

# GPS-HAVA TRIANGULASYONU'NDA KARŞILAŞILAN BAZI ÖZEL PROBLEMLER ve BİR ÖNERİ

Dr. Özşen ÇORUMLUOĞLU\*

## SUMMARY:

Although it has been proved that GPS is a valuable tool especially for aerotriangulation in photogrammetry so far. During this period, it was encountered that there were some problems such as time, data and hardware conflicts and caused by the used combination method itself while two systems (GPS and photogrammetry) were combined. Those difficulties are main factors describing the accuracy level of the current combined system.

In this paper, some of these problems will be emphasised and an idea for the solution of them will be given.

## ÖZET:

GPS'in fotogrametrik amaçlarla kullanılmaya başlanılmasından itibaren günümüze kadar, özellikle hava triangulasyonu alanında getirmiş olduğu devrim sayılabilecek avantajlar ve ilerlemeler bu alandaki geçerliliğini ispatlamış bulunmaktadır. Hal böyle iken, bu süreç içerisinde iki sistemin birleştirilmesine yönelik çabalar esnasında karşılaşılan, sistemler arası zaman, veri, donanım uyumuylaştırılması ve birleştirme yöntemi ile alakalı bazı problemler bu birleşik sistemden beklenen ve ulaşılmak istenilen doğruluk üzerinde belirleyici faktörler olmuşlardır.

Burada; donanımdan, sistemler arası uyumsuzlıklardan ve birleştirme yönteminden kaynaklanan problemlerden, sonuç olarak da bu problemler için bazı çözüm ve önerilerden bahsedilmektedir.

## GİRİŞ:

Günümüzde, GPS'in fotogrametriye uygulanması bu bilim dalıyla uğraşanlar arasında artık iyi bilinen bir konu haline gelmiş bulunmaktadır. Fotogrametri genelde fotoğraflar üzerinden yapılan ölçümlerle ilgilenmektedir. Bunlara ek olarak, ayrıca uzaktan algılanmış uydu bazlı veya yerde yürütülen metotlarla elde edilen ölçmeleri kullanarak yeryüzündeki konumları belirlenmiş bazı noktalardan da faydalanır. Herhangi bir fotogrametrik çalışmadaki en önemli adımlardan biri hiç şüphesiz fotoğrafların elde edilmesidir. Ve bu fotoğraf alımı esnasında, resimlerin çekildiği uçuş hatlarının önceden tespit edilmiş olmaları gerekir. Uçağın bu önceden belirlenmiş uçuş hatlarına yönlendirilmesiyle kamera da bir çekim noktasından diğerine yönlendirilmiş olur. Fotoğraf çekim işleminden sonra, elde edilen bu fotoğraflar çekildikleri andaki durumları oluşturmak için kullanılacaktır. Bunu gerçekleştirmek için, yani analog veya analitik yöntemlerden biri kullanılarak modeller oluşturmak için fotoğrafların karşılıklı ve mutlak yöneltmelerinin yapılması gerekmektedir. Ancak bu yöneltme işlemlerinden sonra fotoğraflar üzerlerinden ölçü alınabilecek duruma gelmiş olurlar.

\* Selçuk Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Jeo. ve Fotog. Müh. Öğr. Ele.

Her bir modelin mutlak yöneltmesini yapabilmek için yer koordinat sisteminde koordinatları (düzlem ve yükseklik) bilinen en az beş noktaya ihtiyaç duyulur. Bu noktalar iki şekilde elde edilebilir:

- Fotoğraf çekiminden önce klasik veya modern (GPS) jeodezik yöntemler kullanılarak (ki bu metod son derece zaman alıcı ve maliyeti yüksek bir metottur),
- Bu noktaların bazılarının yerine diğer bazı noktaların (geçiş ve düğüm noktaları) kullanımına imkan sağlayan hava triangulasyonunun kullanımıyla.

Fotoğraf yöneltme işlemleri (iç, dış) sırasında iç yöneltme parametreleri (resim koordinat sisteminin merkezinin koordinatlarının ve odak uzaklığı) ve dış yöneltme parametrelerinin (çekim noktasının yer koordinatları  $X_0$ ,  $Y_0$ ,  $Z_0$  ve resim koordinat sisteminin yer koordinat sistemine göre dönüklükleri ifade eden üç açının  $\omega$ ,  $\phi$ ,  $\kappa$ ) belirlenmesi gerekmektedir. İç yöneltme parametreleri genellikle kamera kalibrasyonu esnasında belirlenirler. Dış yöneltmede ise koordinatları bilinen kontrol noktalarına ihtiyaç duyulur. Dış yöneltmedeki bazı parametreler, eğer uygun bir alet uçağa monte edilmişse uçuş sırasında direk olarak belirlenebilir. Bunun için kullanılan sistem ve aletlerden bazıları ise İç (ciroskop) Navigasyon Sistemi (INS), periskoplar, NASA'nın Yükseklik Referans Sistemi (ARS), Havadan Profil Kaydedici Sistem (APR), stetoskop vb. aletlerdir. Bu sistemlerin başarıları, kullandıkları durumlarda elde edilen sonuçlardaki ve yaptıkları işlemlerdeki yetersizlik ve rölatif olarak yüksek maliyette olmaları nedeniyle sınırlı kalmıştır (Corten 1984, Leatherdale 1988, Becker ve Barriere 1993, Schade ve Cramer 1994). Diğer taraftan, GPS son on sene içerisinde; hava triangulasyonunda kullanılan kontrol noktalarını sağlamada ve dış yöneltme parametrelerinin tümünü veya bazılarını belirlemede, düşük veri toplama maliyeti, veri toplamadaki kolaylık, sistem güvenilirliği, dünyanın her yerinde kullanılabilirlik ve yüksek presizyon gibi gereksinimleri sağlayan yegane sistem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Günümüzde resim çekim noktalarının koordinatları gerekli yeterlilikte ve doğru olarak bu GPS teknolojisi sayesinde belirlenmektedir. Bu metodun zayıf kaldığı nokta, dönüklük açılarının ( $\omega$ ,  $\phi$ ,  $\kappa$ ) belirlenmesinde arzu edilen hassasiyete henüz ulaşamamış olmasıdır. Bu nedenle hava triangulasyonu GPS'li teknikte için de gerekli olmaktadır. Buna rağmen, GPS'in resim çekim nokta koordinatlarının tespitinde kullanılmasıyla yer kontrol noktalarının sayısında sağlanan düşüş çok önemli bir avantajı sunmaktadır. Böylece bu noktalar demet dengelemesinde kullanılacak kontrol noktalarının pek çoğunun yerini alabilmektedir.

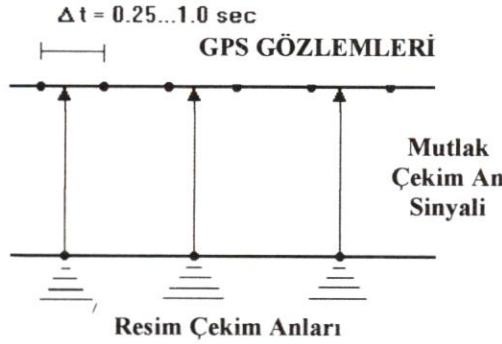
Yüksek presizyon isteyen uygulamalarda ise faz gözlemlerini kullanan rölatif tekniklerden faydalanılabilir. Bu işlem için iki GPS alıcısına ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlardan biri yeryüzündeki koordinatları bilinen bir noktada (sabit istasyon), diğeri ise tüm fotoğraf çekim işlemi süresince uçağın içine yerleştirilmiş bulunmaktadır (resim 1). Her iki alıcı uçuş boyunca aynı oranda ve eş zamanlı olarak buldukları yerden faz gözlemlerini toplarlar. Uçuştan sonra, elde edilen bu veriler değerlendirme işleminde kullanılırlar. Fakat bu veriler ileri bir işleme tabi tutulmadan, bazı karmaşık faktörlerin öncelikli olarak dikkate alınması kaçınılmazdır. Yani, GPS veri bloklarının ait oldukları zamanla ile resimlerin çekildikleri an arasındaki zaman farkının (time offset) ve kameranın perspektif merkezi ile uçaktaki GPS antenin faz merkezi arasındaki konum farkının (spatial offset) belirlenmesi gerekmektedir. Bunların dışında ambigüiti bilinmeyenlerinin belirlenmeleri, faz gözlemlerindeki sinyal devir sekmelerinin tespit ve düzeltilmeleri de gerekmektedir. Ayrıca dengeleme sonrası elde edilen sonuçların normal olarak WGS84 koordinat sisteminden yerel yer koordinat sistemine dönüştürülmesi de yapılması gerekenlerden biridir.

Bu bahsedilen faktörler aşağıda daha detaylı olarak incelenmektedir.



kameranın uçuş boyunca bu şekilde tutulmasıdır. Fakat, herhangi bir şekilde uçuş esnasında kameranın eğikliği tespit edilip kayıt edilebiliyorsa bu eğiklik herhangi bir kısıtlayıcılık getirmeyecektir. Ve hatta GPS anteni direk olarak kameranın yukarısına monte edilebilirse, kamera eğiklik açısı dış merkezlik vektörünü çok az etkileyecektir (Ackermann, 1992). Bu durumda konum fark vektörü sadece antenin öne eğikliğinden dolayı getirilecek düzeltmeye bağlı olarak değişecektir. Eğiklik düzeltilmesi antenin bu durumu için oldukça küçüktür. Fakat resim ölçeğinin büyük olduğu durumlarda ihmal edilemez sınırlara da ulaşabilir. Bu vektör bileşenlerinin yapılacak dengeleme esnasında çözülebilirliği araştırılabilir. Böyle bir çözüm sağlanabilirse kameranın düşey olarak tutulma ve uçuş sırasında eğilmeme zorunluluğu, hatta konum fark vektörü bileşenlerinin uçuştan önce veya sonra belirlenme zorunluluğu ortadan kaldırılmış olur. Böylece kamera artık uçuş sırasında serbestçe eğilebilir.

#### Zaman Uyuşmazlığı (Time Offset):



Şekil 2 : Zaman Uyuşmazlığı (Time Offset)

GPS verileri GPS alıcısının ölçme aralığına bağlı olarak belirlenen ardışıklıkta ki sabit zaman aralıklarında elde edilebilirler. Yani resimlerin çekim anlarında değil. Daha doğru bir deyişle diyaframın açılıp kapanma süreci boyunca geçen zamanın tam orta noktasında değil. Böylece bu iki olayın farklı zamanlarda oluşmasından kaynaklanan kameranın belirlenmek istenen konumunda bir sapma (fark) meydana gelir.

Bu problemi üç şekilde çözmek mümkündür:

- Diyaframın açılıp kapanma sürecinin orta noktasına (bundan sonra mutlak çekim anı olarak ifade edilecek) tekabül eden zaman kaydedilir ve kameranın bu andaki konumu, veri toplanmış olan en uygun iki ardışık GPS anten konumu arasında bir enterpolasyon yapılarak belirlenebilir.
- Kameranın deklanşörü GPS veri bloğu alıcıya ulaştığı anda alıcı tarafından gönderilen özel sinyal yardımıyla harekete geçirilir. Eğer buna rağmen hala zaman farkı varsa ya yok edilir ya da en azından göz ardı edilebilecek boyutlara indirgenebilir.
- Kameradan GPS alıcısına, mutlak çekim anında bu anı tanımlayan bir sinyal gönderilerek eş zamanlı bir GPS ölçüm bloğunun GPS alıcısı tarafından gerçekleştirilebileceği düşünülebilir.

Birinci metotta mutlak çekim anlarının GPS alıcısının zaman penceresine kaydedilmesi gerekmektedir. Modern kameralar son derece hassas mutlak çekim anı sinyali yayacak uygun

çekim anından maksimum olarak 52 mikro saniye kadar bir sapma gösterir. Bu sapma yere göre 100 m/s lik bir hıza sahip olan bir uçakla ihmal edilebilir (sadece 5 mm kadar) bir ileri harekete sebep olur. Bu sinyal GPS alıcısına gönderilir ve alıcının zaman penceresine kaydedilir. Böylece mutlak çekim anı ile GPS gözlemlerinin yapıldığı an aynı zamana atfedilmiş olur. Bu zaman atıfları sadece kullanılan GPS alıcısı fotogrametrik özelliğe sahipse mümkündür.

Çekim anlarındaki anten konumları çekim anına en yakın zamanlardaki GPS anten konumları arasında enterpolasyon yapılarak elde edilebilirler. Bu nedenle çekim anının GPS zaman bazında kaydedilmesi zorunlu hale gelmektedir ve bu yeni kameralarla sorun olmaktan çıkarılmıştır (örneğin, RMK TOP, LMK 2000 ve RC30). Diğer kameraların çekim anının kaydını gerçekleştirebilmeleri için bir diyotla teçhiz edilmeleri gerekmektedir (Jacobsen, 1991) ve çekim anının kaydedilen değeri ile gerçek çekim anı arasındaki zaman gecikmesi çekim zamanının bir fonksiyonu olarak belirlenmek zorundadır. Değişik enterpolasyon yöntemleri kullanılarak bu gerçekleştirilebilir, örneğin normal lineer enterpolasyon (Ackermann 1992), 3. dereceden Lagrange enterpolasyonu (Frieb 1991) veya en küçük karelerle karşılaştırma. Bu yerden olan yükseklikle hava şartlarına bağlı olarak uçağın takip edeceği rotada meydana gelebilecek değişikliklerden dolayı uçağın takip ettiği yolun bilinmesine bağlıdır. Eğer uçağın yere göre hızı 100 m/s ise iki GPS veri paketi arasında uçak 50 m kadar hareket etmiş olur. Bu ise oldukça geniş bir enterpolasyon aralığı anlamına gelir. Ve enterpolasyondan sonra elde edilen konum doğru değerden santimetrelerce sapabilir. Daha iyi sonuçlar için kamera deklanşörünün GPS ölçüm paketinin geldiği ana çok daha yakın bir anda çalıştırılması gerekir.

GPS alıcılarının pek çoğu sinyal yayma özelliğine sahiptirler. Fakat bu sinyaller alıcılar tarafında sabit aralıklarda yayımlanırlar. Hava triangulasyonunda ise şeritlerde, fotoğraflar arasında sabit bindirmelerin olması gereklidir. Bu ise sadece iki ardışık çekim anı arasındaki zaman aralığının değiştirilmesiyle sağlanabilir.

Eğer uçakta GPS den faydalanan bir navigasyon sistemi (örneğin GPS kot ölçümleri) kullanılıyorsa ve kamera bu sistemle irtibatlandırılmışsa, böylece resimler arasında arzu edilen uygun bindirmeleri sağlama imkan doğmuş olur. Navigasyon sistemi kameranın anlık konumunu diğer verilerle (örneğin uçuş planı, yükseklik modeli vb.) birleştirir ve kameranın deklanşörünü çalıştıracığı ana karar verir. Ve deklanşörü ateşleme sinyali en yakın GPS ölçüm paketiyle eşzamanlı olarak yayımlanır. Kamera resim çekimini gerçekleştirir ve mutlak çekim anını niteleyen sinyali kayıt için GPS alıcısına gönderir. Bu sinyal kaydı, iki GPS alıcısındaki saatlerin eşzamanlı olmama ve hala enterpolasyonu gerekli kılan gecikmeli çekimlerin yapılma ihtimalinden dolayı gerekli olmaktadır. Fakat ufak sapmalar yine de ihmal edilebilmektedir.

Navigasyon amacı için ucuz bir alıcının kullanılması yeterlidir. Fakat kamera konumu belirlenirken iki frekanslı jeodezik hassas bir alıcı kullanılması gereklidir.

Üçüncü metot ise önceden belirlenmiş özel bir anda gözlem yapabilecek bir GPS alıcısı mevcut olmadığı için uygulanabilir bir yöntem değildir. Hatta yerdeki sabit ve uçaktaki hareketli iki alıcının eşzamanlı olarak gözlem yapması dahi oldukça zordur.

### **Datum problemi:**

Yer koordinat sistemleri genellikle ulusal datumu referans alırken, GPS WGS84 küresel datumunu kullanır. Değişik ulusal datumlara bağlı olarak kullanılan elipsoidler çoğunlukla şekil,

ebat ve konum bakımından birbirinden farklı olmaktadır. Hatta elipsoidin eksen dönüklükleri uzayda çok iyi tanımlanmış olsa dahi, bazı ufak farklılıklar hala görülebildiği gibi yerel ağı tam homojen de olmayabilir. Bu nedenle, yerel alanlara ait ağılarla ulusal datum karşılaştırıldığında, bu ağılarda sıklıkla ölçek ve dönüklük hatalarının mevcut olduğu görülür.

Yükseklikler için genellikle jeoid referans alınırken uçaktaki alıcıyla yerdeki sabit (referans) alıcı arasındaki üç boyutlu koordinat farkları için WGS84 elipsoidi referans alınır ve genellikle jeoid ve elipsoit arasında yerdeki sabit referans alıcısının bulunduğu mevkide bir açı oluşur (düşey defleksiyon).

Haritalar genelde ulusal referans sistemlerinde üretilirken, GPS'ten elde edilen sonuçlar, WGS84 koordinat sistemindeki anten koordinatlarıdır. Bu nedenle GPS'ten elde edilen bu koordinatların yerel harita sistemi referans alınarak dönüşümlerinin yapılması gerekmektedir. Eğer yukarıda bahsettiğimiz sapma (defleksiyon) çalışılan bölge için sabitse, her iki sistemde koordinatları bilinen bazı noktalar kullanılarak sistemler arası dönüşüm (7 parametrelili) Helmert dönüşümü yapılarak sağlanabilir. Üç boyutlu benzerlik dönüşümünün matematiksel çıkarımı literatürden takip edilebilir (örneğin Hofmann-Wellenhof vd. 1983).

Eğer bir ön koordinat transformasyonu yapma imkanı mevcut değilse, bu transformasyonun birleştirilmiş dengeleme içerisinde yapılması gerekli olur.

#### **Veri Akışı:**

GPS destekli fotogrametri; jeodezik işlemlerin dışında, uçuş esnasında hem yerdeki sabit GPS alıcısında hem de uçaktaki alıcıda çok büyük hacimde yer kaplayan veri kayıt ve akışının sağlanmasını gerektirir. Kaydedilip depolanan bu veriler için bilgisayarda 20 MB veya daha üzeri bir hafıza kapasitesine ihtiyaç duyulur (Ackermann 1992). Günümüzde Gigabyte'lar seviyesinde hafıza ortamları sunabilen ve sürekli ve anlık bilgi depolama ortamlarına çok süratli ulaşım imkanları sunabilen bilgisayar donanımlarıyla birlikte çok hızlı seviyelerde (666 MHz ) işlem yapabilen pentium çiplerin kullanımına girmesi GPS destekli fotogrametride karşılaşılan bu problemi büyük oranda ortadan kaldırmış bulunmaktadır.

#### **Başlangıç Tamsayı Faz Bilinmeyenleri (Ambiguitileri):**

GPS ile hassas konum belirleme işleminde faz gözlemleri kullanılır. GPS destekli hava triangulasyonunda faz gözlemleri işleme tabi tutulurken, kinematik konum belirleme işlemine başlamadan önce başlangıç tamsayı faz bilinmeyenlerinin çözülmüş olmaları gerekmektedir. Biri uçağa monte edilmiş hareket halinde, diğeri ise yere kurulmuş sabit haldeki iki GPS alıcısının kullanıldığı durumda, başlangıç tamsayı faz bilinmeyenini sorunu uçak havalanmadan veya yere indikten sonra her iki durumda da uçak hareket etmezken yani sabitken yapılan veri kayıtları yardımıyla çözülebilir. Bu işlem pratikte iki şekilde gerçekleştirilir:

- 1- bilinen bir baz kullanılır, yani her iki alıcıda (sabit ve hareketli) koordinatları bilinen GPS noktalarından veri toplamaya başlarlar, yada
- 2- koordinatları bilinen bir GPS noktasına kurulmuş bulunan sabit alıcı anteni ile uçak havalanmadan önce uçağın üzerinde monte edildiği yerde sabit olarak duran hareketli alıcının anteni arasındaki bazın bir başlangıç bazı olarak alınmasıyla.

Hassas olarak belirlenmiş bir baz elde edebilmek için her iki alıcının da buldukları yerden aynı anda 1 saat kadarlık bir süre veri toplamaları gerekmektedir. Fakat tamsayı faz bilinmeyeninin

çözümünde geliştirilen yeni tekniklerle (hızlı faz bilinmeyi çözümler gibi) başlangıç tamsayı faz bilinmeyeninin çözümü için gerekli olan zaman bir kaç dakikaya kadar düşürülmüş bulunmaktadır.

Tarafımızdan çok kısa süre önce geliştirilmiş olan yeni bir metod kullanıldığında, kinematik konum belirleme işlemine başlamadan önce başlangıç tamsayı faz bilinmeyenlerinin çözülmesinin gerekliliği ortadan kalkmaktadır. Bu yöntemde tamsayı faz bilinmeyenleri yeni bir birleşik dengele içerisinde çözülebilmektedir.

### **Faz Devir Sekmeleri (Sinyal Kopukluğu) ve Sinyal Kesilmeleri:**

Faz ölçümleri uçağın uçuş rotasını hesaplayabilmek için uçuş boyunca kesintisiz olarak devam etmek zorundadır (uçuştan önce veya sonra uçak hareketsiz dururken yapılan faz ölçümleri süresi de buna dahildir). Bu gereksinim; son zamanlarda geliştirilen hareket halinde tamsayı faz bilinmeyenlerini çözümler teknikleri kullanılmadığı takdirde, günümüze kadar gerçekleştirilen GPS destekli hava triangulasyonu uygulamalarının genel bir gereksinimi olarak karşımıza çıkmaktadır. Fakat pratikte herhangi bir uçuşu sinyal kesintisi veya kopukluğu olmadan tamamlamak çeşitli nedenlerden dolayı mümkün olamamaktadır. Bu faz devir sekmelerini (sinyal kopukluğunu) ve kesikliklerini doğuran sebepler aşağıdaki gibi sıralanabilirler.

- 1- Sinyalin engellenmesi. Herhangi bir uydudan gönderilen ve uçağa monte edilmiş antene ulaşması beklenen sinyallerin önü (örneğin dönüşler esnasında uçağın gövdesi veya kanatları tarafından) kesilebilir. Özellikle büyük bir eğiklik açısıyla komşu şeridi uçmak için yapılan 180° lik dönüşler esnasında birbiri ardı sıra birkaç sinyal kesilmesi olabilmektedir.
- 2- Faz devir sekmeleri. Bazen açıkça bilinen bir sebep olmaksızın dahi oluşabilir. İlk bakışta faz gözlemleri normal seyriyle devam ediyormuş gibi gözükse de, birkaç tam devirden binlerce tam devire kadar görülen sinyal kayıpları, sinyal sekmeleri şeklinde ortaya çıkar. Eğer düzeltilmezlerse sinyalin normal gidişatında sıçramalar şeklinde sonuç verirler. Bu faz devir sekmeleri muhtemelen alıcı dizaynındaki bazı problemlerden, aynı bir sinyalin çevre tarafından yansıtılması nedeniyle alıcıya birden fazla ulaşmasından veya yoğun iyonosfer tabakalarından geçerken sinyalde meydana gelen kesintilerden kaynaklanmaktadır. Bunun normalde artık oluşmaması şeklindeki beklentiye rağmen hala oluşmaya devam ettiği de açık bir gerçek!
- 3- Zaman içerisinde görüş alanı içerisinde uydu dağılımında meydana gelen değişiklikler. Birkaç saate kadar devam eden bir gözlem periyodu süresince bazı uydular görüş alanı içerisine girer bazıları da bu alanın dışına çıkar. Yani bu süre içerisinde uyduların görüş alanı içerisindeki dağılımı ve sayısı değişir, kimisi bu alanın içerisine girer kimisi de dışarısına çıkar.

Çoğu GPS yazılımıyla bu tip problemlerin üstesinden gelinebilmektedir. En az dört veya beş uydunun sürekli olarak görüş alanı içerisinde kalması durumunda sinyal kesintisi çok büyük bir problem olmaktan çıkar ve kesintiye uğrayan sinyal düzeltilmiş olarak tekrar elde edilebilir. Asıl problem tam sayı faz bilinmeyenlerinin tekrar tayin edilme zorunluluğudur. Sinyal kesilmesinden sonra elde bulunan bilgiye bağlı olarak bu problemi çözmeye yönelik mevcutta bir kaç yaklaşım vardır. Bozulmadan iki veya üç uydunun kalması durumunda ve hatta bozulmadan kalan hiç bir uydunun kalmaması durumunda problemin üstesinden gelmek oldukça zordur. Çünkü sinyal kopukluğu oluştuğundan sonra tam sayı faz bilinmeyenlerini tekrar tam olarak çözmek mümkün olmaz. Keza bu problem özellikle uçak rotasının hassas olarak belirlenmesi ve kinematik kamera konum belirlemesi gibi durumlarda çok daha karmaşık

yazılımları veya hava fotoğraflarından harita elde edilmesinde GPS ve fotogrametrinin bütünlmesine daha farklı, yeni yöntemlerle yaklaşılmasını gerekli kılabacak ciddi bir problemdir.

## **BAZI ÖNERİLER VE SONUÇ:**

Son yapılan araştırma ve çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda, her bir şerit için ayrı ayrı veya bir blok için bir grup sapma (drift) parametresinin, uygulamada kullanılan nokta uzayında verilerin birleştirilmesi esasına dayanan birleştirilmiş dengelemeye dahil edilmesiyle sistemdeki modellenemeyen hatalar bir nevi elemine edilmekte ve yeni hareket halinde tamsayı faz bilinmeyenleri çözüm ve yöntemlerinin de kullanılmasıyla başlangıç tam sayı bilinmeyenlerinin çözümü için uçuşa başlamadan önce veya uçuş bitiminde gerek duyulan uçak statik haldeyken veri toplama işlemiyle sabit alıcı ile uçaktaki hareket halindeki alıcı arasındaki uzaklık sınırlaması ortadan kalmaktadır. Pek tabii ki sapma parametrelerinin çözümü için bloğun sabitleştirilmesi maksadıyla her bloğun sonunda ve başlangıcında dik uçuşlar yapmak kaydıyla. Çorumluoğlu'nun (1998a) sunduğu gözlem uzayında GPS ve fotogrametriye ait ölçülerin bir demet dengelemesinde birleştirilmesi esasına dayanan yöntemle her hangi bir dik uçuşa gerek duyulmadan, yeterli fazla ölçü sayısı sağlanarak sistem tekillik (singular) durumuna düşmekten kurtarılmakla kalınmamakta, tam sayı faz bilinmeyenleri, tüm dış yöneltme parametreleri ve istenilen obje noktalarının koordinatları ve hatta tam devir sekmeleri de (cycle slips) çözülebilmektedir. Kameranın uçuş sırasında serbest halde hareketine müsaade etmek maksadıyla (ki bu durumda vektörel konum farkının yer koordinat sisteminde bileşenlerine karşılık gelen değerler her çekim anı için farklı farklı olacaktır) vektörel konum farkı bileşenleri bilinmeyen parametreler olarak dengeleme içerisinde çözülebilirler.

Yöntemin daha karmaşık bir hale gelecek olmasına ve dış yöneltme elemanlarından dönüklük açılarının uçağın kanat uçlarına ve kuyruğuna yerleştirilen GPS antenleri yardımıyla belirlenmesini esas alan yöntemin (Corbett, 1994) bu açıları belirlemede yetersiz kalmasına rağmen (bu yöntemi yetersiz kılan problemler: uçağın çok dinamik bir ortam olması-sürekli bir titreşim ortamı- ve kanatların dışarıdaki hava basıncından dolayı bükülmesidir) kanatlarla uçak gövdesi arasına iki yeni antenin yerleştirilerek kanatlardaki bükülmenin modellenmesine imkan sağlanarak bu açıların çözümü dengeleme dışında gerçekleştirilebilir ve böylece fazla ölçü sayısında yapay bir artış sağlamış olur. Bu da dengelemede çözülebilecek yeni bilinmeyenleri gündeme getirmesinin yanı sıra en azından sistemin sağlamlığını arttıracaktır.

## **KAYNAKLAR:**

- Ackermann F** (1992) *Kinematic GPS control for photogrammetry*, Photogrammetric Record, Vol. 14(80), pp 261-276
- Ackermann F and Schade H** (1993) *Application of GPS for aerial triangulation*, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol 59(11), 8 pp
- Ackermann F** (1994) *Practical experience with GPS supported aerial triangulation*, Photogrammetric Record, Vol. 14(84), pp 861-874
- Corbett SJ** (1993) *GPS for attitude determination and positioning in airborne remote sensing*, University of Newcastle Upon Tyne, UK
- Corbett SJ** (1994) *GPS single epoch ambiguity resolution for airborne positioning and orientation*, PhD Thesis, University of Newcastle Upon Tyne, UK
- Cross PA** (1994) *DGPS - Has it come of age?*, Paper represented at the 3th differential GPS user and operators seminar, Hydrographic Society, Aberdeen, 10 pp



- Hoffmann-Wellenhof B, Lichtenegger H, and Collins J** (1994) *GPS Theory and practice*, Springer-Verlag Wien, 355 pp
- Çorumluoğlu Ö** (1998a) GPS-Aerotriangulation in observation space, PhD Thesis, University of Newcastle upon Tyne UK, 233 pp.
- Çorumluoğlu Ö** (1998b) Development Of A Research Software For The Combination Of GPS Phase And Photogrammetric Data In Observation Space, Second Turkish-German Joint Computer Days, University of Selçuk, Konya, 14 pp
- Wolf R P**, (1983) *Elements of photogrammetry*, McGraw-Hill, 628 pp.