

EFEMERIS VERİLERİ KULLANILARAK SPOT UYDU GÖRÜNTÜLERİNİN (\*)  
DOĞRULUK ARAŞTIRMASI

Necati ÖLÇÜCÜOĞLU

1. GİRİŞ

SPOT uydu görüntülerinin harita üretimine yönelik kullanımıyla birlikte birçok yazılımlar geliştirilmeye başlanılmıştır. Örnek olarak, günümüzde kullanılan analitik aletlerdeki mevcut yazılımlar verilebilir. Bu mevcut yazılımlardan hepsi, SPOT uydu verilerini işleyebilmek için koordinatları bilinen kontrol noktalarını kullanmaktadır. Yararlanılan kontrol nokta sayısı, istenilen doğruluğa ve kullanılan yazılımlara bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Uygulamada sözkonusu kontrol noktaları mevcut haritalardan iyi tanımlanabilen detayların koordinatları alınmak suretiyle veya fotogrametrik yöntemlerle elde edilmektedir. Eğer mevcut haritalar yoksa veya çok yetersiz ise SPOT uydu verilerinin harita yapımına yönelik kullanımı da beklenen doğrulukla orantılı bir biçimde olanaksızlaşmaktadır.

SPOT uydu görüntüleri ile beraber, uydu efemeris verilerinden bazı değerler (örneğin, belirli zaman aralıklarında uydu konumu ve uydu hız vektörleri, ilk ve son piksel açıları vb.) verilebilmektedir. Bu araştırma ile hiçbir kontrol noktası kullanmaksızın SPOT verilerinin değerlendirilmesinde elde edilebilecek doğruluğu belirlemek amacıyla bir yazılım geliştirilmiş ve test verileri ile denenmiştir.

Günümüzde coğrafi bilgi sistemlerinin oluşması hızla yayılmaktadır. Küçük ölçekli (1/100.000 ve daha küçük) coğrafi bilgi sistemlerinin güncelleştirilmesinde ise SPOT uydu verileri kullanılmakta, gelecekte kullanımının artacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca SPOT uydusunun efemeris verilerinin doğruluğunu artırmak için ileri düzeyde çalışmalar da yapılmaktadır. Özellikle uydunun konumunun daha hassas belirlenebilmesi için Dünya çevresinde DORIS ANTEN AĞI çalışmaları yapılmakta olup gelecekte SPOT uydu görüntülerin kontrol noktasız kullanımında daha fazla gelişmeler olacağı tahmin edilmektedir. Bu nedenle bu araştırma mevcut durumun görülmesini ve ileride yapılacak çalışmalar için deneyim kazanılmasını sağlayacaktır.

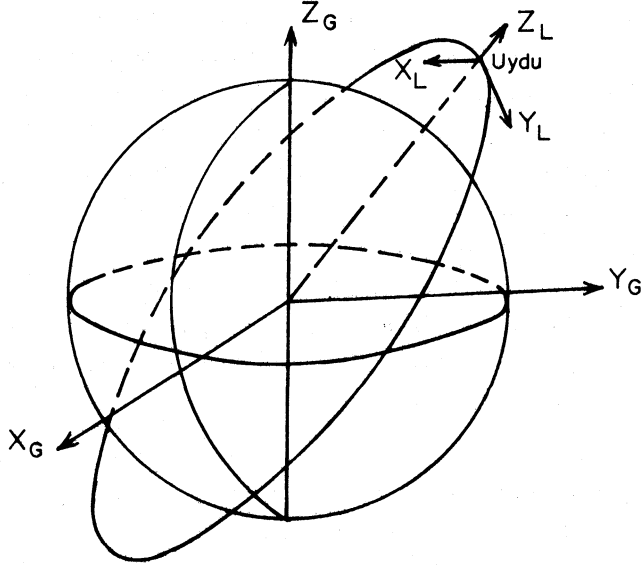
---

(\*) Spot Images

## 2. TANIMLAR VE UYDU GİRĐİ ( INPUT ) VERİLERİ

Bu bölümde bazı tanımlamalar ve uydu efemeris verilerinde bulunan girdi verileri açıklanacaktır /1/;

Geosentrik Ve Yerel Koordinat Sistemi : Uydu verilerinin bir kısmı geosentrik koordinat sisteminde ( $X_G$  ,  $Y_G$  ,  $Z_G$ ) bir kısmı ise yerel koordinat sisteminde ( $X_L$  ,  $Y_L$  ,  $Z_L$ ) verilmektedir. (Şekil-1)



$X_L$  ,  $Y_L$  ,  $Z_L$  = Yerel Koordinat Sistemi

$X_G$  ,  $Y_G$  ,  $Z_G$  = Geosentrik Koordinat Sistemi

Şekil-1

Geosentrik koordinat sisteminin başlangıcı, GRS 80 Referans sisteminde yer ağırlık merkezi, yerel koordinat sisteminin merkezi ise uydunun bulunduğu yerdedir. Bu koordinat sistemlerinde ise eksenler aşağıda açıklanmıştır;

$Z_G$  : Yer in ortalama dönme eksenini.

$X_G$  : Dönme eksenine yer in ağırlık merkezinde dik düzlem ile sıfır meridyen düzlemi (ekvator) arakesiti üzerindedir.

$Y_G$  : Sağ el dik koordinat sistemini tanımlar.



\* Bir Çizginin Görüntüleme Zamanı: SPOT pankromatik modda bir çizgi algılayıcılar tarafından 1,504 milisaniye'de görüntülenmektedir. Bu nedenle 6000 çizginin görüntülenmesi için yaklaşık 9 saniye geçmektedir.

Uydu Konum Verileri : SPOT uydusunun konumu geosentrik koordinat sisteminde 60 saniyede bir verilmektedir.

Uydu Hız Vektörü Verileri : SPOT uydusunun hız vektörü, aynı zamanda konum verileri gibi geosentrik koordinat sisteminde 60 saniye aralıklarla verilmektedir.

### 3. MATEMATİK MODEL

SPOT uydu görüntüleri bir bütün olarak hava fotoğraflarının, dolayısıyla perspektif izdüşümün kurallarını taşımamaktadır. Bu nedenle görüntünün bütün olarak ele alınması ve uzay ilerden kestirme kuramının uygulanması yanlış sonuç vermektedir. Fakat, görüntüyü oluşturan her çizgi elemanı tamamen perspektif görüntüdür. Bu nedenle her çizginin dış yöneltme elemanlarının bulunması yeterli olmaktadır. Bu yaklaşıma uygun olarak yazılımın genel akış şekli Şekil-3'te verilmiştir.

Matematik model içinde önemli bölümlerin açıklamaları aşağıda verilmiştir /2/;

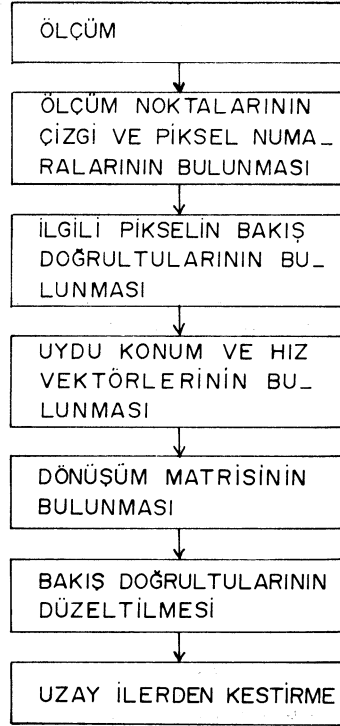
#### a. Uydu Konum Ve Hız Vektörleri

Uydunun ilgili çizgiyi görüntülediği anın koordinatlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla efemeris verilerinde bulunan uydu konum ve hız vektörü 7 nci dereceden LAGRANGE POLİNOMU'nda kullanılmıştır. Lagrange polinomu; bilinmeyen bir  $f(x)$  fonksiyonunun  $x_0, x_1, \dots, x_n$  gibi  $(n+1)$  adet ayrık noktada bilinen değerleri  $f_0 = f(x_0), f_1 = f(x_1), \dots, f_n = f(x_n)$  ile gösterilirse,

$$F(x) = \sum_{i=0}^n L_i(x) \cdot f_i$$

$$L_i(x) = \prod_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^n \frac{x - x_j}{x_i - x_j}$$

biçiminde tanımlanır.



Şekil-3

### b. Dönüşüm Matrisi

Dönüşüm matrisi, yerel koordinat sistemi ile geosentrik koordinat sistemi arasındaki ilişkiyi oluşturan matristir /2/. Yani,

$$\begin{bmatrix} X_G \\ Y_G \\ Z_G \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_L \\ Y_L \\ Z_L \end{bmatrix}$$

Buradaki dönüşüm matrisinin elemanları aşağıdadır ;

$$a = 1 / \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$$

$$m_{13} = X/a$$

$$m_{23} = Y/a$$

$$m_{33} = Z/a$$

$$b = 1/ \sqrt{(V_y Z - V_z Y)^2 + (V_z X - V_x Z)^2 + (V_x Y - V_y X)^2}$$

$$m_{11} = (V_y Z - V_z Y)/b$$

$$m_{21} = (V_z X - V_x Z)/b$$

$$m_{31} = (V_x Y - V_y X)/b$$

$$c = 1/ \sqrt{(m_{23}m_{31} - m_{33}m_{21})^2 + (m_{33}m_{11} - m_{13}m_{31})^2 + (m_{13}m_{21} - m_{23}m_{11})^2}$$

$$m_{12} = (m_{23}m_{21} - m_{33}m_{21})/c$$

$$m_{22} = (m_{33}m_{11} - m_{13}m_{31})/c$$

$$m_{32} = (m_{13}m_{21} - m_{23}m_{11})/c$$

Burada ;

X, Y, Z : Uydunun konum koordinatları

$V_X$  ,  $V_Y$  ,  $V_Z$  : Uydunun hız vektörü bileşenleri

olmaktadır.

#### 4. UZAY İLERDEN KESTİRME (SPACE INTERSECTION) DENGELMESİ

İki veya daha fazla görüntüde bilinen noktaların koordinatları ve bu görüntülere ait dış yöneltme elemanları ile ilgili noktanın arazi koordinatlarının belirlenmesine UZAY İLERDEN KESTİRME denilmektedir.

Bunun formülleri aşağıda verilmiştir ;

$$A = \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} X - X_0 \\ Y - Y_0 \\ Z - Z_0 \end{bmatrix}$$

$$V_x = x - f \frac{A_1 B}{A_3 B}$$

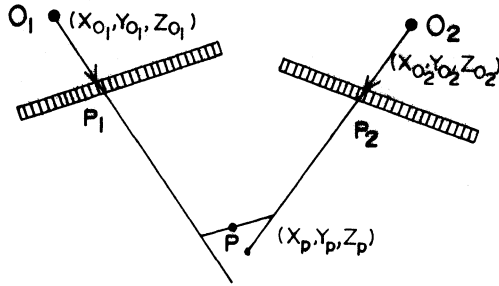
$$V_y = y - f \frac{A_2 B}{A_3 B}$$

Burada ;

A : Dönüklük matrisi  
X , Y , Z : Noktanın arazi koordinatları  
 $X_0$  ,  $Y_0$  ,  $Z_0$  : İzdüşüm merkezinin koordinatları  
f : Odak uzaklığı

olmaktadır.

Böylece uzay ilerden kestirme ile ölçülen noktalara ait ışınlar en küçük karelerle dengeleme kurallarına göre kesişme koordinatları saptanmış olmaktadır. (Şekil-4)



Şekil-4

## 5. UYGULAMA

SPOT uydu görüntülerinin ölçümleri PLANICOMP analitik aletinde yapılmış ve kullanılan yazılım HP 1000 minibilgisayarında Fortran 77 programların dilinde geliştirilmiştir.

Geliştirilen yazılım, iki ayrı SPOT görüntüsünde denenmiştir. Denemede, önceden görüntüler üzerinde seçilmiş ve koordinatları mevcut paftalardan alınmış kontrol noktalarının analitik alet koordinatları kullanılmıştır. Bu alet koordinatları ile uydu efemeris verilerinden ilgili değerler girdi olarak kullanılmıştır. Yazılımla, hiçbir kontrol noktası kullanılmadan seçilen bu noktaların arazi koordinatları bulunmuştur. Koordinatların bulunması safhasında ; kullanılan uzay ilerden kestirme hesabı sonunda elde edilen hatalar

nokta koordinatlarındaki relatif doğrulukları göstermektedir. Ayrıca bulunan arazi koordinatları ile bunların gerçek koordinatları arasındaki farklar hesaplanmıştır. Bu farklar da mutlak doğruluğu göstermektedir.

Yapılan iki uygulamanın birincisinde 79, ikincisinde ise 48 kontrol noktası test için kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge-1'de verilmiştir.

UYGU_ LAMA	KONTROL NOKTA SAYISI	DOĞRULUK				
		RELATİF RMS (metre)		MUTLAK RMS (metre)		
		X	Y	X	Y	Z
I	79	11	2	226	216	571
II	48	46	22	267	318	661

Çizelge-1

## 6. SONUÇLAR

Bu çalışma ile hiç kontrol noktası kullanılmadan SPOT uydu görüntülerinin değerlendirilebilirliği analiz edilmiştir. Analiz sonucunda aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır.

a. Elde edilen kontrol noktalarının mutlak doğruluğu, (x) ve (y) koordinatlarında yaklaşık  $\pm 200 - 300$  m dir. Yükseklikte ise  $\pm 500 - 600$  m civarındadır.

b. İyi olmayan mutlak doğruluk yanında çok iyi bir relatif doğruluk elde edilmiştir. Bu relatif doğruluk birinci uygulamada  $m_x = \pm 11$  m ,  $m_y = \pm 2$  m , ikinci uygulamada ise  $m_x = \pm 46$  m ,  $m_y = \pm 22$  m dir.

### TEŞEKKÜR

Bu konu ile ilgili teorik çalışmalarında değerli katkılarını esirgemeyen Japon meslektaşım RYUTARO TATEISHI ( Chiba Üniversitesi, Japonya)'ye teşekkür ederim.