

SPOT GÖRÜNTÜLERİNİN GEOMETRİSİ VE  
STEREO DOĞRULUK DEĞERLENDİMESİ

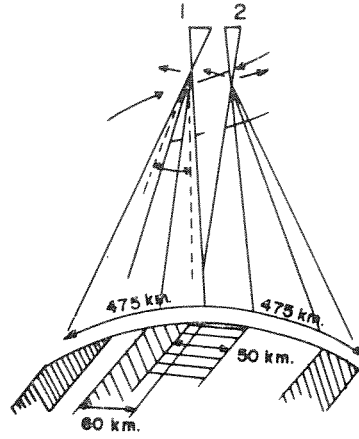
1. GİRİŞ
2. SPOT GÖRÜNTÜLERİNİN GEOMETRİSİ
3. ANALİTİK ALETLERDE SPOT UYDU GÖRÜNTÜLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE  
KULLANILAN MODELLER
4. SPOT GÖRÜNTÜLERİNİN STEREO DOĞRULUKLARI
5. SONUÇLAR



# SPOT GÖRÜNTÜLERİNİN GEOMETRİSİ VE STEREO DOĞRULUK DEĞERLENDİRMESİ

## 1. GİRİŞ

SPOT uydusu, Fransa Uzay Kurumu CNES tarafından 22 Şubat 1986 tarihinde ariane füzesiyle gönderilmiştir. Lineer algılayıcıların kullanıldığı bu uydur düşey konumda iken yeryüzünde 60 km. genişliğinde bir alanı taramaktadır. İki algılayıcı arasında 3 km. genişliğinde ortak alan bulunmakta olup, her ikisinde pankromatik veya multispektral modda kayıt yapabilmektedir (şekil 1).



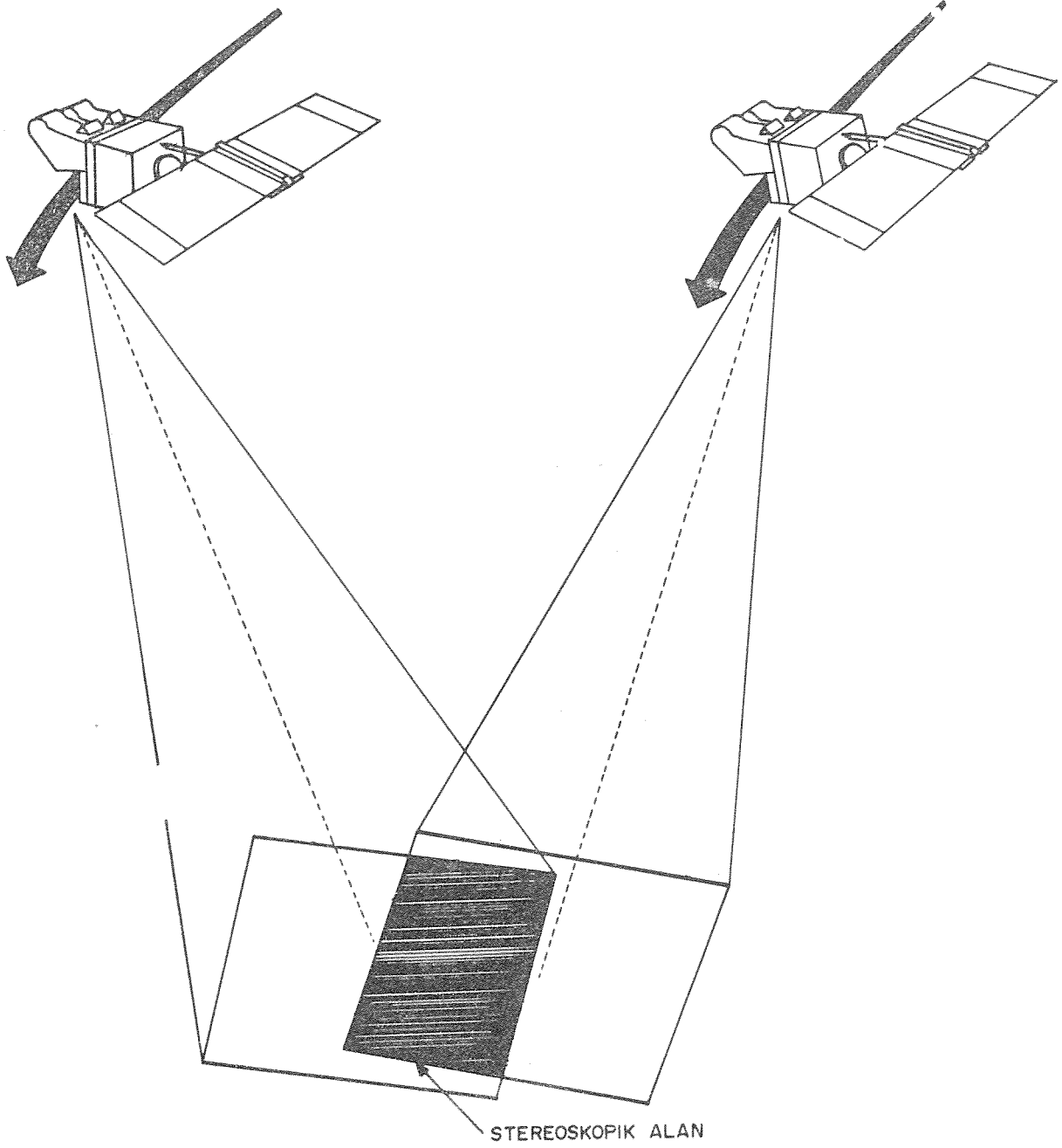
Şekil 1

Pankromatik modda 6000 detektör olup, ayırma gücü 10 m.dir. Bu modda 0.51-0.73 mikron spektral aralığında kayıt yapmaktadır. 3000 detektörün bulunduğu multispektral modda ayırma gücü 20 m. olup, 0.50-0.59, 0.61-0.68 ve 0.79-0.89 mikron spektral aralıklarında kayıt yapmaktadır.

Uyduda bulunan bir ayna yardımıyla, yörünge üzerinde doğu veya batıya doğru  $\pm 27^\circ$  eğikliğinde görüntü alabilmektedir. Maksimum eğikliğin olması durumunda bir yörünge üzerinde 475 km. açıklıkta görüntü alınabilmektedir. Böylece bir yörünge üzerinde 950 km. genişliğindeki bir koridor içinde görüntü elde edilmesi mümkün olabilmektedir.

SPOT uydusundan eğik görüntü alınabilmesi özelliğinden dolayı stereo görüntü olanağı olan görüntülerin de oluşması mümkündür. SPOT uy-

dusu iki farklı yörüngeden geçerken aynı bölgenin eğik alımlarla görüntülenmesi sonucu stereo görüntüler elde edilmektedir (şekil 2)./1/.



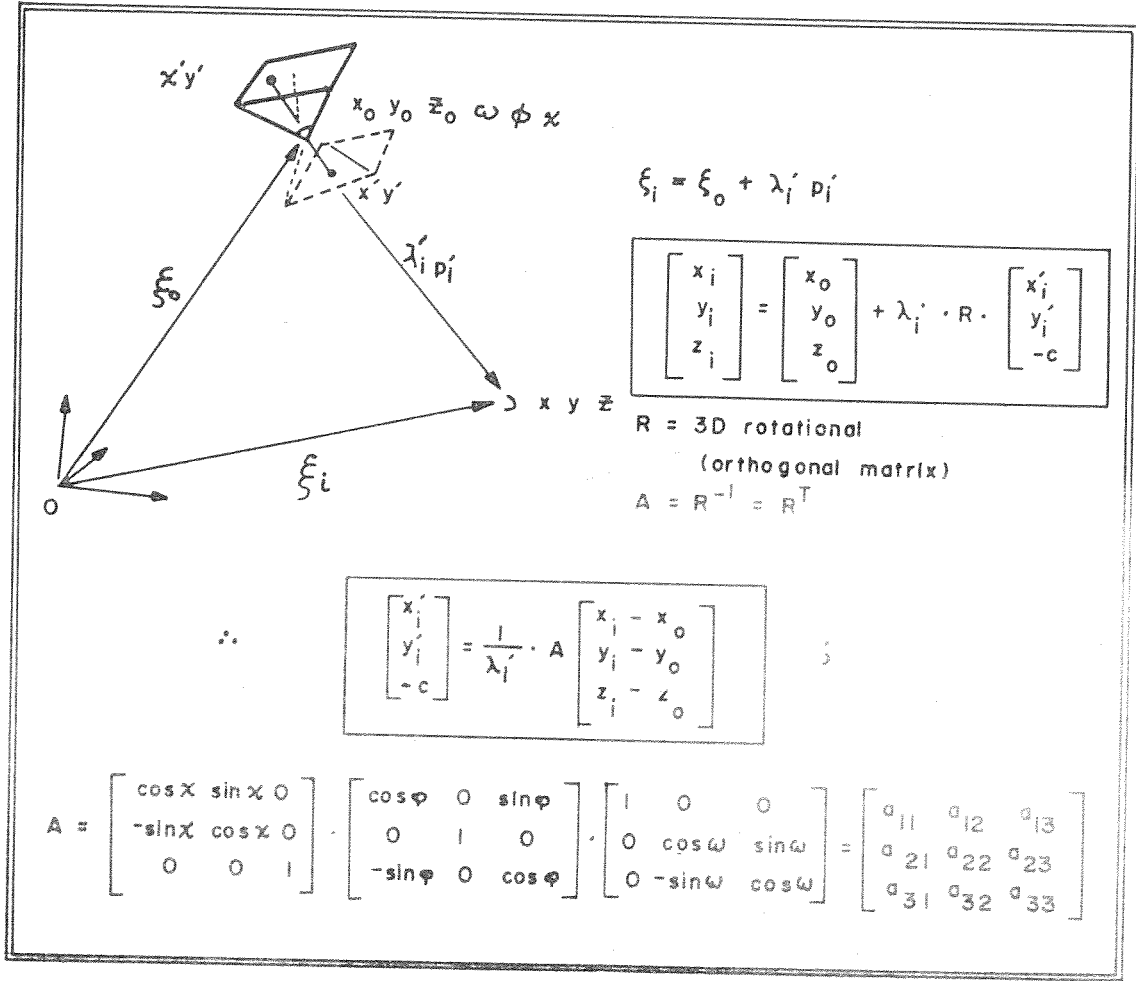
Şekil 2

### SPOT GÖRÜNTÜLERİNİN GEOMETRİSİ

Değişik düzeyde işlenmiş SPOT görüntüleri bulunmaktadır. Bunlar 1A, 1B, 1P, 2, 2S, 3, 4 düzeyleri olarak isimlendirilmektedir. Bunlar içerisinde 1A düzeyi hiçbir geometrik düzeltmenin uygulanmadığı

sadece radyometrik düzeltme olarak detektör normalizasyonunun uygulandığı görüntüdür. Bu nedenle bu bildiride SPOT görüntülerinin geometrisi açıklanırken LA düzeyi görüntüleri yani orjinal veriler ele alınacaktır.

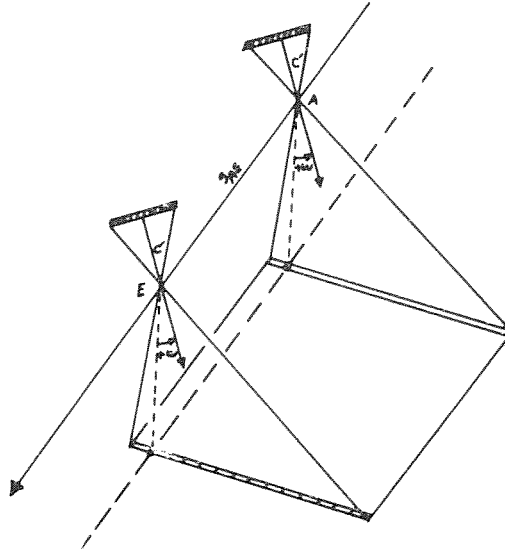
SPOT görüntülerinin geometrisini daha iyi anlamak ve hava fotoğraflarından olan farklılıklarını görmek için hava fotoğraflarındaki geometriyi yani isdüşüm eşitliklerini (Collinearity equation) gözden geçirmek gerekir (şekil 3).



Şekil 3

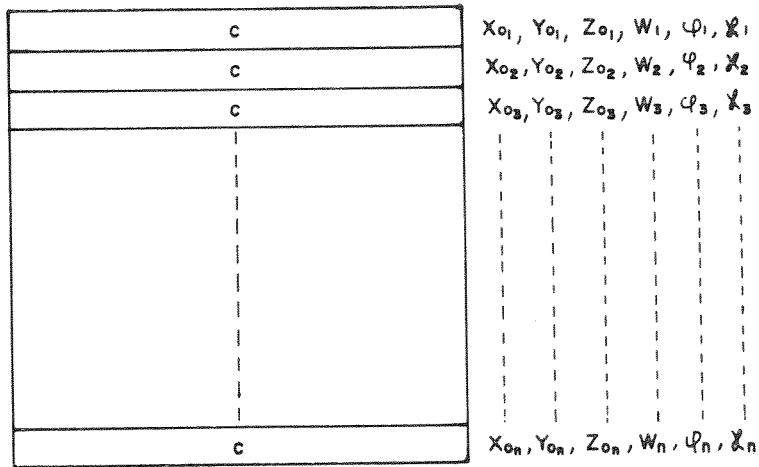
Şekil 3 'den görüldüğü gibi, hava fotogrametrisinde fotoğraflar perspektif görüntü olup, her fotoğrafın yöneltilmesinde kullanılan 6 dış yöneltme elemanı vardır.

SPOT uydusu ise, yörüngesinde hareket ederken arazinin refleksiyon değerleri optik zincirin odak düzlemine sürekli izdüşürülür. Odak düzlemde bulunan bir veya birkaç CCD-çizgi algılayıcısı (Line sensör) gerekli alımlamayı yaptıktan sonra 1.5 mili saniye içerisinde her bir çizgideki değerleri yeryüzündeki istasyona gönderir veya manyetik teybe depolar (şekil 4).



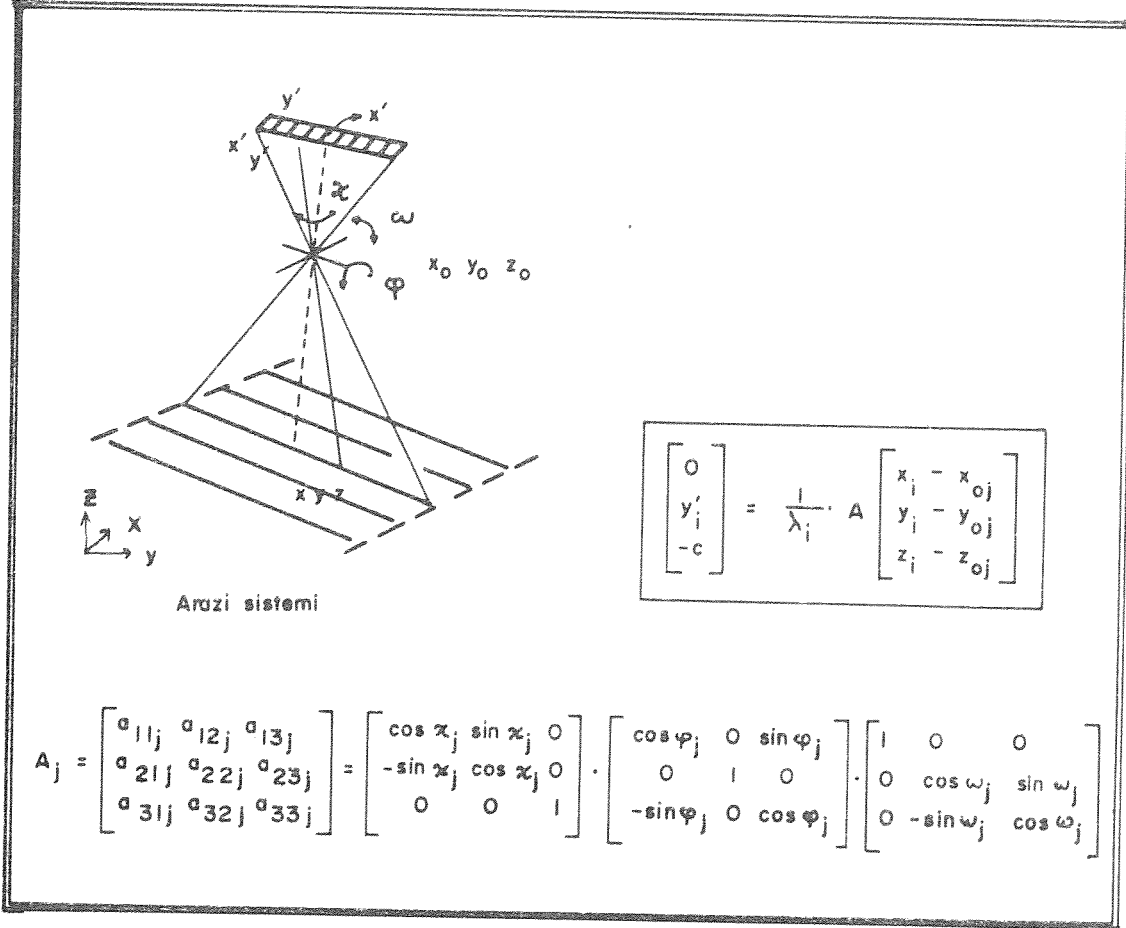
Şekil 4

Bu durumdan dolayı SPOT görüntüsünün tamamını oluşturan her bir çizgi 6 bağımsız dış yöneltme parametresi geometrinin söz konusu olduğu hava fotoğrafları gibi düşünülmektedir(şekil 5).



Şekil 5

Bu açıklamaların ışığı altında görüntüdeki her bir çizgi için şekil 6'da belirtilen eşitlikler geçerli olmaktadır.



Şekil 6

Uydu efemeris verilerinde, uydunun konumu ve açısal hareketleri her 60 saniye aralıklarda kayıt edilmektedir. 60 kmx 60 km. bir alanı kapsayan bir görüntünün alımı süresince 8 veya 9 kez kayıt yapılmaktadır. Uydu yörüngesinin şekli, uyduya verilen hareketler ve yeryuvarının düzgün olmayan etkilerinden dolayı uydunun konumu ve açısal hareketleri sabit kalmamaktadır. Bu nedenle herhangi bir çizgi için bu parametrelerin belirlenmesi zamanın bir fonksiyonudur. Bu fonksiyonun yapısı önceden bilinmemekte ancak polinomlar veya zaman serileri ile kestirilebilmektedir. Ayrıca her çizgi için kabul edilebilecek parametreler arasında oldukça fazla korelasyon bulunmaktadır.

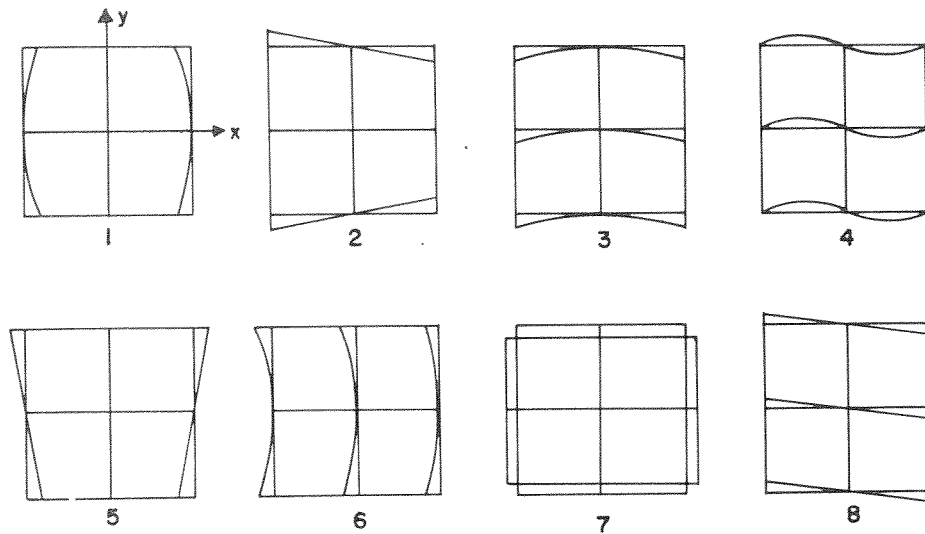
## ANALİTİK ALETLERDE SPOT UYDU GÖRÜNTÜLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN MODELLER

SPOT görüntülerinin analitik aletlerde değerlendirilmesi için değişik modeller kullanılmaktadır. Örnek olarak Matra-Traster modeli, Wild modeli, Intergraph modeli ve BINGO modeli gösterilebilir.

HANNOVER Üniversitesi tarafından geliştirilen BINGO modeli ek parametrelere göre çalışmakta olup, Zeiss Planicomp analitik aletlerinde kullanılmaktadır. BINGO modelinde, SPOT görüntüleri düzenli ve geometrisi belirlenebilen durum kabul edilerek, sözkonusu olan düzensizlikler kontrol noktaları yardımıyla ek parametreler yöntemine göre belirlenmektedir.

BINGO modelinde, zamanın bir fonksiyonu olan açısal değerler yerine geçebilecek tek bir  $\mathcal{K}, \mathcal{U}, \mathcal{W}$  değeri seçilerek hesaplama yapılır. Hesaplama modelinde bilinmeyenler olarak yöneltme parametreleri, koordinat bilinmeyenleri ve ek parametreler bulunmaktadır.

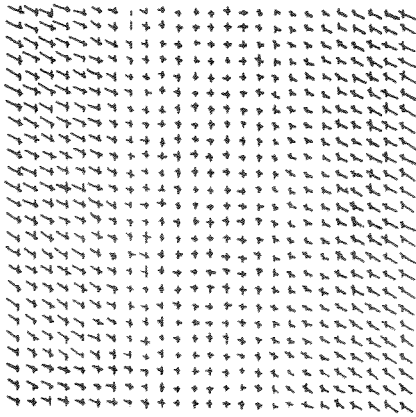
BINGO çözümünde kullanılan 8 ek parametre 32 ek parametre takımı içinden seçilir. Çözümde, testlerle anlamsız bulunan ek parametreler elemine edilerek, anlamlı olanlar kullanılır. Kullanılan ek parametreler şekil 7'de gösterilmiştir.



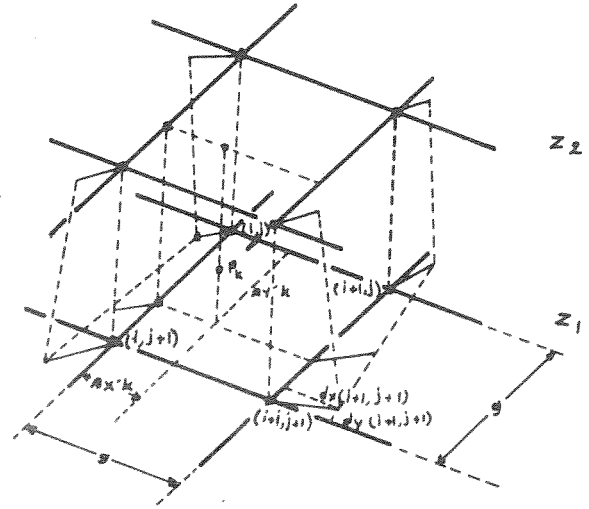
Şekil 7



BINGO çözümü sonucunda elde edilen ek parametreler yardımıyla görüntülerin real-time değerlendirilmesini sağlayacak düzeltme matrisleri (correction Matrix) oluşturulur (Şekil 8). Analitik aletlerde bu amaç için ikinci bir Loop yazılımı geliştirilmiştir. İki farklı yükseklikte her iki resim için oluşturulan düzeltme matrislerinde herhangibir noktaya getirilecek düzeltme bilineer enterpolasyon ile hesaplanır (şekil 9)./2/



Şekil 8



şekil 9

#### 4. SPOT GÖRÜNTÜLERİNİN STEREO DOĞRULUKLARI

SPOT görüntülerinden 1A düzeyindeki ürünler kullanılarak birçok analitik aletlerde doğruluk araştırmaları yapılmıştır.

BINGO yazılımı ve analitik alet kullanılarak yapılan bir araştırmada ÇİZELGE 1'deki sonuçlar elde edilmiştir./2/. Bu denemede B/H oranını 1/1.05 olup, modelin yarısı deniz ile kaplıdır. Kontrol noktaları mevcut 1/25000 ölçekli haritalardan alınmıştır. Çizelge 1'den görüleceği üzere kontrol noktalarının artması aynı oranda doğruluğu da artırmamıştır. Stabil bir çözümün elde edilmesinde 18 kontrol noktası yeterli olmuştur.

IGN (Institut Géographique National)'de yapılan bir araştırmada 60 adet SPOT stereo görüntüsünde 561 ölçüm yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir/3/.

KONTROL NOKTA SAYISI		İÇ DUYARLILIK					
		$\sigma_0$	$\sigma_{xy \text{ max.}}$	$\sigma_{xy \text{ ort.}}$	$\sigma_z \text{ max.}$	$\sigma_z \text{ ort.}$	
18		8.4	8.7	5.2	10.9	8.5	
34		7.9	6.1	4.5	8.8	7.1	
8.3		6.1	4.5	3.0	5.6	5.0	
Test Nok.	Kontrol Nok.	FARKLARIN ORTALAMASI			FARKLARIN KARESEL ORT.		
		X	Y	Z	X	Y	Z
68	18	7.9	10.4	4.8	10.9	13.7	6.5
52	34	8.3	10.5	4.5	11.3	13.8	6.2

ÇİZELGE 1

$\frac{B}{H} = 1$  olanlarda;

X, Y doğruluğu 6.0 m., Z doğruluğu 3.5 m.,

$\frac{B}{H} = 0.5$  olanlarda;

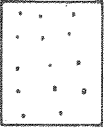


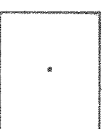
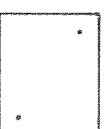
X, Y doğruluğu 6.0 m., Z doğruluğu 7.0 m.

Traster- Matra aleti kullanılarak bir SPOT modeli üzerinde değişik kontrol noktası kombinasyonlarında doğruluk araştırması yapılmıştır. Bu araştırmanın sonuçları ÇİZELGE 2'de verilmiştir.

## 5. SONUÇLAR

SPOT uydusundaki her çizgi için 6 dış yöneltme değerlerinin kontrol noktası ile belirlenmesi pratikte imkansızdır. Bu nedenle uydunun konum ve durumu zamanın bir fonksiyonu olacak şekilde model aşağıdaki prensipleri sağlamalıdır.

- Uydudaki algılayıcının zamana bağlı olarak belirlenen konum ve durumu gerçeğe yakın olmalıdır.
- Seçilerek modelde parametre sayısı az olmalıdır. Ancak bu şekilde gerekli kontrol nokta sayısı da en aza indirilmiş olur.
- Seçilen parametreler arasında korelasyonu azaltmak için uydu konum ve durumu hakkında o priori bilgi olması gerekir.

DAĞILIM BİÇİMİ	Nok. Say.	Par. Say.	DENGELEME SONUÇLARI (m)						Test Nok. Say.	MUTLAK DOĞRULUK (m)					
			$m_x$	$m_y$	$m_z$	$m_x$ max	$m_y$ max	$m_z$ max		$m_x$	$m_y$	$m_z$	$m_x$ max	$m_y$ max	$m_z$ max
	15	27	3.9	3.9	2.6	7.5	8.7	4.9	-	-	-	-	-	-	-
	8	15	5.0	3.9	3.7	8.2	7.9	6.4	9	25.7	10.4	10.4	69.1	27.5	17.5
	-	12	0	0	0	0	0	0	16	654	109	1563	684	120	1570
	1	13	0.6	0.3	1.4	0.7	0.4	2.2	13	20.7	9.1	9.4	60.1	23.0	18.4
	2	14	0.6	0.2	1.5	0.6	0.2	2.0	16	18.7	9.4	7.0	54.2	20.7	16.1

ÇİZELGE 2

SPOT görüntüleri ile yapılan doğruluk araştırmaları sonunda, doğruluğun 1/50000 ölçekli haritaların yapımı veya revizyonu için yeterli olduğu görülmektedir. Bazı araştırma sonuçlarınının 1/25000 ölçekler içinde yeterli olacağını ortaya koymaktadır.

KAYNAKLAR

- /1/ Geometric Evaluation of SPOT Imagery  
G.Konecny, IPI  
Seminar on Photogrammetric Mapping from SPOT Imagery
- /2/ Evaluation of SPOT Imagery on Analytical Photogrammetric  
Instruments  
G.Konecny, P.Lohmann, H.Engel, E.Kruck
- /3/ SPOT 1 Current Status and first application results.  
J.C.Rivereau,  
SPOT image, Toulouse-Fransa