

# CARTOSAT-1 STEREO UYDU GÖRÜNTÜLERİNİN KONUMLANDIRMA DOĞRULUĞUNUN ARAŞTIRILMASI

A.Yılmaz, H.H.MARAŞ, O.Eker, M.Erdoğan,

Harita Genel Komutanlığı, Fotogrametri Dairesi, Dikimevi Ankara-(altan.yilmaz, hakan.maras, oktay.eker, mustafa.erdogan)@hgk.msb.gov.tr

**ANAHTAR KELİMELEER:** Uydud uzaktan algılaması, yüksek çözünürlüklü görüntü, dijital fotogrametri, görüntüleyici platform, SYM/SAM.

## ÖZET:

Cartosat-1 verisi topoğrafik harita üretimi için ideal kaynaklardan birisi olduğundan, asgari sayıda Yer Kontrol Noktası (YKN) ile yeterli geometrik doğruluk sağlamak önemlidir. 1:25.000 ölçekli bir topoğrafik harita için planimetrik doğruluk gereksinimi yaklaşık 5 m. ve düşey doğruluk gereksinimi ise yaklaşık 3 m.dir. Söz konusu doğrulukları sağlamak için, bu değerlerden daha iyi bir geometrik yöneltme sağlanmalıdır. Şu ana kadar Cartosat-1 verisinin 3B konumlandırmasıyla ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır. Fakat, bunlar deneysel ve genelde test alanlarında düzenlenen çalışmalar olmuştur. Bu çalışma, son kullanıcı olarak gerçek bir çalışma alanında gerçekleştirilmiştir. Cartosat-1 ham görüntülerle birlikte Rasyonel Polinom Katsayılarını (RPC) sağlamaktadır. RPC'leri doğrudan ve dolaylı olarak iyileştirmek mümkündür. Doğrudan iyileştirme yaklaşımı orijinal RPC'lerin bizzat kendilerini güncellemektedir. Dolaylı iyileştirme nesne uzayında dönüşümler gerektirmektedir ve orijinal RPC'leri doğrudan değiştirmektedir. İyileştirme bir affin dönüşümü veya basit bir dönüşüm kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu makalede, üç farklı model (polinom modeli: 0'ıncı dereceden x ve y koordinatlarına ötelemeler, 1'inci dereceden affin ve 2'nci dereceden) kullanılmıştır. Bu farklı dereceden polinom modelleri Ankara'nın güneyini kapsayan bir adet Cartosat-1 stereo çifti üzerinde farklı sayı ve dağılımlarda YKN ile kullanılmışlardır. YKN ve Bağımsız Kontrol Noktaları (BKN) planimetrik doğruluğu 1 m.den iyi olan 1:16.000 ölçekli hava fotoğraflarından üretilmiş ortofotolardan elde edilmişlerdir. Her bir adımda, bazı YKN'ler mutlak doğruluğu test etmek amacıyla BKN olarak kullanılmışlardır. 0'ıncı dereceden polinom ile bir buçuk piksel, bir ve ikinci derece polinom ile yaklaşık bir piksel doğruluk elde edilmiştir. YKN kullanmaksızın planimetrik doğruluk yaklaşık 500 m.dir. 8 adet YKN'den sonar YKNA sayısı 3B konumlandırmada önemli bir etkiye sahip olmamaktadır. İyi ve güvenilir bir çözüm için 8 YKN kullanılan birinci derece polinom önerilmektedir. Yukarıdaki test sonucunda, yarım piksel doğruluğunda homojen dağılımı karşıladığı söylenebilir. Sonuçta yapılması gereken hava fotoğraflarından kıymetlendirmeye oranla biraz daha fazla arazi bütünlümesidir.

## 1. GİRİŞ

Uydud uzaktan algılaması 1980'lerden itibaren havadan yapılan algılamanın yerine geçerek başlamıştır. 2000 yılı sonrasında, yüksek çözünürlüklü optik uydud algılayıcıları bilimsel araştırmalar ve değerlendirmelerin ilgi odağı olmuştur. Bu algılayıcıların çoğunluğu 1 m. veya daha yüksek konumsal çözünürlükte olup, her görüntü yüksek maliyetli ve genellikle stereo görüntü sağlamamaktadır. Son yıllarda, 2.5-5 m. çözünürlüğünde daha geniş alanları tek seferde görüntüleyebilen, stereo görüntü sağlayan, SYM oluşumuna olanak sağlayan 2 veya 3 CCD dizili algılayıcılar yörüngeye yerleştirilmişlerdir. Bunların en önemli örnekleri, Spot-5 HRG, Alos Prism ve sonucusu Cartosat-1'dir. Bu sistemler mutlak konumsal doğruluğu yüksek olması durumunda SYM üretimi için de uygundur (örneğin, Spot-5, Cartosat-1).

Cartosat-1 5 Mayıs 2005 tarihinde geliştirilmiş, öne ve arkaya bakan iki adet PAN kamerası ve 2.5 m.den daha iyi çözünürlükle yörüngeye yerleştirilmiştir. Cartosat-1, elektromanyetik spektrumun görünür bölgesinde siyah-beyaz stereo görüntü elde eden iki adet pankromatik kameraya sahiptir. Kameralar 30 km. genişliğinde bir alanı görüntülemekte ve bir geçiş esnasında aynı alanın görüntülerini iki farklı açıdan (+26° (band F) ve diğeri -5°

(band A)) çekebilmektedir. Stereo görüntüler Dünyanın doğru yükseklik verisini elde etmekte kullanılmakta ve üç boyutlu görüntü haritaları oluşturulabilmektedir. Kameralar döndürülebilir olduğundan Cartosat-1 Dünyanın herhangi bir kesimini her beş günde bir görüntüleyebilmektedir. Cartosat-1, yer istasyonu ile irtibatlı olmadığı zaman 120 Gb görüntüleri depolayacak kapasiteye sahiptir. Cartosat-1 verisi, büyük ölçekli harita üretimi, şehirselle ve kırsal gelişme, toprak ve su kaynakları yönetimi, afet değerlendirmesi, rölyef planlama ve yönetimi, çevresel etki değerlendirmesi ve çeşitli diğere coğrafi ve haritacılık uygulamasında kullanılmaktadır. Veri, ayrıca topoğrafik haritaların güncellenmesi için de idealdir. Cartosat-1 ham görüntülerle birlikte Rasyonel Polinom Katsayıları (RPC) sağlamaktadır. RPC'leri doğrudan ve dolaylı olarak iyileştirmek mümkündür. Doğrudan iyileştirme yaklaşımı orijinal RPC'lerin bizzat kendilerini güncellemektedir. Dolaylı iyileştirme nesne uzayında dönüşümler gerektirmektedir ve orijinal RPC'leri doğrudan değiştirmemektedir. İyileştirme bir affin dönüşümü veya basit bir dönüşüm kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

Cartosat-1 verisi topoğrafik harita üretimi için ideal kaynaklardan birisi olduğundan, asgari sayıda Yer Kontrol Noktası (YKN) ile yeterli geometrik doğruluk sağlamak önemlidir. 1:25.000 ölçekli bir topoğrafik harita için

planimetrik doğruluk gereksinimi yaklaşık 5 m. ve düşey doğruluk gereksinimi ise yaklaşık 3 m.dir.

Şu ana kadar Cartosat-1 verisinin 3B konumlandırmasıyla ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır. Fakat bunlar deneysel ve genelde test alanlarında düzenlenen çalışmalar olmuştur. Bu çalışma, son kullanıcı olarak gerçek bir çalışma alanında gerçekleştirilmiştir.

## 2. TEORİK TEMELLER

Bir algılayıcı modeli nesne ve görüntü uzayları veya tersi şekilde geometrik ilişkiyi tanımlamaktadır. 3B nesne koordinatlarıyla 'B görüntü koordinatlarını ilişkilendirmektedir. Fiziksel algılayıcı modeli ve geliştirilmiş algılayıcı modeli en yaygın kullanılan iki görüntüleme geometrisi modelidir. Fiziksel algılayıcı modeli, algılayıcının konum ve yöneltme bilgisini kullanan fiziksel görüntüleme işlemini temsil etmektedir. Fotogrametrik işlerde kullanılan klasik fiziksel algılayıcı modeli genellikle kolinearite koşulu ve karşılık gelen eşitliklerle modellenmektedir. Zıt olarak, geliştirilmiş bir algılayıcı modeli algılayıcının konum ve yöneltme bilgisini içermemektedir. Grid interpolasyon yöntemi, Rasyonel Fonksiyon Modeli (RFM) ve evrensel gerçek zamanlı algılayıcı modeli OGC (1999) teknik özelliklerinde tanımlanan üç ana algılayıcı modelidir. Bu modeller, görüntüleme işleminin fiziksel anlamını taşımadıkları için genel modellerdir. Fiziksel algılayıcı modellerinin yerine RFM kullanımı, farklı algılayıcı modellerinin tüm doğruluğunu taşımaları, algılayıcıdan bağımsız özellikleri ve gerçek zamanlı hesaplama yetenekleri sayesinde on yıldan fazla zamandır kullanılmaktadır. Fiziksel algılayıcı modeli ve RFM farklı haritalık durumlarında kendine özgü avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Fotogrametrik işlemlerin fiziksel algılayıcı modelini değiştirebilmek için RFM'in bilinmeyen parametreleri genellikle fiziksel algılayıcı modeli kullanılarak belirlenir (Hu ve ark., 2004).

### 2.1 Rasyonel Fonksiyonlar

RFM, fiziksel algılayıcı modelleri gibi, nesne nokta koordinatlarını görüntü piksel koordinatlarıyla ya da tersi şekilde polinomların oranları şeklinde olan rasyonel fonksiyonlarla ilişkilendirir. RFM 2B ve 3B polinom modelleri, projektif dönüşüm modelini ve (geliştirilmiş) doğrusal dönüşüm modelini içeren geliştirilmiş algılayıcı modellerinin ve zenginleştirilmiş kolinearite eşitliklerinin genel bir şeklidir (Hu ve ark., 2004).

Bu 3B rasyonel fonksiyonlar son zamanlarda, 1999 yılında sivil yüksek çözünürlüklü uydu olan IKONOS ve müteakiben sırasıyla 2000 ve 2001 yıllarında EROS-A1 ve QuickBird-2 uydularının yörüngeye yerleştirilmesiyle sivil fotogrametriciler ve uzaktan algılamacıların ilgisini çekmiştir. Son zamanlarda artan ilginin temel nedeni Space Imaging firmasının IKONOS uydu ve algılayıcısına ilişkin bilgileri vermemesidir. 3B rasyonel fonksiyonlar iki yöntemle kullanılabilir:

1. Halihazırda çözülmüş 3B parametrik bir modele yakınsamak ve
2. YKN'ler ile tüm polinom fonksiyonların bilinmeyenlerini normal olarak hesaplamak (Toutin, 2004a).

$$R_{3D}(XYZ) = \frac{\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n \sum_{k=0}^p a_{ijk} X^i Y^j Z^k}{\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n \sum_{k=0}^p b_{ijk} X^i Y^j Z^k} \quad (1)$$

Burada; X, Y, Z arazi koordinatlarıdır; i, j, k tam sayı artımlarıdır; m, n ve p tamsayı değerler olup, genellikle 1 ile 3 arasındadırlar ve m + n + p polinom fonksiyonun derecesidir. Birinci dereceden bir RF 8 + 8=16, ikinci dereceden bir RF 20 + 20=40 ve üçüncü dereceden bir RF 40 + 40=80 bilinmeyen içermektedir. Paydada yer alan ilk katsayıyı çıkararak her bir eşitlikte, 20'si payda, 19'u paydada olmak üzere toplam 39 RF katsayısı vardır. Her YKN görüntü koordinatı i ve j için ayrı ayrı iki denklem (Eşitlik1) içerdiğinden 78 katsayıyı çözmek için en az 39 YKN gerekmektedir.

### 2.2 RFM İyileştirme Yöntemleri

Çoğu fiziksel algılayıcı modeli doğruluğuna yüksek derecede yaklaşmakla beraber, RFM yüksek seviyede interpolasyon yeteneğine de sahiptir. Yine de, görüntü sağlayıcılar tarafından verilen RPC'ler her zaman gerçek görüntüleme işlemine yaklaşmazlar. Kontrol bilgisine gereksinim her zaman karşılanamayabilir veya görüntü satıcılarının farklı pazarlama stratejileri sebebiyle fiziksel modeli tanımlamada yer kontrol bilgisi kullanılmamış olabilir. Yüksek duyarlılıklar ürünler oldukça yüksek fiyata satılmaktadır ve hatta kullanıcıların YKN ve SYM sağlamalarını istemektedirler. Bu durum, topoğrafik verileri söz konusu yöntemle vermek istemeyen kullanıcılar için bir problem teşkil etmektedir (Hu ve ark., 2004).

Geçmiş çalışmalar, RPC'lerin ilave kontrol bilgisi mevcut olduğu zaman görüntü uzayı veya yer uzayı kapsamında iyileştirilebileceğini göstermiştir. Örneğin, IKONOS Geo ve Standart Geo ürünleri bir veya birden fazla yüksek kalitede YKN kullanarak metre altı mutlak konumlandırma doğruluğuna (Grodecki ve Dial, 2003; Tao ve Hu, 2004) veya kullanılan YKN'nin doğruluğuna yakın bir doğruluğa geliştirilebilmektedir. Bundan dolayı, RFM iyileştirme yöntemleri çok sayıda uygulamalarda düşük fiyatlı ürünlerin kullanımını ön plana çıkarmaktadır (Hu ve ark., 2004).

RFM doğrudan veya dolaylı olarak iyileştirilebilmektedir. Yani, kullanıcı uydu görüntüsünün konumlandırma doğruluğunu geliştirebilmektedir. Doğrudan iyileştirme yöntemleri orijinal RPC'lerin kendilerini güncellemektedir. Satıcılar tarafından verilen RF katsayıları hesaplamalarda yaklaşık başlangıç değerleri olarak alınmaktadır. Böyle yüksek seviyede doğruluklu başlangıç RF katsayıları yeni RPC'lerin çözümünü daha sağlam yapmakta ve hesaplama işlemlerini hızlandırmaktadır. Eğer zenginleştirilmiş algılayıcı modeli mevcut değilse, yüksek kalitede kontrol noktaları zenginleştirilmiş algılayıcı modeli ile elde edilememektedir. Sonuç olarak, bu yöntem yeni RPC'lerin hesaplanması için çok sayıda YKN'ye ihtiyaç duymaktadır. Gerçekten de üçüncü dereceden bir RF için 39 adetten fazla YKN gerekmektedir. Böylelikle güncellenmiş RPC'ler mevcut görüntü iletim formatını değiştirmeden iletilenmektedir. Dolaylı iyileştirme görüntü veya nesne uzayında bütünleştirici veya bağlayıcı dönüşümler getirmesine rağmen, orijinal RPC'leri doğrudan

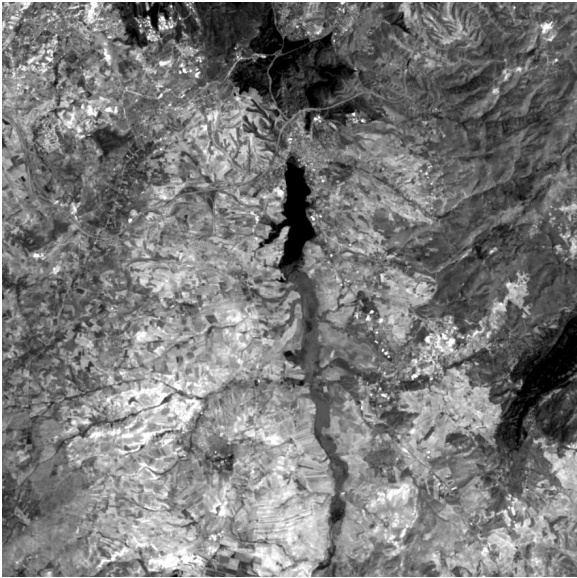
değiştirmemektedir. Görüntü satıcıları tarafından verilen RPC'lerden parametreleri YKN'ler tarafından belirlenen bir polinom düzeltilmesi ile yer koordinatlarını iyileştirmektedirler. Satıcılar tarafından verilen RF'ler, YKN ve BKN'ler de dahil tüm ölçülen noktalar için yer koordinatlarını karşılık gelen görüntü koordinatlarından hesaplamak için fotogrametrik kesişim irca etmek amacıyla kullanılmaktadırlar. Daha sonra RF'den hesaplanan tüm yer koordinatlarına bir polinom dönüşüm uygulanmaktadır. Her bir noktanın yer koordinatı ( $X_{RF}$ ,  $Y_{RF}$ ,  $Z_{RF}$ ) birinci (veya ikinci) dereceden polinomla yeniden hesaplanmaktadır (Di ve ark., 2003). Örneğin;

$$\begin{aligned} X &= a_0 + a_1 X_{RF} + a_2 Y_{RF} + a_3 Z_{RF} \\ Y &= b_0 + b_1 X_{RF} + b_2 Y_{RF} + b_3 Z_{RF} \\ Z &= c_0 + c_1 X_{RF} + c_2 Y_{RF} + c_3 Z_{RF} \end{aligned} \quad (2)$$

Burada X, Y ve Z iyileştirilmiş yer koordinatlarıdır. Birinci dereceden polinomun katsayılarını çözmek için en az dört, ikinci dereceden polinom için 10 noktaya ihtiyaç duyulmaktadır.

### 3. ÇALIŞMA ALANI VE VERİSİ

Bu çalışmada, Türkiye'de Ankara'nın güneyini kapsayan bir çift Cartosat-1 görüntüsü kullanılmıştır. Bölge Gölbaşı olarak adlandırılmaktadır. Arazi kısmen engebeli olup, yükseklikler 900 m. ile 1500 m. arasında değişmektedir. Bölgede, alçak binalardan oluşan yerleşim yerleri, ekili alanlar ve bir küçük göl bulunmaktadır. Arazinin diğer kesimleri fazla ağaç olmayan açık karakterdedir. Kısmen ağaçlıklar ve bitki örtüsü mevcuttur (Şekil 1).

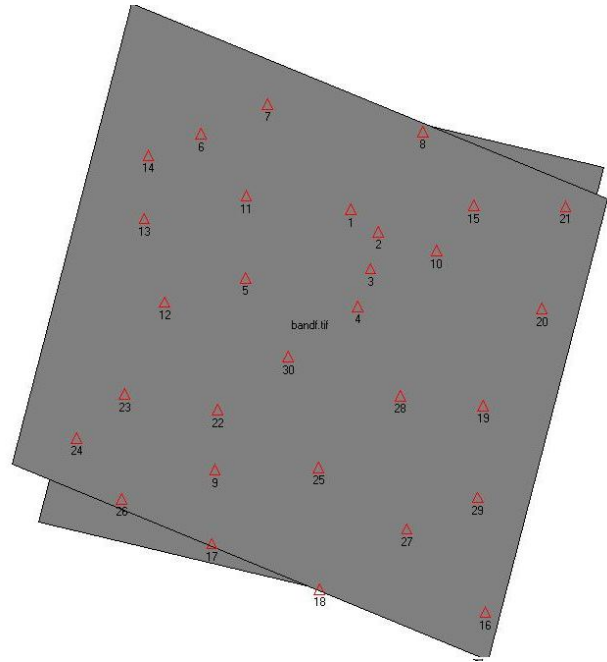


Şekil 1. Cartosat-1 görüntüsü

Stereo çift 3 Ağustos 2005 sabahı çekilmişlerdir. İki görüntü arasındaki zaman farkı 54 saniyedir. Her bir görüntü 12.000x12.000 piksel büyüklüğünde olup, çözünürlüğü 2.5 m.dir. Bindirme oranı yaklaşık %95'tir. Görüntüler yaklaşık 30x30 km<sup>2</sup>'lik bir alanı kapsamaktadır. Görüntüler pankromatik modda eğiklik ve dönüklük açıları sıfıra yakın

olacak şekilde çekilmişlerdir. Daha önce de belirtildiği gibi, stereo görüntüleme bir kameranın nadirden +26° (ileri görüntü: band f) ve diğerinin nadirden -5° (geri görüntü: band a) algılama yapmasıyla (0.6 B/H oranı ile) garanti edilmektedir. Meta veri dosyaları görüntü çekim zamanı, konumu, ortalama dönüklük açıları ve algılayıcı geometrisini (algılayıcıların bakış açıları) içermekte fakat efemeris verisi içermemektedir (Crespi et al, 2007). Normal veri toplama açısı yaklaşık 68°'dir. RPC dosyaları görüntülerle birlikte verilmiştir. RPC dosyaları 3B fotogrametrik kıyımlandırma, sayısal yükseklik modellerinin üretimi ve ortorektifikasyon için kamera modelini sağlamaktadır. Stereo referans görüntüler en az işlenmiş görüntülerdir.

Bu çalışmada, tüm alana iyi dağılmış hem Yer Kontrol Noktası (YKN) hem de Bağımsız Kontrol Noktası (BKN) olarak kullanılabilir 30 adet yer noktası kullanılmıştır (Şekil 2). Noktaların hepsi 0.5 m. çözünürlüklü ve 0.5 m. geometrik doğruluklu ortogörüntüler üzerinden seçilmiş ve gerektiği kadar kısmı YKN olarak, kalan kısmı da BKN olarak kullanılmıştır. Noktaların Z koordinatı 1/5.000 ölçekli eş yükseklik eğrilerinden oluşturulmuş SYM'den alınmıştır. Ayrıca referans SYM olarak 1/25.000 ölçekli eş yükseklik eğrilerinden 10 m. grid aralıklı SYM üretilmiştir.



Şekil 2. Yer Kontrol Noktası dağılımı

### 4. YÖNTEM

Rasyonel fonksiyonlardan elde edilen yer koordinatlarını iyileştirmek için üç farklı polinom modeli (görüntü x ve y koordinatlarında basit bir öteleme içeren 0'nci dereceden, affin dönüşümü içeren 1'inci dereceden ve 2'nci dereceden) kullanılmıştır. Öncelikle, YKN'lerin görüntü koordinatları ölçülmüş ve RF altlıklı dengeleme yer koordinatlarını hesaplamak için kullanılmıştır. Sonra, Tablo 1'e göre farklı sayı ve dağılımda nokta YKN olarak kullanılmıştır. Her bir YKN için üç eşitlik yazılmıştır. Polinomların bilinmeyenlerini hesaplamak için en küçük karelerle dengeleme kullanılmıştır.

BKN'ler modellerin doğruluğunu test etmek amacıyla kullanılmışlardır. Söz konusu BKN'ler YKN olark kullanılmayan yer noktalarıdır. Bilinen ve iyileştirilen koordinatların arasındaki fark her modelin karesel ortalama hatasıdır.

Tablo 1. İyileştirilmiş yer koordinatlarının doğruluğu

Polinomun Derecesi	YKN Sayısı	YKN Numarası	YKN KOH ( $\pm m$ )			BKN KOH ( $\pm m$ )		
			x	y	z	x	y	z
0	1	6	0.001	0.003	0.177	2.456	0.976	5.281
	1	15	0.001	0.004	0.247	2.818	1.645	3.360
	1	27	0.004	0.001	0.227	1.487	0.933	5.248
	1	24	0.004	0.002	0.301	1.478	1.372	5.010
	1	30	0.003	0.002	0.194	1.903	0.934	3.244
	2	6, 27	0.893	0.140	0.203	1.833	0.961	5.361
	2	21, 29	0.003	0.004	0.383	1.504	0.951	3.309
	4	6,15,27,30	1.632	0.555	2.290	1.433	1.055	3.850
1	8	6, 15, 27, 30, 12, 28, 8, 9	2.491	1.190	1.948	0.920	0.826	4.650
	4	6,15,27,30	0.079	0.004	1.829	2.720	1.369	4.431
	8	6, 15, 27, 30, 12, 28, 8, 9	2.221	1.235	1.967	1.378	0.983	4.510
2	12	6, 15, 27, 30, 12, 28, 8, 9, 19, 1, 20, 5	1.852	1.061	2.474	1.258	0.871	4.379
	10	6, 15, 16, 30, 12, 8, 9, 19, 1, 5	1.008	0.748	2.176	3.318	2.140	4.413
2	14	6, 15, 27, 30, 12, 28, 8, 9, 19, 1, 20, 5, 4, 7	1.106	0.858	2.183	2.991	1.174	4.345

## 5. UYGULAMA

Üç polinom model için farklı sayı ve dağılımda YKN'ler kullanılmıştır. İyileştirmede kullanılan YKN sayısı, numarası, YKN ve BKN'lerin karesel ortalama hataları Tablo 1'de verilmiştir. Okuyucular YKN dağılımını Şekil 2'den kontrol edebilirler.

0'ıncı dereceden polinom RPC'den elde edilmiş koordinatlara sadece öteleme getirmektedir. Sadece bir YKN'ye ihtiyaç duymaktadır. Bir YKN ile iyi doğruluklar (yatayda 2.5 m. ve düşeyde 5 m.) elde edilebilmektedir. Tablo 1'de görüldüğü üzere, YKN'nin konumu ile mantıklı bir ilişki görülmektedir. Ayrıca, hesaplamada kullanılan YKN sayısının doğruluğu çok fazla etkilediği söylenememektedir. Fakat YKN'nin doğruluğu doğrudan sonuç doğruluğu etkilemektedir. Bu nedenle, hesaplamada kullanılan bir adet nokta hatalara açıktır.

1'inci dereceden polinom 0'ıncı dereceden polinomdan az da olsa iyi sonuçlar vermektedir. Fakat daha fazla noktaya ihtiyaç duymaktadır (minimum dört nokta). YKN sayısını arttırmak

çok önemli bir iyileştirme sağlamamaktadır. 1'inci dereceden bir polinom ile dört adetten fazla nokta kullanmak önemlidir.

2'nci dereceden polinom çok sayıda YKN kullanmasına rağmen daha iyi sonuçlar sağlamamaktadır. Hatta bazı durumlarda, özellikle YKN dağılımının homojen olmadığı zaman hatalara açıktır.

YKN KOH'ları modelleme ve YKN doğruluğunu yansıtmakta, BKN KOH'u ise kıymetlendirme hatasını içeren yeniden kurgulama doğruluğunu göstermektedir. Bu da, planimetrik detayların sonuç konumlandırma doğruluğunun iyi bir tahmini anlamına gelmektedir. Yine de, 3B modellemenin sonuç iç doğruluğu bu KOH'lardan daha iyi olacaktır. Sonuç olarak, en küçük kareler dengelemesinden elde edilecek hataların baskın YKN hatasının büyüklüğüyle aynı derecede olması normal ve güvenlidir (Toutin, 2004b).

Sonuçların genel analizi, 3B fiziksel modelin stereo model üzerinde dengeli olduğunu ve YKN'lerin sayısından bağımsız olarak yerel hatalar yaratmadığını göstermektedir. Bu görüş BKN hatalarıyla desteklenmektedir.

YKN'lerin rolü bir görüntü koordinat dönüşümünü etkilemek olup, böylelikle görüntü içindeki yerlerinin sonuca bir etkisi yoktur. Fazla sayıda YKN ilavesi, görüntüler için dengelemenin geometrik kuvvetine bir etki yapmamaktadır. Tersine, ekstra kontrol noktaları ortalama görüntü koordinat düzeltmesi için daha fazla bilgi sağlamaktadır. Tablo 1'de görülebileceği gibi, ulaşılan doğruluk seviyesi ile YKN konumlarının açık bir bağlantısı yoktur. Yine de, çok sayıda kontrol noktasının kullanımı konumlandırma işleminin güvenilirliği hakkında bilgi sağlamaktadır. (Fraser, 2004).

## 6. SONUÇLAR

Bu makalede, Cartosat-1 stereo görüntülerinin RPC'den elde edilen koordinatlarını iyileştirmek amacıyla üç polinom modeli kullanılmıştır. 0.5 m. çözünürlüklü ortogörüntüden seçilen yüksek doğruluklu YKN'ler kullanılmıştır. Üç model ile birlikte farklı dağılımlarda YKN'ler de kullanılmıştır. Çalışma alanı genellikle az engebeli bir alandır. Yükseklikler 900 m. ile 1500 m. arasında değişmektedir. Bölgede çok fazla ağaç ve bitki örtüsü yoktur. Ayrıca, YKN'ler tüm bölgenin yüksekliklerini yansıtmaktadırlar. Bu testten elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

Genellikle üç model arasında önemli bir fark görülmemektedir. 0'inci model (bir öteleme) ile dahi yatayda 2 m. ve düşeyde 4 m. doğruluklar elde edilebilmektedir. Cartosat-1'in RPC'lerinin çoğunlukla öteleme hataları içerdiği anlaşılmaktadır. Tek YKN kullanmak kullanılan YKN'nin hatalarına açık olduğundan çoğu uygulamada birden fazla nokta kullanılması iyi olacaktır. Fakat daha fazla YKN gerektirmesine rağmen birinci dereceden bir polinom kullanmak daha sıhhatlidir. Ayrıca, YKN dağılımının bir etkisi yoktur. İkinci dereceden polinom da iyi sonuçlar sağlamasına rağmen daha çok YKN gerektirmektedir ve YKN dağılımına karşı duyarlıdır. YKN'lerin hassasiyet ve doğruluğu yüksek (0.5 m.) hataların görüntü üzerinde noktaları işaretleme doğruluğundan kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

## KAYNAKLAR

Crespi, M., Barbato, F., De Vendictis, L., Iannucci, G., Poli, D., Volpe, F., Wang, X., 2007, Cartosat-1 Stereo Imagery: Potentialities About Orientation, DSM Extraction And Orthorectification, Proceedings of 27th EARSeL Symposium "Geoinformation in Europe", 4-7 Haziran 2007, Bolzano, İtalya.

Di, K., Ma, R., and Li, R.X., 2003, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing Vol. 69, No. 1, Ocak 2003, pp. 33-41.

Fraser, C. S., 2004, Prospects For Mapping From High-Resolution Satellite Imagery. Asian Journal of Geoinformatics, 4(1):3-10.

Grodecki, J., ve Dial, G., 2003, Block adjustment of high-resolution satellite images described by rational functions. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 69, 59-69.

Hu, Y., Tao, V., and Croitoru A., 2004, Understanding The Rational Function Model: Methods And Applications, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 12-23 Temmuz, İstanbul, vol. XX, 6 p.

OpenGIS Consortium (OGC), 1999, The OpenGIS Abstract Specification - Topic 7: Earth Imagery. URL: <http://www.opengis.org/docs/99-107.pdf>. (14 Nisan 2008 tarihinde erişildi)

Toutin, Th., 2004a, Review Paper: Geometric processing of remote sensing images: models, algorithms and methods, International Journal of Remote Sensing, 25(10), pp.1893-1924.

Toutin, Th., 2004b, GCP Requirement for High Resolution Satellite Mapping, [www.isprs.org/istanbul2004/comm3/papers/385.pdf](http://www.isprs.org/istanbul2004/comm3/papers/385.pdf). (10 Nisan 2008 tarihinde)

Tao, V., Hu, Y., 2004. RFM: An Open Sensor Model For Cross Sensor Mapping, ASPRS Conference, 23-28 Mayıs 2004, Denver, 9 p.