

STEREO IKONOS UYDU GÖRÜNTÜLERİNİN 3B KONUMLANDIRMA DOĞRULUĞUNUN ARAŞTIRILMASI

Altan YILMAZ^a, Ferruh YILDIZ^b, Murat YAKAR^b, Ömer MUTLUOĞLU^b

^aHarita Genel Komutanlığı, Fotogrametri Dairesi, Dikimevi Ankara-altan.yilmaz@hgk.mil.tr

^bSelçuk Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Selçuklu Konya-(fyildiz, yakar, mutluoglu)@selcuk.edu.tr

ANAHTAR KELİMELER : IKONOS, doğruluk, rasyonel fonksiyon modeli, iyileştirme.

ÖZET:

IKONOS görüntüleri birçok firma tarafından çok çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır. Bu geniş kullanım bir organizasyon için binlerce kilometrekare görüntü gerektirmektedir. Ve bir organizasyon için büyük miktarda verinin maliyeti de büyük olmaktadır. Eğer görüntüler, IKONOS Pro ve Precision gibi en yüksek doğruluklu görüntüler olurlarsa, maliyet ham görüntülerin maliyetinin iki katı kadar olacaktır. Bu nedenle, IKONOS Geo ürünleri kullanmak için ucuz yöntemler bulmak gerekmektedir. Böylelikle uygun doğrulukta haritaları üretmek mümkün olacaktır. Space Imaging, IKONOS algılayıcısının görüntüleme geometrisiyle ilişki kurabilmek için, iç ve dış yöneltme parametrelerini vermek yerine rasyonel fonksiyon modeli (RFM) kullanılmaktadır. Görüntü ile birlikte verilen RFM araziden bağımsız bir yaklaşımla belirlenmektedir ve fiziksel IKONOS algılayıcı modelini iyi bir şekilde temsil etmektedir. RFM, görüntü dosyalarına Rasyonel Polinom Katsayıları (Rational Polynomial Coefficients-RPC) eklemek suretiyle kullanıcılara sağlanmaktadır. RFM doğrudan veya dolaylı olarak iyileştirilebilmektedir. Doğrudan iyileştirme yöntemleri orijinal RPC'lerin kendilerini güncellemektedir. Dolaylı iyileştirme, obje uzayında tamamlayıcı transformasyonlar getirmektedir ve orijinal RPC'leri doğrudan değiştirmemektedir. Affin dönüşümü veya en basitinden bir dönüşüm kullanılmaktadır. İyileştirme, yer kontrol noktaları kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu makale RFM'den elde edilen koordinatları iyileştirmek için üç farklı model (polinom modeli: x ve y koordinatlarına öteleme getiren sıfırıncı dereceden, afin dönüşümü olan birinci dereceden, ikinci dereceden dönüşüm) kullanılmaktadır. Bu farklı dereceden polinom modeller, Konya'nın kuzeyinde Selçuk Üniversitesi Kampüsünü de içine alan bir çift IKONOS stereo uydu görüntüsü üzerinde, farklı dağılım ve sayıdaki yer kontrol noktaları kullanılarak test edilmiştir. Ölçülen yer kontrol noktaları ve bağımsız kontrol noktaları, görüntü çekiminden önce yerde işaretlenmiş olan noktalarda, GPS ölçüleri yapmak suretiyle 10 cm. doğrulukla elde edilmişlerdir. Yapılan test sonucunda yatay karesel ortalama hata; sıfırıncı dereceden polinom modeli ile 1.8 m., birinci dereceden polinom ile 1.6 m. ve ikinci dereceden polinom ile 1.8 m. civarında bulunmuştur. Bu sonuçlardan; IKONOS görüntülerinin çoğunlukla öteleme hataları içerdikleri anlaşılmaktadır. Hesaplamalarda tek bir yer kontrol noktası kullanmak, o yer kontrol noktasının hatalarını içereceğinden ilave bir nokta daha kullanmak çoğu uygulamalar için yeterli olabilecektir. Daha fazla noktaya ihtiyaç duymasına rağmen birinci dereceden polinom daha sağlıklıdır. Ayrıca, nokta dağılımı da önem arz etmemektedir. İkinci dereceden polinom da iyi sonuçlar vermesine rağmen, daha çok yer kontrol noktasına ihtiyaç duymaktadır ve yer kontrol noktalarının dağılımına duyarlıdır. Bu teste dikkati çeken önemli bir nokta, düşey doğrultudaki doğrulukların bu zamana kadar yapılan testlerdekinden daha yüksek doğruluklar (1-2 m.) vermesidir. Bunun sebebi belki de; yer kontrol noktalarının yol kesimi, duvar vb. arazi detayları üzerinde olmayıp çıplak yeryüzü üzerinde işaretlenmiş olması ve görüntünün kapsadığı arazideki yükseklikleri iyi temsil etmiş olmalarıdır. Ölçülen yer kontrol noktalarının duyarlılığı ve doğruluğu yüksek olduğundan, karşılaşılan hatalar yer kontrol noktalarının görüntü üzerinde işaretleme (0.5-1 piksel) duyarlılığından kaynaklanmaktadır.

1. GİRİŞ

Uzaktan algılanmış görüntüler genellikle, bir Coğrafi Bilgi Sisteminde (CBS) altlık harita olarak doğrudan kullanılmayacak derecede geometrik bozulmalar içermektedirler. Bu nedenle, ormancılık vb. gibi kartografik uygulamalar için çok kaynaklı veri birleşimi (raster ve vektör olarak) ortorektifiye edilmiş görüntülerden en çok bilgiyi elde etmek amacıyla doğaya ve verinin özelliklerine uygun olarak geometrik ve radyometrik işlemler gerektirmektedir.

Bugün, bozulmaların etkisi önceki zamanlara göre daha yüksektir. Çünkü, görüntüler nadir dışı alınmaktadır ve çözünürlük daha iyidir (metre altı doğrulukta), görüntü işleme sonucu oluşan ürünler tamamen digitaldir, sonuç ürünlerin yorumlamaları bilgisayarda gerçekleştirilmektedir, farklı kaynaklı görüntülerin (farklı platform ve algılayıcılar) birleşimi genel olarak kullanılmaktadır ve farklı formatlardaki verilerin

(raster/vektör) birleşimi coğrafi bilgi sistemlerinde genel bir eğilimdir.

Yeni veriler, yöntemler ve veri işleme, sonuç işlenmiş ürünler, bunların analizleri ve yorumlamaları, geçen süre içerisinde meydana gelen bilimsel ve teknolojik ilerlemeler nedeniyle geometrik düzeltmeler için yeni ihtiyaç ve gereksinimler ortaya çıkarmıştır.

Şu ana kadar IKONOS görüntülerinin fotogrametrik işlemlerle doğruluğu ile ilgili olarak çok çalışma yapılmıştır. Zhou ve Li (2000) 1 m. çözünürlüklü IKONOS stereo görüntüleri ve pushbroom görüntüleme tekniği kullanılarak elde edilen yer noktalarının potansiyel doğruluğunu (2-3 m) göstermişlerdir. Fraser ve Hanley (2003) bir yer kontrol noktası (YKN) kullanarak IKONOS rasyonel fonksiyonlarını iyileştirmişler ve metre altı doğruluk elde etmişlerdir. Toutin (2003) farklı koşullarda 3B parametrik modelin potansiyel, doğruluk ve sağlamlığını değerlendirmiştir. 20 adet 3 m. doğruluklu YKN

ile ışın demetleri dengelemesi sonucu 3- 4 m. ve 10 adet 1 m. doğruluklu YKN ile 2-3 m. doğruluk elde etmeyi başarmıştır. Wang ve ark. (2005) yer noktalarından elde edilen rasyonel fonksiyonları iyileştirmek için hem obje uzayında hem de görüntü uzayında tanımlı dört farklı model kullanmışlardır. Çalışma sonucunda, eğer uygun bir model ve YKN'ler kullanılırsa yer nokta hatalarının yatayda 5-6 metreden 1.5 metreye, düşeyde ise 7 metreden 2 metreye düşebileceğini göstermişlerdir.

IKONOS rasyonel fonksiyonlarından (RF) yer noktalarının doğruluklarını iyileştirmek için temel olarak iki yöntem vardır. Bunlardan birincisi 39 adet YKN'ye ihtiyaç duyan RF katsayılarını iyileştirmektedir. Genellikle 39 adet YKN veya fazlasını bulmak çok zor olduğu için bu yöntemi kullanmak zordur. Diğer yöntem ise, RF'den hesaplanan yer koordinatlarını iyileştirmektedir. Bu yöntem az sayıda YKN'ye ihtiyaç duyduğün, anlamlı ve etkili bir yöntemdir.

Bu makale ile, yukarıda bahsedilen araştırmalar geliştirilmekte ve RF'lerden elde edilen yer koordinatları iyileştirilmek suretiyle bir çalışma yapılmaktadır. Çalışmada RF'lerden elde edilen yer koordinatlarını iyileştirmek için üç polinom modeli (polinom modelleri: x ve y görüntü koordinatlarının her ikisine basit bir öteleme getiren 0'inci dereceden, birinci dereceden affin, ikinci dereceden) kullanılmıştır. Bu modeller Konya'nın kuzeyinde Selçuk Üniversitesi kampüsünü içeren bir çift IKONOS uydu görüntüsünde test edilmiştir. Farklı dağılım ve sayıda YKN'ler kullanılmıştır. Dönüşüm parametrelerini hesaplamak için en küçük karelerle dengeleme tekniği uygulanmıştır.

2. TEORİK TEMELLER

2.1 Rasyonel Fonksiyonlar

1980'lerde nadiren kullanılmalarına rağmen, 3B RF'ye olan ilgi, ilk sivil yüksek çözünürlüklü IKONOS algılayıcısının 1999 yılında yörüngeye yerleştirilmesine bağlı olarak, sivil fotogrametrik ve uzaktan algılama çevrelerinde son zamanlarda artmıştır. Algılayıcı ve yörünge parametreleri meta veriler içinde yer almadığından, 3B fiziksel modellerin gelişmesine bir alternatif 3B RF'ler olabilir. 3B RF'ler iki yaklaşımda kullanılabilirler:

1. Önceden çözülmüş olan mevcut 3B fiziksel modele yaklaşmak ve

2. YKN'ler ile tüm polinom fonksiyonların bilinmeyenlerini normal olarak hesaplamak için. (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 ; kartoğrafik (arazi) koordinatları; i, j, k ; tamsayı artış değerlerini; m, n, p ; tamsayı değerlerini ve m+n+p ; polinom fonksiyonun derecesini ifade etmektedir. Bir 1'inci dereceden RF = 8 + 8=16, 2'nci dereceden RF= 20 + 20=40 ve 3'üncü dereceden RF = 40 + 40=80 bilinmeyen içermektedir. Paydadaki ilk katsayıyı yok edersek, her bir eşitlikte 20 payda, 19 paydada olmak üzere toplam 39 adet

bilinmeyen mevcuttur. Her YKN, görüntü koordinatları i ve j için ayrı ayrı iki eşitlik (Eşitlik 1) oluşturduğundan 78 katsayıyı çözmek için en az 39 adet YKN gerekmektedir.

2.2 Polinom Fonksiyonlar

Her bir 2B 1nci, 2nci ve 3ncü dereceden polinom fonksiyonun sırasıyla 3;6 ve 10 bilinmeyi olacaktır. Her bir 3B 1nci, 2nci ve 3ncü dereceden polinom fonksiyonun 4;10 ve 20 bilinmeyi olacaktır.

2B (Eşitlik 2), 1nci dereceden (6 terimli) polinom fonksiyonları sadece her iki eksendeki ötelemeleri, bir dönüklüğü, her iki eksendeki ölçeklemeyi ve bir eğikliği gidermeye olanak tanır. 2nci dereceden (12 terimli) polinom fonksiyonları daha önceki parametrelere ilave olarak her iki eksen de bükülme ve konveksliği düzeltir. 3ncü dereceden (20 terimli) polinom fonksiyonları, görüntü alma sisteminin hiçbir fiziksel gerçekliğine karşılık gelmeyen diğer parametreler ile birlikte 2nci dereceden polinom fonksiyonu ile aynı şeyleri düzeltir. 2B polinom fonksiyonları görüntü oluşumu sırasındaki bozulmaları yansıtmadığından ve arazi rölyef bozulmalarını düzeltmediğinden, nadirden çekilen görüntüler, sistematik olarak düzeltilen görüntüler ve/veya düz arazilerdeki küçük görüntüler gibi az veya küçük bozulmaları olan görüntülerle sınırlıdır. Bu fonksiyonlar yer kontrol noktasındaki (YKN) yerel bozulmaları düzelttiklerinden, girdi hatalarına çok açıktırlar ve bundan dolayı YKN'ler çok sayıda ve düzgün dağılımda olmalıdır. Sonuç olarak, bu fonksiyonlar çok kaynaklı/çok formatlı veri birleşimi ve yüksek rölyefli alanlar için hassas geometrik konumlandırma gerektiği yerlerde kullanılmamalıdır.

$$P_{2D}(XY) = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n a_{ij} X^i Y^j \quad (2)$$

3B polinom fonksiyonları (Eşitlik 3), 2D polinom fonksiyonların, arazinin üçüncü boyutuna ilişkin Z teriminin eklenmesiyle oluşan bir uzanımdır. Yine de, rölyef dışında herhangi bir ampirik fonksiyon ile aynı problemlere maruz kalırlar: yani, küçük görüntülere uygulanabilirler, çok sayıda ve düzgün dağılımda YKN'ye ihtiyaç duyarlar, yerel olarak YKN'de düzeltme yaparlar, hatalara oldukça duyarlıdır ve işlemlerde sağlam ve tutarlı değildirlir. Kullanımları, küçük görüntüler ve rölyef dışında tüm bozulmaları önceden düzeltilmiş olan sistematik düzeltilmiş görüntülerle sınırlıdır.

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

2.3 RFM İyileştirme Yöntemleri

Çoğu fiziksel algılayıcı, modellerine yaklaşan yüksek doğruluğu kanıtlandığından, RFM'nin yüksek seviyede geometrik enterpolasyon yeteneği vardır. Yine de, görüntü satıcıları tarafından sağlanan Rasyonel Polinom Katsayıları (RPC) her zaman gerçek görüntüleme işlemi temsil etmez. Kontrol bilgisini için gereksinimler bazen tam olarak karşılanmaz veya görüntü satıcılarının farklı ticari stratejilerinden dolayı fiziksel algılayıcı modelini belirlemek için hiçbir yer kontrol bilgisi kullanılmaz. Yüksek duyarlılık ürünler oldukça önemli derecede yüksek bir fiyata satılmaktadır

ve hatta kullanıcıların YKN ve bir SYM sağlamasını gerektirir. Bu, topografik veriyi bu yöntemle verenler için bir problem doğurur.

Son zamanlardaki çalışmalar, ilave kontrol bilgisi mevcut olduğu zaman görüntü uzayı veya yer uzayı bazında RPC'lerin iyileştirilebileceğini ortaya çıkarmışlardır. Örneğin, IKONOS Geo ve Standart stereo ürünleri bir veya daha fazla yüksek kaliteli YKN'ler kullanıldığı zaman alt metre mutlak konumlandırma doğruluğuna ulaşabilmektedir (Grodecki ve Dial, 2001; Fraser ve ark., 2003; Tao ve ark., 2004) veya düşük kalitede olan YKN'lerin doğruluğuna yaklaşabilmektedir. Böylelikle RFM iyileştirme yöntemleri düşük fiyatlı ürünleri çoğu uygulama için kullanma olanağını sunmaktadır.

RFM doğrudan veya dolaylı olarak iyileştirilebilmektedir. Doğrudan iyileştirme yöntemleri orijinal RPC'lerin kendilerini güncellemektedir. Böylelikle güncellenen RPC'ler mevcut görüntü transfer formatını değiştirmeye ihtiyaç duymaksızın transfer edilebilmektedir. Dolaylı iyileştirme obje uzayında tamamlayıcı dönüşümler getirmektedir ve orijinal RPC'leri doğrudan değiştirmemektedir. Affin dönüşümü veya en basitinden bir dönüşüm kullanılmaktadır. Ek olarak, çok sayıda görüntülerde bağlama noktaları ölçülebilmekte ve modelleri blok dengeleme sonrası daha iyi bağlı yöneltme ile sonuçlanabilmektedir. Esas olarak, dolaylı iyileştirmenin iki adımlı işlemi, her bir görüntü için bir çift 3B obje gridi ve 2B görüntü gridi ile birlikte RPC'ler tekrar hesaplanarak tek işlem adımına düşürülebilir.

3. ÇALIŞMA ALANI VE VERİSİ

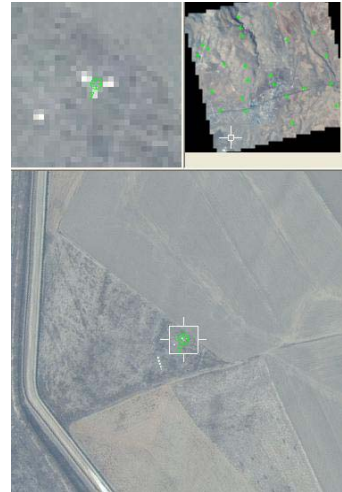
Yapılan çalışmada Konya Selçuk Üniversitesi kampüsünün de bulunduğu Konya'nın kuzeyinde kalan yaklaşık 10 km.x 10 km.lik bir alan kullanılmıştır. Bölge kısmen engebeli olup, arazi yükseklikleri yaklaşık 1000 m. ile 1500 m. arasında değişmektedir. Bölgede Selçuk Üniversitesi kampüsü ve çevresinde küçük yerleşim bölgeleri mevcuttur. Arazinin diğer kesimi ise boş araziler ve tarlalardan oluşmaktadır. Arazide yüksek bitki örtüsü (ağaç, orman gibi) bulunmamaktadır.

Çalışmada 30 Ekim 2004 tarihli, 37°'lik düşük güneş yükseklik açılı stereo Referans IKONOS uydu görüntüleri kullanılmıştır (Şekil 1). Görüntüler ile birlikte RPC dosyaları da sağlanmıştır. RPC dosyası, 3B detayların fotogrametrik olarak kıymetlendirilmesi, sayısal yükseklik modelleri ve ortorektifiye edilmiş görüntüler için çoğu yazılım paketine kamera model verisi sağlamaktadır. Stereo Referans ürünler en az işlenmiş görüntü ürünlerindedir.

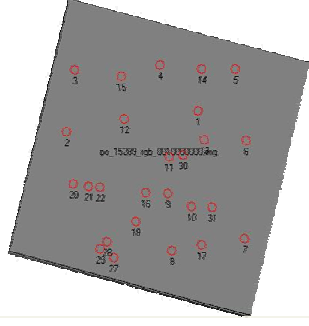


Şekil 1. Çalışma bölgesini içeren IKONOS uydu görüntüsünden üretilmiş orto görüntü.

Geometrik düzeltme işleminde YKN'lerin rolünü araştırmak için bölgede 32 adet YKN tesis edilmiştir. Yalnız bu noktalardan 6 tanesi çalışma bölgesine girmeme veya görüntü üzerinden seçilememe gibi nedenlerden dolayı kullanılamamıştır. YKN noktaları bir Statik GPS alıcısı kullanarak 30 dakika süreli olarak toplanmışlar ve Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı noktalarına dayalı olarak işlemden geçirilmiş olup doğruluklarının 0.1 metreden daha iyidir. Noktalar genellikle zemin üzerine boyanmış üç kenarlı beyaz hatlar şeklindedir (Şekil 2). Görüntü işaretleme doğruluğu yaklaşık 0.5-1.0 m. arasındadır. Kullanılan noktaların dağılımı Şekil 3'te görülmektedir. Tüm bu noktalar gerektiğinde YKN olarak kullanılmış ve bu noktaları test etmek için ise kalan noktalar Bağımsız Kontrol Noktası (BKN) olarak kullanılmışlardır.



Şekil 2. GPS ile toplanmış YKN örneği.



Şekil 3. Kullanılan noktaların görüntü üzerinde dağılımı.

4. YÖNTEM

Çalışmada RF'lerden elde edilen yer koordinatlarını iyileştirmek için üç farklı polinom modeli (polinom modelleri: x ve y görüntü koordinatlarının her ikisine basit bir öteleme getiren 0'ıncı dereceden, birinci dereceden affin, ikinci dereceden) kullanılmıştır. Öncelikle, görüntüler üzerinde YKN'lerin görüntü koordinatları ölçülmüştür. Yer koordinatlarını belirlemek için RF'ye bağlı dengeleme yapılmıştır. Sonra, Tablo 1'e göre, farklı dağılım ve sayılarda nokta YKN olarak kullanılmışlardır. Her bir YKN için üç eşitlik oluşturulmuştur. Polinomların bilinmeyenlerini hesaplamak için en küçük karelerle dengeleme yapılmıştır. Modellerin doğruluklarını değerlendirmek için BKN'ler kullanılmıştır. Seçilen BKN'ler YKN olarak kullanılmayan GPS ile ölçüm yapılan noktalar arasından seçilmiştir. Bilinen ve iyileştirilmiş koordinatlar arasındaki fark her modelin karesel ortalama hatasıdır.

Polinomun Derecesi	YKN Sayısı	YKN No.su	YKN KOH (m)			BKN KOH (m)		
			x	y	z	x	y	z
0	1	3	0.00037	0.00483	0.35000	1.45651	2.83485	2.09757
	1	5	0.00050	0.00335	0.23801	1.31816	1.41410	1.61537
	1	7	0.00058	0.00328	0.20857	1.71682	1.23699	1.03427
	1	27	0.00050	0.00415	0.27077	1.67386	1.36747	1.73691
	1	11	0.00050	0.00394	0.27149	1.43498	1.53734	1.67656
	2	3, 7	0.18986	1.22604	1.03182	1.61186	1.79646	1.23956
	4	3, 5, 7, 27	0.93391	1.28635	1.27856	1.23785	1.24907	0.97083
	8	3, 5, 7, 27, 2, 4, 6, 8	0.95103	1.37713	1.02320	1.21008	1.18388	1.01209
1	4	3, 5, 7, 27	0.698159	0.852275	0.441761	1.474412	1.323561	0.840135
	8	3, 5, 7, 27, 2, 4, 6, 8	0.93495	1.16875	0.46505	1.25726	1.26675	0.83790
	12	3, 5, 7, 27, 2, 4, 6, 8, 1, 9, 12, 11	0.96229	1.29151	0.50919	1.38335	1.04932	0.96660
2	10	3, 5, 7, 27, 2, 4, 6, 8, 1, 9	0.47361	0.88802	0.34206	2.07448	1.22992	1.00631
	14	3, 5, 7, 27, 2, 4, 6, 8, 1, 9, 12, 11, 16, 30	0.96039	0.89025	0.65876	1.69626	1.30500	0.89845

Tablo 1. İyileştirilmiş yer koordinatlarının doğrulukları.

5. UYGULAMA

Üç polinom modeli için farklı dağılım ve sayılarda YKN kullanılmıştır. İyileştirme için kullanılan YKN sayısı, YKN numarası, YKN ve BKN'lerin karesel ortalama hataları Tablo 1'de verilmiştir. Şekil 3'te YKN dağılımı görülmektedir.

0'ıncı dereceden polinom, RPC'den elde edilen koordinatlara sadece öteleme getirmektedir. Bir adet YKN'ye ihtiyaç duymaktadır. Bir YKN ile oldukça yeterli doğruluklar elde edilebilmektedir (yatayda 1.5 m. ve düşeyde 2 m). Tablo 1'de görüldüğü üzere YKN'nin konumu ile ilgili mantıklı bir bağ bulunamamıştır.

Ayrıca, hesaplama için kullanılan YKN sayısının sonuçları etkilediği gözlemlenmemektedir. Fakat YKN doğruluğu sonuç doğruluğu doğrudan etkilemektedir. Bundan dolayı, bir adet YKN kullanmak söz konusu YKN'nin hatasına maruz kalmaktadır.

1'inci dereceden polinom, 0'inci dereceden polinom çok az daha iyi sonuçlar vermektedir. Fakat, daha fazla (minimum dört adet) YKN'ye ihtiyaç duymaktadır. YKN sayısının artırılması doğrulukta önemli bir gelişme göstermemektedir.

2'nci dereceden polinom, çok fazla sayıda YKN kullanmasına rağmen doğrulukta önemli bir iyileştirme sağlamamaktadır. Bazı durumlarda, özellikle nokta dağılımının homojen olmadığı durumlarda hatalara maruz kalmaktadır.

YKN KOH'ları modelleme ve YKN doğruluklarını, BKN KOH ise; detay toplama doğruluğunu da içeren planimetrik detayların sonuç konumlandırma doğruluğunun iyi bir tahmini anlamına da gelen yeniden kurgulandırma doğruluğunu yansıtmaktadır. Yine de, 3B modellemenin iç doğruluk modellemesi bu değerlerden daha da iyi olabilir. Sonuç olarak, baskın YKN hatasıyla aynı derecedeki en küçük karelerle dengelemeden artık değerleri elde etmek normal ve güvenlidir (Toutin, 2004b).

Genel sonuçların analizi; 3B fiziksel modelin stereo görüntüler üzerinde tutarlı olduğu ve YKN sayısından bağımsız olarak yerel hatalar yaratmadığını göstermektedir. Bu ifadeler önyargısız olan BKN hataları ile desteklenmektedir.

YKN'nin rolü bir görüntü koordinat dönüşümünü ve böylece görüntü içindeki konumlarını etkilemektedir; daha fazla YKN'nin eklenmesi dengeleme işleminin geometrik kuvvetine bir etki yapmamaktadır. Bunun yerine, basitçe ekstra kontrol noktaları uygun bir ortalama görüntü koordinat düzeltmesi için daha fazla bilgi sağlamaktadır. Tablolardan da görülebileceği gibi elde edilen doğruluk seviyesi ile Tablolardan da görülebileceği gibi elde edilen doğruluk seviyesi ile YKN'lerin konumu ve sayısı arasında doğrudan bir ilişki yoktur. Yine de, çok miktarda kontrol noktasının kullanılması ile coğrafi konumlandırma işleminin güvenilirliği hakkında daha emin olunabilir (Fraser, 2004).

6. SONUÇLAR

Bu makalede, IKONOS stereo görüntülerin RPC'lerden elde edilen koordinatlarını geliştirmek için üç polinom modeli kullanılmıştır. Yeryüzeyi üzerinde işaretlenip statik GPS ölçüleri ile koordinatlandırılan oldukça yüksek doğruluklu (10 cm. altında) YKN'ler kullanılmıştır. Bu üç modelle birlikte farklı YKN dağılımları kullanılmıştır. Çalışma alanı genellikle engebesiz bir arazi yapısındadır. Bu alanda yükseklik değişimi 1000 m. ile 1500 m. arasındadır. Bölgede çok fazla ağaç ve diğer bitki örtüsü detayları yoktur. Ayrıca, YKN'ler tüm arazinin yüksekliklerini homojen şekilde yansıtmaktadır. Aşağıda bu testten çıkarılan sonuçlar sıralanmıştır:

Genellikle üç model arasında önemli bir fark mevcut değildir. Hatta, 0'inci dereceden polinom (bir öteleme) ile yatayda 1.5

m. ve düşeyde 2 m. doğruluklar elde edilebilmektedir. Buradan, IKONOS RPC'lerinin çoğunlukla öteleme hataları içerdikleri anlaşılmaktadır. Bir adet YKN kullanmak hatalara açık olduğu için, ilave bir nokta kullanmanın çoğu uygulamalar için yeterli olabileceği değerlendirilmektedir. Daha çok YKN gerekmesine rağmen 1'inci dereceden polinom kullanmak daha güvenlidir. Ayrıca, YKN dağılımı çok fazla önem arz etmemektedir. 2'nci dereceden polinomlar iyi sonuçlar sağlamasına rağmen, çok sayıda YKN'ye ihtiyaç duymaktadır ve YKN dağılımına duyarlıdır. Testin önemli bir noktası da, düşey doğrultudaki doğrulukların daha önce yapılmış olan çalışmalardaki doğruluklardan daha iyi olmasıdır. Bu belki de, noktaların yol kesimleri gibi detay noktaları olmayıp çıplak yeryüzeyi üzerine işaretlenmesinden dolayıdır. YKN'lerin hassasiyet ve doğruluğu çok yüksek olduğundan hataların YKN'leri görüntü üzerinde işaretlemekten (0.5-1 piksel) kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

Dial, G., 2000, IKONOS satellite mapping accuracy. Proceedings of ASPRS Annual convention, 22–26 May (Washington DC: American Society of Photogrammetry and Remote Sensing (CD ROM)).

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

Fraser, C. S., ve Hanley, H. B., 2003, Bias compensation in Rational Functions for IKONOS Satellite Imagery, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 69, 53–58.

Grodecki, J., ve Dial, G., 2001, Ikonos geometric accuracy, Joint ISPRS Workshop on HRM From Space, 6-8 October, Hannover, 6 p.

Tao, V.C., H, Y., Jiang, W., 2004, Photogrammetric Exploitation of IKONOS Imagery for Mapping Applications, International Journal of Remote Sensing, Vol. 25, No. 14, 2833-2853.

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.

Wang, J., Di, K., Li, R., 2005, Evaluation and Improvement of Geopositioning Accuracy of IKONOS Stereo Imagery, Journal of Surveying Engineering, May 2005, 35-42.

Zhou, G., ve Li, R., 2000, Accuracy evaluation of ground points from IKONOS high-Resolution satellite imagery, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 66(9), 1103–1111.