

İKONOS VE QUICKBIRD UYDU GÖRÜNTÜLERİNİN GEOMETRİK DOĞRULUK VE DETAY DEĞERLENDİRME YÖNÜNDEN İNCELENMESİ

V.O.Atak^{a,*} ve M. O. Altan^b

^a Harita Genel Komutanlığı, 06100, Ankara, Türkiye - okan.atak@hgk.mil.tr

^b İTÜ, İnşaat Fakültesi, 80626 Maslak-İstanbul, Türkiye - oaltan@itu.edu.tr

Komisyon IV, WG IV/9

ANAHTAR KELİMELER: Yüksek Çözünürlük, İkonos, Quickbird, Sayısal Yükseklik Modeli, Geometri, Haritacılık, Detay

ÖZET:

Yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin son yıllarda eriştiği üstün kalite düzeyi, bu verilerin ortofoto görüntüler ve farklı haritacılık üretimleri konusunda iyi bir veri kaynağı olabileceğini kanıtlamıştır. Bu nedenle, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin geometrik doğruluk yönünden incelenmesi amacıyla Ankara yakınlarındaki Gölbaşı bölgesinde bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma için 12 adet yer kontrol noktası (YKN) tespit edilmiş ve görüntü alımından önce bu noktalar işaretlenmiştir. Daha sonra stereo İkonos ve mono Quickbird görüntüleri ile 1 / 16.000 ölçekli stereo hava fotoğrafları İnta Şirketler Grubu (Türkiye), Eurimage (İtalya) ve Harita Genel Komutanlığından (Türkiye) temin edilmiştir.

Geometrik doğruluk çalışması için öncelikle fotogrametrik ve kartografik yöntemler ile İkonos uydu görüntülerinden sayısal yükseklik modelleri (SYM) elde edilerek farklı sayı ve dağılımda bulunan YKN ile ortofotolar üretilmiştir. Arazide belirgin olarak tespit edilebilen 27 adet bağımsız kontrol noktası (test noktası) seçilmiş ve bunların koordinatları GPS ile arazide ölçülmüştür. Bağımsız kontrol noktalarının GPS koordinatları, aynı noktaların tüm ortofoto görüntüler üzerinde okunan koordinatları ile karşılaştırılmış ve aradaki farklar belirlenmiştir.

Detay değerlendirme çalışmaları için ise bölgede farklı özelliklere sahip 3 alan seçilmiştir. 3 farklı operatör bu alanlarda 1 / 5.000 ölçekli harita değerlendirmeleri yapmışlardır. Bu çalışmalarda, 62 katmanda sınıflandırılmış olan detaylardan görülebilenlerin tamamı değerlendirilmiştir. Farklı kaynaklardan yapılan bu değerlendirmeler karşılaştırılmış ve arazide kontrol edilmiştir.

Geometrik doğruluk araştırmaları sonucunda yapılan değerlendirmeler, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin orta / büyük ölçekli (1 / 6.000 – 1 / 10.000) harita üretim çalışmalarında kullanılabilirliğini göstermektedir. Bununla birlikte detay değerlendirme araştırmaları da bu görüntülerin henüz bazı küçük detayları tespit ve teşhis konusunda hala yetersiz olduklarını tekrarlamaktadırlar.

1. GİRİŞ

İkonos ve Quickbird gibi yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin son yıllarda eriştiği üstün kalite düzeyi, bu verilerin ortofoto görüntüler ve farklı haritacılık üretimleri konusunda iyi bir veri kaynağı olabileceğini kanıtlamıştır. Özellikle, hava fotoğrafçılığının politik engeller ve / veya kısıtlamalar nedeniyle yetersiz olduğu ya da ekonomik olmadığı durumlarda bu verilerin kullanılabilmesi büyük bir önem arz etmektedir (Li ve diğ., 2000).

Görüntü kalitesinin araştırılmasında iki temel kriter vardır; geometrik doğruluk ve detay değerlendirme. Bu kriterler temel olarak; piksel boyutu ile harita ölçeği arasındaki ilişkiye, kontrast bilgilerine (spektral aralık ve renk), atmosfere ve güneş yükseklik açısına, kağıt basım teknolojisine ve insan gözünün okuma mesafesindeki çözünürlüğüne bağlıdır (Topan ve diğ., 2004).

Yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri hakkındaki araştırmalar temel olarak ortofoto ve sayısal yükseklik modeli (SYM) üretimi ile ilgilenen geometrik doğruluk araştırmalarına odaklanmışlardır (örneğin; Grodecki ve Dial, 2001; Toutin, 2004). Bu araştırmalara ilave olarak bazı çalışmalar gittikçe artan bir şekilde; detay tespiti ve teşhisi, otomatik yol ve 3 boyutlu (3B) olarak ağaçlar ile binaların çıkarımı, doğal

kaynakların (kara ve su kaynakları) izlenmesi, sahil ve kadastral haritacılık ile topoğrafik haritaların güncellenmesi konularına da eğilmektedirler.

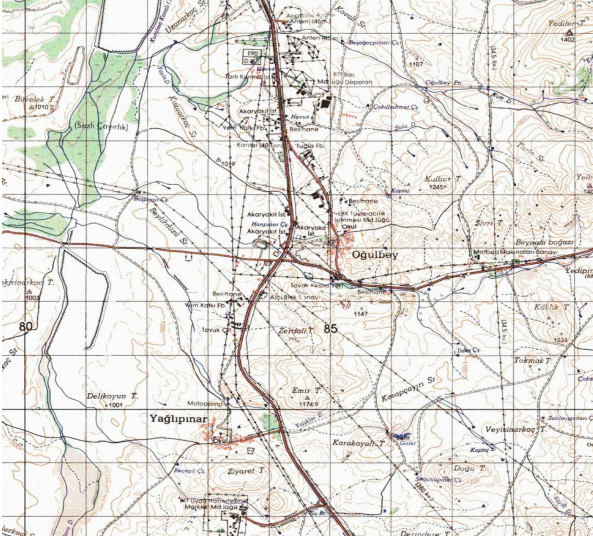
Ancak bu çalışmalar çoğunlukla ya sadece belirli tip detaylarla ilgilenmekte ya da sadece belirli küçük alanlarda gerçekleştirilmektedirler. Literatürde hem yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin kullanıldığı hem de görülebilen bütün detay çeşitlerinin tespit edildiği ve katman bazında incelendiği büyük ölçekli (örneğin 1:5.000) haritacılık uygulamalarına ise çok seyrek rastlanmaktadır (örneğin; Holland ve diğ., 2002, Holland ve Marshall, 2004, Holland ve diğ., 2006, Atak ve Altan, 2006).

Aslında fotogrametri ve uzaktan algılama çevrelerinde yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden 1 / 6.000 ile 1 / 10.000 ölçeği arasında haritacılık uygulamaları yapılabileceğine yönelik genel bir görüş birliği mevcuttur (Holland ve Marshall, 2004; Volpe, 2003). Fakat yine de, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin büyük ölçekli haritacılık uygulamalarında kullanılabilirliğine ilişkin tartışmalar günümüzde halen devam etmektedir. Yapılan çalışma da söz konusu tartışmalara özellikle detay tespiti ve teşhisi konularında katkıda bulunmayı amaçlamıştır.

2. ÇALIŞMA ALANI VE KULLANILAN VERİLER

2.1 Çalışma Alanı

Çalışma Ankara yakınlarındaki Gölbaşı bölgesinde gerçekleştirilmiştir. Bölge yaklaşık olarak 10 km x 10 km boyutlarında olup bölgedeki yükseklik (z) değişimi 440 m civarındadır. Bölge ayrıca, Harita Genel Komutanlığı (HGK) tarafından gerçekleştirilen diğer bir çok fotogrametrik ve jeodezik uygulamalarda da kullanılmıştır. Bölgede farklı bitki örtüsüne sahip açık alanlar, farklı yol cinsleri, su detayları, iletişim ve elektrik hatları ve küçük yerleşim birimleri mevcuttur (Şekil 1).



Şekil 1. Gölbaşı test alanı

2.2 Yer Kontrol Noktaları (YKN)

Geometrik doğruluk yer kontrol noktası (YKN) sayısına ve dağılımına bağlıdır. YKN sayısının 10-15'den fazla olması durumunda doğruluk anlamlı bir şekilde etkilenmediği için çok fazla sayıda YKN kullanılmasına gerek olmadığı (Volpe, 2003) ve çok sayıda fakat kötü bir geometrik dağılıma sahip YKN yerine daha az sayıda fakat iyi bir geometrik dağılıma sahip YKN daha iyi bir doğruluk sağlayacağı (Li ve diğ., 2000) değişik çalışmalarda ifade edilmiştir. Ikonos ve Quickbird uyduları dışındaki yüksek çözünürlüğe sahip uydularda da durum farklı değildir. Hem Reinartz ve diğ. (2006) tarafından SPOT uydusu stereo görüntüleri kullanılarak hem de Michalis ve Dowman (2006) tarafından CARTOSAT-1 uydusu pan-stereo görüntüleri kullanılarak yapılan çalışmalarda da, 28 / 39 YKN ile elde edilen doğruluğa 3 / 4 YKN ile ulaşılabileceği belirtilmiştir.

Bu kapsamda çalışma için 12 adet YKN tespit edilmiş ve görüntü alımından önce bu noktalar işaretlenmiştir. Bu noktaların koordinatları GPS (Global Positioning System) ile ölçülmüştür.

2.3 Görüntüler

İlk olarak 4 Ağustos 2002 tarihli stereo Ikonos uydu görüntü çifti ile 26 Mayıs 2002 tarihli mono Quickbird görüntüsü İnta Şirketler Grubu ile Eurimage firmalarından temin edilmiştir. Uydu görüntülerine ilişkin bilgiler Tablo-1'de sunulmuştur.

	Ort. Alım Açısı Azimut	Ort. Alım Açısı Yükseklik	Güneş Açısı Azimut	Güneş Açısı Yükseklik
Ikonos-1	343.397 °	79.1812 °	145.587 °	64.083 °
Ikonos-2	206.640 °	65.7324 °	146.031 °	64.182 °
Quickbird	239.034 °	83.0699 °	139.486 °	67.278 °

Tablo 1. Uydu görüntülerinin azimut ve güneş yükseklik açıları

1 / 16.000 ölçekli olarak yapılan hava fotoğrafı alımı ise HGK Hava Grup Komutanlığı tarafından B-200 Beechcraft uçağı ile 29 Ağustos 2002 tarihinde gerçekleştirilmiştir. 40 adet fotoğraf, toplam 5 yatay kolon şeklinde ve Zeiss RKM-TOP 15 kamerası kullanılarak çekilmiştir. Boyuna bindirme oranı % 60, enine bindirme oranı ise % 30'dur.

2.4 Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM)

Farklı ortofoto üretimleri için fotogrametrik, kartoğrafik ve Ikonos sayısal yükseklik modelleri (SYM) kullanılmıştır.

Hava fotoğraflarından elde edilen SYM (HF-SYM), Softplotter 3.0 yazılımındaki Surfer Tool modülü kullanılarak ve stereo modeller üzerinde 20 m aralıklarla otomatik olarak okunan noktalardan elde edilmiştir (İşcan ve diğ., 2004). Bu SYM'nin doğruluğunun ± 1 m civarında olduğu söylenebilir.

Kullanılan SYM'lerinden ikincisi HGK tarafından üretilmiş olan yükseklik paftalarıdır (YÜKPAF). Yarı otomatik bir yöntem kullanılarak eş yükseklik eğrilerinin sayısallaştırılması yöntemi ile üretilen bu SYM'nin doğruluğu da ± 5 m civarındadır

Çalışmada kullanılan son SYM Ikonos uydu görüntü çiftinden PCI yazılımının OrthoEngine modülü kullanılarak üretilen SYM'dir (Ikonos-SYM). Görüntülerde 8 adet YKN'nın ve 34 adet bağlama noktasının ölçümü yapılmıştır. Bu işlemler sonucunda elde edilen korelasyon başarı yüzdesi % 97.2919'dur ve üretilen bu SYM'nin doğruluğu da ± 2 m civarındadır (Erdoğan, 2006).

3. GEOMETRİK DOĞRULUK ARAŞTIRMASI

Geometrik doğruluk araştırması için öncelikle uydu görüntülerinden ortofotolar, hava fotoğraflarından da mozaik görüntüler üretilmiştir. Daha sonra ortak test noktaları hem ortofoto hem de mozaik görüntüler üzerinden seçilmiş ve son olarak da arazi ve görüntü koordinatları ölçülerek aradaki farklar tespit edilmiştir. Ortofoto ve mozaik görüntülerin üretilmesi ile görüntü koordinatlarının ölçülmesi Erdas Imagine 8.6 yazılımını kullanarak gerçekleştirilmiştir.

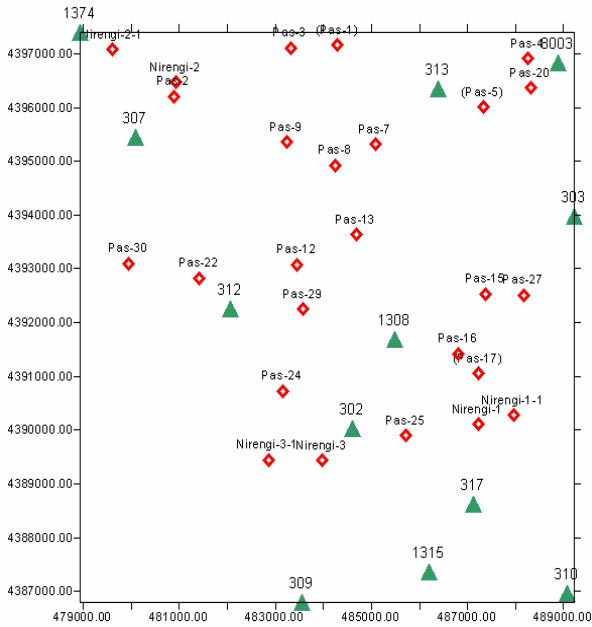
3.1 Ortofoto ve Mozaik Görüntü Üretimi

Fotogrametrik ve kartografik yöntemler ile Ikonos uydu görüntülerinden elde edilen SYM'leri, farklı sayı ve dağılımda bulunan YKN ile birlikte kullanılarak değişik özelliklere sahip ortofotolar elde edilmiştir. Ayrıca bir adet stereo Ikonos uydu görüntüsü (7 YKN ve 91 bağlama noktası kullanılarak) ile YKN olmadan ve direkt uydu yönelme parametreleri kullanılarak uydu görüntü ortofotoları üretilmiştir.

Hava fotoğrafları alındıktan sonra Kinematik GPS yöntemi kullanılarak fotogrametrik nirengi işlemleri gerçekleştirilmiştir. Dengeleme işlemleri için 11 YKN ve 986 fotogrametrik bağlama noktası ölçülmüştür. Dengeleme sonrasında her bir görüntüden hem fotogrametrik hem de kartografik SYM kullanılarak ortofotolar üretilmiştir. Son olarak da tüm ortofotolar kullanılarak birleştirilmiş mozaik görüntüler elde edilmiştir. Uydu görüntülerinden ortofoto üretimlerinde rasyonel polinomal katsayılar yaklaşımı kullanılmış ve 3. dereceden polinomlarla iyileştirme yapılmıştır.

3.2 Test Noktaları

Ortofoto görüntülerin üretiminden sonra, hem hava fotoğraflarında hem de her iki uydu görüntüsünde de rahatlıkla seçilebilir özellikte olan 35 adet ortak test / bağımsız kontrol noktası (independent check points) tespit edilmiştir. Ancak hava koşullarının kötülüğü ve ulaşım zorlukları nedeni ile 35 test noktasının ancak 27 tanesine ulaşılarak GPS ölçüsü yapılabilmektedir. Arazi ölçümleri Mart 2003 tarihinde iki adet referans noktası kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. YKN (▲) ve test noktaları'nın (◇) dağılımı

3.3 Koordinat Ölçümleri

Arazide ölçülen test noktalarına ait koordinatlar üretilen görüntüler üzerinde ve stereo Ikonos modelinde okunmuştur. Bu koordinatlar GPS koordinatları ile karşılaştırılmıştır.

Tabii ki, görüntüler (Mayıs - Ağustos 2002) ile arazi çalışmaları (Mart 2003) arasındaki zaman ve mevsim farklılıkları nedeniyle görüntü üzerinde seçilen noktalarla arazide GPS ölçüsü yapılan noktaların eşleştirilmesinde zorluklar yaşanmıştır. Bu nedenle her bir görüntü üzerinde mümkün olduğunca aynı detayı temsil eden ve aynı parlaklık değerine sahip olan pikseller tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu tür çalışmalarda özellikle komşu piksellerin parlaklık değerlerinin detayların tespitinde çok faydalı olduğu Helder ve diğ. (2003) tarafından da belirtilmiştir.

Koordinat ölçümleri sonucunda karesel ortalama hatayı (KOH) ifade eden değerlerin 3 katından büyük farklara sahip ölçüler

kaba hata olarak değerlendirilmiş ve bu noktalar ya yeniden ölçülmüş ya da silinmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 2-5'de sunulmuştur.

Görüntü	YKN Sayısı	SYM	Test Noktası	KOH (m)		
				x	y	x y
Aerial Photo	11	Fotog.	23	0.94	0.95	1.33
Aerial Photo	11	Kartoğ.	22	1.20	0.98	1.55

Tablo 2. Hava fotoğraflarından elde edilen farklar

Görüntü	YKN Sayısı	Test Noktası	KOH (m)			
			x	y	x y	z
IKONOS	7	24	0.77	0.89	1.17	0.94

Tablo 3. Stereo Ikonos görüntülerinden elde edilen farklar

Görüntü	YKN Sayısı	SYM	Test Noktası	KOH (m)		
				x	y	xy
IKONOS	4	Fotog.	25	2.25	1.54	2.73
IKONOS	4	Ikonos	25	2.25	1.43	2.67
IKONOS	5	Fotog.	25	2.16	1.49	2.62
IKONOS	7	Fotog.	26	1.28	1.55	2.01
IKONOS	7	Ikonos	26	1.28	1.54	2.00
IKONOS	7	Kartoğ.	26	1.37	2.19	2.58
IKONOS	Yön. Para.	Ikonos	27	11.97	11.84	16.84
IKONOS	Yön. Para.	Kartoğ.	26	11.58	10.66	15.74

Tablo 4. Ikonos görüntülerinden elde edilen farklar

Görüntü	YKN Sayısı	SYM	Test Noktası	KOH (m)		
				x	y	xy
Quickbird	4	Fotog.	25	1.05	0.85	1.35
Quickbird	5	Fotog.	25	1.04	0.84	1.33
Quickbird	9	Fotog.	26	1.29	1.01	1.63
Quickbird	9	Kartoğ.	26	1.56	1.02	1.86
Quickbird	Yön. Para.	Kartoğ.	27	38.97	14.89	41.72

Tablo 5. Quickbird görüntülerinden elde edilen farklar

3.4 Geometrik Doğruluk Araştırması Sonuçları

Elde edilen geometrik doğruluk araştırması sonuçlarını aşağıda sıralanmıştır:

- Quickbird uydu görüntülerinde 9 YKN kullanılarak elde edilen sonuçlar Ikonos uydu görüntülerinde 7 YKN kullanılarak elde edilen sonuçlardan daha iyi performans sergilemişlerdir. Hatta 4 / 5 YKN kullanılan Quickbird uydu görüntülerinden elde edilen sonuçlar hava fotoğrafları ile neredeyse eşittir. YKN sayısının azalması ile doğrulukların Ikonos görüntülerinde kötüleşmesinin, Quickbird uydu görüntülerinde ise iyileşmesinin sebebi YKN kalitesidir (Atak ve Altan, 2006).

- Uyduların kendi yönelme parametreleri kullanıldığında ise Quickbird uydusuna nazaran Ikonos uydu görüntülerinde çok daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Ancak bu sonuçların 2002 yılına ait uydu yörünge bilgilerini içeren veriler ile sağlandığı ve bu verilerin sürekli olarak iyileştirildiği unutulmamalıdır.

Bununla birlikte uyduların kendi yönelme parametreleri kullanıldığında görüntü yörünge özellikleri nedeniyle yaklaşık doğu - kuzey doğu yönünde sistematik hatalar gözlenmiştir. Bir çok çalışmada KOH'nın uydu yörünge istikametine dik yönde ¼ pikselin altında, yörünge istikametine ve yükseklikte ise ½ piksele yakın bir şekilde gerçekleştiği (Hanley ve Fraser, 2004) ve büyük hataların özellikle Ikonos uydu görüntülerinin düşük yükseklik açılarıyla elde edildiği durumlarda oluştuğu gözlenmiştir (Helder ve diğ., 2003; Yamakawa ve Fraser, 2004).

- Ikonos-SYM kullanılan görüntülerin, hava fotoğraflarından elde edilen HF-SYM kullanılan görüntüler kadar iyi sonuçlar verdiği ve Ikonos-SYM'nin HF-SYM yerine kullanılabilceği söylenebilir.

- Kaba hataların konumları incelendiğinde, bu hataların genellikle YKN ağının kenarında / dışında (27 taneden 25'i - % 92.6) veya yükseklik farklarının arttığı bölgelerde oluştuğu gözlenmiştir. Nitekim Bouillon ve diğ. (2006)'de arazi eğiminin arttığı bölgelerde hataların yükseldiğini tespit etmiştir.

Sonuç itibarı ile Ikonos uydusu stereo görüntülerinde yapılan okumaların en iyi hassasiyete sahip olduğu ve bu görüntülerle yaklaşık 1 / 6.000 ölçeğine kadar harita üretiminin mümkün olduğu söylenebilir. Diğer taraftan mono uydu görüntülerinin de 1 / 7.000 – 1 / 7.500 ölçeğine kadar haritacılık uygulamalarında bir veri kaynağı olarak kullanılması mümkündür.

4. DETAY DEĞERLENDİRME ARAŞTIRMASI

4.1 Değerlendirme Alanları

Detay değerlendirme çalışmaları için bölgede farklı özelliklere sahip 3 alan seçilmiştir. Seçilen alanların YKN/test noktası ağının içinde olmasına, farklı detaylara sahip olmalarına (seçilen 3 bölge sırasıyla 110 m, 250 m ve 220 m yükseklik farklarına sahiptirler), yeterli derecede yükseklik farklarına sahip olmalarına ve arazi kontrol çalışmaları için araçla ulaşılabilir nitelikte olmalarına dikkat edilmiştir (Atak ve Altan, 2006).

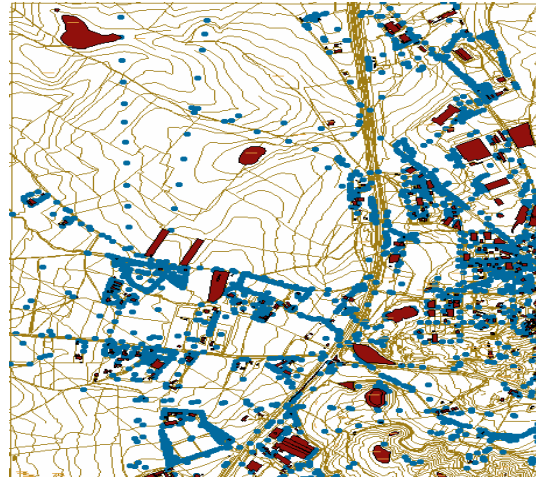
Diğer taraftan yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin büyük ölçekli haritacılık uygulamalarında kullanılabilirliğine ilişkin tartışmaların devam etmesi ve uydu görüntüsü satışını gerçekleştiren firmaların iddiaları nedeniyle değerlendirme çalışmaları için 1 / 5.000 ölçeğinin uygun olacağı değerlendirilmiştir.

4.2 Harita üretimleri

Literatürde, büyük ölçekli topoğrafik harita üretimi amaçlı olarak gerçekleştirilen çalışmalarda, görülebilen bütün detay çeşitlerinin tespit edildiği ve bunların kapsamlı katman bilgileri kullanılarak incelendiği uygulamalara çok seyrek rastlanmaktadır. Bu çalışmalardan en önemlileri; Avrupa Deneysel Fotogrametri Araştırma Birliği (European Organization for Experimental Photogrammetric Research - OEEPE, şimdiki adı ile EuroSDR) tarafından Ikonos uydu görüntüleri ile ve İngiltere Ordu Ölçüm Birimi (Ordnance Survey) tarafından Quickbird uydu görüntüleri ile gerçekleştirilen çalışmalardır.

Özellikle İngiltere'deki çalışmada detaylar görülme ihtiyaçlarına bağlı olarak yüksek, orta ve düşük olmak üzere 3 sınıfa ayrılmışlardır. Bu sınıflamada mutlaka görülmesi gereken detaylar yüksek, görülmesi şart olmayan detaylar ise düşük sınıfına dahil edilmişlerdir. Ayrıca operatörler her bir detayın farklı ölçeklerde görülüp görülemediğini evet, hayır ve belki şeklinde tespit etmişlerdir. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar Holland ve diğ. (2002), Holland ve Marshall (2004) ve Holland ve diğ. (2006) tarafından sunulmuştur.

Diğer taraftan bizim çalışmamızda, 3 farklı operatör 1 / 5.000 ölçekli harita üretimine yönelik olarak seçilen alanlarda görülen tüm detayları (yollar, binalar, su detayları, ormanlar ve elektrik hatları vb.) görüntüler üzerinde değerlendirmişlerdir. Operatörler değerlendirme için Autometric Softplotter, MicroStation V8 ve VirtuoZo yazılımlarını kullanmışlar ve HGK tarafından büyük ölçekli harita üretiminde uygulanan kurallara aynen uyumuşlardır (Şekil 3).



Şekil 3. Hava fotoğrafları ile 1. alan değerlendirmesi

4.3 Değerlendirmelerin Karşılaştırılması

Farklı görüntülerden üretilen haritalar kendi aralarında karşılaştırılmış ve değerlendirilen detaylar arazide kontrol edilmiştir. Karşılaştırma işlemleri MicroStation V8, Arcview 3.3 ve MaverickPro yazılımı ile gerçekleştirilmiştir.

İlk olarak yazı, çizgi, alan ve nokta katmanlarında yer alan detay sayıları belirlenmiş, kontrol edilmiş ve karşılaştırılmıştır. Bu aşamada hava fotoğraflarında değerlendirilen detaylar uydu görüntülerinden çok daha fazla sayıda olduğu için hava fotoğrafları referans görüntüler olarak seçilmiştir (Tablo 6).

		Çizgi	%	Alan	%	Nokta	%	Toplam	%
1. Pafta	Hava Foto	1894	100	541	100	2242	100	4677	100
	İkonos	776	41.0	338	62.5	1189	53.0	2303	49.2
	Quickbird	891	47.0	348	64.3	1068	47.6	2307	49.3
2. Pafta	Hava Foto	529	100	53	100	242	100	824	100
	İkonos	295	55.8	26	49.1	186	76.9	507	61.5
	Quickbird	285	53.9	18	34.0	111	45.9	414	50.2
3. Pafta	Hava Foto	746	100	84	100	384	100	1214	100
	İkonos	397	53.2	77	91.7	471	122.7	945	77.8
	Quickbird	424	56.8	61	72.6	475	123.7	960	79.1
Toplam	Hava Foto	3169	100	678	100	2868	100	6715	100
	İkonos	1468	46.3	441	65.0	1846	64.4	3755	55.9
	Quickbird	1600	50.5	427	63.0	1654	57.7	3681	54.8

Tablo 6. Görüntülerde değerlendirilen detay sayıları

İkinci olarak farklı kaynaklardan değerlendirilen detaylar birbirleri üzerine bindirilmiş ve operatörlerin çizimleri arasındaki farklar tespit edilmiştir. Son olarak da, detay katmanları incelenmişlerdir. Değerlendirme aşamasında 62 katmanda sınıflandırılmış olan 437 detaya sahip semboloji dosyaları kullanılmışlardır. Böylece her bir katman hava fotoğrafları ile karşılaştırılmıştır (Tablo 7).

Katman No	Detay İsimleri	Detay Sayısı		Değerlendirme %'si
		Hava Foto	Quickbird	
5	Taşlık ve kayalık	22	-	0.0
31	Su deposu	1	-	0.0
42	Telefon/Radyo hattı/İstasyonu	2	-	0.0
43	Spor tesisleri	6	-	0.0
44	Mezarlık ve tek mezar	2	-	0.0
49	Boru hattı	3	-	0.0
51	Kokurdan, set ve höyük	43	-	0.0
27	Sundurma	397	13	3.3
48	Telefon/Elektrik direği,	321	32	10.0
20	Kaldırım	183	30	16.4
50	Şev ve doğal yarma	183	31	16.9
12	Su ve kanal	9	2	22.2
45	Elektrik hattı ve trafo	53	18	34.0
38	Çit, tel örgü, parmaklık	245	95	38.8
14	Su kulesi, gölet ve vinç	10	4	40.0
16	Mülkiyet sınırı	235	99	42.1
11	Dere, pınar, sazlık	20	9	45.0
26	İnşa edilmekte olan bina	19	9	47.4
39	Çalılık, meyvelik, ağaç	1758	1015	57.7
21	Yol ve patika	543	375	69.1
13	Çeşme ve havuz	14	12	85.7
25	Özel ev	249	225	90.4
36	Fabrika, imalathane, baca	41	48	117.1
17	İtirazlı mülkiyet sınırı	94	120	127.7
46	Petrol istasyonu ve pompa	6	8	133.3
15	Tünel, köprü ve durak	67	108	161.2
40	Ağaç ve ormanlık, sera	18	51	283.3

Tablo 7. Quickbird uydu görüntüleri 1. alan değerlendirmesi

4.4 Değerlendirmelerin Arazide Kontrolü

Küçük detaylar veya sınırlar çok net biçimde değerlendirilemediğinde kadastral bilgi veya arazi ölçümleri gibi ek işlemlere ihtiyaç duyulur (Alexandrov ve diğ., 2004). Bu nedenle, bu çalışmada arazide kontrol ve tamamlama işlemleri Ekim 2005 tarihinde iki personel tarafından gerçekleştirilmiştir. Ancak mevsim şartları ve araç kapasitesi nedeniyle bazı yollara girmek mümkün olmamıştır. Arazi kontrolü için bazı malzemeler personel ile birlikte götürülmüştür. Bu malzemeler; önceden hazırlanmış olan detay öznelik listeleri, değerlendirme sonuç tabloları, büyük ölçekli harita yapım yönetmeliği, sayısal değerlendirme verilerinin yer aldığı bir dizüstü bilgisayar ve Gölbaşı bölgesinin 1 / 25.000 ölçekli haritasıdır.

Arazi çalışmalarında sırasıyla;

- En çok veri hava fotoğraflarında değerlendirildiği için ilk kontrol işlemi hava fotoğrafları çıktılarında gerçekleştirilmiş,
- Kontrollerde bir hata görüldüğünde çıktılar üzerine notlar alınmış ve bu hatalar uydu görüntülerinden alınmış çıktılar üzerinde kontrol edilmiş,
- Kontrol edilen detay öznelikleri ile tespit edilen hatalar dizüstü bilgisayarda kontrol edilmiş ve son olarak da tüm bu bilgiler ışığında sonuçlar yorumlanmıştır.

Görüntüler ile arazi kontrol işlemleri arasındaki zaman farkından dolayı, hızlı gelişen bu bölgede yer alan detayların bulunmasında ve tespitinde büyük zorluklar yaşanmıştır.

4.5 Detay Değerlendirme Araştırmasının Sonuçları

Detay değerlendirme araştırması, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin küçük nesnelere tespit ve teşhisinde henüz hava fotoğraflarının seviyesine ulaşamadığını göstermektedir. Detay değerlendirmesi sonucunda şunları söyleyebiliriz;

- Quickbird ve İkonos ortofotolarında değerlendirilen detayların sayısı yaklaşık olarak eşittir. Bir karşılaştırma yaparsak hava fotoğraflarına en yakın değerlerin sırasıyla alan (% 63-65), nokta (% 57-64) ve çizgi (% 46-50) katmanında elde edildiğini söyleyebiliriz. Öte yandan Quickbird ortofotoları çizgi, İkonos ortofotoları ise nokta katmanında daha iyi performans göstermişlerdir.

- Hava fotoğraflarında görüldüğü halde uydu görüntülerinde hemen hemen hiç değerlendirilmeyen detaylar (% 0-10); sınırlar, kayalık/taşlık/kumluk bölgeler, minimum sayıda değerlendirilen detaylar (% 10-% 40); şev, doğal yarma, telefon ve elektrik direkleri, su kaynakları, kanallar, trafolar, ağaçlar ve ormanlar, % 40-% 70 oranında değerlendirilenler; dereler, tüneller, çeşmeler/köprüler, en çok değerlendirilen detaylar da (% 70-% 100); yollar, patikalar ve tekil binalardır.

Tüm arazi kontrol çalışmaları için, operatörlerin büyük ölçekli uydu görüntüsünde yer alan bazı detayları görmek konusunda sıkıntılar yaşadıklarını söyleyebiliriz. Bu detaylar; her müstakil evde bulunan su kuyuları ve trafolar, yoğun yerleşim yerlerinde bulunan elektrik ve telefon hatları, elektrik ve aydınlatma direkleri, küçük kulübeler ve sundurmalarıdır.

5. SONUÇ

Sonuç olarak geometrik doğruluk araştırması; İkonos ve Quickbird uydu görüntüleri ile 1/10.000 ölçeğinde, Quickbird uydu görüntüleri ile standart dışı olacak şekilde 1/7.000–1/7.500 ölçeğinde ve stereo İkonos uydu görüntüleri ile de 1/6.000 ölçeğinde harita üretim faaliyetlerinin gerçekleştirilebileceğini göstermiştir. Ancak detay değerlendirme araştırmasından elde edilen sonuçlar, bu görüntülerin henüz küçük detayların tespiti ve teşhisi konularında hava fotoğraflarının seviyesine ulaşamadıklarını göstermektedir. Bu nedenle günümüzde, İkonos ve Quickbird uydu görüntüleri ile 1/5.000 ölçekli topoğrafik harita üretimlerinin sorunsuz olarak yapılabileceğini söylemek mümkün değildir. Ayrıca şunları da ekleyebiliriz:

- İkonos-SYM fotogrametrik SYM yerine kullanılabilir ve YKN kalitesi YKN sayısı kadar önemlidir.
- Uyduların kendi yöneltme parametreleri kullanıldığında, İkonos görüntüleri Quickbird görüntülerinden daha iyi sonuç vermektedir. Ayrıca uydu ilerleme istikametine dik yönde (doğu-kuzeydoğu) sistematik hatalar görülmüştür.
- Quickbird ve İkonos ortofotolarının detay değerlendirme performansı yaklaşık olarak aynıdır. Hava fotoğraflarına en yakın değerler ise alan katmanında elde edilmiştir. Ayrıca Quickbird görüntüleri çizgi, İkonos görüntüleri ise nokta katmanında daha iyi performans sergilemişlerdir.

6. KAYNAKÇA

Alexandrov, A., Hristova, T., Ivanova, K., Koeva, M., Madzharova, T., Petrova, V., 2004. Application of Quickbird satellite imagery for updating cadastral information, XX. ISPRS Kongresi, Komisyon II, WG II/6, 12-23 Temmuz, İstanbul.

Atak, O. ve Altan, O., 2006. Geometric accuracy and feature compilation assessment of high resolution satellite images, *Proceedings of the ISPRS Commission IV Symposium on Geospatial Databases for Sustainable Development*, 27-30 September, Goa-India, Vol.36, 460-465.

Bouillon, A., Bernard, M., Gigord, P., Orsoni, A., Rudovski, V., Baudoin, A., 2006. Spot 5 HRS Geometric Performances: Using Block Adjustment As a Key Issue to Improve Quality of DEM Generation, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 60, 134-146.

Erdoğan, M., 2007. Tip, kalite ve üretim metodlarına göre SYM standartlarının araştırılması. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, (basılmadı).

Grodecki, J. ve Dial, G., 2001. IKONOS geometric accuracy. *Proceedings of Joint Int. Workshop on High Resolution Mapping from Space*, 19-21 Eylül, Hannover, 77-86.

Hanley, H. B.ve Fraser, C. S., 2004. Sensor orientation for high-resolution satellite imagery: Further insights into bias-compensated RPCs. XX. ISPRS Kongresi, Komisyon I, WG I/2, 12-23 Temmuz, İstanbul

Helder, D., Coan, M., Patrick, K., Gaska, P., 2003. IKONOS geometric characterization. *Remote Sensing of Environment*, No: 88, 69-79.

Holland, D., Guilford, R., Murray, K., 2002. *OEEPE Official Publication*, No.44, OEEPE Project on Topographic Mapping from HRS Sensors.

Holland, D. ve Marshall, P., 2004. Updating maps in a well-mapped country using high resolution satellite imagery. XX. ISPRS Kongresi, Komisyon II, WG II/6, 12-23 Temmuz, İstanbul.

Holland, D. A., Boyd, D. S., Marshall, P., 2006. Updating topographic mapping in GB using imagery from high-resolution satellite sensors. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 60, pp. 212-223.

İşcan, L., Aksu, O., Önder, M., Atak, V.O., Lenk, O., Gürdal, M.A., 2004. Accuracy assessment of high resolution satellite images. XX. ISPRS Kongresi, Komisyon IV, WG IV/7, 12-23 Temmuz, İstanbul.

Li, R., Zhou, G., Yang, S., Tuell, G., Schmidt, N. J., Fowler, C., 2000. A study of the potential attainable geometric accuracy of IKONOS satellite imagery. IXX., WG IV/6, 16-23 Temmuz, Amsterdam.

Michalis, P. ve Dowman, I., 2006. Sensor model evaluation and DEM generation for CARTOSAT-1, *Proceedings of the ISPRS Commission IV Symposium on Geospatial Databases for Sustainable Development*, 27-30 September, Goa, IAPRS&SIS, Vol. 36, 1009-1013.

Reinartz, P., Müller, R., Lehner, M., Schröder, M., 2006. Accuracy analysis for DSM and orthoimages derived from SPOT-HRS stereo data using direct georeferencing. *ISPRS Journal of Photogrammetry&Remote Sensing*, 60, pp. 160-169.

Topan, H., Büyüksalih, G., Jacobsen K., 2004. Comparison of information contents of high resolution space images. XX. ISPRS Kongresi, WG IV/7, 12-23 Temmuz, İstanbul.

Toutin, T., 2004. DSM generation and evaluation from Quickbird stereo imaging with 3D physical modelling. *International Journal of Remote Sensing*, 20 Kasım 2004, Volume 25, No: 22, pp. 5181-5193.

Volpe, F., 2003. Geometrical processing of Quickbird HRS data. Joint ISPRS/EARSEL International Workshop 'High Resolution Mapping from Space', 6-8 Ekim, Hannover.

Yamakawa, T. ve Fraser, C., 2004. The affine projection model for sensor orientation: experiences with high resolution satellite imagery. XX. ISPRS Kongresi, Komisyon I, 12-23 Temmuz, İstanbul.

7. TEŞEKKÜR

Çalışmaya verdiği büyük destekten dolayı Harita Genel Komutanlığına ve veri desteğinde bulunan İnta Şirketler Grubu (Türkiye) ile Eurimage (İtalya) firmasına da teşekkür ederiz.