

Çok Bantlı Bilsat-1 Görüntülerinin Self-kalibrasyonu ve Ortorektifikasyonu

Ali Özgün OK¹ ve Mustafa TÜRKER²

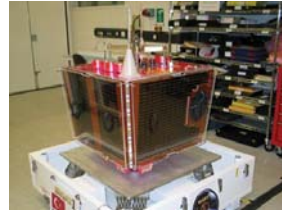
¹Orta Doğu Teknik Üniversitesi,
Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri EABD, Ankara

²Hacettepe Üniversitesi,
Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Ankara

Kasım 2007

BilSat-1 Uydusu: Giriş

- İlk Türk yer gözlem uydusu.
- TUBITAK-UZAY (eski adıyla BİLTEN) ve SSTL (Surrey Satellite Technology Ltd.) ile ortak tasarlanmış ve üretilmiştir.
- Eylül 2003 tarihinde fırlatılmış ve Ağustos 2006 tarihi itibarıyla pil hücrelerinden iki tanesinin ömrünü tamamlaması nedeniyle görevini tamamlamıştır.



BilSat-1 Uydusu : Giriş

- Taşıdığı görüntüleme yükleri:
 - 12.6 metre pankromatik kamera
 - 27.6 metre K, Y, M ve Yakın kızıl-ötesi kameralar
 - Düşük çözünürlüklü çok-bantlı (8 bant) Ar-Ge kamera (ÇOBAN)

BilSat-1 Uydusu : Giriş

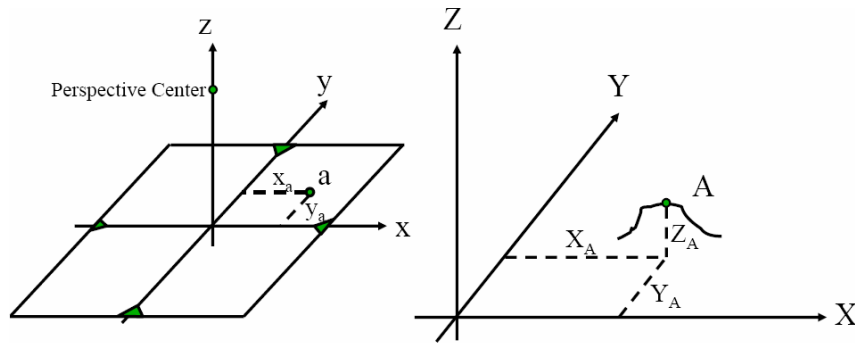
- BilSat-1'in pankromatik görüntüleri bağımsız bir kamera tarafından çekilmekteydi.
- K, Y, M ve Yakın kızıl-ötesi görüntü çekimi için dört adet birbirinden bağımsız kamera kullanılıyordu.



Çalışmanın Amacı

- Bu çalışmada, çok-bantlı BilSat-1 görüntüleri için fotogrametrik model geliştirilmiştir.
- Devamında, bu fotogrametrik model ile oluşturulan BilSat-1 ortogörüntülerin doğrulukları test edilmiştir.
- Bu çalışmada radyometrik düzeltilmesi yapılamayan pankromatik görüntüler kullanılmamıştır.

Yer ve Görüntü Uzayı



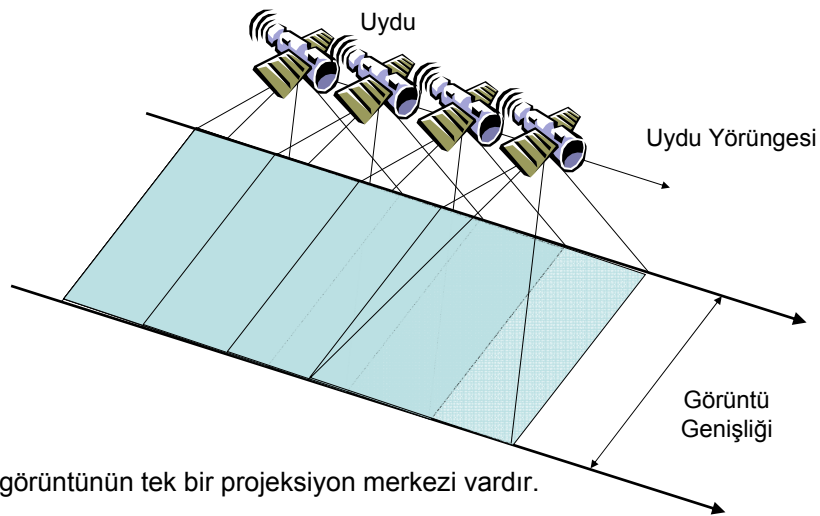
$$x_a = f_x (X_A, Y_A, Z_A, \dots)$$

$$y_a = f_y (X_A, Y_A, Z_A, \dots)$$

Sensör Modelleme Yaklaşımları

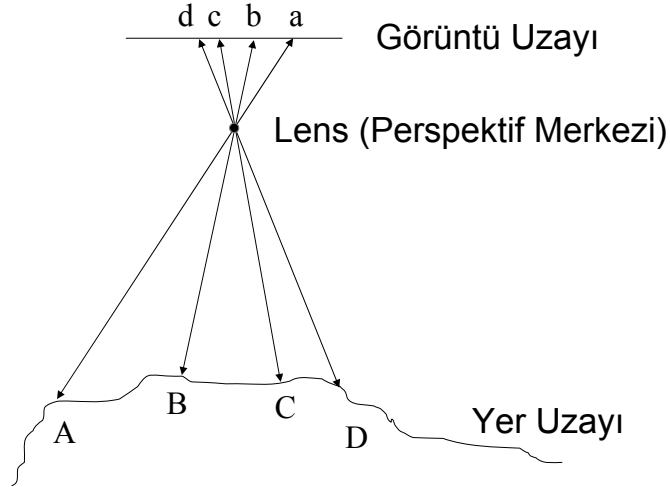
- Fiziksel (Sağlam) Sensör Modelleri
- Genelleştirilmiş (Basit) Sensör Modelleri
 - Polinomlar (2D, 3D)
 - Rasyonel Fonksiyonlar
 - Özel Polinomlar vb.
- Projektif (Özet) Sensör Modelleri
 - Projektif Dönüşüm
 - Direkt Lineer Dönüşüm

BilSat-1 Görüntü Çekimi



Web-Referansı: <http://www.geomatics.ucalgary.ca/~habib/>

Fiziksel Sensör Modelleri



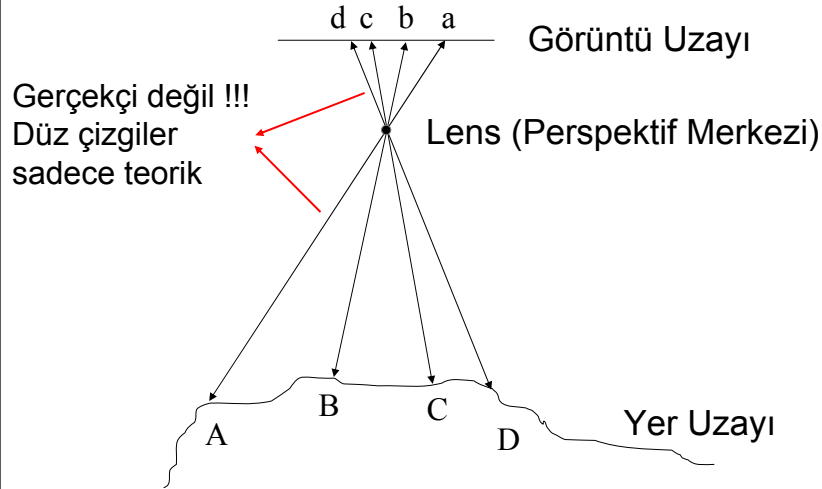
Kolineer Denklemler

- Görüntü ve Yer uzayı ilişkilendirilir.

$$\begin{aligned} x - x_0 &= -f \frac{R_1}{R_3} \\ y - y_0 &= -f \frac{R_2}{R_3} \end{aligned} \quad \text{where} \quad \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ R_3 \end{bmatrix} = R \times \begin{bmatrix} X - X_L \\ Y - Y_L \\ Z - Z_L \end{bmatrix}$$

$$R = \begin{bmatrix} \cos \varphi \cos \kappa & \cos \varphi \sin \kappa & \sin \varphi \\ \sin \varphi \sin \varphi \cos \kappa + \cos \varphi \sin \kappa & -\sin \varphi \sin \varphi \sin \kappa + \cos \varphi \cos \kappa & -\sin \varphi \cos \varphi \\ -\cos \varphi \sin \varphi \cos \kappa + \sin \varphi \sin \kappa & \cos \varphi \sin \varphi \sin \kappa + \sin \varphi \cos \kappa & \cos \varphi \cos \varphi \end{bmatrix}$$

Kolineer Denklemler



Kolineer Denklemler

- Kolineer denklemlere Self-Kalibrasyon parametreleri eklenmelidir.

- Radyal Lens Hatası
- Decentering Lens Hatası
- Görüntü Düzlemi Düzgünsüzlüğü
- Düzlem İçi Görüntü Hatası
- Atmosferik Etkiler
- Dünya Yüzeyinin Eğriliği

$$x - x_0 = -f \frac{R_1}{R_3}$$

$$y - y_0 = -f \frac{R_2}{R_3}$$



$$x - x_0 + \Delta x = -f \frac{R_1}{R_3}$$

$$y - y_0 + \Delta y = -f \frac{R_2}{R_3}$$

Self-Kalibrasyon Parametreleri Eklenmiş Kolineer Denklemler

$$x - x_0 + \Delta x = -f \frac{R_1}{R_3}$$

$$y - y_0 + \Delta y = -f \frac{R_2}{R_3}$$



$$\Delta x = -x_0 - \frac{\bar{x}}{f} \Delta f + \bar{x} r^2 K_1 + \bar{x} r^4 K_2 + (2\bar{x}^2 + r^2) P_1 + 2P_2 \bar{x} \bar{y} - A_1 \bar{x} + A_2 \bar{y}$$

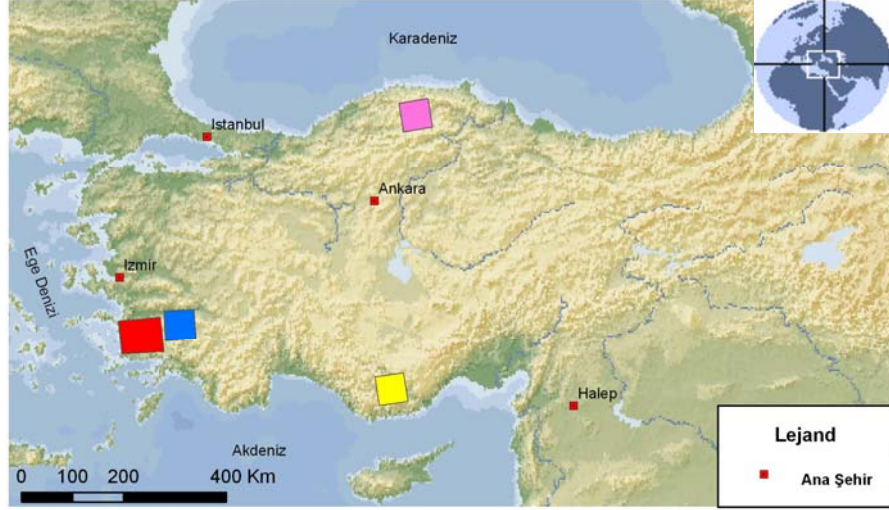
$$\Delta y = -y_0 - \frac{\bar{y}}{f} \Delta f + \bar{y} r^2 K_1 + \bar{y} r^4 K_2 + (2\bar{y}^2 + r^2) P_2 + 2P_1 \bar{x} \bar{y} + A_1 \bar{y}$$

$$r^2 = \bar{x}^2 + \bar{y}^2 = (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2$$

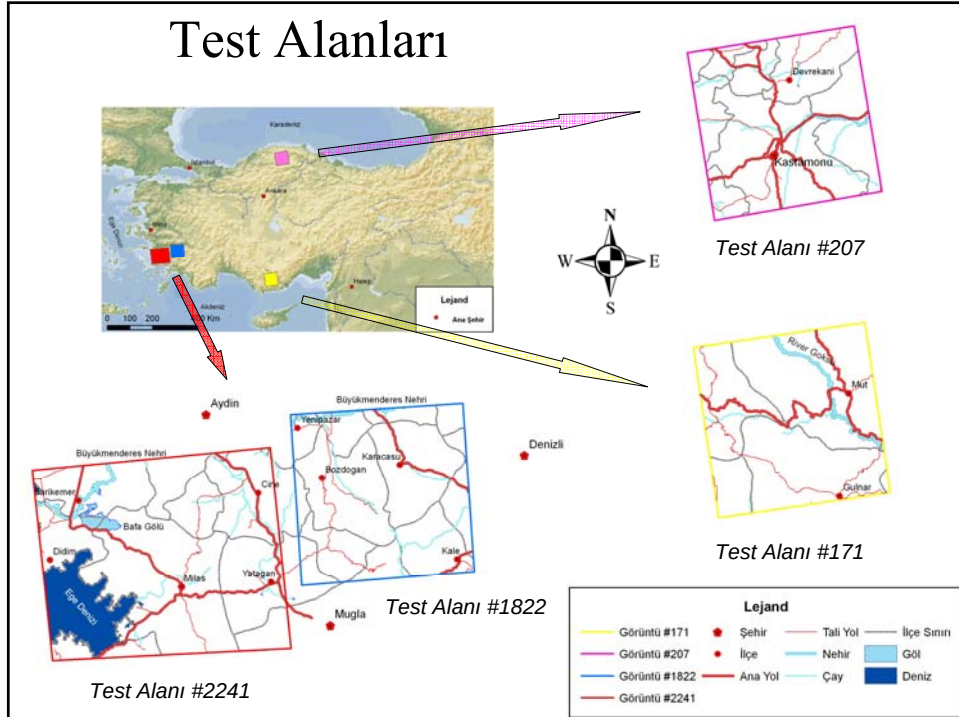
Fiziksel Modelin Uygulanması

- Matlab® v. 6.5 kullanılarak programlanmıştır.
- Modelin bilinmeyen parametreleri olan Dış Yöneltilme, İç Yöneltilme ve Self-Kalibrasyon parametreleri “En Küçük Kareler Metodu” kullanılarak tahmin edilmiştir.
- Parametreler arası korelasyonların yarattığı sayısal sıkıntılar dikkate alınmıştır.

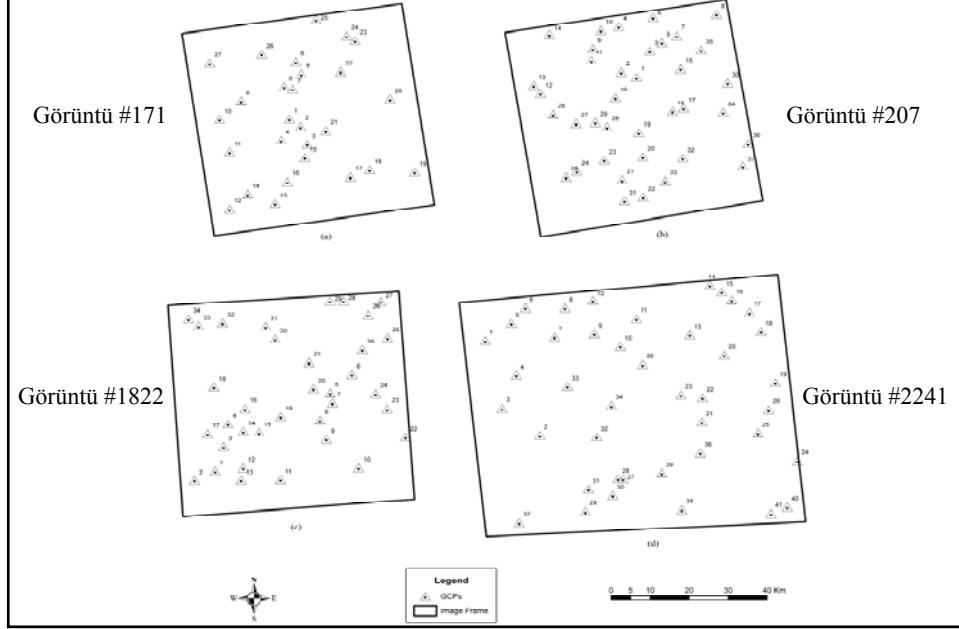
Test Alanları



Test Alanları



Toplanan YKN'ler



Sonuçlar & Tartışma

Test Alanı	YKN / BDN	YKN KOH (piksel)			BDN KOH (piksel)		
		ΔX	ΔY	ΔXY	ΔX	ΔY	ΔXY
#171	9 / 18	0.64	0.63	0.90	0.76	0.79	1.10
	27 / -	0.68	0.62	0.92	-	-	-
#207	9 / 28	0.54	0.44	0.70	0.75	0.89	1.16
	37 / -	0.65	0.69	0.95	-	-	-
#1822	9 / 26	0.57	0.62	0.84	0.78	0.76	1.09
	35 / -	0.59	0.57	0.82	-	-	-
#2241	9 / 32	0.58	0.71	0.92	0.73	0.63	0.97
	41 / -	0.58	0.57	0.81	-	-	-

İki farklı ortorektifikasyon testi için YKN ve BDN'ler için hesaplanan değerler

Sonuçlar & Tartışma

Test Alanı	Self - Kalibrasyon	YKN Sayısı	KOH (piksel)			Gelişme (piksel)
			ΔX	ΔY	ΔXY	
#171	Yok	27	0.66	0.69	0.95	0.03
	Var		0.68	0.62	0.92	
#207	Yok	37	0.72	0.72	1.01	0.06
	Var		0.65	0.69	0.95	
#1822	Yok	35	0.69	0.62	0.93	0.11
	Var		0.59	0.57	0.82	
#2241	Yok	41	0.87	0.80	1.18	0.37
	Var		0.58	0.57	0.81	

Self-Kalibrasyon parametrelerinin fotogrametrik modele dahil edildiği ve edilmediği durumlar için hesaplanan değerler

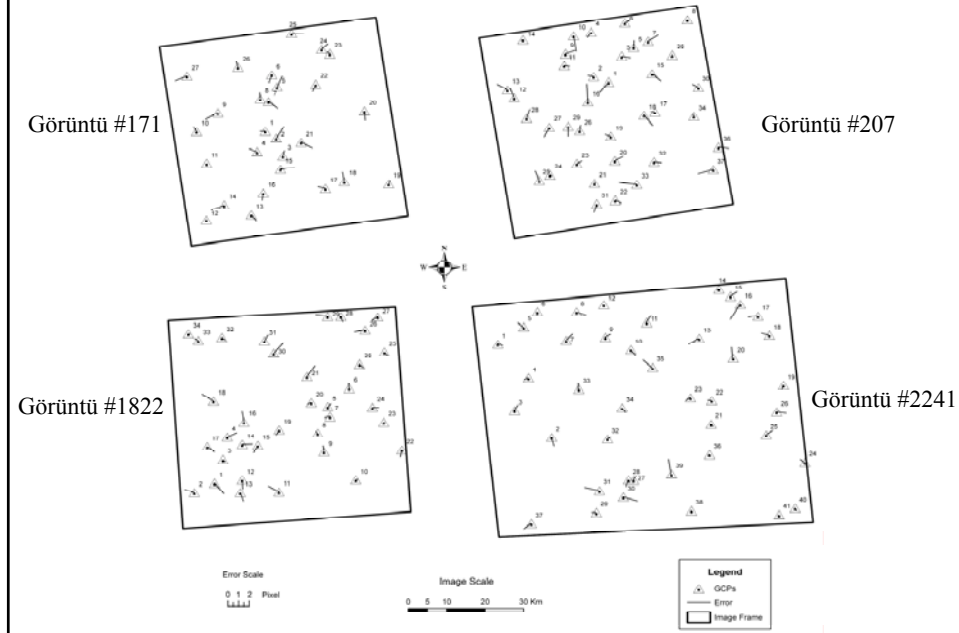
Sonuçlar & Tartışma

Dış Yöneltilme Parametresi	Test Alanı			
	#171	#207	#1822	#2241
ω (deg)	-1.88	-2.42	-3.85	2.83
ϕ (deg)	2.56	3.40	7.97	-34.18
κ (deg)	8.38	8.78	7.04	9.32
Gelişme (piksel)	0.03	0.06	0.11	0.37

Sonuçlar & Tartışma

Dış Yöneltilme Parametresi	Test Alanı			
	#171	#207	#1822	#2241
ω (deg)	-1.88	-2.42	-3.85	2.83
ϕ (deg)	2.56	3.40	7.97	-34.18
κ (deg)	8.38	8.78	7.04	9.32
Gelişme (piksel)	0.03	0.06	0.11	0.37

YKN Hata Vektörleri



Sonuçlar

- Geliştirilen fotogrametrik model, iyi dağılmış **9 adet** YKN kullanıldığında, BilSat-1 ortogörüntülerinde **bir piksel civarında** doğruluk sağlamaktadır.
- Eğer yeterli sayıda YKN sağlanması halinde, geliştirilen modelin üreteceği ortorektifikasyon doğruluğunun **bir pikselin altında** kalacağı gözlenmiştir.
- Self-Kalibrasyon parametrelerinin fotogrametrik modele **dahil edilmemesi durumunda**, çok-bantlı BilSat-1 görüntülerinden elde edilecek olan ortogörüntüler için **piksel altı** doğruluk değerleri garanti edilememektedir.
- **Yüksek yana bakış açısıyla** ($>30^\circ$) çekilen BilSat-1 görüntüleri için yüksek bir ortorektifikasyon doğruluk değeri elde etmek için fotogrametrik modele **Self-Kalibrasyon** parametrelerinin **dahil edilmesi zorunludur**.

Teşekkürler!