirlenir. Diferansiyel düzeltmeler yer istasyonlarından da yapılabilir. "Geostationary" uydu kullanımı DOP değerinin sabitlenmesiyle sonuçlanır. Ancak elde edilen konumun yükseklik değeri düşük olur. Buna ek bir yükseklik değeri gereklidir ve bunun için de diğer uygun konum çizgileriyle birleşmesi gerekir. GPS bu amaçla kullanılabilir.

5.6.7. Akustik sistemler

Elektromagnetik sistemlerin doğrulukları ya da yolları belirli bir iş için yeterli olmadığında ya da bu işin deniz yatağında kesin mühendislik ölçümü gerektirdiğinde, ölçümcünün bu gereksinimini karşılamak için değişik yollara başvurması gerekir. Birinci gereksinim için elektromanyetik konum belirleme (**EPF** - *electromagnetic position fixing*) sistemi değiştirilir. Sualtı konum belirleme (**UPF** - *underwater position fixing*) sisteminin kullanımı havaya göre sınırlıdır. Mühendislik ölçmeleri için, UPF sistemi birçok durumda en iyisidir.

Kıyı ötesi mühendislik ölçmeleri örnekleri petrol endüstrisi çalışmalarında bolca bulunabilir. Bunlar, matkap donanımları ve üretim platformları için yer (konum) ölçümlerini, platformların önceden belirlenmiş konumuna yerleştirilmesini boru hatlarının kaynağa bağlanmasını, boru hatlarının ve diğer yapıların erozyona karşı denetlenmesini ve daha birçok şeyi kapsar. Bu işlerin hassas bir biçimde yürütmesi için sensörler (echo sounderlar, sonarlar, TV kameraları vb) fazla uzakta

5. Konum Ölçmeleri

olmaması gerekir. Ve bunlar yedek parçalar şeklinde, uzaktan kumandalı araçlar (**ROV** - *remote-operated vehicle*) ve sualtında kalabilir araçlarla uzağa taşınabilirler. ROV'lar isminden de anlaşılacağı gibi insansızdır. Ancak sualtında kalabilenlerde insan bulunur. Bunların her biri bir kordonla yüzeydeki gemiye bağlanabilir ya da serbestçe yüzebilir. ROV'lar genellikle tekneye bağlanır; insanlı (mürettebatlı) olanlar, denizaltında kalabilir ve serbestçe yüzebilirler.

Sualtı alıcılarının yerlerinin her zaman bilinmesi gerekir. Aynı şekilde bu durum, matkap (sondaj) kordonu için de geçerlidir. Sondaj kordonunun bir ucu sondaj deliğine, diğer ucu sondaj mavnasına bağlıdır. UPF sistemlerinin üç biçimi olup bunlar;

Uzun Anahat (*Long Baseline* - **LBL**),
Kısa Anahat (*Short Baseline* - **SBL**) ve
Süper Kısa Anahat'dır, (*Süpershort Baseline* - **SSBL**).

5.6.7.1. Sualtı akustik fenerleri

Fenerler, pasif, aktif ya da kumandalı olabilir. Silindirik ya da küresel basınç levhalarının boyutları 0.3 ile 1 m arasındadır ve deniz yatağının üzerine yakın şamandıraya bağlanmış olabilir. Sinyallerin, çevrenin topografyasından etkilenmemesi için düz alanlar tercih edilir. Akustik yayıncılar, özel bir kodla tetiklenir ve birimleri yüzeye çıkarmak için kullanılır. Olta kurşunu ya da başka bir ağırlık denize bırakılır ve birimin etrafına takılan, batmayan bir halka, birimin geri getirilmesini sağlar. Trol avı yapılan alanlarda fenere dik açı verilirken av yapılmayan alanlarda düşey olarak sabitlenir. Aktif fenerin en basit biçimi 1 Hz değerinde kodlanmış, kısa pulslar gönderir. Batarya bir yıl dayanır.

Transponder (radyo alıcısı) fenerler, en kullanışlı olanlarıdır. Deniz tabanına demirlenmiş gibi yerleştirilenler, yüzeydeki gemiden kodlanmış bir sorgulama pulsu gelinceye kadar pasif moddadır. Kod, klasik bir puls zinciri olabileceği gibi, transponderin hidrofonunun "dinlediği" belirli bir sinyal frekansı olabilir. Transponderin sorgulama pulsunu alınca kendi cevabını iletir ve bir dahaki sorgulamaya kadar tekrar pasif hale döner. İletim frekansı genellikle soru frekansından farklıdır. Daha karmaşık transponderlerde yüzeydeki gemiden gelen özel bir komut pulsunun alınmasıyla fenerlerin bağı çözülür ve fener, kendi pozitif kaldırma gücüyle su yüzeyine yükselir.

5. Konum Ölçmeleri

Responder (cevap veren) fenerler, kendilerini yüzeydeki gemiye bağlayan bir kablo yoluyla elektriksel olarak harekete geçerler ve transponder gibi işlev görürler. Pulsların seyir süresi rotanın tek yönlü yolunu temsil eder.

Rölay (yardımcı) fenerler, bir ağdaki tüm sorgulama frekanslarından ayrı bir sorgulama frekansına sahip transponderlerdir ve uzaktan sorgulamayı gerektiren yerlerde kullanılabilirler (Örneğin, gemiden aldığı bilgiyi değiştirecek kendi sorgulama sinyallerini yapması için kontrol edilen bir sualtı aracında olduğu gibi).

Akıllı (intelligent) transponderler, geniş bir alanda kullanılmaktadır. Mikro işlemcilerle donatılmış olan bu transponderler, özel komutlar verilerek ağdaki diğer fenerlere soru sorulmasını sağlar ve elde edilen verileri kontrol gemisine telemetreyle gönderirler. Bunlar, hız hesabı için sıcaklık ve tuzluluk ölçümü yapabilecek biçimde tasarlanmıştır. Ayrıca LBL'deki anahatların uzunluğunu hesaplar ve bağlı oldukları ya da iletişim kurabildikleri araçları da harekete geçirirler.

5.6.8. Diğer sistemler

5.6.8.1. Doppler sonar

Doppler sonar, 200 m civarından daha az derinliklerde, teknenin hızını ve dipten derinliğinin elde edilmesini sağlar. Bu derinliği aşan yerlerde gönderilen pulslar deniz tabanından ziyade su tabakalarından yansımalarla geri gönderilir. Sonuçta hız ve uzaklık verileri, su kütlesine bağımlı olur. Doppler sonar, iyi çalışan bir gemi logundan (geminin hızını ölçme aleti) biraz daha iyidir. Teknenin deniz tabanı üzerindeki görelî hareketinin yarattığı doppler frekans kayması, teknedeki gönderilen akustik pulslarla hesaplanabilir. Bu pulslar, deniz tabanı boyunca gönderilir ve yansıtıldıktan sonra tekneye dönerken alınır.

Doppler hız verileri, zamanla birleştirilerek mesafe elde edilir. Gönderimin (transmisyon) yatayla yaptığı açı bilinmelidir. Aynı şekilde akustik pulsun yayılma hızı da bilinmelidir. Veriler, gönderme hattı boyunca hız ve mesafe konularında bilgi içerir. Genellikle tekne, gel-git ve akıntılar yüzünden deniz tabanı üzerinde yengeç gibi hareket edebilir. Tekne, baş kış vurma hareketleri yapar ve dalga hareketleri yüzünden sallanır.

5. Konum Ölçmeleri

5.6.8.2. İnersial navigasyon

İnersial (eylemsizlik) maddenin bir özelliğidir. Madde hareketsiz bir durumdadır ya da düz bir hat üzerinde düzgün, tek yönlü hareket eder. Dış bir güç, eğer ona etki ederse, meydana gelen değişiklik dış güçle orantılı olur. Bir eylemsizlik sistemi, jiroskop ve hızlanma ölçücü çiftinin x, y ve z düzlemine sıralanması ile oluşur. Bunlar daha sonra oynak (ya da sabit) bir çerçeveye yerleştirilir. Eğer platform bilinen bir noktayla ilişkilendirilirse ve daha sonra hareket ettirilirse, sonuç hızlanma jiroskop - hızlanma ölçüsü (akselometre) tarafından algılanır: Bunların çıkışları zamanla birleştirilerek platformda birim zaman başına katedilen yol bulunmuş olur. Bu üç çıkış çiftleri yön bulunmasında kullanılır. Bu sistemlerin pahalı olması nedeniyle kullanımları genellikle askeriye ve hükümet çalışmalarıyla sınırlı kalmıştır.