

FOTOGRAMETRİK NİRENGİDE KİNEMATİK GPS UYGULAMASI VE DOŞONDÖRDÜKLERİ

Necati ÖLÇÜCÜOĞLU

ÖZET

Hava fotogrametrisi, kontrol noktası sıklaştırması ve harita üretimi amacıyla kullanılmaktadır. Kontrol noktası sıklaştırması amacıyla kullanılması "Fotogrametrik nirengi olarak" bilinmektedir. Fotogrametrik nirengide GPS(Global Positioning System) verilerinin kullanılması, birçok test alanlarında denenmiştir. Bu bildiri ile pratikte dinamik (Kinematik) GPS kullanılması; doğruluk, güvenilirlik, ekonomi ve uygulamadaki sınırlamaları açısından incelenmiştir.

ABSTRACT

Aerial photogrammetry is used for the purpose of map production and control points densification. When it is used for the purpose of control points densification it is called as "photogrammetric triangulation". The use of GPS (Global Positioning System) data in photogrammetric triangulation, has been tried in several test areas. In this paper, dynamic GPS's accuracy, reliability, economy and limitation on the practice have been examined.

1. GİRİŞ

Hava fotogrametrisi, topoğrafik harita üretimi ve kontrol noktası sıklaştırılması gibi amaçlarla kullanılmaktadır. Hava fotogrametrisinin kontrol noktası sıklaştırılması amacı ile kullanılması "Fotogrametrik Nirengi" olarak bilinmektedir. Ülkemizde fotogrametrik nirengi her ne kadar mutlak yöneltmenin ihtiyacı olan kontrol noktası koordinatlarının üretiminde daha çok kullanılıyor ise de diğer önemli bir kullanım alanı da aplikasyon çalışmalarında kullanılmak üzere kontrol noktası sıklaştırması olmaktadır.

Fotogrametrinin ihtiyaç duyduğu kontrol noktalarının arazi çalışmaları, fotogrametrik nirengi ile önemli derecede azaltılarak, fotogrametrinin ekonomikliğini arttıran faktör olmuştur. Bununla beraber fotogrametristler fotogrametrik nirengi için gerekli olan kontrol noktası sayısını daha da azaltan yöntem ve donanımlar üzerinde çalışmalarını sürdürmüşlerdir. Bu amaçla yardımcı

veri elde etmede statoskop, altimetre, radar profilleri ve shoran kontrollu hava istasyonları her zaman fotogrametristlerin ilgisini çekmiştir. Bunlar içerisinde statoskop, kolay veri elde edilmesi ve fotogrametrik nirengi dengeleme yazılımlarında kolay kullanılması açısından uygulamaya en fazla geçme imkanını bulmuş olmakla birlikte, günümüzde modası geçmiş yaklaşımlar olarak değerlendirilmektedir.

2. FOTOGAMETRİK NİRENGİDE KİNEMATİK GPS

Koordinat belirlemede uyduların kullanılması tekniği olan GPS, gücünü ve yararlılığını kanıtlamıştır. Bunun üzerine fotogrametride, GPS alıcılarının uçaklara yerleştirilerek izdüşüm merkezlerinin koordinatlarının belirlenmesi düşüncesi ortaya çıkmıştır. İzdüşüm merkezinin koordinatlarının GPS ölçümleri ile belirlenip fotogrametrik nirengide kullanılması "Fotogrametrik Nirengide Kinematik (Dinamik) GPS uygulaması" olarak bilinmektedir.

Yapılan teorik incelemede, üretilen harita ölçeği ile ilişkili olarak navigasyon verilerinden beklenen hassasiyet çizelge 1'de belirlenmiştir /2/.

Çizelge - 1 : Harita Ölçeği ile ilişkili olarak navigasyon verilerinden beklenen doğruluk.

HARİTA ÖLÇEĞİ	FOTOĞRAF ÖLÇEĞİ	FOTOGAMETRİK NİRENGİ İÇİN DOĞRULUK		MÜNİHANI ARALIĞI	NAVİGASYON VERİSİNDEN İSTENEN HASSASİYET	
		$\mu_{x,y}$	μ_z		$\sigma_{x,y}$	σ_z ³⁾
1:100 000	1:100 000	5 m.	4 m.	20 m.	30 m	16 m.
1: 50 000	1: 70 000	2.5 m.	2 m.	10 m.	15 m.	8 m.
1: 25 000	1: 50 000	1.2 m.	1.2 m.	5 m.	5 m.	4 m.
1: 10 000	1: 30 000	0.5 m.	0.4 m.	2 m.	1.6 m.	0.7 m.
1: 5 000	1: 15 000	0.25 m.	0.2 m.	1 m.	0.8 m.	0.35 m.
1: 1 000	1: 8 000	5 cm.	10 cm.	0.5 m.	0.4 m. ¹⁾	0.15 m.
NOKTA BELİRLEME	1: 4 000	1-2 cm.	6 cm.		0.15 m. ²⁾	0.15 m.

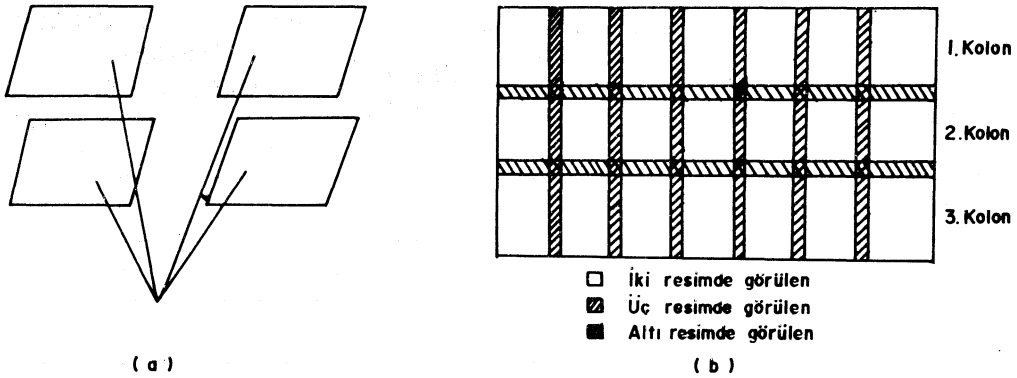
Kabuller: $\sigma_0 = 15 \mu m$. 1) $\sigma_0 = 6 \mu m$. 2) $\mu_0 = 3 \mu m$. 3) $\mu_{0z} = 15 \mu m$.

3. KİNEMATİK GPS'İN UYGULANABİLİRLİĞİ

Fotogrametrik nirengide navigasyon verisi olarak GPS ölçümlerinin kullanılması teorik düzeyden çıkararak uygulamaya aktarılmıştır. Uygulamada kinematik GPS'in yarar ve sakıncaları sistemin niçin nerede ve ne zaman hangi koşullarda kullanılabilirdiği sorularına cevap aramakla bulunabilecektir. Bu soruların cevapları ise; kinematik GPS'in doğruluk ve güvenilirlik, ekonomik katkıları ve uygulamadaki sınırlamalar açısından incelenmesinde yatmaktadır.

a. DOĞRULUK VE GÜVENİRLİK

Yereydeki bir noktanın koordinatlarının belirlenmesinde birçok resimden yapılan ileriden kestirme, bu noktanın koordinatlarının doğruluğunun izdüşüm merkezinin koordinatlarının doğruluğundan daha iyi olacağına kuşku yoktur (Şekil-1.a). Ayrıca kinematik GPS ile izdüşüm merkezinin koordinatlarının ölçülmesi ve bunların fotogrametrik nirengi dengelemesine sokulması, bloğun homojenliğini ve geometrik güçlülüğünü artırmaktadır (Şekil-1.b) /4/.



Şekil-1 : İleriden kestirme ve düzenli bir blokta resim kaplaması

Kinematik GPS'in doğruluğunun simülasyon bloklarında incelenmesinden sonra pratikte test alanlarında denemeler yapılmıştır. Çeşitli ülkelerdeki bu çalışmalar, simülasyon verileri ile yapılanları doğrulamaktadır. Birçok dene-

meler arasında FLEVOLAND test alanı uçuşları ile yapılan uygulamada relatif konumlamada drift modelleme ile 5cm'den daha iyi doğruluk elde edilmiştir/3/. Genel olarak kinematik GPS test denemelerinden desimetre düzeyinde doğruluk elde edilebilmektedir /2/. Test çalışmalarında elde edilen kinematik GPS doğrulukları çizelge 1 ile karşılaştırıldığında kinematik GPS'in 1/1000 gibi büyük ölçekli harita üretimi için bile yeterli olduğu görülmektedir. Kinematik GPS uygulamasında sabit ve sistematik hataların gelecekte tamamen giderilmesi mümkün olacak ise de faz kayması gibi hataların giderilemeyeceği tahmin edilmektedir. Bu nedenle günümüzde kinematik GPS'de söz konusu olabilecek sistematik hataların giderilmesi için yereye çok az sayısal kontrol noktalarına ihtiyaç bulunmaktadır. Sistem pratikte güvenilir bir şekilde uygulanmadıkça bunların tamamen ortadan kalkması da mümkün olmayacaktır.

b. EKONOMİ

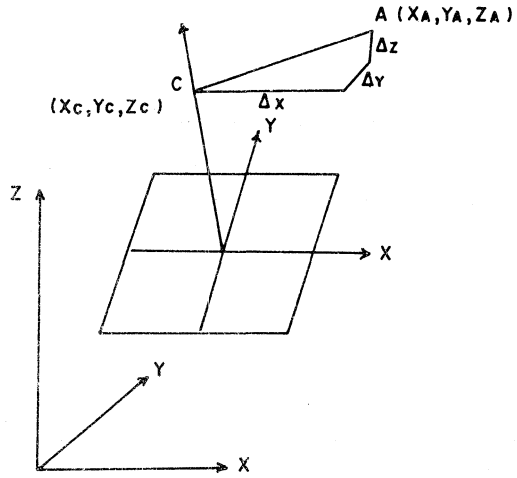
Ekonomik açıdan konuya bakıldığında maliyetle ilgili ana etmenler GPS aleti, çalışma süresi ve kullanılan yazılımlar olmaktadır. Her türlü GPS alıcılarının kinematik GPS uygulamasında kullanılmaması alet maliyetindeki farklılığı oluşturmaktadır. Kinematik uygulamada kullanılan GPS alıcıları ve veri depolama araçları, hızlı hareket eden platformlar için özel olarak tasarlanmışlardır.

Çizelge - 2

FAALİYET	ARA NİRENGİ	TAMAMLAYICI NİRENGİ	POLİGON
İstikşaf	48 972 TL.	48 972 TL.	2 550 TL.
Zemin tesisi, Malzeme Fiyatı	27 577 TL.	27 577 TL.	7 973 TL.
Zemin tesisinin nakli,röper tesisinin konması, röper ölçü ve krokisi	109 064 TL.	66 538 TL.	21 537 TL.
TOPLAM	185 613 TL.	143 087 TL.	32 060 TL.

Bu sistemlerde veri kayıt aralığı kısa ve veri kayıt hızlı olmalıdır. Aynı zamanda fotoğrafın pozlandığı anda kayıt edilebilmelidir. Uçaklarda kullanılacak GPS'ler için 5 veya daha fazla kanal ile 5 veya daha fazla uyduya sürekli kilitlenerek ölçüm yapanların kullanılması arzu edilmektedir. Ayrıca kinematik GPS alıcılarının ölçüm hızı 1 saniye olmakla beraber 0.2 veya daha kısa aralıklarla ölçüm yapanlar tercih edilmektedir /2/.

Çalışma süresi ekonomik faktörü en çok etkileyendir. Normal olarak kinematik GPS ile yapılan uçuşlar kısa sürmektedir. Fakat burada düşünülmesi gereken faktör, kinematik GPS çalışması sonucu sıklaştırılan kontrol noktalarının inşaat çalışmalarıdır. Eğer koordinatları üretilen noktalar daha sonra yapılacak aplikasyon çalışmalarında kullanılacak ise (uygulamada toplumun ihtiyacını gidermek için gerekecektir) her noktanın inşaatının yapılması gerekmektedir. Bunun anlamı her noktaya bir ekibin gönderilip inşaat yapması demektir. Bu durumda kinematik GPS'nin hızı dramatik şekilde azalmaktadır. Hız azalması ile beraber inşaat faaliyetleri maliyeti de artırmaktadır(Çizelge-2) /7/.



Şekil-2 : Kamera İzdüşüm Merkezi ve GPS Anten Koordinatları

Kinematik GPS uygulamasında kamera izdüşüm merkezi ile GPS anteni arasında bir açıklık (off-set) bulunmaktadır. Açıklığın bileşenleri özellikle \mathcal{X} , \mathcal{Y} ve \mathcal{W} 'den etkilenecek şekilde değişmektedir. Bu nedenle fotogrametrik nirengi dengelemesinde yeni bir fonksiyonel model kullanılması gerekmektedir. GPS anten koordinatlarının, kamera izdüşüm merkezine dönüştürülmesinde aşağıdaki eşitlik uygulanabilmektedir.

$$\begin{bmatrix} X_C \\ Y_C \\ Z_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{bmatrix} - M^T \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix}$$

Burada,

X_C, Y_C, Z_C : Kamera izdüşüm merkezi koordinatları

X_A, Y_A, Z_A : GPS anten koordinatları

M^T : Dönüşüm matrisi

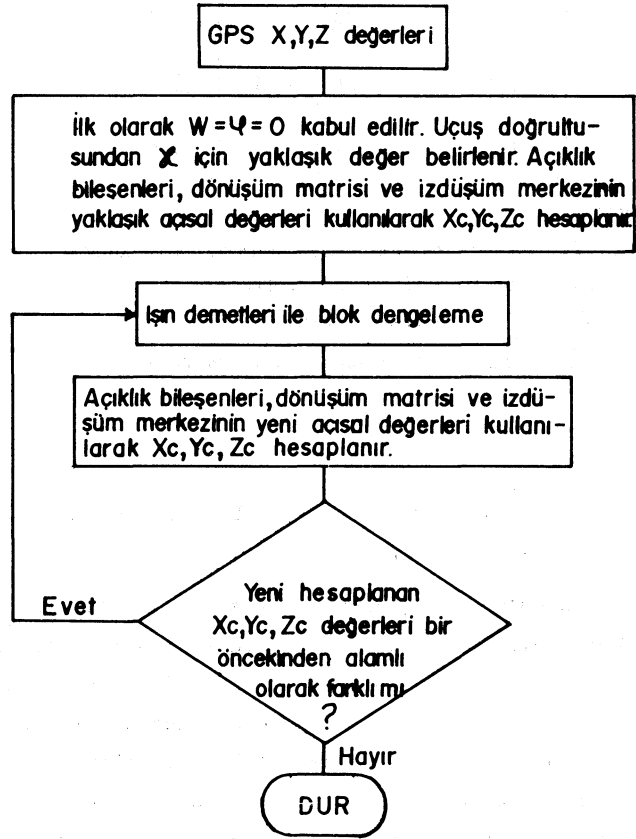
$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$: GPS anteni açıklık bileşenleri

Bu yaklaşıma uygun, ışın demetleri ile blok dengelemede kullanılabilen bir algoritma ise Şekil-3'de verilmiştir /5/.

Buradan da görüldüğü üzere, yeni bir yazılımın geliştirilmesinin gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu durum her ne kadar akademisyenleri ilgilendiriyor ise de maliyeti etkileyen unsurdur. Uygulamada klasik yaklaşımla yapılan nirengi çalışmaları ormanlık bölge söz konusu olduğunda gerek işaretlerin fotoğrafta görülmesi için, gerekse açı-kenar ölçümünde ölçüm hatlarının açılması için ağaç kesilmesi gerekmektedir. Bu ise fazla işçilik ve ormanların zarar görmesi demektir. Halbuki yereye inşaat yapılmadan kinematik GPS uygulandığında bu çalışmaların hiçbirine gerek olmayarak olumlu etkileri beraberinde getirecektir.

c. UYGULAMADA SINIRLAMALAR

Fotogrametrik nirengideki kinematik GPS dışında yapılacak GPS çalışmaları her türlü hava koşullarında çalışmaktadır. Yeterli sayıda uydu bulunduğu sürece gece gündüz, bulutlu, yağmurlu v.s. ortamda çalışmak mümkündür. Bununla beraber kinematik GPS'de hava fotoğrafı alımı yapılacağından, iklim koşullarının hava fotoğrafı alımına uygun olması gerekmektedir. Bu ise uygulamada sınırlayıcı faktör olmaktadır.



Şekil-3 : İşın Demetleri ile Blok Dengeleme Algoritması

Ayrıca GPS anteninın uçağın tavanına yerleştirilmesi gerektiği gibi, bunun kamera izdüşüm merkezi ile olan açıklığının kalibrasyonu da uygulamada sınırlayıcı faktör olmaktadır. Kinematik GPS'de kameranın pozlama anının saptanması oldukça önemlidir. Uygulamada ise fotoğrafın pozlanmasında kesin zaman olarak obtüratörün maksimum açıklığa eriştiği zaman kabul edilmektedir. Bu nedenle kameranın maksimum açıklığa geldiği an belirlenmelidir. Bu nedenle kamerada ışığa duyarlı bir cihaz yerleştirilerek, obtüratör maksimum açıklığa geldiği anda bir pulse üreterek kayıt sağlanmaktadır. Yapılan bir araştırmada böyle bir yaklaşımın doğruluğu ise 1 ms den daha iyi olmaktadır /6/.

Uygulamada bu sınırlamaların dışında en önemli sorun uçuş anında sinyal alınamaması veya faz kaymasının çözülemezliği durumudur. Bu durumda yapılacak tek şey uçuşu yeniden yapmaktır.

4. SONUÇ

Navigasyon verilerinin fotogrametrik nirengi dengelemesinde kullanılarak, kontrol noktası sayısının azaltılması her zaman ilgi çeken konu olmuştur. Bu kategori içerisinde sokulabilen GPS ölçümleri de, fotogrametride kinematik uygulama olarak teoriden uygulamaya geçmiştir.

Kinematik GPS uygulamasında doğruluk açısından hiçbir sorun bulunmamaktadır. Bununla beraber ekonomik açıdan ve pratikte söz konusu olan sınırlamalar açısından kinematik GPS'in hava fotoğrafı alımı koşullarına bağlı kalması ve yeryerde aplikasyon amacıyla kullanılacak noktaların inşaatının gerekmesi, en önemli özelliği olan hızını ve ekonomikliğini düşürmektedir.

Bu incelemeler altında kinematik GPS yerine klasik fotogrametrik nirenginin yeryerde yapılan statik GPS ölçümleriyle birleştirilmesi daha uygun görülmektedir. Bununla beraber, kontrol noktası bulunmayan ve inşaatına ihtiyaç olmayan, erişilmesi ve personel gönderilmesi güç ve pahalı olan alanlarda kinematik GPS uygulaması büyük faydalar sağlayacaktır.

K A Y N A K L A R

- /1/ Ölçücüoğlu,N. : Statoskop verilerinin F,N.'de kullanılması.Harita Dergisi, Sayı:97, Temmuz, 1986.
- /2/ Ackermann,F. : Combined Adjustment of Airborne Navigation data and Photogrammetric Blocks ISPRS 1988, Kyoto, Com.2.
- /3/ Ölçücüoğlu,N. : Prof.Dr.F.Ackermann'ın Harita Genel Komutanlığı-nı ziyareti ve konferansları. Harita Dergisi, Sayı:104, Ocak 1990.
- /4/ Wolfgang,F. : Should one consider Combining Kinematic GPS with Shih,T.Y. Aerial Photogrammetry? Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.December, 1989.
- /5/ Hintz,R.J., : Considerations in the implementation of aerotri- Zhat,M.Z. angulation with GPS derived exposure station position Photogrammetric Engineering and Remote Sensing December, 1989.
- /6/ Van Der Vegt, : Utilisation of GPS in Large Scale Photogramam- J.W.Boswinkel,. metry D.Witmer,R.
- /7/ : 1990 1'inci Yarı Yılı Halihazır harita alımı,arazi ve arsa düzenlemesi hektar birim fiyatları ile en, boy kesit çıkarılması, yol aplikasyonu kilometre birim fiyatları, İller Bankası Genel Müdürlüğü,Harita Dairesi Başkanlığı, 1990.