

GÖKTÜRK-1 UYDU GÖRÜNTÜLERİNİN DOĞRULUK ANALİZİ

G.ARASAN^a, A.YILMAZ^a, O.FIRAT^a, E.AVŞAR^a, H.GÜNER^a, K.AYĞAN^a, D.YÜCE^a

MSB Harita Genel Müdürlüğü, Fotogrametri Dairesi Başkanlığı, 06100, Dikimevi, Ankara (gokhan.arasan; altan.yilmaz; orhan.firat; ertugrul.avsar; hasan.guner; kemal.aygan; damla.yuce)@harita.gov.tr

ANAHTAR KELİMELELER: Göktürk-1, Uydu Görüntüsü, Ortogörüntü, Ortorektifikasyon, SYM, Geometrik Doğruluk

ÖZET:

Uydu görüntüleri, birçok farklı alan ve disiplinde artan coğrafi altlık ihtiyacına cevap vermek bakımından günümüzde özellikle coğrafi kısıtlama olmaksızın elde edilebilmeleri ve zamansal çözünürlükleri nedeniyle önemli bir yere sahiptir. Özellikle büyük proje alanlarına ilişkin ortofoto, harita, vektör veri vb. gibi her türlü coğrafi bilgi ve veri üretim sürecinde, arazide gerçekleştirilmesine ihtiyaç duyulan maliyet ve zaman gerektiren çalışmaları azaltmaya yönelik olanak sağlamaları; konumsal çözünürlüğü yüksek uydu görüntülerine olan ilgiyi artırmaktadır. 05 Aralık 2016 tarihinde uzaya fırlatılan ve 0.50 m konumsal çözünürlükte görüntü elde eden elektro-optik yer gözlem uydusu olan Göktürk-1, ülkemizin yüksek çözünürlüklü görüntü ihtiyacını karşılamayı amaçlamaktadır. Bu çalışmada Göktürk-1 uydusundan iki farklı bölgede elde edilen stereo görüntülerden farklı yöntemlerle üretilen Sayısal Yüzey Modeli (SYM) ve ortogörüntülerin yatay ve düşey doğrulukları araştırılmıştır. Sonuç olarak Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen ortogörüntü ve SYM doğruluklarının, ortogörüntü üretiminde kullanılan Sayısal Arazi Modeli (SAM), seçilen yöntem ve görüntünün çekim açısına göre değişiklik gösterecek olması ile birlikte Göktürk-1 uydusu için açıklanan; ± 2 m'den daha yüksek doğruluklu ortogörüntü ve ± 3 m'den daha yüksek doğruluklu SYM üretilmesine olanak sağlayan nitelikte görüntüler elde edebildiği sonucu ile uyumludur.

1. GİRİŞ

Göktürk-1 uydusu, 05 Aralık 2016 tarihinde TSİ 16.51.51'de Avrupa Uzay Ajansına ait VEGA sistemi ile Fransız Guyana'sından uzaya fırlatılmıştır. Proje kapsamında 1 adet Uydu (0,5 m Elektro-Optik), 1 adet Ana Yer İstasyonu ve 1 adet Mobil Yer İstasyonu temin edilmiştir.

Göktürk-1 Uydusu yörünge istikametine ek olarak doğu-batı veya tersi istikamette de çekim yapabilmektedir. Günlük 902 spot (15x15 km) görüntü alma; 278 çerçeve (spot) görüntü indirme ve işleme kapasitesine sahip olan Göktürk-1 uydusunun konumsal doğruluk değeri; çekim açısı 10°'ye kadar olan görüntüler için Yer Kontrol Noktası (YKN) kullanmaksızın ± 10 m; yeterli doğrulukta YKN kullanılması durumunda ± 2 m'dir (Telespazio, 2017, I). Uydunun stereo görüntüleme kabiliyeti mevcuttur.

Uydu Dünya etrafında her 98 dakikada bir tur atmakta, 24 saat içerisinde ise toplam 14 (bazı günler 15) tur atmaktadır. Uydunun, dünyanın herhangi bir bölgesini görüntüleme sıklığı $\pm 30^\circ$ yönelme açısıyla 2-3 gün arasındadır. Yönelme açısı $\pm 5^\circ$ olduğunda görüntüleme sıklığı yaklaşık 11 güne çıkmaktadır. Uydunun teknik özellikleri Tablo 1'de sunulmuştur (Telespazio, 2017, II).

Özellik	Göktürk-1 Uydusu
Yörünge Tipi	Güneş Eşzamanlı
Yörünge İrtifası	681 km
Eğim Açısı	98,11°
Periyot	98 dk 11 sn.
Spot Boyutu	15 X 15 km
Şerit Genişliği	15 km
Şerit Uzunluğu	780 km / 14.300 km
Konumsal Çözünürlük	0,5 m PAN – 2 m RGB
Radyometrik Çözünürlük	11-Bit
Konumsal Doğruluk	
Yatay	10 m (YKN'siz), 2 m (YKN ile)
Düşey	20 m (YKN'siz), 3 m (YKN ile)
Spektral Bantlar	PAN, RGB, NIR
Günlük Yörünge Sayısı	14-15 (14,7)
Görüntüleme Sıklığı	2-3 gün ($\pm 30^\circ$ açıyla) 11 gün ($\pm 5^\circ$ açıyla)
Uydu Ömrü	7 yıl 3 ay

Tablo 1. Göktürk-1 uydusu teknik özellikleri

Göktürk-1 uydu görüntülerinin veri işleme seviyeleri ve açıklamaları Tablo 2'de belirtilmiştir (Telespazio, 2017, III).

Görüntü Seviyesi	Tanımı
Seviye-0 (L0)	Ham Görüntü
Seviye-1 (L1)	Radyometrik olarak düzeltilmiş görüntü
Seviye-2A (L2A)	Geometrik olarak düzeltilmiş görüntü
Seviye-2B (L2B)	L2A görüntünün WGS84 referans sistemine göre georektifiye edilmesiyle elde edilen görüntü
Seviye-3A (L3A)	Rasyonel Polinom Katsayıları (Rational Polynomial Coefficients, RPC) kullanılarak ortorektifiye edilmiş görüntü
Seviye-3B (L3B)	Yer Kontrol Noktaları kullanılarak coğrafi konumlandırması yapılmış ve kalibre edilmiş ortorektifiye edilmiş görüntü
Seviye-4 (L4)	Sayısal Yükseklik Modeli
Seviye-5 (L5)	Mozaik görüntü
Seviye-6 (L6)	Tematik harita (Sınıflandırma)

Tablo 2. Göktürk-1 uydusu görüntü seviyeleri

Uydu görüntülerini yöneltmek amacıyla kullanıcılara, uydunun fiziksel algılayıcı parametreleri yerine Rasyonel Fonksiyon Modeli Katsayıları sağlanmaktadır. Uyduya ait algılayıcı bilgisinin kullanıcılara verilmemesi için iyi bir yöntemdir (Tao ve Hu, 2002). Rasyonel fonksiyonlar polinomların oranları olduğundan Rasyonel Polinom Katsayıları (RPC) olarak da adlandırılırlar. Uydu görüntüleriyle birlikte sağlanan RPC'ler farklı dağılım ve sayıda YKN kullanılarak iyileştirilebilmektedir (Die vd. 2003).

Uydu görüntülerinin RPC ve/veya YKN kullanılarak geometrik yöneltme doğruluğunun test edilmesi çok sayıda çalışmada ele alınmıştır. Cheng ve Chaapel (2010) 46 cm çözünürlüklü Worldview-2 uydusuyla yaptıkları geometrik doğruluk testinde YKN kullanmaksızın X ve Y doğrultularında sırasıyla 2.6 m ve 1.3 m; sadece bir YKN kullanarak X ve Y doğrultularında sırasıyla 0.7 m ve 1.0 m doğruluk elde etmişlerdir. Yılmaz vd. (2016) hava fotoğrafları ve 46 cm çözünürlüklü Worldview-2 uydusunun geometrik yöneltme doğruluklarının karşılaştırılması çalışmalarında, YKN kullanmaksızın X, Y ve Z doğrultularında sırasıyla 1.9 m, 1.2 m ve 2.2 m doğruluk elde etmişlerdir. Bir YKN kullanılarak doğruluklar X ve Y doğrultularında bir piksel; Z doğrultusunda ise iki piksel seviyesinde olmuştur.

Bu çalışmada seçilen iki bölgede stereo Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen ortogörüntü ve Antalya bölgesinde SYM doğrulukları incelenmiştir.

2. VERİ SETİ VE ÇALIŞMA BÖLGELERİ

Göktürk-1 uydu görüntülerinin yatay ve düşey konum doğruluklarının testi için, Antalya ili Serik ilçesini kapsayan bir çift stereo görüntü ile Ankara ili Etimesgut ve Yenimahalle ilçelerini kapsayan iki adet mono görüntü kullanılmıştır. Her iki bölgede de kullanılan görüntülerden bir tanesi düşük çekim açısına (Nadire Yakın) sahip, diğeri ise yüksek çekim açısına (Nadirden Uzak) sahip görüntüdür. Görüntü özellikleri Tablo 3'te sunulmuştur.

Bölge	Çekim Zamanı	Çekim Açısı	Seviye
Serik (Antalya)	201803310757	7°	L2A
	201803310758	30°	L2A
Etimesgut Yenimahalle (Ankara)	201807060752	28°	L2A
	201807270753	6.5°	L2A

Tablo 3. Kullanılan görüntü özellikleri

Çalışma bölgelerinin genel görünümü Şekil 1 ve Şekil 2'de sunulmuştur.



Şekil 1. Serik/Antalya



Şekil 2. Etimesgut-Yenimahalle/Ankara

Her iki bölge için de çalışmada kullanılan YKN ve test noktaları, HGM tarafından Ultracam Eagle Model geniş formatlı sayısal hava kameraları ile %70 ileri bindirme ve %30 yan bindirme oranları ile 30 cm Yer Örnekleme Aralığında çekilmiş hava fotoğraflarından oluşturulan stereo modeller üzerinden elde

edilen 3 boyutlu kontrol noktalarıdır. Söz konusu kontrol noktalarının yatay konum doğruluğu ± 0.5 m, düşey konum doğruluğu ise ± 1 m'den daha iyidir.

Bu çalışmada gerçekleştirilen ortogörüntü üretimlerinde, stereo modelden elde edilen YKN'lere alternatif olarak, HGM tarafından çekilen güncel hava fotoğraflarından üretilen ve Antalya ile Ankara bölgelerindeki test noktaları ile karşılaştırılmaları sonucunda yatay koordinat farklarının Karesel Ortalama Hata (KOH) değerlerinin sırasıyla ± 0.39 m ve ± 0.56 m olduğu belirlenen güncel ortogörüntülerden otomatik görüntü eşleme yöntemiyle elde edilen noktalar kullanılarak ortorektifikasyon yapılmıştır.

Ortogörüntü üretiminde, stereo görüntülerden elde edilen SAM yerine Harita Genel Müdürlüğü (HGM) tarafından üretilen 10 m Yer Örnekleme Aralıklı Sayısal Arazi Modeli verisi kullanılmıştır. Bunun nedeni, Göktürk-1 uydusu tarafından mono çekilen görüntülerin dış kaynaklı SAM kullanılarak ortorektifiye edilmesi durumunda elde edilecek doğruluğun incelenmesidir. Çalışmada kullanılan SAM'ın Antalya ve Ankara çalışma bölgelerindeki test noktaları ile karşılaştırılmaları sonucunda düşey koordinat farklarının KOH değerlerinin sırasıyla ± 3.49 m ve ± 4.99 m olduğu belirlenmiştir.

3. GÖKTÜRK-1 UYDU GÖRÜNTÜLERİNİN DOĞRULUK ANALİZİ

3.1 Çalışmada İzlenen Yol

Çalışmada her iki veri setinde de mevcut olan nadire yakın (düşük çekim açısına sahip) görüntülerden 7, nadirden uzak (yüksek çekim açısına sahip) görüntülerden ise 3 farklı yöntem ile ortogörüntü üretilmiş ve söz konusu ortogörüntülerin doğrulukları incelenmiştir.

Antalya bölgesinde stereo veri setinden 2 farklı yöntem ile SYM verisi üretilmiş ve doğrulukları incelenmiştir. Ortogörüntü ve SYM üretiminde izlenen yöntemlere ilişkin özet bilgi Tablo 4'te sunulmuştur.

Ortogörüntü ve SYM üretimleri PCI GXL ve Erdas IMAGINE yazılımları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Bölge	Ürün	İzlenen Yöntem						
		RPC	Referans Ortogörüntü	1 YKN	5 YKN	10 YKN	15 YKN	20 YKN
Antalya Ankara	Nadire Yakın Ortogörüntü	•	•	•	•	•	•	•
	Nadirden Uzak Ortogörüntü	•		•		•		
Antalya	SYM	•		•				

Tablo 4. Ortogörüntü ve SYM üretiminde izlenen yöntemlere ilişkin özet bilgi

3.2 Serik/Antalya Bölgesinde Doğruluk Analizi

3.2.1 Serik/Antalya Nadire Yakın Görüntüsünün Yatay Doğruluk Analizi: Çalışmada, 31 Mart 2018 tarihinde çekilen iki adet L2A seviyesindeki uydu görüntüsü kullanılmıştır. Nadire yakın görüntü 7° çekim açısına sahip iken nadirden uzak görüntü 30° çekim açısına sahiptir. Çalışma bölgesinde YKN ve test noktası olarak, elde edilmiş biçimleri 2'nci Bölüm'de açıklanan 44 adet nokta kullanılmıştır. Teste tabi tutulan nadire yakın görüntü ile testte kullanılan YKN ve test noktalarının dağılımı Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Nadire yakın görüntü ile 44 adet YKN ve test noktasının dağılımı.

3.2.1.1 RPC Parametreleri ile Ortorektifikasyon İşlemi:

Nadire yakın görüntünün yatay konumsal doğruluğunun incelenmesi amacıyla izlenen ilk yöntemde, doğrudan yörünge parametrelerinden belirlenen RPC modeli kullanılarak ortorektifikasyon yapılmış ve elde edilen ortogörüntünün doğruluğu Şekil 3'te sunulan 44 test noktası ile kontrol edilmiştir.

Üretilen ortogörüntünün doğruluğunun belirlenmesi amacıyla test noktalarında yapılan karşılaştırma sonucunda elde edilen farkların istatistikleri Tablo 5'de sunulmuştur.

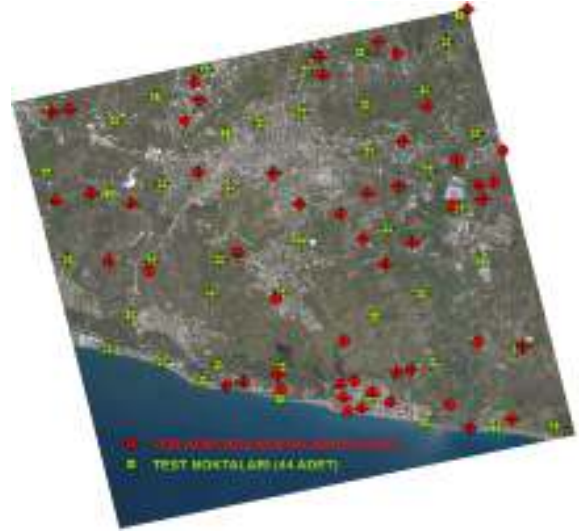
YKN Sayısı	-
Test Noktası Sayısı	44
KOH (m)	± 8.48
CE90 (m)	± 12.87

Tablo 5. RPC parametreleri ile üretilen ortogörüntünün doğruluk analizi

3.2.1.2 Referans Görüntü Kullanılarak Ortorektifikasyon İşlemi:

Nadire yakın görüntünün yatay konumsal doğruluğunun incelenmesi amacıyla izlenen ikinci yöntemde, HGM tarafından çekilen güncel hava fotoğraflarından üretilen referans ortogörüntülerden (Şekil 4) otomatik görüntü eşleme yöntemiyle elde edilen noktalar kullanılarak yöneltme parametrelerinin iyileştirilmesi suretiyle ortorektifikasyon yapılmıştır.

Ortorektifikasyon işleminde, otomatik görüntü eşleme yöntemi ile referans ortogörüntülerden elde edilen ve Şekil 4'te sunulan uygun dağılımlı 53 adet YKN kullanılmıştır.



Şekil 4. Otomatik görüntü eşleme yöntemi ile referans ortogörüntülerden elde edilen 53 adet YKN'nin dağılımı

Üretilen ortogörüntünün doğruluğunun belirlenmesi amacıyla test noktalarında yapılan karşılaştırma sonucunda elde edilen farkların istatistikleri Tablo 6'da sunulmuştur.

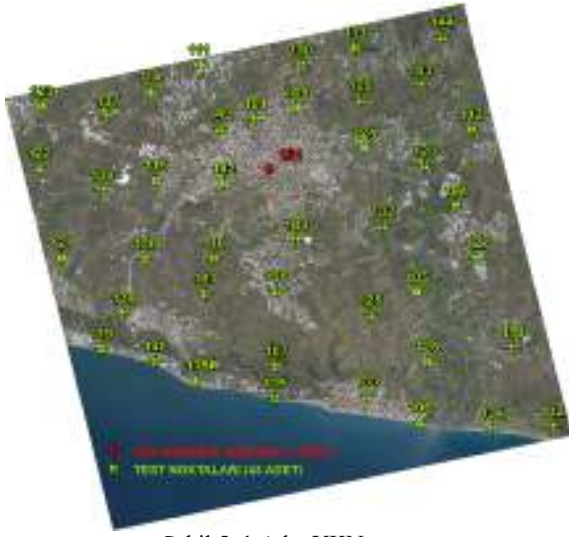
YKN Sayısı (Otomatik görüntü eşleme yöntemi ile üretilmiştir)	53
Test Noktası Sayısı	44
KOH (m)	± 0.75
CE90 (m)	± 1.14

Tablo 6. Referans ortogörüntülerden elde edilen 53 adet YKN kullanılarak üretilen ortogörüntünün doğruluk analizi

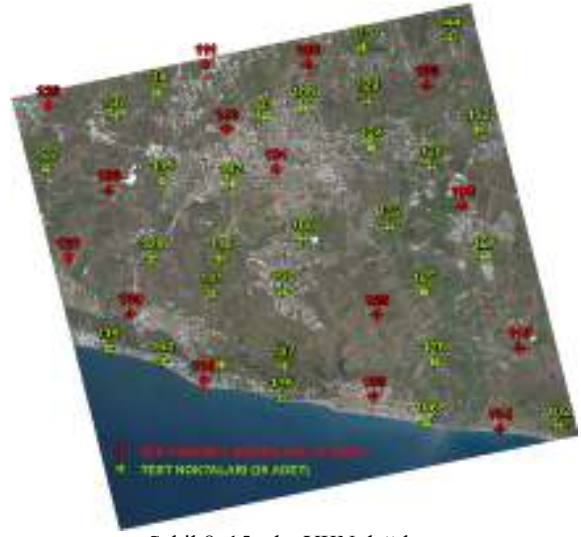
Nadire yakın görüntünün yatay konumsal doğruluğunun incelenmesi amacıyla izlenen bundan sonraki beş yöntemde de farklı sayıda YKN kullanılarak yöneltme parametrelerinin iyileştirilmesi suretiyle ortorektifikasyon yapılmış ve YKN sayısı ile doğruluk değişimi arasındaki korelasyon incelenmiştir.

3.2.1.3 YKN Kullanılarak Ortorektifikasyon İşlemi:

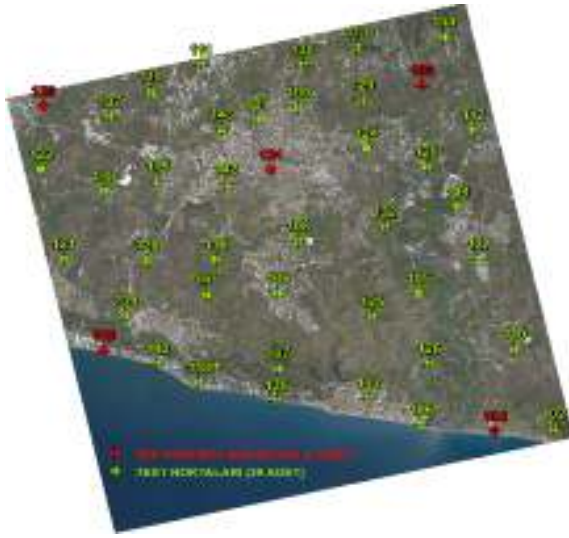
HGM tarafından çekilen hava fotoğraflarından oluşturulan ve 2'nci Bölüm'de açıklanan stereo modeller üzerinden elde edilen ve dağılımı sırasıyla Şekil 5,6,7,8,9'da sunulan 1,5,10,15 ve 20 adet YKN kullanılarak gerçekleştirilen ortorektifikasyon sonucunda elde edilen ortogörüntülerin doğruluğu, yine Şekil 5,6,7,8,9'da sunulan ve ortorektifikasyon işlemine dâhil edilmeyen YKN noktalarından oluşan test noktaları ile kontrol edilmiştir.



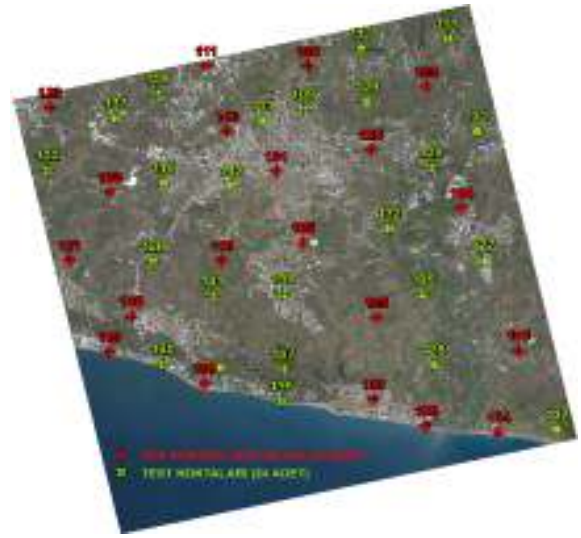
Şekil 5. 1 Adet YKN



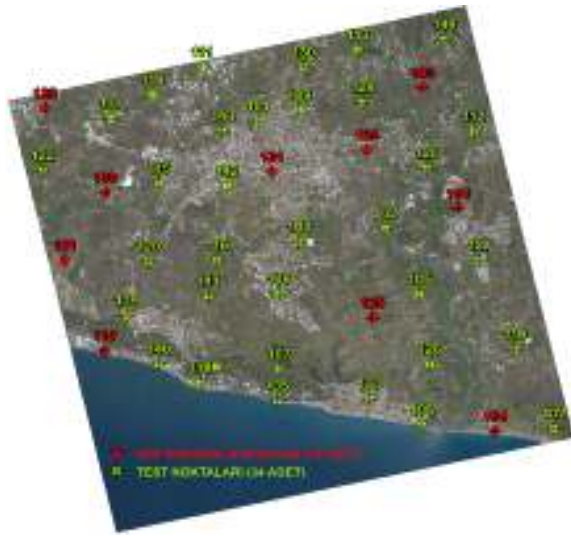
Şekil 8. 15 adet YKN dağılımı



Şekil 6. 5 adet YKN dağılımı



Şekil 9. 20 adet YKN dağılımı



Şekil 7. 10 adet YKN dağılımı

Üretilen ortogörüntülerin doğruluklarının belirlenmesi amacıyla test noktalarında yapılan karşılaştırma sonucunda elde edilen farkların istatistikleri Tablo 7'de sunulmuştur.

YKN Sayısı	1	5	10	15	20
Test Noktası Sayısı	43	39	34	29	24
KOH (m)	± 1.47	± 1.14	± 1.06	± 1.25	± 0.74
CE90 (m)	± 2.23	± 1.73	± 1.61	± 1.90	± 1.12

Tablo 7. YKN kullanılarak üretilen ortogörüntülerin doğruluk analizi

3.2.2 Serik/Antalya Nadirden Uzak Görüntüsünün Yatay Doğruluk Analizi: L2A seviyesindeki 30° çekim açısına sahip nadirden uzak Göktürk-1 uydu görüntüsü, RPC parametreleri ve Antalya bölgesinin 2015 yılına ait hava fotoğraflarından oluşturulan stereo modelden elde edilen 1 ve 10 adet YKN kullanılarak ortogörüntü üretilmiş ve doğrulukları incelenmiştir. Teste tabi tutulan nadirden uzak görüntü ile teste kullanılan YKN ve test noktalarının dağılımı Şekil 10'da gösterilmiştir.



Şekil 10. Nadirden uzak görüntü ile 51 adet YKN ve test noktasının dağılımı.



Şekil 11. 1 adet YKN

3.2.2.1 RPC Parametreleri ile Ortorektifikasyon İşlemi:

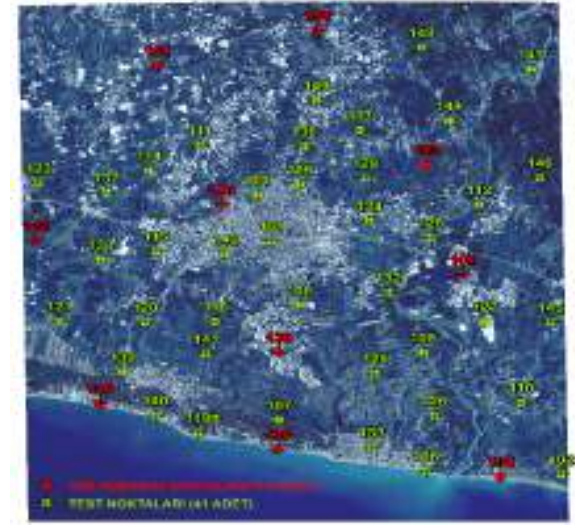
Nadirden uzak görüntünün yatay konumsal doğruluğunun incelenmesi amacıyla uygulanan ilk yöntemde, doğrudan yörünge parametrelerinden belirlenen RPC modeli kullanılarak ortorektifikasyon yapılmış ve elde edilen ortogörüntünün doğruluğu Şekil 10'da sunulan 51 test noktası ile kontrol edilmiştir.

Üretilen ortogörüntünün doğruluğunun belirlenmesi amacıyla test noktalarında yapılan karşılaştırma sonucunda elde edilen farkların istatistikleri Tablo 8'de sunulmuştur.

YKN Sayısı	-
Test Noktası Sayısı	51
KOH (m)	± 11.14
CE90 (m)	± 16.90

Tablo 8. RPC parametreleri ile üretilen ortogörüntünün doğruluk analizi

3.2.2.2 YKN Kullanılarak Ortorektifikasyon İşlemi: HGM tarafından çekilen hava fotoğraflarından oluşturulan ve 2'nci Bölüm'de açıklanan stereo modeller üzerinden elde edilen ve dağılımı sırasıyla Şekil 11 ve 12'de sunulan 1 ve 10 adet YKN kullanılarak gerçekleştirilen ortorektifikasyon sonucunda elde edilen ortogörüntülerin doğruluğu, yine Şekil 11 ve 12'de sunulan ve ortorektifikasyon işlemine dâhil edilmeyen YKN noktalarından oluşan test noktaları ile kontrol edilmiştir.



Şekil 12. 10 adet YKN

Üretilen ortogörüntünün doğruluğunun belirlenmesi amacıyla test noktalarında yapılan karşılaştırma sonucunda elde edilen farkların istatistikleri Tablo 9'da sunulmuştur.

YKN Sayısı	1	10
Test Noktası Sayısı	50	41
KOH (m)	± 2.72	± 2.39
CE90 (m)	± 4.13	± 3.63

Tablo 9. YKN kullanılarak üretilen ortogörüntülerin doğruluk analizi

Serik/Antalya bölgesinde yapılan yatay doğruluk analizi sonucunda; çekim açısı 7° olan bir görüntünün sadece RPC parametreleri ile ortorektifiye edilmesi sonucunda yatay konumsal doğruluğun %90 güven aralığında ± 12.87 m olduğu, farklı nitelik ve sayıda YKN noktası kullanılarak yöneltme parametrelerinin iyileştirilmesi durumunda ise aynı doğruluk değerinin ± 1.12 m ile ± 2.23 m arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Çekim açısı 30° olan bir görüntünün ise sadece RPC parametreleri ile ortorektifiye edilmesi sonucunda yatay konumsal doğruluğun %90 güven aralığında ± 16.90 m olduğu, 1 ve 10 adet YKN noktası kullanılarak yöneltme parametrelerinin

iyileştirilmesi durumunda ise aynı doğruluk değerinin sırasıyla ± 4.13 m ile ± 3.63 m arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Çekim açısının artmasına bağlı olarak doğrulukta meydana gelen düşüşün yaklaşık 1.60 m'lik kısmının ortogörüntü üretiminde kullanılan ve bu bölgedeki doğruluğu yaklaşık ± 3.50 m olan SAM'dan kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

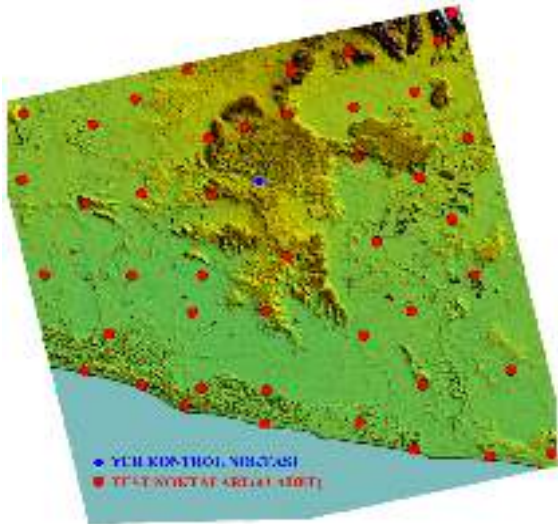
3.2.3 Sayısal Yüzey Modeli Doğruluk Analizi: Düşey doğruluğunun incelenmesi amacıyla iki farklı yöntem ile SYM üretilmiştir. İlk yöntemde, doğrudan yörünge parametrelerinden belirlenen RPC modeli kullanılarak SYM oluşturulmuş; ikinci yöntemde ise sadece 1 adet YKN kullanılarak SYM üretilmiştir. Her iki yöntemle üretilen SYM'lerin doğruluğu test noktaları ile kontrol edilmiştir.

3.2.3.1 RPC Parametreleri ile SYM Üretimi: RPC modeli ile üretilen SYM'nin doğruluğu, Şekil 3'te sunulan test noktaları ile kontrol edilmiştir. Test noktalarının düşey doğruluklarına ilişkin istatistikler Tablo 10'da sunulmuştur.

YKN Sayısı	-
Test Noktası Sayısı	44
KOH (m)	± 2.84
LE90 (m)	± 4.67

Tablo 10. RPC parametreleri ile üretilen SYM'nin doğruluk analizi

3.2.3.2 YKN Kullanılarak SYM Üretimi: İkinci yöntem olarak, 2'nci Bölüm'de açıklanan stereo modeller üzerinden elde edilen ve Şekil 13'te sunulan 1 adet YKN kullanılarak RPC modelinin iyileştirilmesi suretiyle SYM üretilmiş ve üretilen SYM'nin doğruluğu Şekil 13'te sunulan test noktaları ile kontrol edilmiştir.



Şekil 13. SYM üretiminde kullanılan 1 adet YKN ile 43 adet test noktası.

Üretilen SYM'nin doğruluğunun belirlenmesi amacıyla test noktalarında yapılan karşılaştırma sonucunda elde edilen farkların istatistikleri Tablo 11'de sunulmuştur.

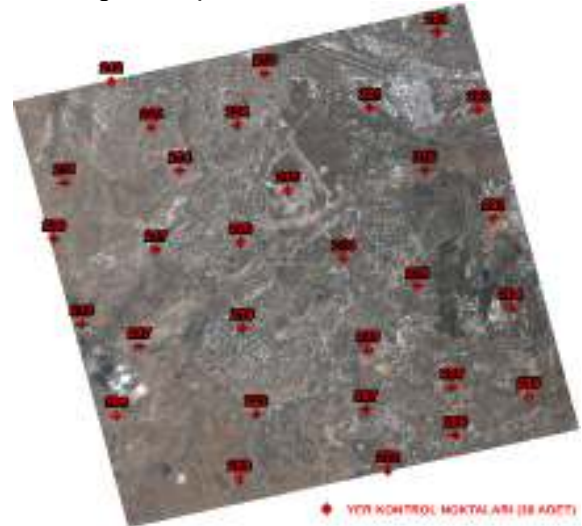
YKN Sayısı	1
Test Noktası Sayısı	43
KOH (m)	± 1.30
LE90 (m)	± 2.14

Tablo 11. 1 adet YKN kullanılarak üretilen SYM'nin doğruluk analizi

Serik/Antalya bölgesinde yapılan düşey doğruluk analizi sonucunda; bir stereo görüntü çiftinden sadece RPC parametreleri ile üretilen SYM doğruluğunun %90 güven aralığında ± 4.67 m olduğu, 1 adet YKN noktası kullanılarak üretilen SYM doğruluğunun ise ± 2.14 m olduğu tespit edilmiştir.

3.3 Etimesgut-Yenimahalle/Ankara Bölgesinde Doğruluk Analizi

3.3.1 Etimesgut-Yenimahalle/Ankara Nadire Yakın Görüntüsünün Yatay Doğruluk Analizi: L2A seviyesindeki 6.5° çekim açısına sahip Göktürk-1 uydu görüntüsü YKN noktaları kullanılarak üretime tabi tutulmuştur. Kullanılan YKN noktaları, Ankara bölgesinin 2018 yılına ait hava fotoğraflarından stereo model oluşturularak 30 adet noktanın koordinatı okunmuştur. Okunan YKN noktalarının dağılımı Şekil 14'te gösterilmiştir.



Şekil 14. 30 adet YKN dağılımı

3.3.1.1 RPC Parametreleri ile Ortorektifikasyon İşlemi: Nadire yakın görüntünün yatay konumsal doğruluğunun incelenmesi amacıyla izlenen ilk yöntemde, doğrudan yörünge parametrelerinden belirlenen RPC modeli kullanılarak ortorektifikasyon yapılmış ve elde edilen ortogörüntünün doğruluğu Şekil 14'te sunulan 30 test noktası ile kontrol edilmiştir.

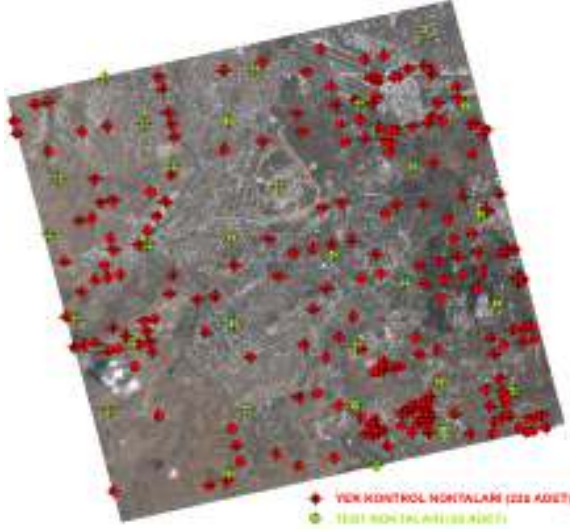
Üretilen ortogörüntünün doğruluğunun belirlenmesi amacıyla test noktalarında yapılan karşılaştırma sonucunda elde edilen farkların istatistikleri Tablo 12'de sunulmuştur.

YKN Sayısı	-
Test Noktası Sayısı	30
KOH (m)	± 5.51
CE90 (m)	± 8.36

Tablo 12. RPC parametreleri ile üretilen ortogörüntünün doğruluk analizi

3.3.1.2 Referans Görüntü Kullanılarak Ortorektifikasyon İşlemi: Nadire yakın görüntünün yatay konumsal doğruluğunun incelenmesi amacıyla izlenen ikinci yöntemde, HGM tarafından çekilen güncel hava fotoğraflarından üretilen referans ortogörüntülerden (Şekil 14) otomatik görüntü eşleme yöntemiyle elde edilen noktalar kullanılarak yöneltme parametrelerinin iyileştirilmesi suretiyle ortorektifikasyon yapılmıştır.

Otomatik görüntü eşleme yöntemi ile referans ortogörüntülerden uygun dağılımlı 225 adet YKN elde edilmiş ve ortorektifikasyon işleminde kullanılmıştır. Söz konusu 225 adet YKN'nin dağılımı Şekil 15'de sunulmuştur.



Şekil 15. Otomatik görüntü eşleme yöntemi ile referans ortogörüntülerden elde edilen 225 adet YKN'nin dağılımı

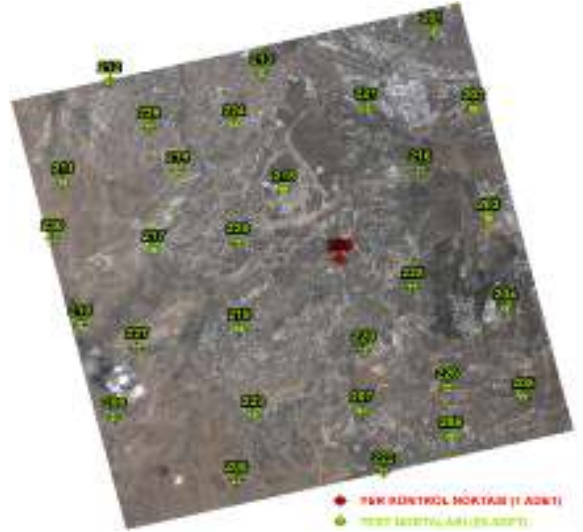
Üretilen ortogörüntünün doğruluğunun belirlenmesi amacıyla test noktalarında yapılan karşılaştırma sonucunda elde edilen farkların istatistikleri Tablo 13'te sunulmuştur.

YKN Sayısı (Otomatik görüntü eşleme yöntemi ile üretilmiştir)	225
Test Noktası Sayısı	30
KOH (m)	± 0.76
CE90 (m)	± 1.15

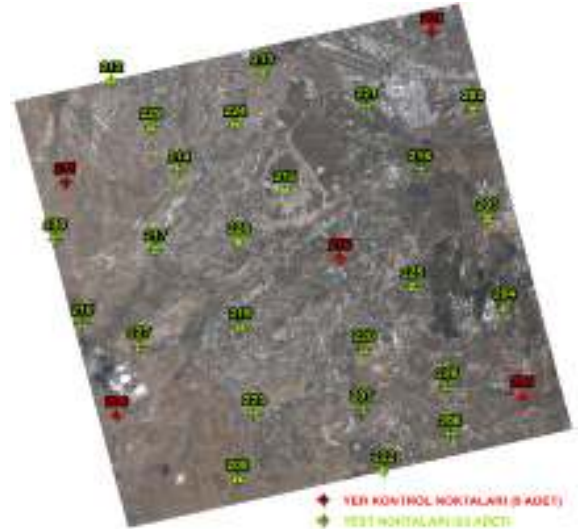
Tablo 13. Referans ortogörüntülerden elde edilen 225 adet YKN kullanılarak üretilen ortogörüntünün doğruluk analizi

Nadir görüntünün yatay konumsal doğruluğunun incelenmesi amacıyla izlenen bundan sonraki beş yöntemde de farklı sayıda YKN kullanılarak yöneltme parametrelerinin iyileştirilmesi suretiyle ortorektifikasyon yapılmış ve YKN sayısı ile doğruluk değişimi arasındaki korelasyon incelenmiştir.

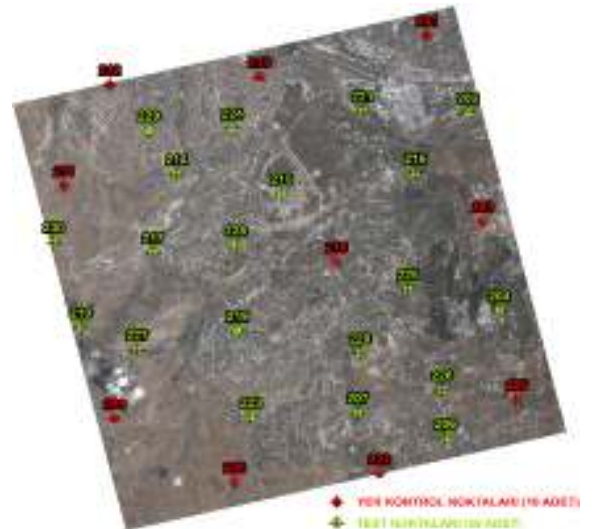
3.3.1.3 YKN Kullanılarak Ortorektifikasyon İşlemi: HGM tarafından çekilen hava fotoğraflarından oluşturulan ve 2'nci Bölüm'de açıklanan stereo modeller üzerinden elde edilen ve dağılımı sırasıyla Şekil 16,17,18,19 ve 20'de sunulan 1,5,10,15 ve 20 adet YKN kullanılarak gerçekleştirilen ortorektifikasyon sonucunda elde edilen ortogörüntülerin doğruluğu, yine Şekil 16,17,18,19 ve 20'de sunulan ve ortorektifikasyon işlemine dâhil edilmeyen YKN noktalarından oluşan test noktaları ile kontrol edilmiştir.



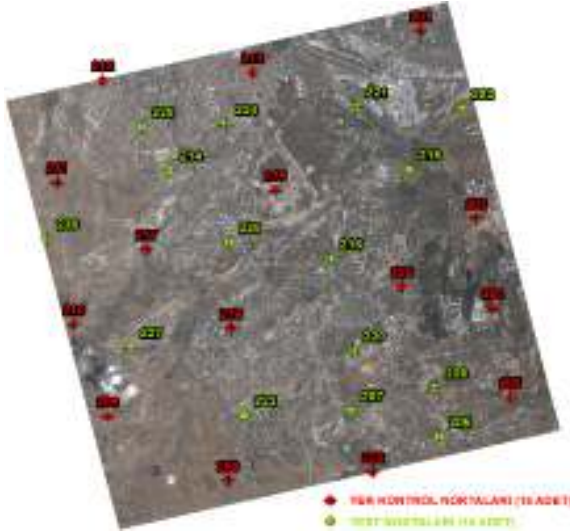
Şekil 16. 1 adet YKN



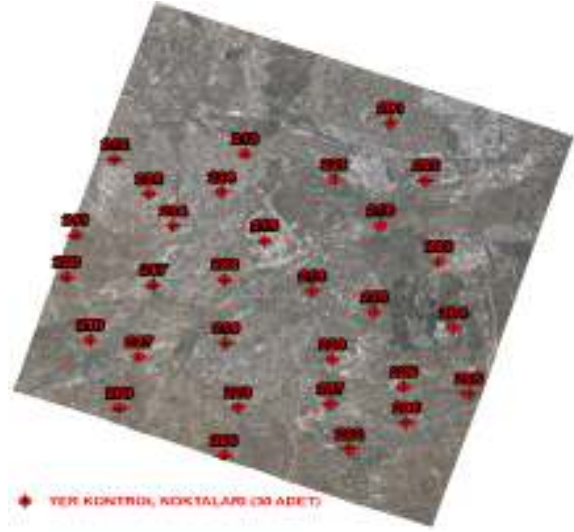
Şekil 17. 5 adet YKN dağılımı



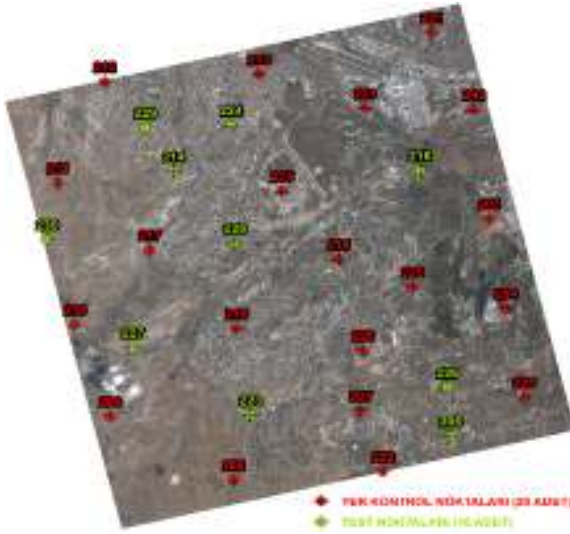
Şekil 18. 10 adet YKN dağılımı



Şekil 19. 15 adet YKN dağılımı



Şekil 21. Nadirden uzak görüntü ile 30 adet YKN ve test noktasının dağılımı.



Şekil 20. 20 adet YKN dağılımı

Üretilen ortogörüntülerin doğruluklarının belirlenmesi amacıyla test noktalarında yapılan karşılaştırma sonucunda elde edilen farkların istatistikleri Tablo 14’te sunulmuştur.

YKN Sayısı	1	5	10	15	20
Test Noktası Sayısı	29	25	20	15	10
KOH (m)	± 0.77	± 0.76	± 0.95	± 0.88	± 0.98
CE90 (m)	± 1.17	± 1.15	± 1.44	± 1.34	± 1.49

Tablo 14. YKN kullanılarak üretilen ortogörüntünün doğruluk analizi

3.3.2 Etimesgut-Yenimahalle/Ankara Nadirden Uzak Görüntüsünün Yatay Doğruluk Analizi: L2A seviyesindeki 28° çekim açısına sahip Göktürk-1 uydu görüntüsü; RPC parametreleri ve Ankara bölgesinin 2018 yılına ait hava fotoğraflarından stereo model oluşturularak koordinatı okunan 1 ve 10 adet YKN noktaları kullanılarak üretime tabi tutulmuştur. Teste tabi tutulan nadirden uzak görüntü ile testte kullanılan YKN ve test noktalarının dağılımı Şekil 21’de gösterilmiştir.

3.3.2.1 RPC Parametreleri ile Ortorektifikasyon İşlemi: Nadir uzak görüntünün yatay konumsal doğruluğunun incelenmesi amacıyla izlenen ilk yöntemde, doğrudan yörünge parametrelerinden belirlenen RPC modeli kullanılarak ortorektifikasyon yapılmış ve elde edilen ortogörüntünün doğruluğu Şekil 21’de sunulan 30 test noktası ile kontrol edilmiştir.

Üretilen ortogörüntünün doğruluğunun belirlenmesi amacıyla test noktalarında yapılan karşılaştırma sonucunda elde edilen farkların istatistikleri Tablo 15’de sunulmuştur.

YKN Sayısı	-
Test Noktası Sayısı	30
KOH (m)	± 8.35
CE90 (m)	± 12.67

Tablo 15. RPC parametreleri ile üretilen ortogörüntünün doğruluk analizi

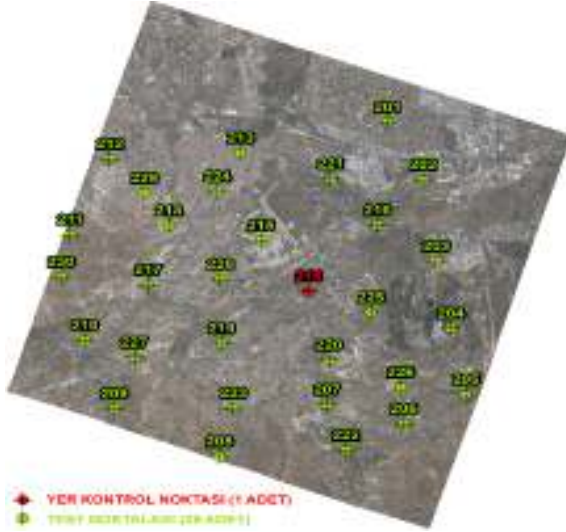
3.3.2.2 YKN Kullanılarak Ortorektifikasyon İşlemi: HGM tarafından çekilen hava fotoğraflarından oluşturulan ve 2’nci Bölüm’de açıklanan stereo modeller üzerinden elde edilen ve dağılımı sırasıyla Şekil 22 ve 23’te sunulan 1 ve 10 adet YKN kullanılarak gerçekleştirilen ortorektifikasyon sonucunda elde edilen ortogörüntülerin doğruluğu, yine Şekil 22 ve 23’te sunulan ve ortorektifikasyon işlemine dâhil edilmeyen YKN noktalarından oluşan test noktaları ile kontrol edilmiştir.

Üretilen ortogörüntünün doğruluğunun belirlenmesi amacıyla test noktalarında yapılan karşılaştırma sonucunda elde edilen farkların istatistikleri Tablo 16’da sunulmuştur.

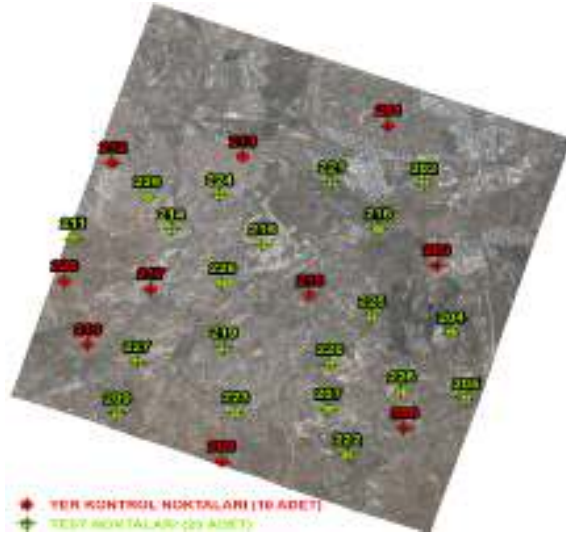
YKN Sayısı	1	10
Test Noktası Sayısı	29	20
KOH (m)	± 2.75	± 2.11
CE90 (m)	± 4.17	± 3.20

Tablo 16. YKN kullanılarak üretilen ortogörüntünün doğruluk analizi

4. SONUÇ VE ÖNERİLER



Şekil 22. 1 adet YKN



Şekil 23. 10 Adet YKN

Etimesgut-Yenimahalle/Ankara bölgesinde yapılan yatay doğruluk analizi sonucunda; çekim açısı 6.5° olan bir görüntünün sadece RPC parametreleri ile ortorektifiye edilmesi sonucunda yatay konumsal doğruluğun %90 güven aralığında ± 8.36 m olduğu, farklı nitelik ve sayıda YKN noktası kullanılarak yöneltme parametrelerinin iyileştirilmesi durumunda ise aynı doğruluk değerinin ± 1.15 m ile ± 1.49 m arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Çekim açısı 28° olan bir görüntünün ise sadece RPC parametreleri ile ortorektifiye edilmesi sonucunda yatay konumsal doğruluğun %90 güven aralığında ± 16.90 m olduğu, 1 ve 10 adet YKN noktası kullanılarak yöneltme parametrelerinin iyileştirilmesi durumunda ise aynı doğruluk değerinin sırasıyla ± 4.17 m ile ± 3.20 m arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Çekim açısının artmasına bağlı olarak doğrulukta meydana gelen düşüşün yaklaşık 2.10 m'lik kısmının ortogörüntü üretiminde kullanılan ve bu bölgedeki doğruluğu yaklaşık ± 5.00 m olan SAM'dan kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

ÜRÜN	Yöntem	ANTALYA				ANKARA			
		Çekim Açısı (7°)		Çekim Açısı (30°)		Çekim Açısı (6.5°)		Çekim Açısı (28°)	
		KOH (m)	CE90 (m)	KOH (m)	CE90 (m)	KOH (m)	CE90 (m)	KOH (m)	CE90 (m)
ORTOGÖRÜNTÜ	RPC	± 8.48	± 12.87	± 11.14	± 16.90	± 5.51	± 8.36	± 8.35	± 12.67
	Referans	± 0.75	± 1.14			± 0.76	± 1.15		-
	1 YKN	± 1.47	± 2.23	± 2.72	± 4.13	± 0.77	± 1.17	± 2.75	± 4.17
	5 YKN	± 1.14	± 1.73			± 0.76	± 1.15		-
	10 YKN	± 1.06	± 1.61	± 2.39	± 3.63	± 0.95	± 1.44	± 2.11	± 3.20
	15 YKN	± 1.25	± 1.90		-	± 0.88	± 1.34		-
20 YKN	± 0.74	± 1.12		-	± 0.98	± 1.49		-	

Tablo 17. Doğruluk analizi özeti

ÜRÜN	Yöntem	ANTALYA	
		KOH (m)	LE90 (m)
SYM	RPC	± 2.84	± 4.67
	1 YKN	± 1.30	± 2.14

Tablo 18. Doğruluk analizi özeti

Göktürk-1 uydusuna ait görüntülerinin ortorektifikasyon işlemi çeşitli metotlar kullanılmaktadır. Yapılan bu çalışmada doğrudan RPC parametreleri ve referans ortogörüntüler ile stereo modelden elde edilen YKN noktaları kullanılarak ortogörüntü ve SYM üretilmiş, üretilen ortogörüntü ve SYM'lerin doğrulukları analiz edilmiştir.

Bu çalışmada ortorektifikasyon aşamasında stereo görüntülerden elde edilen SAM yerine doğrulukları yaklaşık 3.50-5.00 m olan dış kaynaklı SAM verisi kullanılmıştır.

Çalışmada elde edilen ve Tablo 17 ve 18'de sunulan değerler ışığında;

Çekim açısı nadire yakın (10°'ye kadar) olan Göktürk-1 uydu görüntülerinden:

- YKN kullanılmaksızın (sadece RPC parametreleri ile) %90 güven aralığında ± 10 m'den daha yüksek doğruluklu ortogörüntü ve ± 20 m'den daha yüksek doğruluklu SYM üretilebileceği,
- En az bir YKN kullanılarak yöneltme parametrelerinin iyileştirilmesi durumunda %90 güven aralığında ± 2 m'den daha yüksek doğruluklu ortogörüntü ve ± 3 m'den daha yüksek doğruluklu SYM üretilebileceği,
- Sadece 1 adet YKN kullanılması durumunda ortogörüntü ve SYM doğruluğunun önemli oranda iyileştiği, 1 YKN'den fazla nokta kullanılması durumunda doğrulukta anlamlı bir iyileşme olmadığı ancak görüntünün genelinde homojen doğruluğun sağlanması bakımından uygun dağılımda fazla sayıda nokta kullanılmasının önemli olduğu,
- HGM tarafından çekilen hava fotoğraflarından üretilen ortogörüntülerin referans alınması suretiyle yöneltme parametrelerinin iyileştirilmesi durumunda ± 2 m'den daha yüksek doğruluklu ortogörüntü üretilebileceği değerlendirilmektedir.

5. KAYNAKLAR

- Cheng P., Chaapel C. (2010) Pan-sharpening and geometric correction of WorldView-2 satellite. *GEOInformatics* 2010:30–33
- Di, K., Ma R. ve Li R.. (2003) Rational functions and potential for rigorous sensor model recovery. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 69(1), 33-41.
- Tao, V., Hu, Y. (2002) 3D Reconstruction methods based on the rational function model. *Photogramm. Eng Remote Sens* 68(7):705–714
- Telespazio, 2017, I, Göktürk-1 Kullanıcı Kılavuzu
- Telespazio, 2017, II, Göktürk-1 Sistem Özellikleri Teknik Notu
- Telespazio, 2017, III, Göktürk-1 Ürün Tanımlamaları Teknik Notu
- Yılmaz A., Erdogan M., Maras H.H., Aktug B. ve Maras S.S. (2016) Did satellite imagery supersede aerial imagery? A perspective from 3D ge positioning accuracy. *Arab J Geosci* (2016) 9: 324 DOI 10.1007/s12517-016-2386-x