

Sayısal Hava Kamerası ve Fotogrametriye Kazandırdıkları (Digital Aerial Camera and Acquisitions for Photogrammetry)

A.Coşkun KİRACI, Levent İŞCAN, Oktay EKER, Altan YILMAZ, Tuncer ÖZERBİL,
H.Hakan MARAŞ, Orhan FIRAT, O.Atila AKABALI

Harita Genel Komutanlığı, Fotogrametri Dairesi, Dikimevi, Ankara
alicoskun.kiraci@hgk.mil.tr

ÖZET

Günümüzde fotogrametri alanında yapılan araştırmalar ve teknolojik gelişmeler daha çok doğruluğun artırılması ve maliyetin azaltılması yönündedir. Sayısal hava kamerasının etkin olarak kullanılması, fotogrametrik doğruluğu artırmasının yanında proje maliyetlerinin azaltılmasında da olumlu katkılar sağlamıştır. Harita Genel Komutanlığına 2008 yılında temin edilen sayısal hava kamerası (Microsoft UltracamX) fotogrametrik iş akışını kısmen değiştirmiş ve maliyeti önemli ölçüde azaltmıştır. Bu makalede sayısal hava kamerasının teknik özellikleri tanıtılmış, fotogrametrik iş akışı açıklanmış, klasik sistemle karşılaştırılarak avantaj ve dezavantajları değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sayısal (Dijital) hava kamerası, UltracamX, sayısal fotogrametri.

ABSTRACT

Recent investments and technological developments in photogrammetry are especially based on improving the accuracy and reducing the cost. Using digital aerial camera effectively not only improves the photogrammetric accuracy but also provides affirmative contribution on reducing the project cost. The digital aerial camera (Microsoft UltracamX) purchased by General Command of Mapping on 2008 modified photogrammetric workflow partially. In this paper, technical specifications of the digital aerial camera are introduced; photogrammetric workflow is described; the advantages and disadvantages are evaluated by comparing with the classic system.

Key Words: Digital aerial camera, UltracamX, digital photogrammetry.

1. GİRİŞ

Fotogrametrinin tarihsel gelişim sürecine (analog-analitik-sayısal) paralel olarak uygulanan yöntemlerde önemli gelişmeler elde edilmiştir. Sayısal fotogrametrik sistemlerin üretimde kullanılabilir duruma gelmesiyle birlikte, özellikle fotogrametrik nirengi ve SYM (Sayısal Yükseklik Modeli) üretiminde önemli ölçüde otomasyon sağlanmıştır. Son yıllarda klasik hava kamerası yerini Ataletsel Yöngüdümlü Sistemi (INS-Inertial Navigation System) destekli sayısal hava

kamerasına bırakmıştır. Sayısal hava kamerasının kullanımı ile birlikte; fotogrametrik üretim süreci ve analog kameradaki bazı kavramlar değişmiş, maliyeti önemli ölçüde azalmış ve otomasyonun uygulanmasında fayda sağlamıştır. Klasik anlamda "Resim Ölçeği", yerini "Yer Örnekleme Aralığı"na bırakmıştır. Film kullanımı, dolayısıyla film-banyo işlemleri ortadan kalkmış ve yerine bilgisayar ortamında ham görüntülerin işlenmesi süreci ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte filmlerin fiziksel olarak arşivlenmesi yerine, sayısal görüntülerin manyetik ortamda saklanması gündeme gelmiştir. Ayrıca sayısal hava kamerası, pankromatik ve RGBI (Red Green Blue Infrared "Kırmızı Yeşil Mavi Kızılötesi") olarak dört bantlı ve 8 -16 bit radyometrik ayırma gücünde görüntü oluşturmayı olanaklı hale getirmiştir. Sayısal hava kamerasına bütünleştirilmiş GKS/AYS (Global Konumlama Sistemi/Ataletsel Yöngüdümlü Sistemi) ile doğrudan coğrafi konumlandırma yapılabilmekte ve bazı fotogrametrik işlemlerde nirengisiz veya daha az nirengi ile işlem yapılabilmektedir. Bu makalede yeni kavramlar ve işlem adımları açıklanmış, avantaj ve dezavantajlar değerlendirilmiştir. Sayısal hava kamerası ve analog kamera ile karşılaştırma için 1:250.000 ölçekli Erzincan paftasının kapsadığı bölgede uçuş planları yapılmış ve maliyet açısından karşılaştırılmıştır.

2. SAYISAL HAVA KAMERASI SİSTEMİ

Harita Genel Komutanlığı envanterine 2008 yılında GKS/AÖB (Ataletsel Ölçüm Birimi-Inertial Measurement Unit) destekli Microsoft UltracamX sayısal hava kamerası sistemi dâhil edilmiştir. Bu kamera, geniş çerçeve formatlı sayısal kamera olup, altı bileşenden oluşmaktadır (Şekil 1).

- Alıcı Birimi (SX),
- Hesaplama birimi (CX) "Görüntü Kayıt İşlemleri",
- Kamera İşletim Ara yüzü (IPX),
- Veri Depolama Birimi (DX),
- Veri Transfer Birimi (DKX),
- Yazılımlar (ULTRAMAP, OPC ve GUI).



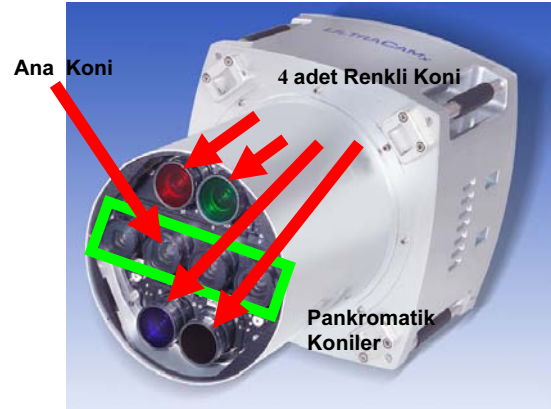
Şekil 1. Sayısal hava kamerası sistemi (Microsoft UltracamX).

Alıcı biriminin teknik özellikleri Tablo 1'de belirtilmiştir.

Tablo 1. Sayısal hava kamerasının teknik özellikleri.

Görüntü boyutu	(103.9 mm * 67.8 mm) 14430*9420 piksel
Piksel büyüklüğü (Pankromatik/RGBI)	7,2 µm / 21,6 µm
Görüntüleyebildiği bantlar	RGB, NIR ve Pankromatik
Bir ham görüntünün hacmi (4 bantta)	417 Mb
Odak uzaklığı	100 mm
Minimum görüntü alma aralığı	1,35 saniye
Radyometrik ayırma gücü	16 bit
DX depolama biriminin hacmi	~2 TB
DX'in alabileceği görüntü sayısı	~ 4700 görüntü

UltracamX, her biri 16 mega piksel 16 bit radyometrik bant genişliğinde bilgi içeren görüntüler üreten 13 FTF5033 CCD sensör birimi içermektedir (Grubera vd., 2008.). Bu 13 sensör biriminden 9 adedi pankromatik bantta, diğer 4 adedi Kırmızı, Mavi, Yeşil ve Yakın Kızılötesi bantta veri toplamaktadır. Pankromatik bant için 4 adet, kırmızı, yeşil, mavi ve kızılötesi (RGBI) bantlara ait 4 adet olmak üzere toplam 8 adet optik koni bulunmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Sayısal hava kamerası optik konileri (8 Adet).

Resim çekim sırasında sayısal görüntünün elde edilmesi 4 aşamadan oluşmaktadır (Şekil 3)

Sonuçta ham olarak pankromatik banda ait 9 adet, kırmızı, yeşil, mavi ve yakın kızılötesi (RGBI) bantlara ait 4 adet olmak üzere 13 adet ham görüntü elde edilmektedir.



Zaman t1
(t1 + 0 msn)

Pozlama Başlangıcı Koni 3

Zaman t2
(t1 + X msn)

Pozlama Koni 0

Zaman t3
(t1 + 2*X msn)

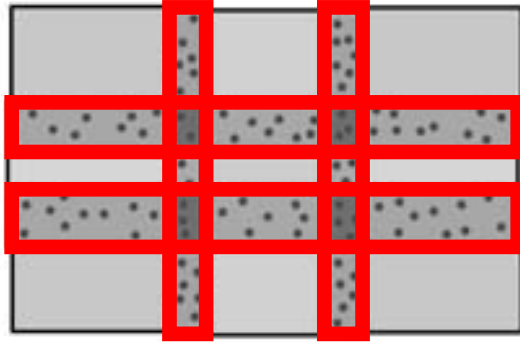
Pozlama Koni 2

Zaman t4
(t1 + 3*X msn)

Pozlama Koni 1

Şekil 3. Pankromatik sayısal görüntünün elde edilmesi.

Dokuz adet pankromatik görüntü işlem sırasında geometrik olarak birleştirilerek tek bir görüntü oluşturulmaktadır (Şekil 4). Tablo 1’de belirtildiği gibi renkli ve kızıl ötesi bantlara ait görüntülerin çözünürlüğü Pankromatik bandın çözünürlüğünün üçte biri oranındadır. Düşük çözünürlüklü renkli görüntüler ile yüksek çözünürlüklü pankromatik görüntüler birleştirilerek pankromatik çözünürlüğünde renkli görüntüler elde edilir (Pan sharpening).



Şekil 4. Dokuz adet sensör birimine ait görüntülerin birleştirilmesi.

3. SAYISAL HAVA KAMERASININ FOTOGRAMETRİK ÇALIŞMALARINA ETKİLERİ

Sayısal hava kamerasının kullanılmasıyla birlikte fotogrametrik iş akışı değişmiştir. “Foto-laboratuvar İşlemleri” ve “Filmlerin Taranması” yerini, “Ham Görüntülerin Aktarılması ve İşlenmesi” adımlarına bırakmıştır. Klasik kamera ve sayısal kamera ile fotogrametrik iş akışı Şekil 5’ de gösterilmiştir.

Uçuş sırasında çekilen resimler yedekli olarak RAID yapısında iki DX (çanta tipi veri depolama birimi) ünitesine kaydedilmektedir. Bir DX ünitesi yaklaşık 4700 resim kapasitesine sahiptir. Uçuş sırasında DX ünitesine kaydedilen ham görüntüler uçuş sonrasında DKX (veri transfer birimi) ünitesi yardımı ile bilgisayar ortamına aktarılmaktadır. Bir ham görüntü yaklaşık 417 MB veri hacmine sahiptir. Ham görüntülerin kullanılabilir hale getirilmesi için yaklaşık 10 dakikalık (tek çekirdekli bir işlemcide) bir işleme (post process) ihtiyaç duyulmaktadır (Şekil 6.). Ham görüntülerin işlenmesiyle görüntüler, RGB, RGBI (4 bant), CIR (renkli kızılötesi) veya pankromatik olarak 8 bit veya 16 bit radyometrik ayırma gücünde elde edilebilmekte ve gelişmiş radyometri ayarları yapılabilmektedir. Aynı bölgeye ait farklı özellikli bu görüntüler, çok çeşitli

çalışma alanlarında değişik kullanıcıların hizmetine de sunulabilmektedir.

Bu yöntem ile film kullanımı ve buna bağlı olarak foto-laboratuvar ve hassas fotoğraf tarama işlemleri ortadan kalkmaktadır. Özellikle film banyosu sırasında ve tarama sonrasında ortaya çıkan görüntü kalitesindeki azalmalar önlenmektedir. Kısaca film, foto laboratuvar, film taneciklerinden kaynaklanan gürültü ortadan kalkmaktadır. Aynı resme ait birden fazla kopya için fazladan maliyet olmamaktadır (Leberl vd., 2003).

Ayrıca klasik sistemde renkli, kızılötesi ve pankromatik resim elde edebilmek için ayrı filmler ve dolayısıyla ayrı uçuşlar gerektiği göz önünde bulundurulduğunda, sayısal sistemin aynı anda 4 bantta veri topladığı göz önüne alındığında üretim maliyetini önemli ölçüde azalttığı görülmektedir. Foto-laboratuvar işlemleri ve görüntülerin işlenmesi zaman maliyeti açısından karşılaştırılmış ve Tablo 2’de sunulmuştur.

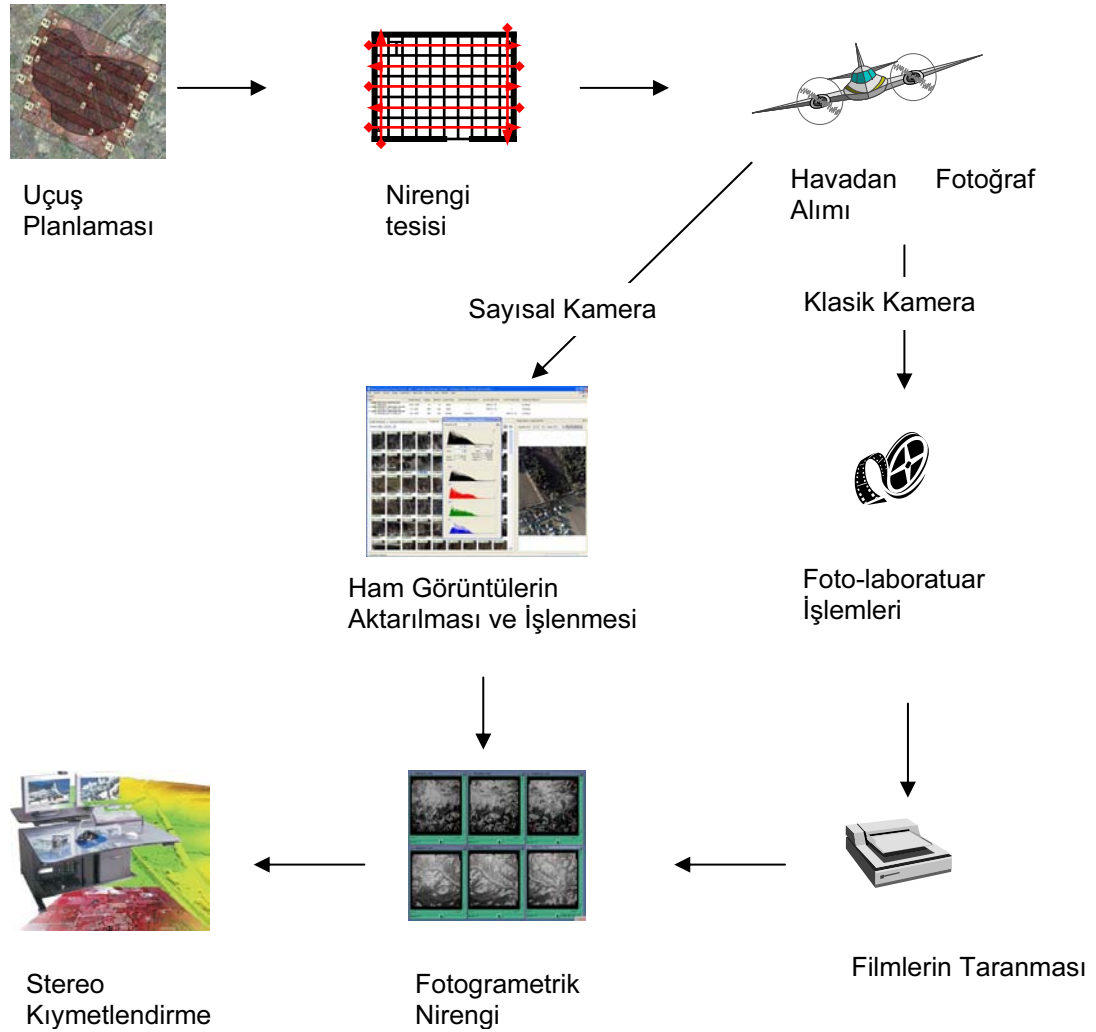
Görüntülerin aktarılması ve işlenmesi foto-laboratuvar işlemlerine göre zaman maliyeti açısından incelendiğinde, foto-laboratuvar işlemlerinin görüntülerin işlenmesine oranla daha uzun sürdüğü görülmektedir (Tablo 2). Ayrıca, film ve banyo maliyetlerinin ortadan kalktığı dikkate alınırsa sayısal kamerasının toplam maliyeti önemli ölçüde azalttığı görülmektedir.

Sayısal Hava Kamerasının kullanımıyla birlikte arşiv kavramı da değişmiş ve önem kazanmıştır. Klasik sistemde film ruloları tarandıktan sonra depoda saklanmakta, taranmış görüntülerse sıkıştırılarak bilgisayar ortamında arşivlenmekteydi. Taranmış görüntülerin boyutu fazla olmadığından arşiv için bir problem oluşturmamaktaydı. Yeni sistemde ham görüntüler sürekli ve çevrimdışı (offline) olarak, işlenmiş görüntülerse bir yıl süreyle çevrimiçi (online) olarak, işlenmiş görüntülerin 1/20 oranında sıkıştırılmış halleri ise sürekli olarak çevrimiçi arşivlenmesine karar verilmiştir. 1:250.000 Erzincan paftasına ait bölgenin klasik kamera ve sayısal kamera ile uçuş planlaması yapılmış ve maliyete esas bilgiler Tablo 2’ de sunulmuştur. Tablo incelendiğinde sayısal kamera ile elde edilen görüntülerin, taranmış görüntülerin 5 katı oranında yer tuttuğu görülmektedir. Dolayısıyla bu büyük veri hacmi, ciddi bir sayısal arşiv yönetimi gereksinimini ortaya çıkarmıştır. Ayrıca maliyete esas bilgiler doğrultusunda yapılan hesaplamalara göre; fotogrametrik nirengi maliyeti hariç sayısal kamera ile yapılan proje maliyetinin klasik kamera ile yapılan proje maliyetine göre yaklaşık

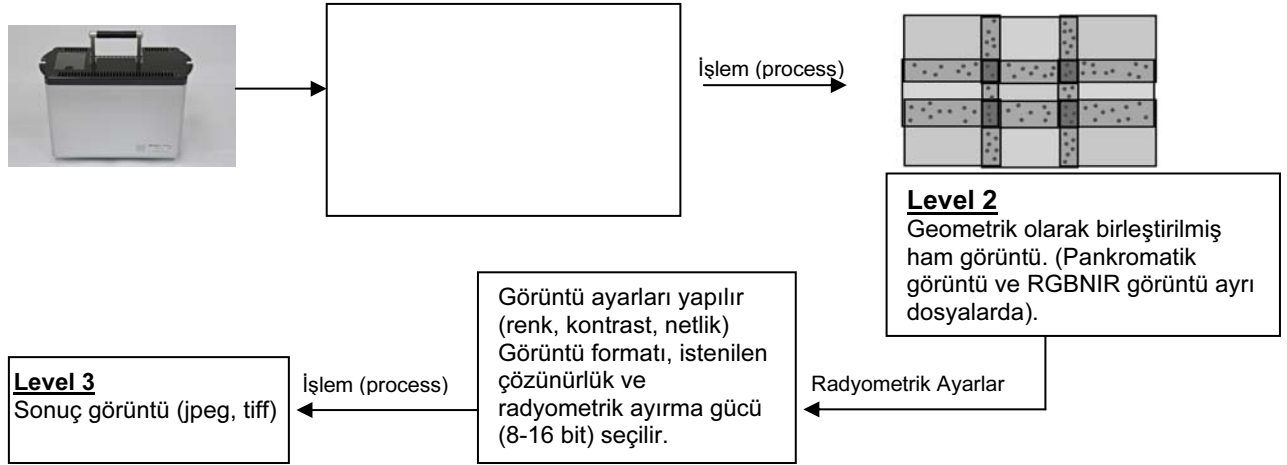
%20 ile %50 oranları arasında daha az olduğu tespit edilmiştir. Tespit edilen bu maliyet farkının büyük kısmını film-banyo maliyeti ve tarama maliyeti oluşturmaktadır. Uçuş maliyeti, resim ölçeğine ya da yer örnekleme aralığına ve proje alanının büyüklüğüne bağlıdır (Yıldırım vd., 2005).

Klasik sistemde tam otomatik fotogrametrik nirengi sonuçları yeterli doğruluğu

sağlamadığından yarı otomatik olarak yapılmaktaydı. Gerek yazılımdaki gelişmeler gerekse görüntü kalitesinin iyileşmesi sonucunda sayısal sistemde fotogrametrik nirengi işlemleri tam otomatik olarak yapılabilmektedir. Yarı otomatik fotogrametrik nirengi işleminin 8 hafta sürdüğü bir proje, tam otomatik fotogrametrik nirengi ile 4 haftada tamamlanabilmektedir (Tablo 2).



Şekil 5. Fotogrametrik iş akışı.



Şekil 6. Görüntülerin işlenmesi.

Tablo 2. Klasik ve sayısal kamera ile proje maliyeti.

Proje Bilgileri	Sayısal	Analog	Birim
GSD / Tarama Duyarlılığı	43	70 (20 Mikron taranırsa)	cm
Fotoğraf Ölçeği	60.000	35.000	-
İleri Bindirme Oranı	60	60	%
Yan Bindirme	30	30	%
Uçuş Hızı	200	200	knot
İntikal Mesafesi (Toplam)	50	50	km
Proje Alanı Eni	130	130	km
Proje Alanı Boyu	111	111	km
1 adet Kolon Dönüş Mesafesi	20	20	km
Bir Gündeki Uçuş Görev Saati	5	4	saat
Ofis Maliyetine Esas Bilgiler:			
Proje Alanı	14430	14430	km ²
Fotoğraf Sayısı	2225	933	adet
Toplam Görüntü Hacmi	906	180	Gbyte
Toplam Rulo	---	3,7	Adet
Level 2 / Foto-Lab İşlem Süresi	10	60	saat
Level 3 / Tarama Süresi	223	233	saat
Toplam İşlem Süresi	233	293	saat
Uçuş Maliyetine Esas Bilgiler:			
Kolon Sayısı	65	51	adet
Toplam Kolon Uzunlukları	3516	2840	km
Toplam Uçuş Uzunluğu	4846	3890	km
Uçuş Süresi	13.5	10,8	saat
Fotogrametrik Nirengi	4 (Otomatik)	8 (Yarı otomatik)	hafta

Yöneltme parametrelerinin (κ , ϕ , ω , X_o , Y_o , Z_o) doğrudan elde edilmesine yardımcı olan AÖB'nin sistemde bulunması, fotogrametrik nirengi işlemlerinde ve ortofoto üretimlerinde büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Ortofoto yapımı için yapılacak bazı uçuşlarda istenen konum doğruluğu göz önünde bulundurulmak koşuluyla, yer kontrol noktasına ihtiyaç duyulmayacağı (doğrudan coğrafi konumlandırma) değerlendirilmektedir. (Kiracı vd., 2008).

Kıymetlendirme sırasında aynı bölgeye ait değişik bantlardaki görüntülerin dönüşümlü olarak kullanılması, görülemeyen detayların farklı bantlarda görülebilmesini mümkün kılmaktadır. Bunun yanında görüntülerin radyometrik kalitesi, klasik kamera görüntülerine kıyasla daha iyidir (Markelin vd., 2005). Radyometrik kalitenin artması detay teşhisini kolaylaştırmış ve teşhis edilen detay sayısını arttırmıştır. Bununla birlikte kıymetlendirme süresi de artmıştır. Ayrıca sayısal kamera sistemi görüntülerinin kapsadığı alan klasik kamera resimlerinin kapsadığı alana göre daha küçüktür. 1:25.000 ölçekli bir pafta alanı klasik sistemde (23x23 cm lik film ile) 9-12 stereo model ile kıymetlendirilirken, sayısal kamera görüntüleri (UltracamX) kullanıldığında 28-32 model ile kıymetlendirilmektedir.

4. ÖLÇEK VE YER ÖRNEKLEME ARALIĞI

Klasik kamera ile yapılan uçuş projelerinde belirleyici olan "resim ölçeği" tanımının yerini sayısal kameranın kullanımı ile birlikte "Yer Örnekleme Aralığı" (YÖA) tanımı almıştır. YÖA, bir pikselin arazide kapladığı alanın bir kenarını ifade etmektedir. Klasik sistemde bir pikselin arazide kapladığı alan, resim ölçeği ve tarama duyarlılığına bağımlı iken; sayısal kamerada piksel boyutunun sabit olmasından dolayı sadece uçuş yüksekliğine bağımlıdır. Ayrıca pushbroom kameralarda YÖA, uçuş hızı ve pozlama süresine bağlıdır. Örneğin 2 milisaniyelik pozlama süresi ve 75 m/sn uçuş hızıyla, 15 cm YÖA elde edilir. Dolayısıyla ölçek yerine daha anlamlı olan "Yer Örnekleme Aralığı" kullanılmaktadır. Klasik kamera ile yapılan projelerin sayısal kamera ile hangi ölçek ve yer örnekleme aralığında yapılması gerektiğini belirlemek için yapılan çalışma sonuçları Tablo 3' de sunulmuştur.

Tablo 3. Ölçek ve Yer Örnekleme Aralığı İlişkisi (Kiracı vd., 2008).

Harita Ölçeği	Analog Kamera			Sayısal Kamera	
	Analog Fotoğraf Ölçeği	Tarama (mikron)	YÖA (cm)	Sayısal Kamera Ölçeği	YÖA (cm)
1:1000	1:4.000	15	6	1:10.000	7,2
1:5000	1:16.000	15	24	1:35.000	25,2
1:25000	1:35.000	15	52,5	1:70.000	50,4

5. SONUÇ

Harita Genel Komutanlığı envanterine 2008 yılında dâhil edilen sayısal hava kamerası sistemi fotogrametrik iş akışını değiştirmiş, yarı sayısal bir fotogrametrik nirengi işleminden tam sayısal bir fotogrametrik nirengi işlemine geçiş sağlamıştır. Ayrıca çeşitli fotogrametrik faaliyetlerde doğrudan konumlandırmanın yolunu açmıştır. Sayısal kamera sisteminin avantaj ve dezavantajları aşağıda maddeler halinde sunulmuştur.

Avantajları:

- Maliyet %20 - %50 arasında azalmıştır.
- Kıymetlendirme sırasında aynı bölgeye ait değişik bantlardaki görüntülerin dönüşümlü olarak kullanılması, görülemeyen detayların farklı bantlarda görülebilmesini mümkün kılmaktadır.
- Görüntü kalitesinin artması tam otomatik fotogrametrik nirengiyi olanaklı kılmıştır. Fotogrametrik nirengi işlem süreleri azalmıştır.
- GKS/AYS değerleri ile birlikte doğrudan coğrafi konumlandırma olanaklı hale gelmiştir.
- Görüntü kalitesinin daha iyi olması detay teşhisini kolaylaştırmış ve sayısını arttırmıştır.
- Foto-laboratuvar ve tarama işlemleri ortadan kalkmıştır.
- Film banyosu ve tarama sonrasında ortaya çıkan görüntü kalitesindeki azalmalar önlenmektedir.

- Aynı anda Yeşil, Kırmızı, Mavi, Yakın Kızılötesi ve pankromatik banta ait görüntü elde edilmektedir.
- Aynı resme ait birden fazla kopya için maliyet ortadan kalkmıştır.

Dezavantajları:

- Veri hacmi oldukça fazladır ve arşiv yönetimine gereksinim duymaktadır.
- Görüntü kalitesindeki iyileşme teşhis edilen detay sayısını arttırmış, dolayısıyla kıymetlendirme süresi de artmıştır.
- Resmin kapladığı alan analog resme (23x23 cm) kıyasla daha az olduğundan yaklaşık olarak 3 kat daha fazla resme ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

- Grubera M., Ponticellia M., Bernögger S., Leberlb S., 2008, **Ultracamx, The Large Format Digital Aerial Camera System By Vexcel Imaging / Microsoft**, ISPRS, Pekin.
- Leberl F., Gruber M., Ponticelli M., Bernoegger S., Perko R., 2003, **The UltraCam Large Format Aerial Digital Camera System**, Proceedings of the American Society For Photogrammetry & Remote Sensing, Anchorage, Alaska.
- Markelin L., Ahokas E., Honkavaara E., Kukko A., Peltoniemi J., 2005, **Radiometric Quality Comparison of Ultracam-D and Analog Camera**, ISPRS Hannover workshop.
- Kiracı A.C., Eker O., İşcan L., 2008 **Fotogrametrik Nirengi ve GPS/IMU ile Doğrudan Coğrafi Konumlandırma Test Sonuçları**, TUFUAB.
- Yıldırım A., Şeker D.Z., 2005, **Uçaklarla Toplanan Fotogrametrik Amaçlı Görüntü Maliyetinin Analizi**, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- UltracamX Digital Aerial Camera**, <http://www.microsoft.com/ultracam/ultracam/default.aspx>, Eylül 2008.
- UltracamX Technical Specifications**, <http://download.microsoft.com/download/8/5/A/85A3648B-B4F5-46D6-80E6-C0698A2EE109/UCXp-Technical/UltraCamX-Technical.pdf>, Eylül 2008.
- UltracamX Data Flow**, <http://download.microsoft.com/download/1/6/a/16aa08fd-a0ae-4c0e-811f-29f192965b85/UCXdataflow08-A4-web.pdf>, Eylül 2008.
- Digital Aerial Photography**, <http://gis.mapsofworld.com/aerial-photography/digital-aerial-photography.html>, Eylül 2008.