

FOTOGRAMETRİK NİRENGİ YÖNTEMLERİNDEKİ GELİŞMELER VE HARİTA GENEL KOMUTANLIĞI'NDAKİ DURUM

Oktay AKSU

ÖZET

Fotogrametri alanındaki bilimsel ve teknolojik gelişmeler, Harita Genel Komutanlığı'na yakından takip edilmekte ve olanaklar ölçüsünde uygulamaya sokulmaktadır. Bu yazıda, fotogrametrik nirengi yöntemlerinde son dört yıl içerisinde kaydedilen gelişmeler ve uygulamadan elde edilen deneyimler değerlendirilmektedir.

ABSTRACT

Scientific and technologic developments related to photogrammetry have been emulated and used in practical application by the General Command of Mapping. Improvements in aerial triangulation occurred in last four years and experiences gained by applications are evaluated in this paper.

1. GİRİŞ

1990'lı yılların başından itibaren özellikle Avrupa'da, fotogrametrik nirengi yöntemlerinde uygulamaya yönelik önemli gelişmeler ortaya çıkmıştır. Bu alandaki temel konular; rölatif kinematik GPS destekli fotogrametrik nirengi ve otomatik fotogrametrik nirengidir. Bilindiği gibi, Avrupa Deneysel Fotogrametri Araştırma Birliği (OEEPE), yukarıda belirtilen konularla ilgili olarak, 1992 yılından bu yana birçok araştırma ve test projeleri gerçekleştirmiştir. Harita Genel Komutanlığı'nın da aktif olarak yer aldığı son projelerden birisi, 1997'de başlatılan ve 1998 yılı Temmuz ayında sonlandırılan "Otomatik Fotogrametrik Nirengide Bağlama Noktaları Belirlemenin Performansı" / 4/ konulu test projesidir.

Yine yukarıda değinilen konuları gündemde tutmak ve uygulamada yaygınlaşmasını sağlamak amacıyla, 16 Ocak 1998 tarihinde gerçekleştirilen TUFUAB (Türkiye Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği) toplantısında; ulusal çapta bir "Kinematik GPS Destekli Fotogrametrik Nirengi Uygulama Projesi" gerçekleştirilmesi kararlaştırılmıştır.

2. KİNEMATİK GPS DESTEKLİ FOTOGRAMETRİK NİRENGİ

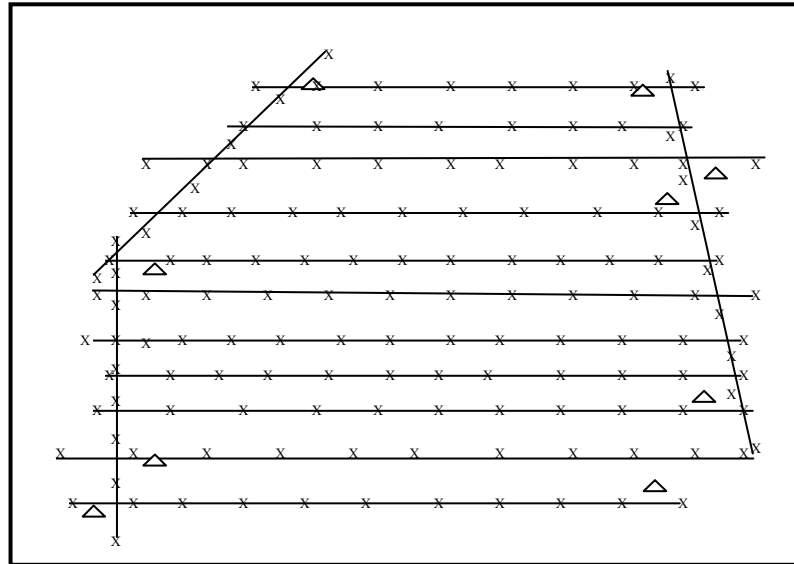
Son yıllarda GPS yöntemlerinin hızlı gelişmesi sonucu, hava fotogrametrisinde, hava kameraları ve algılayıcılarının kinematik konumlarının belirlenmesinde, GPS kullanımına doğru bir yönelme olmuştur. Bilindiği gibi fotogrametrik çift resim değerlendirmesinde karşılaşılan en önemli sorun, resimlerin dış yöneltme elemanlarının belirlenmesidir. Dış yöneltme parametrelerinden kamera izdüşüm merkezi koordinatlarının (X_0 , Y_0 , Z_0) belirlenmesi için, arazide yeteri kadar kontrol noktası tesisi gereklidir. Ancak fotogrametrik nirengi amaçlı GPS yöntemi kullanarak, yani; kamera izdüşüm merkezi koordinatlarının yüksek incelikli rölatif kinematik GPS konumlama ile belirlenmesi ve bu verilerin birleşik blok dengelemede kullanılmasıyla, arazide az sayıda kontrol noktası tesis edilmesi yeterli olur ve böylece fotogrametrik nirengi konusunda büyük bir ekonomi sağlanabilir /1/.

Harita Genel Komutanlığı'nda yaklaşık olarak üç yıldır, hem büyük ölçekli hem de küçük ölçekli fotogrametrik bloklarda başarıyla uygulanan kinematik GPS destekli fotogrametrik nirengi yöntemi, yaklaşık belirsizlik çözümüne dayalı bir yöntemdir. Bu yöntem C/A kod pseudorange (uydu-alıcı uzaklığı) konumlamaya dayalı olup, içerdiği doğrusal sürüklenme hatalarının daha sonraki birleşik blok dengelemede düzeltilecek olması nedeniyle, geçici olarak kabul edilmesi biçiminde karakterize edilebilir /1/. Belirsizlik çözümü, her bir kolon için ayrı ayrı gerçekleştirilir. Bu durumda kolon dönüşlerindeki GPS kayıtlarının hem fotogrametrik nirengide hem de kamera konumlamada kullanılmasına ihtiyaç duyulmaz.

Ancak, mevcut yazılımın birkaç ay önce geliştirilen yeni sürümü (SKIP 2.2) ile ; L1-L2 fazlarının kombinasyonunun kullanımı, yerde ve uçakta farklı tipte alıcı kullanma olanağı, aynı aralıkta veri toplama zorunluluğunun kalkması ve RINEX formatında çıkış sağlanması gibi kolaylıklar getirilmiştir. Ayrıca bu sürüm ile, yerdeki alıcının iş bölgesine 30 km.'den daha yakın bir uzaklıkta ve koordinatı bilinen bir noktaya konulması durumunda, yaklaşık belirsizlik çözümü yerine mutlak çözüm yapılacağı, her bir uçuş kolonu için ayrı ayrı sürüklenme parametreleri yerine, tüm blok için tek bir parametre seti kullanılacağı ve birden fazla yer istasyonuna ilişkin verilerin aynı anda işlenebileceği belirtilmektedir /7/.

Harita Genel Komutanlığı'ndaki fotogrametrik nirengi uygulamaları, çoğunlukla 1:25 000 ölçekli haritaların revizyonu amacıyla alınan 1:35 000 ölçekli hava fotoğraflarına dayalı olup, diğer kamu kurumları veya özel sektörün ihtiyacı için çekilen, büyük ölçekli resimlerle gerçekleştirilen uygulamalar da mevcuttur. Büyük ölçekli uygulamalara örnek olarak, Ankara İmrahor Vadisi'nde gerçekleştirilen bir çalışma ile elde edilen sonuçlar Tablo-1'de verilmiştir.

Proje alanında; 305mm odak uzaklıklı RMK-TOP hava kamerasıyla 1/4000 ölçeğinde ve standart bindirme oranlarında 159 adet hava fotoğrafı çekilmiş ve 0.5 sn aralıkla GPS veri kaydı yapılmıştır.



Şekil-1: İmrahor Blok'u

Tablo-1. Blok dengeleme sonuçları

Gözlem sayısı	7042
Bilinmeyen sayısı	3501
Serbestlik derecesi	3541
Resim noktaları sayısı rms x/y (μm)	3272 4.13/3.84
Kontrol noktaları sayısı rms X/Y/Z (cm)	9 4.0/3.2/3.8
GPS ölçümleri rms X_0, Y_0, Z_0	157 7.0/6.9/3.6
σ_0	5.55 μm : 2.5 cm
Dış yöneltme parametrelerinin standart sapmaları ortalaması ω (grad)	0.0065
φ	0.0052
κ	0.0020
pX (m)	0.111
Py	0.137
pZ	0.073
Bağlama noktalarının standart sapmaları (ortalama) X, Y, Z (cm)	3.0/3.2/9.8
(minimum)	2.0/2.0/4.5
(maksimum)	7.6/8.1/22.0

Yıllık revizyon planı gereği; 1997 yaz döneminde 240 adet 1:25.000 ölçekli paftayı kapsayan alanda gerçekleştirilen uygulamada, 3000'den fazla 1:35.000 ölçekli hava fotoğrafı çekilmiş ve ikisi yerde olmak üzere üç istasyonda 1 saniye aralıkla GPS veri kaydı yapılmıştır. Proje alanında 55 adet yer kontrol noktası planlanmış ve bu amaçla üç personel bir ay süre ile arazide çalışmıştır. Oluşturulan blokların tamamının fotogrametrik nirengi ölçüm ve dengelemeleri tamamlanmış olup, yer istasyonlarından yaklaşık olarak 180km uzakta olan bir blokta elde edilen sonuçlar, örnek olarak aşağıda verilmiştir :

- Resim ölçeği : 1:35 000
- Resim sayısı : 10 normal, 2 çapraz kolon halinde 152
- Kontrol noktası sayısı : 5
- Koordinat ölçümlerinin (x,y) K.O.H. : 5.03 mm/4.17mm
- GPS ölçümlerinin K.O.H : 5.3cm/4.8cm/8.2cm
- σ_0 : 6.5 μm = 24.2cm

Öte yandan aynı proje alanında; hazırlanan uçuş planına uygun olarak klasik dolgu nirengi yöntemine göre blok kenarlarında 2b, (b: baz mesafesinin arazideki karşılığı) blok içinde 4b mesafede kontrol noktası bulunacak şekilde, mevcut nirengi noktalarından arazide bulunabilenlerin yalnızca kireçlenmesi suretiyle, 1000-1200 kontrol nokta tesis edilmesi gerekmektedir. Diğer taraftan böyle bir uygulama için 6 personelin 3 ay süre ile arazide çalışması gereklidir.

Verilen örnekten de anlaşılacağı gibi, kinematik GPS destekli fotogrametrik nirengi uygulamaları ile hem arazi çalışmalarında önemli ölçüde tasarruf sağlanmış, hem de daha iyi blok dengeleme sonuçları elde edilmiştir.

3. DİJİTAL FOTOGRAMETRİK NİRENGİ

Digital Fotogrametrik nirenginin esasını digital görüntüler oluşturur. Görüntü, resim elemanı ya da piksel olarak adlandırılan küçük karelerden oluşur. Şekil 2'de karakterize edildiği gibi, görüntü birbirine bitişik piksellerden oluşan yatay hatlara bölünür. Her bir piksel alanında görüntü parlaklığı tespit edilip bir sayı ile nitelendirir. Bütün pikseller için bu işlem yapıldığında, resim, tam sayılardan oluşan bir matris ile gösterilmiş olur. Her pikselin bir konumu veya adresi (sıra ve sütun numarası) ve gri düzeyi olarak adlandırılan bir tam sayı değeri vardır. Bu sayısal değerler dizisi (matris), bilgisayarda veri işlemenin temel elemanlarını oluşturur.

a. Digital Görüntü Elde Etme Sistemleri

Digital fotogrametrik görüntü elde etme sistemleri üç grupta ele alınabilir /6/ :

(1) Digital kameralar:

Günümüzde fotogrametrinin yersel, endüstriyel ve diğer özel uygulama alanlarında kullanılan digital kameralar, henüz topoğrafik uygulamalar için hazır değildir.

(2) Uzaktan algılama sistemleriyle elde edilen digital uydu görüntüleri:

Topoğrafik ve diğer fotogrametrik uygulamalarda yaygın bir biçimde kullanılan uydu görüntüleri; taranmış hava fotoğraflarıyla kıyaslandığında, daha düşük ayırma güçlerinde (her bir pikselin arazide kapladığı alan daha büyük) ama çok daha geniş arazi kesimlerine ilişkin digital veri sağlarlar.

(3) Taranmış hava fotoğrafları:

Günümüzde en yaygın biçimde kullanılan digital görüntü elde etme yöntemi, analog filmlerin hassas film tarayıcılarla taranması sonucu, raster forma dönüştürülmesidir. Bu sistemlerin yaygın olarak kullanılmasının nedenleri; yüksek geometrik doğruluklarda digital veri sağlanabilmesi, bünyesinde analog, analitik ve digital sistemler bulunan kuruluşlarda, analog/analitik ve digital işlem adımlarına uygun görüntü kullanabilme olanağının sağlanmasıdır.

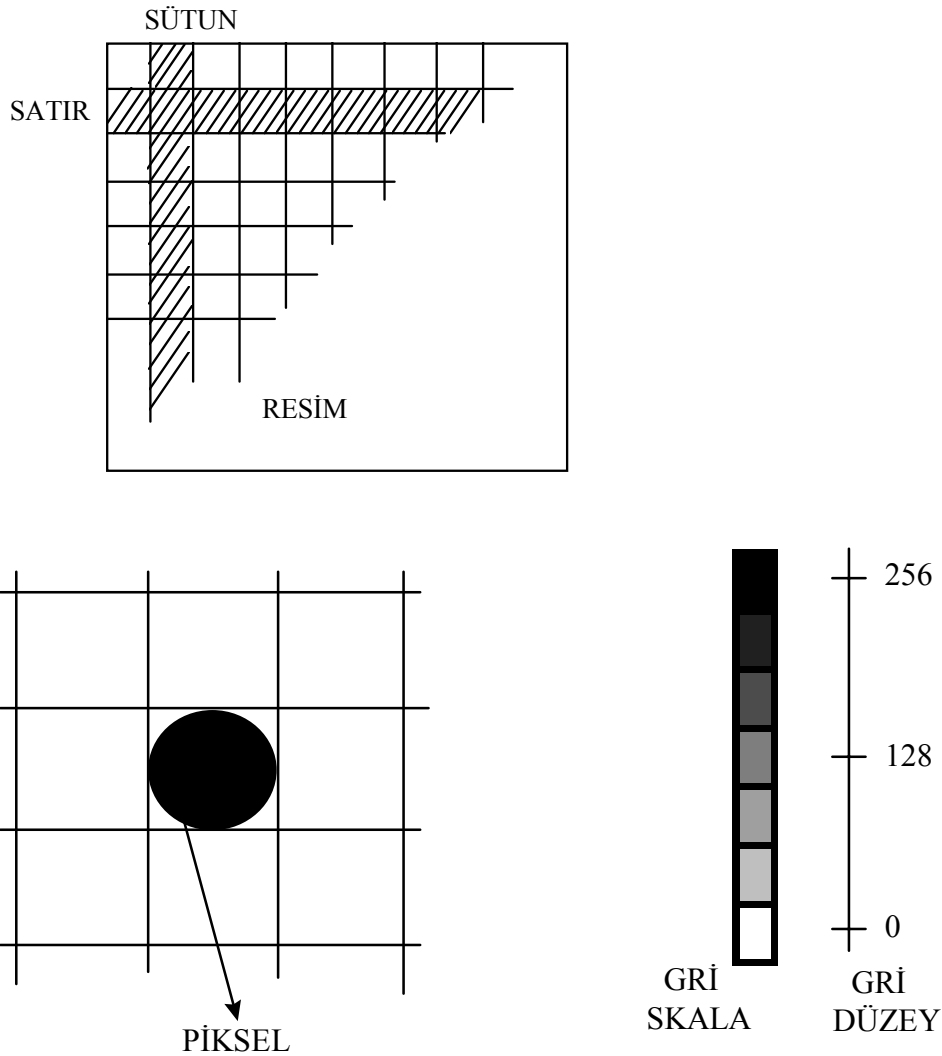
Digital görüntüler, otomatik ölçüm teknikleri ve tamamen otomatik veri işlemeye dayalı digital fotogrametrik nirengi yönteminde, digital görüntüler üzerinde yapılan ölçümlerde alana bağlı (area based matching) ya da detaya bağlı (feature based matching) eşleme gibi, görüntü eşleme yöntemleri kullanılmaktadır.

b. Görüntü Eşleme Yöntemleri

Digital görüntü eşleme (digital image matching), aynı bölgeyi içeren iki veya daha fazla sayıda digital görüntüden elde edilen temel elemanlar arasındaki ilişkinin otomatik olarak kurulmasıdır /2/. Temel elemanlar, görüntülerden çıkarılan detaylar veya gri düzey pencereleri olabilir.

Digital fotogrametrik işlem adımlarının pek çoğu, bir şekilde eşleme ile ilişkilidir. Somut örnekler verilecek olursa; iç yönlümede resim kenar göstergesinin iki boyutlu modelinin eşlenmesi, karşılıklı yönlümede ve fotogrametrik nirengide nokta transferi, sayısal arazi modellerinde bir görüntü bölümünün diğer görüntü bölümleriyle eşlenerek üç boyutlu arazi noktalarının elde edilmesi sayılabilir.

Görüntü eşleme ile ilgili ilk çalışmalar 1950'li yılların sonlarında (1959, Hobrough) başlamış olmasına rağmen, sonuçlanmasının neden çok uzun zaman aldığı ilk akla gelen sorunlardan birisidir. Bu soruya verilecek cevap, piksel olarak adlandırılan en temel görüntü elemanının bilgi içeriği dikkate alınarak açıklanabilir. 15µm piksel boyutu ile taranan bir hava fotoğrafı, yaklaşık olarak 285 milyon pikselden ve her bir gri tonu da 0-255 arasında bir değerden oluşur. Bu değerlerin büyüklüğü, tek tek piksellere dayalı bir eşlemenin imkansız olduğunu göstermektedir.



Şekil-2: Görüntü Sayısallaştırma

En çok kullanılan eşleme yöntemleri; yoğunluk bazlı (alana bağlı), detaya bağlı ve ilişkisel (relational) eşleme yöntemleridir /3/.

(1) Yoğunluk Bazlı Eşleme:

Bu görüntü eşleme yönteminde, orijinal veya çok az değiştirilmiş (zenginleştirilmiş) görüntü verilerinin gri değerleri kullanılır. Bu yöntemi esas alan ve aynı zamanda alana bağlı eşleme olarak adlandırılan, çapraz korelasyon (crosscorrelation) ve en küçük kareler eşlemesi (least square matching), en çok kullanılan eşleme yöntemlerindedir.

Çapraz korelasyon tekniğinde; stereo görüntülerden birinde seçilen 5x5 pikselden daha büyük olmayan bir referans (kalıp) penceresinin, diğer görüntü üzerindeki eşleniği, hesaplanan ρ çapraz korelasyon katsayısı ile tespit edilir /1,3/. Çapraz korelasyon fonksiyonunun maksimum sonucu, kalıp ve araştırma pencereleri arasındaki en iyi eşleme durumunu ifade eder.

$$\rho = \frac{\sum_{r=1}^R \sum_{c=1}^C (g1(r,c) - \mu1)(g2(r,c) - \mu2)}{\sqrt{\sum_{r=1}^R \sum_{c=1}^C (g1(r,c) - \mu1)^2 \sum_{r=1}^R \sum_{c=1}^C (g2(r,c) - \mu2)^2}} ; 1 \leq \rho \leq 1 \quad (1)$$

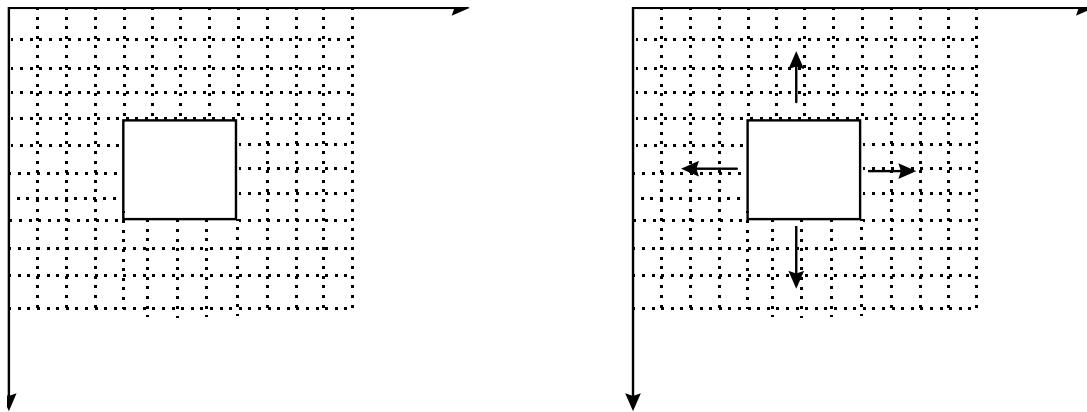
$g1(r,c)$: Kalıp (template, pattern) matrisinin tek tek gri tonları

$\mu1$: Kalıp matrisinin ortalama gri tonu

$g2(r,c)$: Araştırma matrisinin ilgili bölümünün tek tek gri tonları

$\mu2$: Araştırma matrisinin ilgili bölümünün ortalama gri tonu

R,C : Kalıp matrisinin satır ve sütun sayısı



Şekil-3: Çapraz Korelasyon Tekniği

En küçük kareler eşlemesi; araştırma ve kalıp pencereler arasındaki geometrik dönüşümde gri ton farklarının minimum olmasını esas alır /2/.

Alana bağlı eşleme, düzgün dokulu arazi bölümlerinde yüksek bir doğruluk potansiyeline (0.1 Piksel) sahiptir. Gri tonların, aydınlatma vb. nedenlerle ortaya çıkabilecek radyometrik değişimlere duyarlılığı, eşlemede büyük bir araştırma alanının kullanılması ve ele alınması gereken veri hacminin büyük olması, bu eşleme yönteminin zayıf taraflarını oluşturmaktadır. Örtülü alanlarda ve zayıf dokularda kaba hatalar ortaya çıkabilir /1/.

(2) Detaya Bağlı Eşleme:

Bu yöntemde, görüntülerden önce lokal ve global detaylar çıkarılır /1,2,3/. Lokal detaylar; noktalar, kenar elemanları, kısa kenarlar veya doğrular ile küçük alanlardır. Global detaylar; poligonları ve yapı olarak adlandırılan daha kompleks görüntü elemanlarını tanımlar. Detaylar; komşuluklarıyla ayırt edilebilir, radyometrik etkileşimlerle değişmez ve diğer detaylara göre rastgele olmalıdır. Her bir detay, öz nitelikler setiyle karakterize edilir. Her bir resim detayının resim koordinatlarıyla tanımlanan bir konumu mevcuttur. Öz nitelik değerleri olarak; kenar elemanlar için kenarın doğrultusu ve uzunluğu, eğimi, bölgeler için boyut ve ortalama parlaklık değerleri kullanılır.

Detay çıkarma (feature extraction) sonucu, bir detay listesi ve onların her bir görüntüdeki tanımları elde edilir. Sonraki işlemede yalnızca bu listeler ele alınır.

İkinci aşamada; detayların eşlenmesi için bir kriter olarak, detay öz niteliklerinin benzerliği ve/veya çapraz korelasyon katsayısı kullanılır.

Günümüzde otomatik fotogrametrik nirengiye yönelik olarak geliştirilmiş yazılımların çoğunda (PHODIS-AT, MATCH-AT vd.) alana ve detaya bağlı eşleme yöntemlerinin kombinasyonları kullanılmaktadır.

(3) İlişkisel Eşleme:

Detayların birbirine göre olan komşuluk ilişkilerini esas alan ve yanılma oranı yüksek olduğu için, yüksek doğruluk gerektiren uygulamalarda kullanılmayan bir yöntemdir.

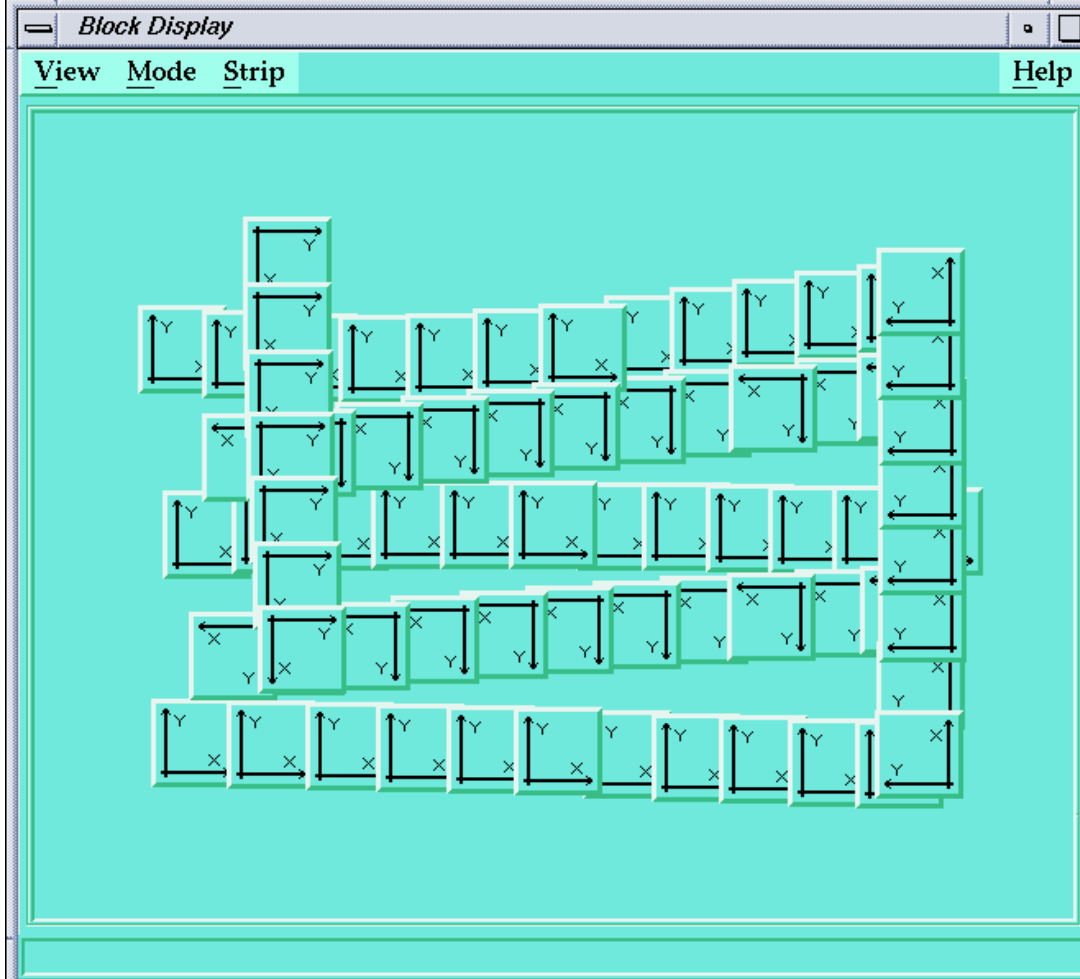
c. Harita Genel Komutanlığı'nda Digital Fotogrametrik Nirengi Uygulamaları

Yaklaşık bir yıl önce temin edilen digital fotogrametrik sistemler (SCAI Rulo Film Tarayıcı, Phodis-ST 10 Fotogrametrik Çalışma İstasyonu ve 7 adet Softplotter-1.7 Fotogrametrik Çalışma İstasyonu) ile, fotogrametri alanındaki son teknoloji ve yöntemler Harita Genel Komutanlığı'nda kullanılmaya başlanmıştır.

Bu kapsamda, seçilen çeşitli ölçeklerdeki test bloklarında otomatik fotogrametrik nirengi ölçüm ve dengelemeleri gerçekleştirilmiştir. Büyük ölçekli bir bloktan seçilen görüntüler, 14µm ve 28µm piksel boyutlarıyla iki kez taranmış ve elde edilen sonuç doğrulukları arasında çok önemli bir fark olmadığı (14 µm; $\sigma_0 = 1.7\text{cm}$, 28 µm; $\sigma_0 = 1.4\text{cm}$), ancak gerekli disk alanları dikkate alındığında, resimlerin 28 µm piksel boyutunda taranmasının daha uygun olduğu görülmüştür /1/.

Aynı şekilde, seçilen değişik ölçekli test bloklarında yapılan ölçüm ve dengelemeler ile analitik ve digital yöntemler, zaman ve sonuç doğruluğu açısından karşılaştırılmıştır.

Bu karşılaştırmalara örnek olarak; büyük ölçekli bir uygulamada elde (Şekil-4) edilen sonuçlar Tablo-2’de, ölçüm ve dengeleme süreleri ise Tablo-3 ve 4’de verilmiştir /5,8/.



Şekil-4: Gölbaşı Test Alanı (1:4500)

Şekil-4’deki blok, Gölbaşı Test Alanına ait olup 5 normal, 2 çapraz kolon halinde 72 adet 1:4500 ölçekli resim içermektedir. %60 boyuna ve %30 yan bindirmeli olarak, RMK-TOP (30cm) kamera ile çekilen resimlerin, izdüşüm merkezi koordinatları kinematik GPS veri işleme sonucu elde edilmiştir. Resimler, SCAI film tarayıcı ile 28µm piksel boyutu kullanılarak taranmıştır. Blok önce analitik alet ile, sonra da digital fotogrametrik çalışma istasyonunda Phodis-AT (C.Zeiss) yazılımı kullanılarak, otomatik olarak ölçülmüştür. Mevcut kontrol ve denetleme noktaları ise manuel olarak ölçülmüştür.

Tablo-2. Karşılaştırmalı sonuçlar

	Digital	Analitik
Ölçüm sayısı	50765	3714
Bilinmeyen sayısı	32076	1833
Serbestlik derecesi	18689	1881
Resim noktaları sayısı x,y rms x/y (μm)	25265 1.76/2.28	1684 3.26/3.54
Yer kontrol noktaları sayısı X,Y Z rmsX/Y/Z (cm)	8 9 7.6/7.1/10.3	8 9 5.3/7.2/15.1
Denetleme noktaları X,Y Z rmsX/Y/Z (cm)	41 36 7.4/8.1/14.6	45 39 3.7/5.3/3.8
σ_0	3.38 μ = 1.6 cm	4.92 μ = 2.3 cm
İzd.merkezlerinin ort. standart sapması	6.9/8.8/4.7 cm	10.7/12.3/4.7 cm
Açısal elem. ort. stand. sap. (Ω, ϕ, χ) ^{cc}	39/29/9	62/49/19
Bağlama nok. standart sapmaları (ort.)	2.1/2.3/7.6 cm	2.2/2.4/7.4 cm
Bağlama nok. standart sapmaları (min.)	1.1/1.6/3.4 cm	1.2/1.2/3.1 cm
Bağlama nok. standart sapmaları (max.)	10.3/4.2/33.7 cm	6.8/6.6/19.7 cm

Tablo-3. Analitik yöntemde işlem süresi

Analitik	Saat
Hazırlık İşlemleri	12
Nokta transferi	16
Ölçüm	40
Blok dengeleme	1
TOPLAM	69

Tablo-4. Digital yöntemde işlem süresi

Digital	Saat
Tarama İşlemleri	16
Blok tanımlama	0.25
Piramit hesabı	2.25
Otomatik iç yöneltme	1
Otomatik bağlama noktası ölçümü	3
Kontrol noktaları ölçümü	2
Blok dengeleme	1
TOPLAM	25.5

4.SONUÇ

1960'lı yıllarda başlayan analogdan analitik fotogrametriye geçiş çabaları, 20 yıl boyunca fotogrametrideki en önemli gelişmeyi oluşturmuştur. Tamamıyla bilgisayarların varlığına ve üstün performansına dayalı olarak ortaya çıkan analitik fotogrametri, temel perspektif ilişkileri (eş doğrusallık=colinearity) kullanarak resim koordinatlarından, detay noktalarının arazi koordinatlarının hesaplanmasını içermektedir. Gelişmedeki temel gösterge, modern fotogrametrik nirenginin ve özellikle olgunlaştırılmış değişik blok dengeleme biçimlerinin ortaya konmasıdır. Bu bağlamda, kinematik GPS destekli fotogrametrik nirengi uygulaması önemli kilometre taşlarından birisini oluşturmuştur.

Jeodezik alt yapısını tamamlamış ve çok iyi koruyan ülkelerde, istenilen yerde ve zamanda yeterli kontrol noktasını kolayca sağlayabilmenin mümkün olduğu durumlarda, bu yöntemin uygulanması çok anlamlı olmayabilir. Ancak, Türkiye gibi çok engebeli bir araziye sahip olan ve çeşitli ölçeklerde harita üretimine ihtiyacın her geçen gün arttığı ülkelerde, kinematik GPS destekli fotogrametrik nirengi yönteminin kullanılması, önemli ölçüde zaman ve maliyet tasarrufu sağlayabilecektir.

Analitik fotogrametrik nirenginin hazırlık, ölçüm ve dengelemeden oluşan temel işlem adımları, dijital yöntemde de geçerlidir. Ancak ilk çarpıcı fark, Tablo-3 ve 4 incelendiğinde görüleceği gibi, işlem sürelerinde ortaya çıkmaktadır. Bu farkın en önemli nedenlerinden biri, otomatik fotogrametrik nirengi uygulaması durumunda, bağlama noktalarının hazırlanması için kart baskı ve diapositiflerle bir hazırlık çalışması yapılması gereğinin olmamasıdır. Böyle bir hazırlık çalışması yapılmamasının diğer bir üstünlüğü de; analitik yöntemde özellikle kolon bağlama noktalarına verilen numaraların kart baskılar üzerine yazılması sırasında, yanlışlıkla farklı yerlerdeki kolon bağlama noktalarına aynı numaranın verilmesi ve dolayısıyla, blok dengelemede ayıklanması zaman alan problemlere yol açması, dijital yöntemde kendiliğinden ortadan kaldırılarak dengeleme için harcanan süreyi kısaltmasıdır.

Diğer taraftan dijital yöntemde, hazırlık aşamasında diapositiflerin ya da orijinal rulo filmlerin film tarayıcısı ile taranması için harcanan süre, analitik yöntemde göre bir dezavantaj gibi görülse de, üretim sistemi bir bütün olarak değerlendirildiğinde, bu dijital görüntüler daha sonraki model oluşturma, ortofoto ve fotomozaik üretim süreci içerisinde bir üstünlük olarak kendisini göstermektedir.

Öte yandan, film tarama sırasında kolonların uçuş doğrultuları dikkate alınarak, diapositif filmlerin tarayıcıya yerleştirilmesi gerekir. Tarama sırasında yapılan yanlışlıklar, otomatik fotogrametrik nirengi ölçümleri anında fark edildiğinde, telafi edilmesi güç ve zaman alan problemlere yol açmaktadır. Aynı zamanda, filmlerin banyo işlemleri sırasında dikkat edilmeli ve kurutma aşamasında film emülsiyonu üzerinde çizikler oluşmamasına gayret edilmelidir.

Kinematik GPS destekli uygulamalar ile elde edilen izdüşüm merkezi koordinatları, blok hazırlama aşamasında doğrudan dijital sistemlerde kullanılmakta ve böylece yöntemin bilinen katkıları dışında, otomatik fotogrametrik nirengi uygulamaları için de; blok topolojisinin oluşturulması ve dolayısıyla bindirmeli görüntü alanlarında bağlama noktalarının belirlenmesi yönünde ilave bir katkı sağlamaktadır.

Bilindiği gibi, analitik yöntemde ölçüm aşamasında aynı anda yalnızca iki resim kullanılabilir. Ancak dijital fotogrametrik sistemlerin çoğunda, eşlenik noktalar 6 veya daha fazla sayıdaki görüntüde aynı anda ölçülebilmektedir.

Normal şartlarda, bağlama noktalarının ölçümü için operatör desteğine hemen hemen hiç gereksinim duyulmamaktadır. Fotogrametrik nirengi sonuçlarının analog ya da yarı analitik aletlerde kullanılması durumunda, resimde tanımlı bağlama noktalarının interaktif olarak ölçümüne gereksinim duyulur. Bununla birlikte, özellikle 1:35 000 ölçekli bloklarda yapılan uygulamalarda; gerek filmlerin laboratuvar işlemleri aşamasında çizilmiş olması, gerekse proje alanında ormanlık bölgelerin çoğunlukta olması ve kısmen de deniz kenarına rastlayan resimlerin bulunması durumunda, otomatik bağlama noktası ölçümünün iyi sonuçlar vermediği görülmüştür. Hatta, hareket halinde olduğu, arkasındaki beyaz dalga izlerinden belli olan bir motor üzerinde dahi, bağlama noktası belirlendiği duruma rastlanmıştır.

Öte yandan, kontrol noktalarının interaktif ölçümlerinde de yer üstü işaretlerinin dairesel biçimde olması durumunda oldukça fazla zaman kaybedilmesi söz konusu olabilmektedir. Özellikle küçük ölçekli görüntülerde, resimler üzerindeki rastgele beyaz lekeler operatörü yanıltabilmektedir. Bu nedenle kontrol noktalarının kart baskılar üzerinde çok iyi belirlenmesi ve mümkün olduğunca Y biçimindeki hava işaretlerinin kullanımı bir çözüm olarak düşünülebilir. Gerek görüntü piramitlerinin hesabı, gerekse otomatik olarak bağlama noktalarının belirlenmesi, çalışma saatleri dışında yığın (batch) modda bilgisayar tarafından gerçekleştirilebilecek işlemlerdir. Böylelikle, sistem kullanıcılarına atıl kapasiteyi hayata geçirme olanağı sağlanabilir.

Blok dengeleme sonuçları incelendiğinde (Tablo-2), her iki yöntemle elde edilen sonuçlar arasında önemli ölçüde farklar olmadığı, ancak dijital yöntemle elde edilen özellikle dış yöneltme parametrelerinin doğruluklarının, çok daha iyi olduğu görülmektedir. Bunu nedeni; dijital yöntemle yapılan ölçümlerden bir resimde ortalama 300 dolayında bağlama noktası belirlenmiş olması, dolayısıyla sağlam bir blok geometrisinin elde edilmiş olmasıdır.

Bütün bu değerlendirmeler ve sistemlerin maliyetleri dikkate alındığında, dijital fotogrametrik sistemlerin, gerek doğruluk gerekse sürat açısından yeterli düzeye geldiği ve yakın gelecekte ortaya çıkacak gelişmelerle birlikte, çok daha üstün duruma geçeceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

- /1/ AKSU, Oktay : Analitik ve Digital Fotogrametrik Nirengi Yöntemlerinin Kıyaslanması, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Şubat 1998
- /2/ FRITSCH, Dieter : Digital Aerial Triangulation, Symposium on Digital Photogrammetry, İstanbul, 1998
- /3/ GRUEN, Armin : DTM Generation and Visualization, Symposium on Digital Photogrammetry, İstanbul, 1998
- /4/ HEIPKE, Christian, vd. : The OEEPE-ISPRS Test “Performance of Tie Point Extraction in Automatic Aerial Triangulation”-Status and First Results, ISPRS Archives Vol.32, Part 2, 1998
- /5/ ÖNDER, Mustafa, vd. : Report of GCM on the project, OEEPE/ISPRS Workshop’ta Sunulan Bildiri, Cambridge, 1998
- /6/ TORLEGARD, Kennert : Data Acquisition in Digital Photogrammetry, Symposium on Digital Photogrammetry, İstanbul, 1998
- /7/ SKIP (2.2) Manual : Brochures of Inpho GmbH, 1997
- /8/ YILDIZ, Hasan : Digital Fotogrametride Doğruluk Araştırması, HYTO Bitirme Tezi, Ankara, Haziran 1998