

DGPS ve KLASİK NAVİGASYON SİSTEMLERİNİN İNTEGRASYONU

RAHMİ NURHAN ÇELİK

ÖZET:

Bu çalışmada, Kalman filtresi kullanılarak açık deniz navigasyon ölçmelerinde kullanılan klasik navigasyon sistemlerinin yeni kullanılmaya başlanan DGPS sistemi ile olan integrasyonu, yararları ve ayrıca gemilerin ayrılmaz parçası olan pusulasının da bu sistemlerle birleştirilmesi genel bir yaklaşımla anlatılmaktadır. Buna ek olarak Kalman filtresini temel alan ve navigasyon sistemlerinin integrasyonunu sağlamak için geliştirilmiş araştırma amaçlı NONAP (Newcastle Offshore NAVigation Package) yazılımı hakkında bilgi verilmektedir.

1.0 GİRİŞ

Dünyadaki konum belirleme sistemlerinin gelişmesi ile açık deniz navigasyon ölçmelerinde kullanılan aletlerde de gelişmeler sözkonusu olmaya klasik konum belirleme sistemlerinin yerini yeni geliştirilen uydu bazlı sistemler almaya başlamıştır. Özellikle yeni geliştirilen uydu bazlı alıcılar günün her saatinde ve her durumda geminin konumunu verebildiğinden tercih edilen sistemleri arasında yerlerini almaya başlamıştır.

'Global Konum Belirleme Sistemi' (Global Positioning System -GPS) olarak ortaya çıkarılan ve uzayda belirli yörüngelere oturtulmuş olan uydulardan yararlanarak konum veren bu sistem açık deniz navigasyonunda uygulanabilir olması ve beklenen doğruluğu (3, 5 metre) sağlaması nedeniyle 'Farklarla Global Konum Belirleme Sistemi' (Differential GPS -DPGS) biçiminde kullanılmaktadır.

Bütün bu gelişmelere rağmen navigasyon ölçmelerinde DGPS tam anlamıyla klasik yöntemlerin yerini alamamaktadır. Bunun en büyük nedenlerinden biri DGPS alıcısının ölçme anında yeterli sayıda uydudan veri toplayamaması durumunda konum belirlemenin olanaklı olmamasıdır. Bir başka nedeni ise Amerikan Savunma Bakanlığının (Department of Defence -DoD) güvenlik nedeni ile uydu verilerini bozarak uydulardan gerçek olmayan yanıltıcı bilgileri yayınlamasıdır. Ayrıca DGPS sisteminin genç bir sistem olması ve deneme sürecini yaşamaya buna ek etkenlerdir.

Açık deniz ölçmelerinde, ölçme gemileri navigasyon güvenliği açısından genellikle ana ve yardımcı sistem olmak üzere iki farklı konum belirleme sistemi taşır. Ana sistemde bir aksama olması durumunda yardımcı sistem devreye sokulur. İki farklı konum belirleme sistemi taşımanın bir başka avantajı ise sistemleri birbirleriyle karşılaştırarak toplanan verilerin kalitesinin kontrol edilebilme olanağıdır. Bu çalışmada ölçme gemisinde bulunan farklı konum belirleme sisteminin birinin devre dışı kalması durumunda diğerinin kullanılması yerine Kalman filtresi altında integrasyonları üzerinde durulacak, ayrıca her geminin ayrılmaz parçası olan gemi pusulasından elde edilen baş doğrultusunun azimutunun da konum belirleme sistemlerine ek olarak integrasyona katılması ele alınacaktır.

2.0 KALMAN FİLTRESİ

Kalman filtresi esas anlamda en küçük kareler yöntemi üzerine kurulmuş olan özellikle dinamik sistemlerin ele alınmasında oldukça etkili ve yararlı bir hesaplama yöntemidir. Kalman filtresi zamana bağlı olarak üç şekilde kullanılabilir (Cross, 1990a).

$t_j < t_k$	tahmin	(prediction)
$t_j = t_k$	filtreleme	(filtering)
$t_j > t_k$	yumuşatma	(smoothing)

t_j : Gerçek zaman
 t_k : Ölçme zamanı

Yukarıdaki mantıksal eşitlikler, bir navigasyon ölçmesi örnek alınırca, sırasıyla:

- Ölçme zamanının gerçek zamandan ileride olması durumunda varolan ölçme konumu kullanılarak ölçme zamanındaki konumun tahmin edilebileceğini,

- Ölçme ve gerçek zamanın eşit olması durumunda varolan ölçmeler kullanılarak filtreleme yolu ile konumun belirlenebileceğini,

- Ölçme zamanının gerçek zamandan geride olması durumunda o ana kadar yapılmış tüm ölçme periyotlarının kullanılması ile belirlenmiş olan tüm konumların ilk periyottan son periyota kadar fonksiyonel olarak yumuşatılabileceğini göstermektedir.

Kalman filtresi iki ana modelden oluşur, ölçme yada birincil (measurement or primary) ve dinamik yada ikincil (dynamic or secondary) modeller. Ölçme modeli, sistemin bilinmeyenlerine bağlı olarak, ölçmelerin fonksiyonel ifadesidir ve aşağıdaki eşitlik ile ifade edilir.

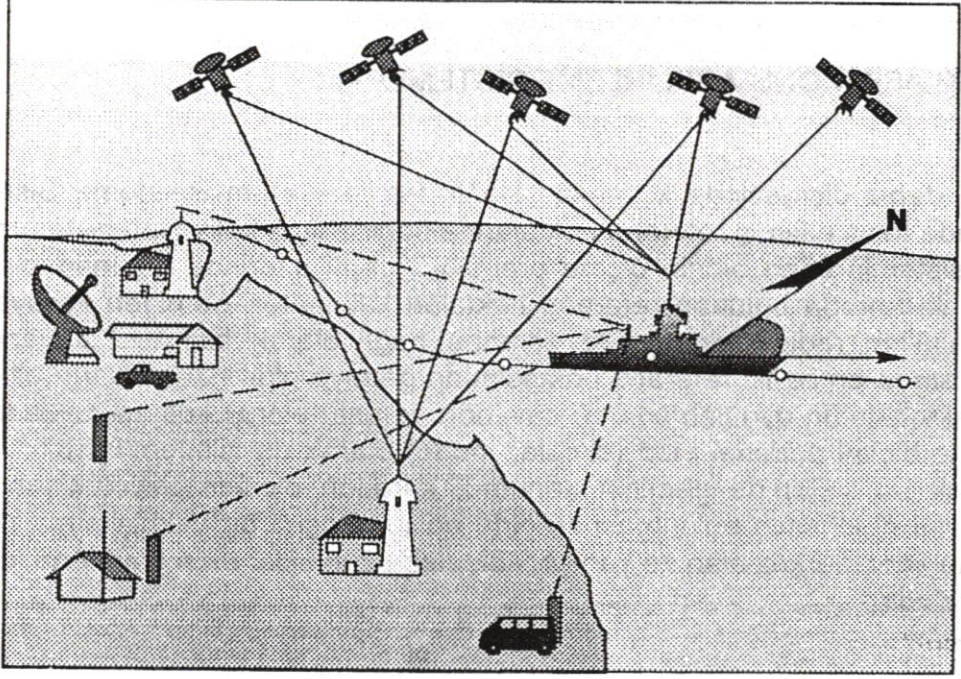
$$A_i x_i = b_i + v_i \quad t_i \text{ zamanında}$$

Dinamik model ise, ele alınan sistemin dinamik durumunun fonksiyonel ifadesidir. Bu modelde basit anlamda bir geminin seyri sırasında doğal koşulların gemi hareketlerine etkisinin fiziksel ifadesi tanımlanmaktadır. Ölçme gemileri, ölçme durmunda genellikle doğru bir rota üzerinde hareket ederler; fakat doğal koşullar altında dümdüz bir rota üzerinde seyretmek olası değildir, bu nedenle geminin seyri bir polinom ile ifade edilebilir ve dinamik modeli ifade eden geçiş (M_{i-1} , transition) matrisi ve sisteme ait bozuklukların ifade edildiği (y_{i-1} , noise) vektörü bu polinoma bağlı olarak oluşturulabilir. Dinamik model genel olarak aşağıdaki eşitlik ile ifade edilir (Cross, 1990b).

$$x_i = M_{i-1} x_{i-1} + y_{i-1} \quad t_{i-1} \text{ zamanında}$$

Gerçek zamanlı ölçme uygulamalarında tahmin ve filtre aşamaları Kalman filtresinin zamana bağlı yapısı nedeni ile daha çok kullanım alanı bulmaktadır.

3.0 NAVIGASYON SİSTEMLERİ



Şekil 1 - Açık Deniz Navigasyon Sistemlerinin İntegrasyonu

Açık deniz ölçmelerinde, bir ölçme gemisinin seyrini konumlandırabilmek amacıyla değişik yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları uzun yıllardır kullanılan ve klasik yöntemler olarak isimlendirilebilecek olan karadan uzunlukların veya uzunluk farklarının ölçülmesiyle konum belirleyen yöntemlerdir. Bu yöntemler genel olarak Radio Konum Belirleme Sistemi (Radio Positioning System - RP) olarak isimlendirilmektedir. Klasik yöntemlerin dışında, denizcilik dünyasına yeni girmeye ve klasik yöntemlerin yerini almaya başlayan uydu bazlı global konum belirleme sistemleridir. Hepsine ek olarak, bir navigasyon sistemi olmamakla birlikte, gemi seyrinde kullanıcıların vazgeçemedikleri ve bir geminin ayrılmaz parçası olarak gösterilebilecek olan gemi pusulası (compass) sayılabilir.

Yukarıda sayılan navigasyon sistemleri aşağıda ölçme prensipleri açısından ele alınarak açıklanmaya çalışılacaktır. Şekil 1, de konum belirleme

sistemlerinin integrasyonunun genel bir görüntüsü, gelecek paragraflardaki açıklamaların somut olarak izlenmesini sağlayabilmek amacıyla verilmiştir.

3.1 KLASİK KONUM BELİRLEME SİSTEMLERİ

Açık deniz ölçmesinde kullanılan klasik Radio Konum Belirleme Sistemleri karada tesis edilmiş referans noktalarına bağlı olarak kullanılan sistemlerdir. Bu sistemlerden birinin ölçme prensibi , gemi üzerinde bulunan bir radio alıcı ile karada bulunan referans noktaları kullanarak gemiden karaya olan uzunlukları radio dalgaları ile zamana bağlı olarak ölçmeye dayanır. Bu yöntemde en az iki referans noktasından gemiye olan uzunlukların bilinmesi gerekmektedir; uygulamada bu sayı dört ve üstü olarak kullanılmaktadır. Bu ölçme biçimi dairesel mod (circular mode) olarak da isimlendirilebilir. Basit olarak bu sistemde geminin konumu, karadan ölçülen uzunlukların ortak kesişim noktasının bulunması ile elde edilir. Başka bir yaklaşımla, referans noktalarını merkez alan ve yarı çapı ölçülen uzunluklar olan dairelerin kesişim noktasıdır.

Diğer bir ölçme yönteminin prensibi de gemi üzerinde bulunan bir radio alıcının karada bulunan iki referans noktasını kullanarak gemiden karaya olan uzunlukların farklarını ölçmeye dayanır. Bu yöntemde de en az iki farklı uzunluk farkının bilinmesi gerekmektedir ve bu farklar biri ana (master) diğerleri yardımcı (slave) olmak üzere sistem içinde birbiriyle ilişkilendirilmiş üç referans noktasını temel almalıdır. Konumun belirlenmesi için en az bir ana ve iki yardımcı referans noktasından ölçü alınmalıdır, buda kısaca iki fark ölçüsü demektir. Bu ölçme biçimi hiperbolik mod (hyperbolic mode) olarak da isimlendirilebilir. Bu sistemde de basit olarak, elde edilen farkların belirlediği hiperbollerin ortak kesim noktası geminin konumunu gösterir.

Bu sistemlerin karada oluşturulmuş referans ağları ve bu ağları temel alarak hazırlanmış üzerinde dairesel ve hiperbolik eğrilerin bulunduğu kartlar vardır. Elektronik ve bilgisayar teknolojisinin gelişmesi bu sistemlerin de gelişmesini sağlamış klasik kartların yerini bilgisayar ortamında bulunan elektronik kartlar almaya başlamıştır. Bu kartlardan yararlanılarak seyir esnasında geminin konumu belirlenebilir ve izlenebilir. Klasik navigasyon sistemleri ile ilgili ayrıntılı bilgi için (Laurila, 1976) ve (Sonnenberg, 1988) e bakılabilir.

3.2 FARKLARLA GLOBAL KONUM BELİRLEME SİSTEMİ(DGPS)

Burada DGPS in genel tanımının yapılması yerine, okuyucuların konuyu daha kolay somutlaştırabilmeleri için açık deniz ölçmelerindeki kullanımı ile DGPS tanımlanmaya çalışılacaktır. DGPS, Global Konum Belirleme Sistemine bağlı olan, açık deniz ölçmesinde yoğun olarak kullanılmaya başlanan bir global konum belirleme yöntemidir. Temel prensibi, karada bulunan referans noktasından alınan uzunluk veya konum düzeltmelerini gemi üzerinde bulunan alıcıdan elde edilen uzunluk veya konuma etkiterak alıcı antenin bulunduğu noktanın konumunun belirlenmesidir.

Yöntemin en önemli ayrıntısı, karada en az bir referans noktasının olması ve bu noktanın konumunun WGS84 elipsoidi üzerinde bilinmesi dir; çünkü GPS sistemi referans elipsoidi olarak WGS84'u kullanmakta ve tüm veriler bu elipsoide bağlı olarak verilmektedir. Şekil 1 de uydularla ilintili bölüm baz alınarak, yöntemin prensibi açıklırsa: İlk olarak referans noktalarında bulunan alıcıları elde edilen uzunlukların düzeltmeleri (pseudo-range correction, DGPS correction) hesaplanır. Referans noktasının ve uyduların (satellite) konum koordinatları bilindiği düşünülürse, bu düzeltmeler basit olarak, hesaplanan uzunluğun ölçülen uzunluktan olan farklarıdır. Bu düzeltmeler ölçme anında alıcının görüş alanına giren her bir GPS uydusu için ayrıdır. Elde edilen bu düzeltmeler her bir referans noktasından radio sinyalleriyle yayınlanır. DGPS alıcısı taşıyan gemiler bu radio sinyallerini toplayarak referans noktalarına ait DGPS düzeltmelerini alırlar. Daha sonra, gemi üzerinde bulunan DGPS alıcısının görüş alanına giren uydulara olan uzunluklara bu düzeltmeler getirilerek, DGPS düzeltmesi getirilmiş uzunluklar bulunur. Elde edilen bu uzunluklar ve uydulara ait yörünge verileri kullanılarak geminin ölçme anındaki konumu hesaplanır.

Amerikan Savunma Bakanlığının güvenlik nedeniyle uydu verileri bozucu özellikte olan SA (Selective Availability), DGPS i etkileyen ana hatalardan biridir. SA iki farklı bozucu etkinin birleştirilmesi sonucu oluşan bir hata kaynağıdır. Bunlardan biri uydu saatlerinde yapılan değişiktir (Dither) ve DGPS ile tamamen giderilir. Diğeri ise uydu konumlarının gerçek dışı rapor edilmesi sonucu ortaya çıkan ve Epsilon hatası olarak isimlendirilen bozucu etkidir. Bu hatanın gerçek zamanlı navigasyon ölçmesinde giderilmesi henüz olası değildir (Cross & Şahin, 1993).

3.3. BAŞ DOĞRULTUSUNUN AZİMUTU

Gemilerin ayrılmaz parçası olarak sayılabilecek gemi pusulası, geminin baş doğrultusunun kuzeyle yapmış olduğu açığı (azimutu) verir. Geminin seyri sırasında bu açı, rotayı takip etmede oldukça büyük önem taşır. Ölçmecî bir yaklaşımla bakıldığında azimutun navigasyona yardımcı bir elemandan farklı olarak diğer konum belirleme sistemleri ile integre edilebilecek ve sonuç olarak konum belirlemede önemli etkisi olabilecek bir ölçme olduğu da görülür. Elektronik ve bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle gemilerde kullanılan yön belirleyiciler de geliştirilmiş, daha önceleri kullanıcıların gözle okuması sonucu elde edilebilen azimut değerleri günümüzde alet içinde elektronik yolla otomatik olarak sayısallaştırılarak bilgisayar ortamına rahatlıkla aktarılabilir duruma gelmiştir. Hatta çok yeni bir teknoloji olan GPS bazlı yön bulucular geliştirilmeye ve açık deniz operatörlerinin hizmetine sunulmaya başlanmıştır.

4.0 SİSTEM İNTEGRASYONUNUN TEMEL İLKELERİ

Denizde konum belirlemede en önemli nokta her an için geminin hareket etmekte oluşudur. Bu özellikten dolayı konum belirleme problemi her zaman dinamik olarak ele alınmalıdır. Problemin dinamikliği, özellikle bir den fazla konum belirleme sistemini bir hesap ortamında birleştirmeyi zorlaştıran bir unsurdur. Bu nedenler kısaca aşağıdaki biçimde sıralanabilir (Çelik & Cross, 1994).

- Her bir konum belirleme sistemi farklı koordinat sistemlerini ve ellipsoidi referans sistemi olarak alabilir. bu nedenle ortak bir referans sistemi belirlenmeli, integrasyonda kullanılan konum belirleme sistemleri bu sisteme dönüştürülmelidir.

- Her bir konum belirleme sistemi alıcısının anteni gemi üzerinde bulunan değişik noktalara yerleştirilmek zorundadır. Buna karşılık geminin konumu tek bir nokta ile ifade edilmek zorundadır. Bu genellikle geminin üzerinde işaretlemiş olan geminin referans noktasıdır.

- Her bir konum belirleme sistemi, ölçmesini kendi sistem zamanına göre yapar, bu nedenle farklı sistemlerin aynı anda ölçme (eş zamanlı veri toplama) yapmış olmasına uygulamada pek rastlanmaz.

- Belirlenen konum tek bir rotaya aittir ve ölçme zamanındaki konumdur; bu nedenle baş doğrultusunun azimutu sistem birleşimindeki fonksiyonel ifadesi dinamik sistemin özelliklerinden yararlanılarak yapılabilir.

Yukarıda belirtilen noktaları, en küçük kareler yöntemini kullanarak ele almak oldukça güçtür. Bu nedenle en küçük kareler yöntemini baz alan Kalman filtresi kullanılmıştır. Kalman filtresi tek bir ölçme değeriyle bile bir noktanın konumunu hesaplayabilmeyi sağlar. Konum belirleme sistemlerinin simultane veri toplamadığı düşünülürse bazı periyotlarda bilinmeyen sayısı ölçme sayısından daha fazla olabilir, örneğin yalnızca baş doğrultusu azimutunun ölçme olarak ortaya çıktığı periyotlarda. Ayrıca Kalman filtresinde dinamik olarak sistemi de tanımlamak olasıdır ve bilinmeyen olarak, dinamik sistemin elemanları olan konumu belirleyen enlem, boylam ve yükseklik parametrelerinin hızları ve ivmeleri alınabilir. Bu uygulamada çoğunlukla bilinmeyen sayısının ölçme sayısından daha fazla olarak ortaya çıkmasına neden olur. Kalman filtresi kullanıldığında sisteme daha farklı parametreleri de eklemek olasıdır, örneğin baş doğrultusu açısının, gerçek rota doğrultusundan sapma açısı (crab angle) ve karadan ölçülen uzunluk veya uzunluk farkı ölçülerini etkileyen sistematik hatalar (bias) vb.

5.0 İSTATİSTİK TEST VE DOĞRULUK

Açık deniz ölçmelerinde, navigasyon esnasında gerçek zamanlı konum belirleme sistemleri kullanıldığından hesaplanan konum parametrelerin doğruluğu ve güvenilirliği varolan ölçmelerin kalitesine, uyumsuz ölçülerin ayıklanabilmesine, kullanılan hesap yönteminin (burada Kalman filtresi) ölçme, dinamik ve stokastik modelinin doğruluğuna bağlıdır. Bunlardan en önemlisi ölçme kalitesi ve uyumsuz ölçmelerin ayıklanmasıdır, çünkü diğer etkenler Kalman filtresinin navigasyon uygulaması için düzenlenmesi sırasında sistemin modelleri olarak belirlenmesi gereklidir. Buna karşın, ölçmeler konumu doğru belirlemede kullanılan ve navigasyon süresince sürekli değişen verilerdir.

Kalman filtresinde ölçmelerin ve sistemin istatistik test kullanılarak denetlenmesi global ve lokal olmak üzere iki aşama ile gerçekleştirilebilir. Global ve lokal modeller kendi içlerinde *Global İçerikli Model* (Global Overall Model - GOM) ve *Lokal İçerikli Model* (Local Overall Model - LOM) olarak ayrılır. Bunların alt uygulama modelleri olan ve uyumsuz ölçüleri ayıklamada kullanılan *Global Uyuşumsuz Ölçü* (Global Slippage - GS) ve *Lokal Uyuşumsuz Ölçü* (Local Slippage - LS) testi olarak isimlendirilir (Salzmann, 1993).

Kalman filtresinin uygulamasında dinamik modele bağlı olarak daha önce filtre edilerek belirlenmiş konumlar filtre edilmekte olan noktanın konumunu bulmada önemli yer tutarlar. Önceki konumlarda kullanılan ve istatistik test tarafından hatalı bulunmayan bir ölçünün etkisi yayılarak gelecekte filtre edilecek konumları etkileyebilir. GOM in uygulanmasındaki amaç bu tür bir hatanın sistem içinde varolup olmadığı gözlemektir. Global testin hata göstermesi durumunda global testin uyumsuz ölçü testi olan GS devreye girerek varolan hata ve hangi periyottaki ölçüden kaynaklandığı tesbit edilir. Gerçek zamanlı ölçüde tekrar geri dönüp filtreleme işlemlerini yeni baştan almak olası bir çözüm değildir. Bunun yerine bu hatanın filtre edilen noktanın konumuna etkisi bulunarak giderilme yoluna gidilir.

Kalman filteresinin özelliği dolayısıyla bir periyottaki son konum parametreleri hesaplanmadan önce dinamik model yardımıyla tahmini sonuçlar elde edilerek, periyota ait ölçüler test edilebilir. LOM kullanılarak o andaki periyotta bulunan ölçülerde sistemi etkileyen bir hatanın söz konusu olup olmadığı saptanır. Eğer LOM testi bir hata gösterirse, periyotdaki ölçüler lokal uyumsuz ölçü testine (LS) tabi tutularak uyumsuz olan ölçüler ayıklanır (Çelik & Cross, 1994).

İstatistik testlerden geçen ölçmeler kullanılarak periyota ait filtre edilmiş konum parametreleri hesaplanır. Hesaplanan konumun parametrelerinin doğruluk değerleri sistemin bilinmeyenlerinin varyans kovaryans matrisi kullanarak elde edilir. Ayrıca filtre edilen konumun güvenilirliğide belirlenmelidir. Her ne kadar istatistik testten geçirilip ölçümlerin uyumsuz olanları ayıklanmış olsa da testin tesbit edemediği hataların sistem içinde bulunması ve sonucu etkileyebileceği gözden kaçırılmamalıdır. Burdan yola çıkarak konum belirlemede kullanılan ölçülerin güvenilirlik değeri diğer bir değişle sistemin *iç güvenilirliği* ve ölçülerde olabilecek hataların sistemin bilinmeyenleri üzerindeki etkisinin belirlenmesi başka bir değişle *dış*

güvenirliliğin de gözlenmesi elde edilen sonuçları değerlendirmek açısından önemlidir (Cross, Hawksbee, & Roberts, 1994).

6.0 NEWCASTLE AÇIK DENİZ NAVİGASYONU PAKETİ (NONAP)

Newcastle Açık Deniz Navisyonu Paketi, kısa adı ile NONAP (Newcastle Offshore NAVigation Package), standart C bilgisayar programlama dili ile doktora çalışmasına altlık oluşturmak amacıyla geliştirilmiş, unix işletim sistemi altında çalışan bir araştırma yazılımıdır. NONAP'ın matematiksel modeli Kalman filtresi üzerine kurulmuştur. Genelde DGPS'i esas alır ve diğer klasik açık deniz konum belirleme sistemleri ve geminin baş doğrultusu ile değişik kombinasyonlarda integre eder.

NONAP'ın bilinmeyenleri sırasıyla, gemi referans noktasının enlemi, boylamı, yüksekliği, GPS alıcısının zaman sayacının ötelenme hatası (dtr) ve sürüklenme hatası (dtf), enlem boylam ve yükseklik parametrelerinin hızları ve ivmeleri, baş doğrultusunun gerçek rotadan sapma açısı (cr), karadan gemiye uzunluk (rr) ve uzunluk farkı (rd) ölçmelerinin sistematik hatalarıdır (Çelik & Cross, 1994). Bilinmeyenlerin vektörel gösterilimi aşağıdaki gibidir.

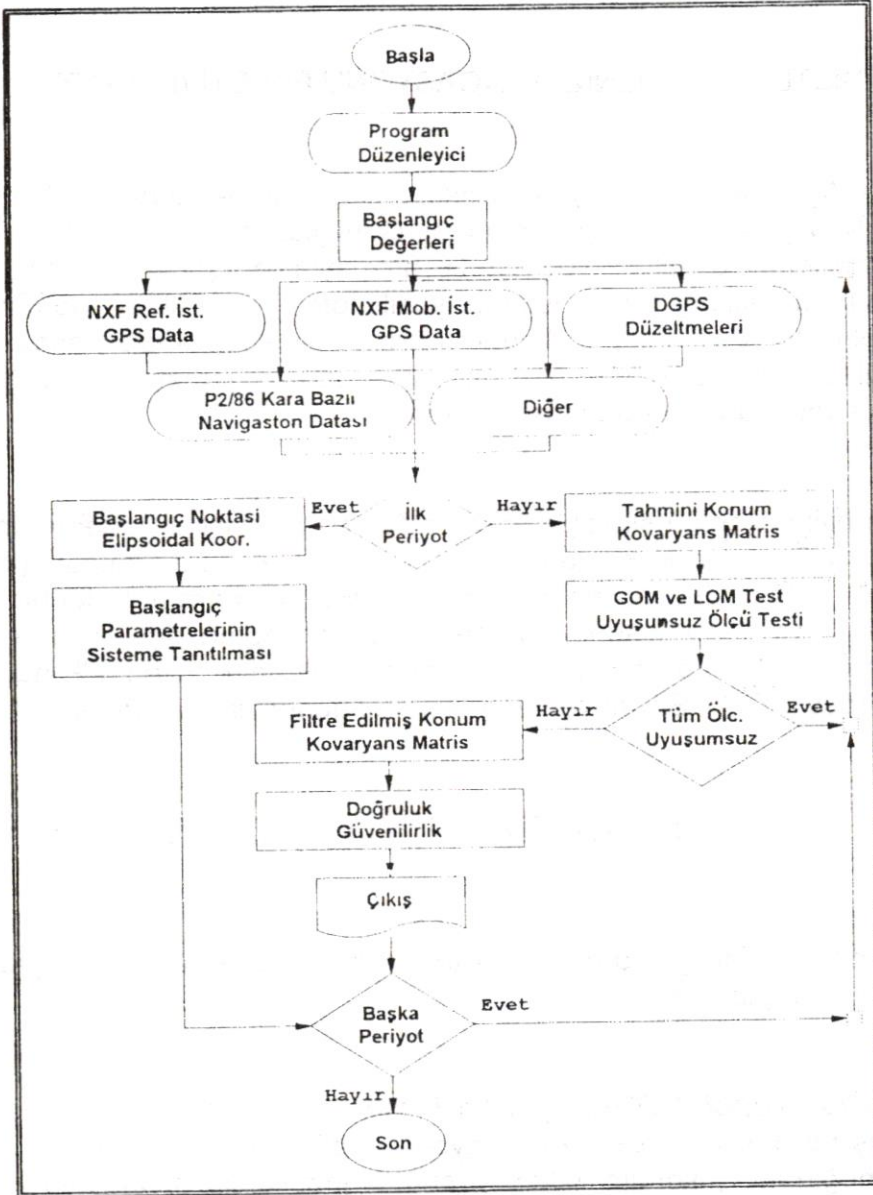
$$x_i^T = \left[\phi, \lambda, h, dtr, dtf, \dot{\phi}, \dot{\lambda}, \dot{h}, \ddot{\phi}, \ddot{\lambda}, \ddot{h}, cr, rr_1, \dots, rr_i, rd_1, \dots, rd_i \right]$$

Bundan sonraki paragraflarda NONAP, verilen genel alışı diyagramı ile açıklanmaya çalışılacaktır.

Program Düzenleyici: NONAP çalıştırdıktan sonra yazı dosyası biçiminde hazırlanmış bir dosyayı okur. Bu dosyada yapılacak hesabın hangi şekilde olacağı örneğin hangi konum belirleme sistemlerinin kullanılacağı, uygulanacak stokastik modelin yapısı, alınmak istenen ara çıktıların neler olduğu tanımlanır.

Bu adımın tamamlanmasından hemen sonra, NONAP hesap için gerekli başlangıç değerlerini yükler ve Program Düzenleyicide tanımlana akışa bağlı olarak gerekli veri dosyalarının isimleri sorar

NONAP'ın Akış Diyagramı



NONAP bir çok değişik standart veri dosyasından veri okuyabilme yeteneğine sahiptir. Bu standart veri dosyalarının bazıları, NXF (Newcastle Exchange Format), P2/86, P2/94, RINEX (Receiver Independent Exchange Format) dir. Bu formatlarla ilgili ayrıntılı bilgi (Çelik & Özlüdemir, 1993) de bulunabilir. NONAP, DGPS düzeltmelerini yalnızca düzeltmelerin bulunduğu bir dosyadan okuyabilmekle birlikte, referans noktasında toplanmış GPS ham

verilerinin bulunduğu bir dosyayı da okuyarak gerekli DGPS düzeltmelerini hesaplayabilir.

İlk Periyot: NONAP ilk periyodu kontrol eder ve hesaplarını buna bağlı olarak dallandırır. Kalman filtresi ile hesap yapılırken ilk periyota ait noktanın konumu sonraki noktaların konumlarının belirlenmesinde önemli yer tutar; bu nedenle hesabı yapılan ilk periyotta başlangıç noktasına ait koordinatlar ayrıca hesaplanır ve geminin ölçmeye başladığı konum olarak sisteme tanıtılır.

Daha sonraki periyotlar için ölçmenin yapıldığı zamanda olabilecek sistemin bilinmeyenler vektörü ve kovaryans matrisi dinamik model yardımı ile tahmin edilir. Kısmi anlamda geminin olması gerekli **konum tahmin edilir**. Bu işlemin hemen ardından tahmini konumdan yararlanılarak ölçmelerin tahmini düzeltmeleri bulunur ve istatistik test uygulanarak **uyusumsuz ölçüler** ayıklanır. İstatistik testten geçen ölçmeler ile geminin o periyota ait **filtre edilmiş konumu** bulunur. Daha sonra konumun doğruluk değerleri ile periyota ait iç ve dış güvenilirlik değerleri hesaplanır. Hesap sonuçları NONAP ın çıkış dosyalarına kayıt edilir. Periyotdaki tüm ölçmelerin, uyusumsuz çıkması durumunda veya filtrelenmiş konumun bulunmasından sonra NONAP yeni bir periyota ait verileri okumak için veri dosyalarına geri döner. NONAP ın bu döngüsü veri dosyalarındaki bilgilerin tamamen okunmasıyla sona erer.

TEŞEKKÜR;

Bu çalışmamla, Türkiye Cumhuriyeti halkına ve İstanbul Teknik Üniversitesi'ne Newcastle Üniversitesinde yaptığım doktora çalışmalarımı destekledikleri için teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

Çelik RN & Cross PA (1994) *Implication For Quality Assessment And Quality Control From Integrated Offshore Positioning Systems*, HYDRO'94 Aberdeen Exhibition and Conference Centre 16

Çelik RN & Özlüdemir MT (1993) *Standart Veri Formatı Geliştirme ve Yararları*, Prof. Dr. H. WOLF JEODEZİ SEMPOZYUMU İstanbul, Yıldız Teknik Üniversitesi Oditoryumu 8

Cross PA (1990a) *Advanced Least Squares Applied to Position-fixing*, Polytechnic of East London, Department of Land Surveying (Second) Working Paper No.6 205

Cross PA (1990b) *Kalman Filter/Smoother Equations: Their Derivation and Implimentation*, KALMAN FILTERING The University of Nottingham 16

Cross PA Hawksbee DJ & Roberts WDS (1994) *Quality Measures For Offshore Differential GPS*, No, University of Newcastle upon Tyne, United Kingdom Offshore Operators' Association

Cross PA & Şahin M (1993) *GPS'in Modern Ölçme Tekniğindeki Uygulamaları*, IV. Harita Kurultayı Ankara 13

Laurila SH (1976) *Electronic Surveying & Navigation*, John Wiley & Sons

Salzmann M (1993) *Least Squares Filtering And Testing For Geodetic Navigation Applications*, PhD Thesis, University of Delft

Sonnenberg GJ (1988) *Radar and Electronic Navigation*, Butterworth & Co. Ltd. (Sixth)

Yazışma Adresi :

R. N. Çelik
Department of Surveying
Bedson Building
University of Newcastle upon Tyne
NE2 7RU
England

Araş. Gör. Rahmi Nurhan Çelik
İstanbul Teknik Üniversitesi
Jeodezi Anabilim Dalı
80626- Maslak/ İstanbul
Türkiye

Tel: (0191) 222 0784
Fax: (0191) 222 8691
e-mail: R.N.Celik@newcastle.ac.uk

(0212) 285 3828
INCELIK@ tritu.bitnet