

## MONO IKONOS UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN KONUMSAL VERİLERİN ELDE EDİLMESİNDE DOĞRULUK VE MALİYET ANALİZİ

Ömer MUTLUOĞLU<sup>1</sup>, Murat YAKAR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>S.Ü. Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, KONYA

<sup>2</sup>S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Böl., KONYA

**Makalenin Geliş Tarihi:** 30.11.2004

**ÖZET:** Uydu görüntüleri sürekli bilgi sağlamaları, güncelleme kolaylığı, güncelleme hızı, resim çekme ve değerlendirilmesinde yasal engellerin olmaması ve özellikle de yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ile geometrik doğruluğun artırılması nedenlerinden dolayı haritacılık disiplinde uydu görüntülerinin kullanımında bir artış gözlenmektedir. Uydu görüntülerinin haritacılık amaçlı kullanılması durumunda ilk akla gelen sorular maliyet ve doğruluk olmuştur. Bu çalışmada bu sorulara cevap verebilmek için Konya Selçuk Üniversitesi Kampüs alanında IKONOS mono uydu görüntüsü ile bir çalışma yapılmış ve sonuçları verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Konumsal Veri, IKONOS, Sayısal Yükseklik Modeli, Doğruluk, Orthorektifikasyon

### **Accuracy and Cost Analysis in Obtaining of Spatial Data from Mono Ikonos Imagery**

**ABSTRACT:** It is essential to use the Satellite images for the reason of providing data continuously, updating easily and speedly, lacking of legal procedures to taking photographs and arising geometric accuracy at high resolution satellite images in mapping discipline. Producing of orthophoto map with satellite images, first question coming to human mind is accuracy and the cost. In order to answer these questions with the IKONOS mono imagery a study have been conducted to produce orthophoto map in the Konya Selcuk University campus area.

**Key Words:** Spatial Data, IKONOS, Digital Elevation Model, Accuracy, Orthorectification

### **GİRİŞ**

Dünyamızda her alanda olduğu gibi teknolojinin gelişimine paralel olarak artan çevresel ve diğer sorunlar, insanları, göz ve fotoğrafın tespit edebildiği elektromanyetik spektrum aralığının dışında da algılama yapmaya yöneltmiştir. Bu eğilim uydu teknolojisinin gelişmesine neden olmuş ve dünya üzerinde göz ve fotoğraf ile bütüncül olarak algılanması mümkün olmayacak kadar geniş alanların algılanması ve doğal kaynakların araştırılabilmesini sağlamıştır. 1960 yılından itibaren devam eden uydu çalışmaları neticesinde 1 m çözünürlüğe sahip uydu

verilerinin elde edilmesi noktasına gelinmiştir (Susam, 2000 ). Hatta Quickbird uydusu ile 0.60 m çözünürlüklü verilerin elde edilebildiği bilinmektedir (www.nik.com.tr) . Uydulardaki bu teknolojik gelişmenin bir sonucu olarak, çalışmalar uydu görüntülerinden harita üretilip üretilmeyeceğinin üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu çalışmada, uydu görüntülerinin harita üretim amacıyla kullanılıp kullanılmayacağının araştırılması için uygulamada çözünürlüğü en iyi olarak kabul edilen uydulardan olan IKONOS uydu görüntülerinin rektifikasyonu ile ortofoto haritaların bir benzeri olan resim haritaları elde edilerek doğruluk ve maliyet araştırılması yapılmıştır.

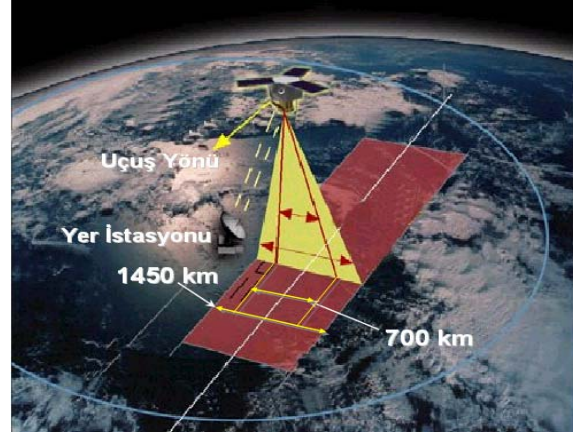
## IKONOS Uydusu

IKONOS uydusu, uygulamada bu gün için duyarlılığı yüksek uydular arasında tanımlanır. IKONOS-1 uydusu, 1999 yılında uzay boşluğuna yerleştirilmek üzere hazırlandı fakat başarısızlıkla sonuçlandı. Daha sonra 24 Eylül 1999 günü IKONOS-2 uydusu Spaceimaging Şirketi'nce uzaydaki yörüngesine yerleştirildi. IKONOS uydusu pankromatik bantta 1 m yersel çözünürlüklü ve multispektral bantta 4 m çözünürlüklü algılama yapmaktadır. Ayrıca stereo algılama yapma özelliği de vardır (Altıntaş ve diğ., 2003; Yomralıoğlu, 2000).

IKONOS uydusunun özellikleri şu şekilde açıklanabilir. Günümüzde IKONOS uydu verilerinden; harita üretimi çalışmalarında, yerel yönetimlerin karar/destek çalışmalarında, telekomünikasyon hizmetlerinde, tarımda, ormancılıkta, enerji ve altyapı çalışmalarında, çevrenin izlenmesinde, afet yönetim çalışmalarında, doğal kaynakların belirlenmesinde, petrol ve boru hatlarının etüdünde, ulaşırmada, güvenlikte, savunmada, coğrafi bilgi sistemleri çalışmalarında vs. etkin olarak yararlanılmaktadır. IKONOS uydusu 681 km yükseklikte, dünyayı 98 dakikada bir, güneş eşzamanlı bir yörüngede dönmektedir (Şekil 1).

IKONOS uydusu izdüşümü boyunca 700 km eninde bir şerit içinde 1 m çözünürlükte görüntü alabilmektedir. Uydu tamamen hareketli olup, görüntü alanında esneklik sağlanabilmektedir. Alınan asgari görüntü boyutları 11x11 km boyutlarındadır ve bir geçişte 10 000 km<sup>2</sup> ye

kadar görüntü alınabilmektedir (Şekil 2). IKONOS uydusunu doğrudan görevlendirme, görüntü alma ve tam veri işleme kapasitesine sahip olan yer istasyonu Ankara-Gölbaşı mevkiindedir. Bu yer istasyonu Ankara merkezli 4600 km çaplı bir alan içerisinde uyduyu yönlendirebilmekte ve bölgenin görüntülerini alabilmektedir (İNTA, 2003; www.spaceturk.com).



Şekil 1. IKONOS uydusunun uçuşu.

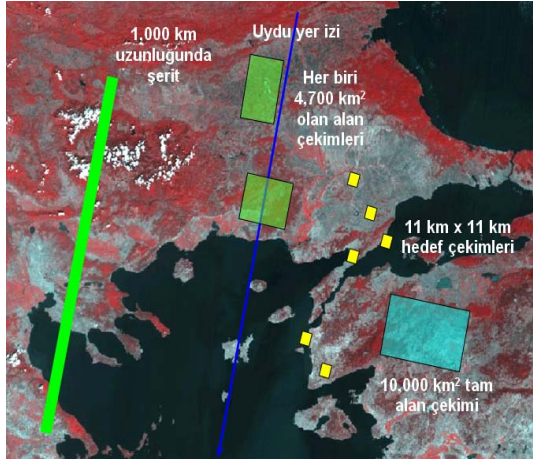
Figure 1. Flying of IKONOS satellite.

Teknolojik gelişmelere ve ticari rekabetlere bağlı olarak yeni uydu sistemlerinin uzaydaki yörüngelerine yerleştirilmeleri beklenmektedir. IKONOS 40 cm çözünürlüklü görüntü verebilecek yeni jenerasyon uydu tasarımı çalışmaları devam etmekte olup 2006 yılında faaliyete geçebileceği söylenmektedir.

Tablo 1. IKONOS uydusunun teknik özellikleri.

Table 1. Technical specifications of IKONOS satellite.

Uydu	Başlangıç Tarihi	Sonlanma Tarihi	Yükseklik	Yörünge Açısı	Algılayıcılar
İkonos-1	Başarısız				
İkonos-2	24 Eylül 1999	Aktif	681 Km	98.1 derece	PAN, MS
Algılayıcılar	Band	Spektral Bant Aralıkları	Yersel Çözünürlülük	Radyometik Çözünürlülük	Swat Genişliği
PAN	1	0,45 - 0,90	1 m	11 bit	11 km
MS	1 (mavi)	0,45 - 0,53	4 m	11 bit	11 km
	2 (yeşil)	0,52 - 0,61			
	3 (kırmızı)	0,64 - 0,72			
	4 (VNIR)	0,77 - 0,88			



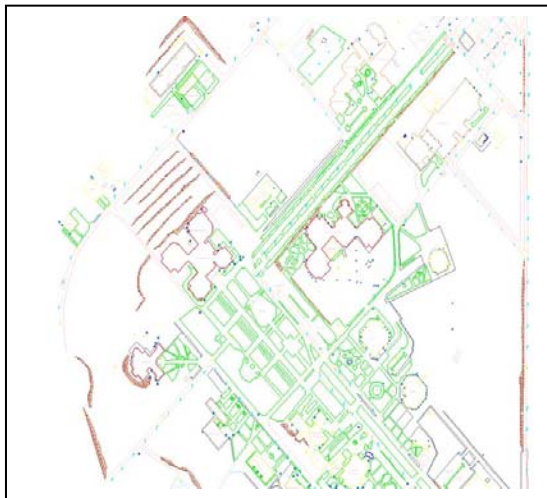
Şekil 2. Bir geçişte çekilebilecek görüntü seçenekleri.

Figure 2. Image choice for one passing.

## UYGULAMA

### Uygulama Alanının Tanıtımı

Uygulama alanı olarak, Selçuk Üniversitesi Alaeddin Keykubat Kampüsü seçilmiştir. Kampüs alanı Konya şehir merkezine yaklaşık 20 km. uzaklıkta olup Konya-Afyon karayolu üzerindedir. Kampüs alanında yapılaşma kısmen tamamlanmış, çevre düzenleme çalışmaları hala devam etmektedir. Konumsal verilerin elde edilmesi ve karşılaştırmalarının yapılabilmesi için yaklaşık 20 hektarlık bir test alanı oluşturulmuştur (Şekil 3).



Şekil 3. Test alanı.

Figure 3. Test area.

## Yüksek Çözünürlüklü Uydu Görüntülerinden Konumsal Verilerin Elde Edilmesi ve Doğruluk Analizi

Test alanını kapsayan uydu görüntüsü, İNTA Uzay Sistemleri A.Ş.'den temin edilen 1 m çözünürlüklü İKONOS uydu görüntüsüdür. Uydu görüntüsü 03.05.2003 tarihinde çekilmiş olan mono görüntüdür. Alınan görüntü yaklaşık olarak 5x5 km'lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 4).

Görüntü alanı aşağıda verilen coğrafi koordinatlar arasında kalmaktadır;

Tablo 2. Çalışma bölgesinin coğrafi koordinatları  
Table 2. Geographical coordinates of study area.

	Enlem	Boylam
Sol alt köşe	37° 59' 31.71"	32° 29' 43.29"
Sağ üst köşe	38° 02' 26.59"	32° 33' 02.12"

Yeryüzüne ait uydu görüntü verileri, sistematik ve rastgele hata kaynakları içerdiğinden görüntülerin bir harita gibi kullanılması mümkün değildir. Bu hataların giderilmesinde ve düzeltilmesinde değişik yöntemler kullanılmaktadır. Topoğrafik yükseklik farklarından ileri gelen öteleme yada diğer bir ifadeyle, görüntüdeki detayların konumlarında yatay olarak değişikliğe neden olan geometrik bozulmayı düzeltmenin yollarından birisi de görüntünün ortogonal olarak düşeye çevrilmesidir (rektifikasyonudur). Bu geometrik düzeltme işlemi sırasında Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) verileri kullanılır. SYM; gerçek arazinin, düzenli grid şeklinde modellenerek dizilmiş nokta yükseklik değerleri bütünüdür ve topoğrafik yükseklikten ileri gelen kayıklıkları düzeltmede kullanılır. Her pikselin bölgesel olarak düzeltilmesinde gerekli olan yükseklik değerleri, SYM'den enterpole edilir ve bu düzeltme işlemi ile elde edilen ortorektifiye görüntü, topoğrafik harita gibi tek ölçeğe sahip olur. Ortofoto harita üzerinden gerçek uzunluk, açı ve alan ölçümlerini doğrudan yapmak olasıdır (Önder, 2002; Audrian ve diğ., 1993). Alınan görüntü mono görüntü olduğundan

ortorektifikasyon işleminin yapılabilmesi için; görüntü alanının içinde kaldığı bölgenin sayısal yükseklik modeline ve yer kontrol noktalarına ihtiyaç duyulur.



**Şekil 4.** Çalışma bölgesinin IKONOS ham uydu görüntüsü.

*Figure 4. Ikonos satellite imagery belong to test area.*

Bu çalışmada rektifikasyon işleminde kullanılacak sayısal yükseklik modeli; görüntü alanı içinde kalan 12 adet 1/5000 ölçekli fotogrametrik haritanın NetCAD ortamında eşyükseklik eğrilerinin sayısallaştırılmasıyla elde edilmiştir. Fotogrametrik yöntemle elde edilen haritaların eşyükseklik eğrilerinin yükseklik hatası Koppe formülleri ile hesaplanır.  $\alpha$  arazinin eğimi, a ve b birer katsayı olmak üzere, bir eşyükseklik eğrisinin metre cinsinden  $m_H$  yükseklik hatası

$$m_H = \pm(a + b \cdot \tan \alpha) \quad (1)$$

formülü ile bulunur. Burada a ve b ye Koppe sabiti denir. Türkiye’de üretilen 1/5000 ölçekli fotogrametrik haritalar için elde edilen Koppe sabiteleri  $a=0.4$ ,  $b=5$  olarak hesaplanmıştır. Buna göre Koppe sabitelerinin arazi eğimine bağlı olarak değerleri  $m_H = \pm(0.4 + 5.0 \cdot \tan \alpha)$ ’dır (Yerci, 1988). Çalışma alanında tespit edilen ortalama eğim değeri 0,15 olarak kabul edilirse, elde edilen ortalama yükseklik hatası  $m_H = \pm(0.4 + 5.0 \cdot 0.15) = \pm 1.15$  metre olarak bulunur.

Ortorektifikasyon işlemi için yöneltme işlemlerinde yer kontrol noktalarına ihtiyaç duyulur. Bu çalışmada yöneltme işleminde kullanılacak kontrol noktaları uydu görüntüsü üzerinde uygun dağılımda olacak şekilde tabii keskin olan detaylardan (yol kesişimi, belirgin detay köşeleri vb.) 8 adet olarak seçilmiştir (Şekil 5).

Seçilen yer kontrol noktaları araziye çıkılarak yerinde uydu görüntüsüyle karşılaştırılarak kesinleştirilmiştir. Daha sonra bu noktalarda GPS ölçüleri yapılmıştır. GPS ölçüleri; iki sabit bir gezici olmak üzere, Leica SR9500 çift frekanslı GPS alıcıları kullanılarak statik yöntemle ölçülmüştür. Yapılan ölçüler Leica SKI 2.3 GPS yazılımında değerlendirilmiş, ülke koordinat sisteminde koordinatları elde edilmiştir. Dengeleme sonunda elde edilen yer kontrol noktalarına ait koordinatlar Tablo 3’de verilmiştir.



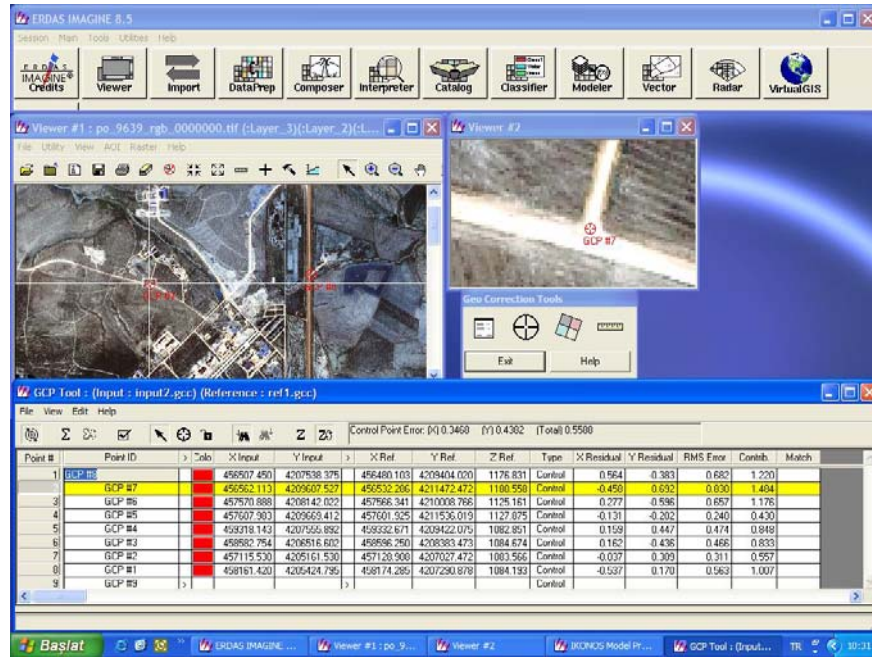
**Şekil 5.** Yer kontrol noktalarının dağılımı.

*Figure 5. Denstification of ground control point.*

Oluşturulan sayısal yükseklik modeli ve belirlenen yer kontrol noktaları yardımıyla Erdas Imagine OrthoBase yazılımı kullanılarak alınan görüntünün ortorektifikasyon işlemi yapılmıştır (Şekil 6). Yapılan ortorektifikasyon işleminde 0.6 piksel doğruluğa ulaşılmıştır.

**Tablo 3.** GPS gözlemlerinin dengeleme sonrası elde edilen yer kontrol nokta koordinatları.  
**Table 3.** Ground control points coordinates after adjustment of GPS observation.

NN	Y (m)	X (m)	H (m)
1	458174,285	4 207290,878	1084,193
2	457128,908	4 207027,472	1083,566
3	458596,250	4 208383,473	1084,674
4	459332,671	4 209422,075	1082,851
5	457601,925	4 211536,019	1127,875
6	457566,341	4 210008,766	1125,161
7	456532,286	4 211472,472	1180,558
8	456480,103	4 209404,020	1176,831



**Şekil 6.** Uydu görüntüsünün ortorektifikasyon işlemi.  
**Figure 6.** Orthorectification process of satellite images.

Ortorektifikasyon sonucu elde edilen görüntünün konum doğruluğu analizi için Erdas Imagine OrthoBase yazılımı kullanılarak 220 adet detay noktasının koordinatları hesaplanmıştır. Bu koordinatlar NetCAD yazılım ortamına aktarılarak klasik jeodezik yöntemle (elektronik takeometre ile) üretilen aynı detay nokta koordinatları ile farkları

alınarak karşılaştırmalar yapılmıştır. Karşılaştırma sonuçları Tablo 4'de verilmiştir. Yer kontrol noktalarının GPS ölçümü, değerlendirilmesi ve detay noktalarının karşılaştırma işlemlerinin yapılmasında harcanan çalışma süresi Tablo 5'de verilmiştir (Mutluoğlu, 2004). Karşılaştırma da X ve Y yönündeki hatalar;

**Tablo 4.** Klasik yöntemle IKONOS uydu görüntüsünden elde edilen sonuçlarının karşılaştırılması.  
*Table 4. Comparing of the obtained results from Ikonos satellite images with Geodetic methods.*

Yöntem	Karesel ortalama hatalar			V <sub>y</sub> (cm)		V <sub>x</sub> (cm)		Nokta sayısı
	m <sub>y</sub> (cm)	m <sub>x</sub> (cm)	m <sub>p</sub> (cm)	Min	Max.	Min	Max	
Klasik IKONOS	±103	±89.6	±138.8	-103	261	-271	141	220

**Tablo 5.** Proje maliyeti.

*Table 5. Project cost.*

Yapılan İş	Birim Fiyatı (TL)	İş Birimi	Proje Maliyeti(TL)	Proje Maliyeti(\$)
Uydu görüntüsü temini çalışmaları				
2 Harita Mühendisi	10 000 000	24 saat	240 000 000	171,43
Mono görüntü satın alınması (5 km*5km)	52 864 000	25 km <sup>2</sup>	1 321 600 000	944
Çalışma alanının maliyeti (20 ha)			<b>10 572 800</b>	<b>7.55</b>
Sayısallaştırma (Sayısal Yükseklik Modeli İçin)				
Bir pafta harç bedeli	15 000 000	12 adet	180 000 000	128,57
Harita Mühendisi	10 000 000	30 saat	300 000 000	214,28
Bilgisayar	5 841 000	30 saat	175 230 000	125,16
GPS ölçmeleri ve koordinat hesabı (8 nokta için)				
2 Harita Mühendisi	10 000 000	2*8 saat	160 000 000	114,29
2 Harita Teknikeri	6 875 000	2*8 saat	110 000 000	78,57
3 Adet GPS alıcısı	36 900 000	8 saat	295 200 000	210,86
2 Araç	5 250 000	8 saat	42 000 000	30,00
Ortorektifikasyon işlemi				
2 Harita Mühendisi	10 000 000	2*6 saat	120 000 000	85,71
Bilgisayar	5 841 000	6 saat	35 046 000	25,03
Ortorektifikasyonu yapılan görüntüden koordinat okuma ve klasik ölçülerle karşılaştırılması				
Harita Mühendisi	10 000 000	12 saat	120 000 000	85,72
Çizim ünitesi	7 866 667	2 saat	15 733 334	11,24
<b>TOPLAM</b>			<b>1 803 962 134</b>	<b>1288.54</b>
<b>Yüklenici karı %25 ile toplam</b>			<b>2 254 952 667</b>	<b>1610.68</b>
<b>Birim maliyet ( 1 ha )</b>			<b>112 747 633</b>	<b>80.53</b>

$$V_Y = Y_G - Y_K \quad (2) \quad m_Y = \pm \sqrt{\frac{[V_Y V_Y]}{n}} \quad (4)$$

$$V_X = X_G - X_K \quad (3) \quad m_x = \pm \sqrt{\frac{[V_X V_X]}{n}} \quad (5)$$

$$m_p = \pm \sqrt{\frac{[V_X V_X + V_Y V_Y]}{n}} \quad (5)$$

eşitlikleri ile hesaplanmıştır. Bu eşitliklerdeki;

$n$  : Nokta sayısını

$Y_K, X_K$  : Referans alınan klasik yöntemle belirlenmiş nokta koordinatları

göstermektedir. ( Yıldız ve diğ., 1993 ).

$Y_G, X_G$  : Uydu görüntüsünden belirlenmiş nokta koordinatları

Jeodezik yöntem ve İKONOS uydu görüntüsünden elde edilen harita verilerinin karşılaştırılmasındaki, Y ve X yönündeki kalıntı farklarının histogramları aşağıda verilmiştir (Şekil 7).

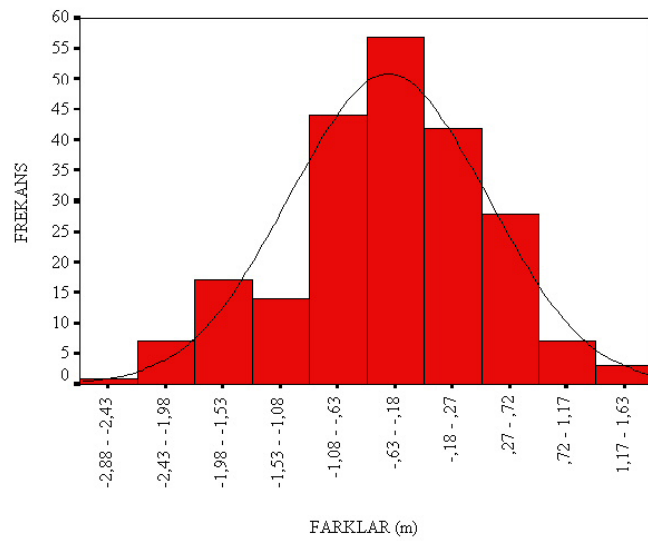
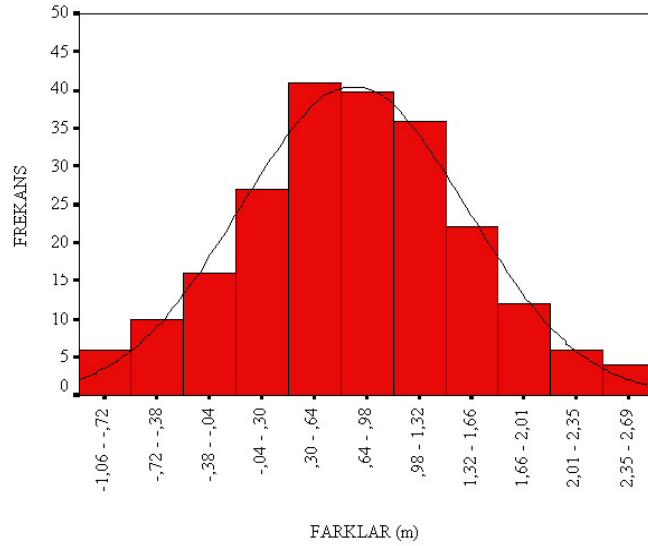
$m_x$  : X yönündeki karesel ortalama hata

**İKONOS uydu görüntüsünden veri elde etmenin maliyet analizi**

$m_y$  : Y yönündeki karesel ortalama hata

$m_p$  : Konum ortalama hatası

Maliyet analizinde 2003 yılı 1. yarıyıl İller Bankası Birim Fiyatları esas alınmıştır.



**Şekil 7.** Y ve X yönündeki farklar.  
*Figure 7.* Differences of the Y and X axis.

## SONUÇLAR

Yapılan çalışma sonucunda mono IKONOS uydu görüntüsünün hesaplanan karesel ortalama hatası Tablo 4'den görüleceği üzere,  $m_{pxy} = \pm 1.4$  m'dir. Ancak bu sonuca ulaşabilmek için mono görüntünün yanında sayısal yükseklik modeline ve yer kontrol noktalarına ihtiyaç vardır. Bu çalışmada 1/5000 ölçekli topografik haritaların sayısallaştırılması ile elde edilen sayısal yükseklik modeli verileri kullanılmıştır. Değişik kaynaklı sayısal yükseklik modeli kullanımında bu doğruluğun değişeceği aşikardır. Yer kontrol noktalarının koordinatları GPS ölçme tekniğiyle belirlenmiştir. Tablo 4'deki sonuçlara göre, 1.4 m'den daha fazla konum doğruluğu isteyen işlerde 1m çözünürlüklü mono IKONOS uydu görüntülerinin kullanılabilmesi sonucuna ulaşılmıştır.

Maliyet analizinde birim maliyet olarak bir hektarlık büyüklük esas alınmıştır. Tablo 5'de görüleceği üzere yapılan maliyet analizinde bir hektarlık alanın toplam maliyeti 80.53 Amerikan Doları olarak bulunmuştur. İller Bankası birim fiyat analizlerine (2003 yılı 1. yarıyıl ) göre jeodezik yöntemle bir hektarlık alanın sayısal üç boyutlu haritasının birim fiyatı yaklaşık 100 ABD dolarıdır. Bu çalışma 20 hektarlık bir alanda yapılmıştır. Ancak bu maliyeti yaklaşık 20 ha'lık bir alan için değerlendirmek yanıltıcı olabilir. Geniş alanların hızlı ve güncel olarak konumsal verilerinin elde edilmesinde bu maliyetin düşeceği aşikardır. Net bir maliyetin ortaya konulması açısından daha geniş alanda benzer bir çalışmanın yapılması daha uygun olacaktır.

## KAYNAKLAR

- Altıntaş, Ü., Kurucu, Y., Bolca, M., Esetlili, M.T., Özden, N., Özen, F., Türk, T., 2003, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi Uygulamalı Temel Kursu Ders Notları, 09-14 Haziran, EÜ Ziraat Fakültesi, İzmir.
- Audrian, V., Fehrenbah, J., Reading, M., Stauffer, R., 1993, Satellite Imagery Meets Prepress: Producing Image Maps, Advanced Imaging Intergraph Publications, July.
- İNTA., 2003, IKONOS Uydu Görüntüleri ve Haritacılığa Yönelik İşlenmesi, Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Ankara Şubesi, 7-8 Mayıs, Ankara
- Mutluoğlu, Ö., 2004, Coğrafi Bilgi Sistemi Oluşturulmasında Konumsal Veri Toplama Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Doktora Tezi, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Önder, M., 2002, Uzaktan Algılamada Topoğrafik Uygulamalar, Harita Genel Komutanlığı Matbaası, Ankara.
- Susam, T., 2000, Yüksek Çözünürlüklü Uydu Verileri ve Sayısal Arazi Modeli Entegrasyonu İle Tokat Karar Destek Sisteminin Kurulması, Doktora Tezi, YTÜ, İstanbul.
- Yerci, M., 1988, Kartoğrafya II Topoğrafik Harita Yapımı ve Kullanımı, Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları, Konya
- Yıldız, F., İnal, C., Erdi., A., 1993, "Grafik kadastral amaçlı paftaların sayısallaştırılmasında hassasiyet araştırması", S.Ü. Uluslararası Bilgisayar Uygulamaları Sempozyumu, 9-10 Haziran, Konya.
- Yomralıoğlu, T., 2000, Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar, Seçil Ofset, İstanbul.
- [www.nik.com.tr](http://www.nik.com.tr)
- [www.spaceturk.com](http://www.spaceturk.com)