

**Makale
(Article)**

Sayısal Ve Analog Hava Kameralarının Geometrik Potansiyellerinin Fotogrametrik Açından İrdelenmesi

Osman SELÇUK*, **Tamer BAYBURA****, **Fevzi KARSLI*****

*Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Fotogrametri ve Geo. Daire Başkanlığı Ankara/TÜRKİYE

**Afyon Kocatepe Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Jeodezi ve Fotogrametri. Müh. Böl. Afyon/TÜRKİYE

***Karadeniz Teknik Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Jeodezi ve Fotogrametri. Müh. Böl. Trabzon/TÜRKİYE
osmanselcuk@mynet.com

Özet

Çalışmada, Zeiss/Jena fotogrametrik analog kamera ve Vexcel fotogrametrik sayısal kameraların geometrik performanslarının karşılaştırılması amaçlanmaktadır. Bu amaçla aynı bölgenin, yakın zamanlı hem analog hem sayısal çekimi yapılmış görüntülerinin incelenmesi sonrası, hem analog hem sayısal görüntülerde uygun dağılımda bulunan 20 adet kontrol noktası çalışmanın temel altlığını oluşturmaktadır. Bunun için, önce analog kamera görüntüleri kullanılarak oluşturulan projede, kontrol ve denetleme noktaları farklı sayı ve yönde değişik kombinasyonlar oluşturacak şekilde test edilmiştir. Noktaların arazi koordinatları (jeodezik koordinatlar) ile dengeleme sonucu bulunan koordinatları arasındaki farkların üç boyutlu hata vektörleri oluşturulmuştur. Bu vektörler yardımı ile her bir dengelemenin X, Y ve Z eksenlerinde maksimum hataları tespit edilmiş ayrıca tüm noktaların hata ortalamaları alınarak analog kamera ile yapılan diğer kombinasyonlar ile irdelenmesi yapılmıştır. Sonrasında da sayısal kamera görüntüleri kullanılarak proje oluşturulmuş, analog kamera görüntüleri kullanılarak yapılan projedeki işlem adımları ve kombinasyonların aynıları sayısal kamera için de tekrarlanarak noktaların arazi koordinatları ile dengeleme hesabıyla bulunan koordinatları arasındaki farkların üç boyutlu hata vektörleri oluşturulmuştur. Bu vektörler yardımı ile her bir dengelemenin, eksenlerde maksimum hataları ve hata ortalamaları alınarak sayısal kamera ile yapılan diğer kombinasyonlar ile irdelenmesi yapılmıştır. Sayısal kameranın geometrik doğruluk açısından daha iyi sonuç verme nedenleri ve sayısal kameranın sağladığı yeniliklere değinilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sayısal Kamera, Analog Kamera, Geometrik Doğruluk, Işın Demetleri İle Blok Dengeleme

Evaluation Of Geometric Potentials Of Digital And Analog Aerial Cameras In Terms Of Photogrammetry

Abstract

In this study, it was aimed to determine the performance of Zeiss/Jena analog photogrammetric camera and Vexcel digital photogrammetric camera each of one. Digital and analog photographs taken recently of the same area were used with 20 control points in these photographs. It has been tested the project prepared with digital and analog photographs according to control and balance points, and created there dimensional deviation vectors between aerial and image coordinates. The maximum deviations in X, Y, and Z axis for each balance operations were determined using these vectors we. With these vectors, it were determined the maximum deviations in X, Y, and Z axis for each balance operation in digital cameras. At least, it has been compared these results with other camera combinations and reached the geometric linear analysis. It has ended this study with the comparison of digital and analog camera's results.

Keywords : Digital Camera, Analog Camera, Geometric Accuracy, Bundle Block Adjustment

Bu makaleye atf yapmak için

Selçuk O., Baybura T., Karşı F., "Sayısal Ve Analog Hava Kameralarının Geometrik Potansiyellerinin Fotogrametrik Açından İrdelenmesi." Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi 2010, 2(2) 1-11

How to cite this article

Selçuk O., Baybura T., Karşı F., "Evaluation Of Geometric Potentials Of Digital And Analog Aerial Cameras In Terms Of Photogrammetry" Electronic Journal of Map Technologies, 2010, 2 (2) 1-11

1. GİRİŐ

Fotogrametri eski yunancadaki fotos (ıŐık), gramma (çizim), metron (ölçme) kelimelerinin birleŐmesinden meydana gelmiŐ “ıŐık yardımı ile ölçme ve çizim” anlamına gelmektedir (Gürbüz 1981).

Haritacılık yönünden fotogrametri, genellikle % 60 boyuna ve % 30 enine bindirmeli olarak çekilmiş arazinin merkezsel izdüşümü olan fotoğraflar yardımı ile harita elde etme bilimidir. Fotogrametri, çok kısa sürede büyük alanların doğru bir Şekilde haritalanmasına ve ortofoto haritaların üretilmesine olanak sağlaması sebebi ile uygulama alanı bulmakta ve her geçen gün bu olanaklarını arttırmaktadır.

Öncelikle, fotogrametrinin tarihi süreçte ki gelişimine bakılmıŐ ve özellikle sayısal fotogrametrinin temel özellikleri, çalışma algoritması ve prensiplerine değinilmiştir. Değerlendirme programı hakkında ayrıntılı bilgiler verilmiŐ, bu çalışmada kullanılan kameralar ayrıntılı olarak incelenerek temel bilgiler verilmiŐtir. Sonrasın da, analog ve sayısal resimlerin değerlendirilmesinde kullanılan matematiksel modele değinilmiştir.

Bu çalışmada, İstanbul Őehrinde hâlihazır ve ortofoto harita yapımı amacıyla yakın zamanlı alımı yapılmış; aynı bölgenin, Zeiss/Jena LC0030 Analog Fotogrametrik hava kamerası ve Vexcel UltraCam D Sayısal Fotogrametrik hava kamerası resimleri temin edilmiştir.

Proje blok bazda ve kinematik GPS (Global Positioning System) Küresel Konumlama Sistemi yöntemi ile uçulduğu için, bu çalışma alanında nirengi sıklaştırılmasına gerek duyulmuştur. Resimlerin incelenmesi sonrası; hem analog hem sayısal resimlerde ortak dağılımda ve nitelikte gözükten 20 objenin kontrol noktası olmasına karar verilmiŐtir. BaŐlangıç olarak bu 20 adet noktanın GPS ölçülerini yapmak amacıyla bölgeye gidilmiŐtir.

GPS ölçüm ve hesapları yapılan 20 adet kontrol noktası çalışmanın temel altlığını oluşturmuştur. Bu noktalarla kontrol ve denetleme noktaları olacak Şekilde farklı kombinasyonlar oluşturulmuştur.

Önce; analog hava kamerası için, I. kombinasyonda; 20 kontrol, 0 denetleme, II. kombinasyonda; 15 kontrol, 5 denetleme, III. kombinasyonda; 10 kontrol, 10 denetleme, VI. kombinasyonda; 5 kontrol, 15 denetleme ve V. kombinasyonda; 10 kontrol noktası kuzeyde, 10 denetleme noktası güneyde olacak Şekilde; 5 kombinasyonda ayrı ayrı test ve dengeleme yapılmıŐtir.

Sonrasında; noktaların arazi koordinatları ile fotogrametrik koordinatları arasındaki farkların üç boyutlu hata vektörleri oluşturulmuştur. Bu vektörler yardımı ile her bir dengelemenin X, Y ve Z eksenlerinde maksimum hataları tespit edilmiş ayrıca tüm noktaların hata ortalamaları alınarak aynı kamera için diğer kombinasyonlar ile irdelemesi yapılmış; yine bu değerler diğer kamera kombinasyonları ile karşılaŐtırılmıŐtır.

Çalışma, Zeiss/Jena LC0030 Analog Fotogrametrik hava kamerası ve Vexcel UltraCam D Sayısal Fotogrametrik hava kamerası ile yakın zamanlı çekimi yapılmış resimleri kullanılarak söz konusu kameraların geometrik doğruluk analizi ve farklı nitelikteki (analog ve sayısal) kameralarla elde edilen sonuçların karşılaştırılması ile tamamlanmıŐtır.

2. FOTOGRAMETRİK KAMERALAR ve FOTOGRAMETRİK TANIMLAR

Bir sayısal fotogrametrik sistemin ana elemanı sayısal fotogrametrik iş istasyonudur. Sayısal fotogrametrik iş istasyonunda her türlü analitik iŐlemler gerçekleştirilebilir. İŞ istasyonlarında, harita üretimi ve revizyonunda yer alan fotogrametrik nirengi ölçümü, dengeleme, detay çıkarma, detay ekleme gibi iŐlemler, otomatik veya yarı otomatik çalıŐmalar gerçekleştirilir.

Çıktılar; sayısal harita sistemlerine, kent bilgi sistemlerine, GIS (Geographic Information System) Coğrafi

Bilgi Sistemi ve LIS (Land Information System) Arazi Bilgi Sistemlerine vektör yapıda haritalar olabildiği gibi sayısal arazi modeli verileri ve sayısal ortofoto görüntüleri de olabilir.

2.1 Kameralar

Yeryüzünün doğal ve yapay objelerinden yansıyan enerjinin doğrudan doğruya fotografik bir algılayıcı üzerine indirilebilmesi için gereken uygun ortamı sağlayan cihazlara kamera denir.

Hava fotogrametrisinde Analog ve Sayısal olmak üzere iki çeşit kamera mevcuttur.

2.1.1 Analog Kameralar

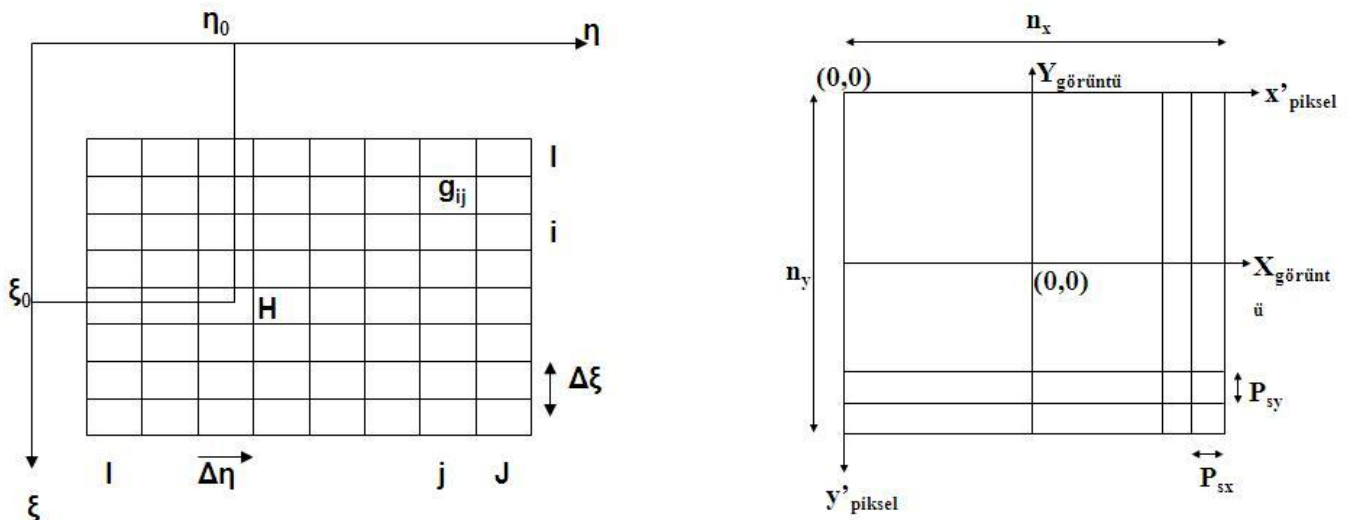
Fotogrametrik belgeleme için özel tasarlanmış, optik ve mekanik aksamdan gelen bozulmaları en az seviyeye indirilmiş, kalibre edilmiş, film şerit üzerine çekim yapan özel kameralardır. Fotoğrafların banyo ve baskı işlemleri yapıldıktan sonra bilgisayar ortamına aktarılabilmesi için yüksek çözünürlüğe sahip tarayıcılar kullanılır.

2.1.2 Sayısal Kameralar

Sayısal kameralar birçok yönden analog kameralara göre farklılık gösterir. Kullanılan optik sistem, tek bir mercekten oluşmayıp, genelde 8 mercek sisteminden meydana gelen bir yapıya sahiptir. Bunlardan 4 tanesi siyah/beyaz (pankromatik), 3 tanesi multispektral- renkli (RGB) ve 1 tanesi kızılötesi (IR) kanallarından görüntü alan yapıdadır. Frame (çerçeve) yada linescanner (tarayıcı) görüntüleme özelliğine sahip ve 12 mikron altında piksel boyutuyla görüntü alabilen sistemlerdir. Nesneden yayılan veya yansıyan ve görüntüleme sisteminin optik elemanları tarafından toplanan radyasyonu algılamak ve onu elektrik sinyali formuna dönüştürmek için elektronik detektörler kullanılır. Bu tür kameralarda görüntü, detektörlerin duyarlanmasından doğan fotonların elektrik voltajına çevrilmesi ile oluşmaktadır.

2.2 Sayısal Görüntü ve Özellikleri

Bir bilginin vektör veri modelinde olduğu gibi, raster veri modelinde de bilgisayar ortamında saklanabilmesi için, koordinat bilgisine ihtiyaç vardır. Raster veri modelinde her bir konum ayrı bir piksel ile ifade edilir. Bu tür gösterimlerde her bir hücrenin koordinatı satır ve sütun numarası ile belirlenir ve koordinat başlangıcı olarak daima ekranın sol üst köşesi alınır. Yatay eksen η (x), dikey eksen ξ (y) olarak adlandırılır. Piksel boyutunun büyümesiyle görüntü kalitesinde bozulma meydana gelir. Küçük piksel boyutuna sahip görüntülerde detay ayırt etme yeteneği daha yüksek olduğundan çözünürlük de yüksektir.



Şekil 1. Piksel Görüntü Koordinat Sistemi ve Piksel Koordinatlardan Görüntü Koordinatlarına geçiş

Sayısal görüntüdeki ölçümler bir piksel koordinat sisteminde ifade edilir. Görüntü koordinatları ve piksel koordinatları arasındaki ilişki piksel koordinat sisteminden görüntü koordinat sistemine bir dönüşüm işlemi ile sağlanır.

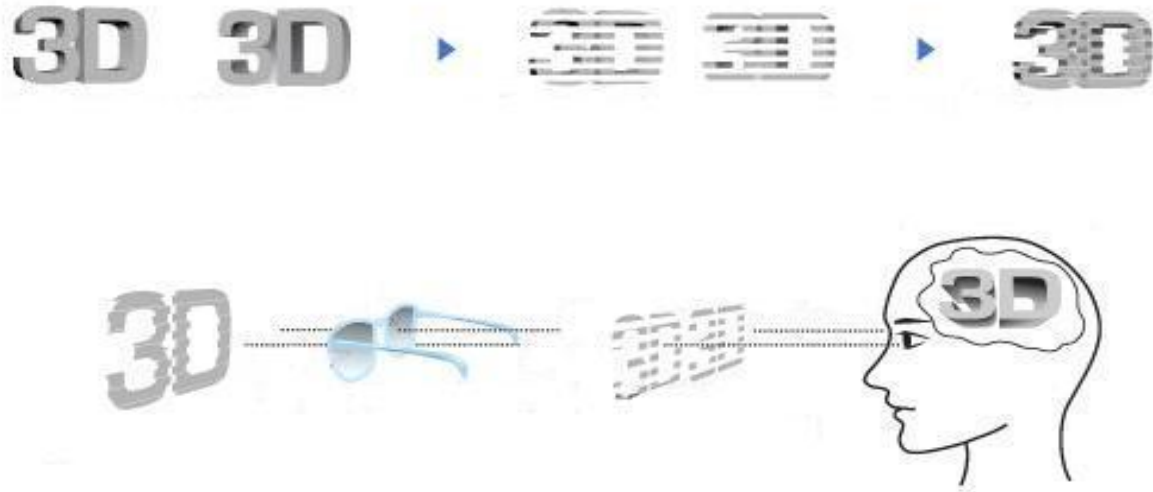
Piksel koordinatlarından görüntü koordinatlarına aşağıdaki bağıntılarda olduğu gibi geçiş yapılır. Burada, x , y görüntü koordinatlarını, x' , y' piksel koordinatlarını, n_x , n_y , x ve y yönündeki piksel sayısını, p_{sx} ve p_{sy} ise x ve y yönündeki piksel boyutunu göstermektedir.

$$x = \left(x' - \frac{n_x}{2} \right) p_{sx}$$

$$y = \left(-y' + \frac{n_y}{2} \right) p_{sy}$$

Formül 1. Piksel Koordinatlardan Görüntü Koordinatlarına transformasyon

2.3 Sayısal Stereo Görüntü



Şekil 2. Sayısal stereo görüntü oluşumu.

İki farklı açıdan bindirmeli olarak çekilmiş resimlerin aynı anda özel teknikler ile görüntülenmesi sonucu stereo 3D görüntü algılanır

2.4 Arazi ve Resim Koordinatı Arasındaki Bağıntılar

Genel olarak fotogrametrik problem, kameranın iç ve dış yöneltme parametrelerini ayrıca ilgili noktaların cisim uzayı koordinatlarının belirlenmesini içerir.

2.4.1 İç Yöneltme

İç yöneltmede amaç, resim çekim anındaki ışın demetini yeniden oluşturmaktır. Böylece izdüşüm merkezine göre resim noktalarının konumunu esas alarak cisim uzayındaki ışınların aralarındaki açısız bağıntıyı ifade eder. Resim koordinat sistemine göre izdüşüm merkezinin konumu yöneltmenin geometrik elemanlarıyla ifade edilir.

2.4.2 Dış Yöneltme

Dış yöneltme kameranın bir referans sistemine göre (arazi sistemi) konumunun belirlenmesini ve yöneltmesini içerir. Bir ışın demetinin uzaydaki konumunun belirlenmesi üç dönme ve ötelenme

değerlerinin bilinmesi ile mümkün olur. Bu değerler resim çekme noktasının X_0 , Y_0 ve Z_0 koordinatları ile ışın demetinin üç dönme parametresi ω , ϕ ve χ 'dir. Bu altı parametreye dış yöneltme elemanları denir.

2.4.3 Karşılıklı Yöneltme

Bir fotoğraf çifti için, fotoğrafların alımı sırasında mevcut olan perspektif koşulların stereo değerlendirme aletlerinde veya matematik eşitlikler ile yeniden oluşturulması işlemidir. Bu işlem stereo çift üzerinde kesişen bütün ışın çiftleri bir düzlemde olduğu zaman başarılabilir. Bunun için; karşılıklı yöneltme ile her iki resimden elde edilen ışın demetleri resim çekim anındaki konuma getirilir. Bu adım sonunda beş bağımsız dış yöneltme elemanı (χ_1 , χ_2 , ϕ_1 , ϕ_2 ve ω_2) elde edilir.

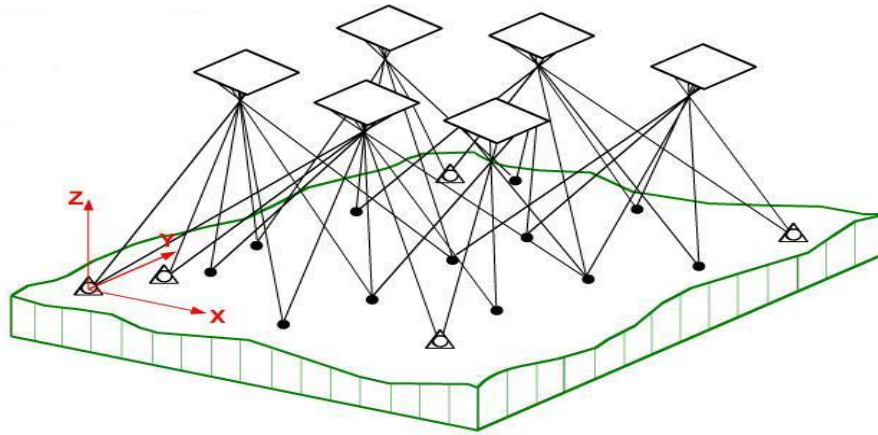
2.4.4 Mutlak Yöneltme

Karşılıklı yöneltme ile elde edilen uzay modelinin ölçeği belirsiz olduğu gibi, uzaydaki konumu ve yöneltmesi de belirsizdir. Cisim koordinat sistemindeki koordinat değerleri ile model koordinatlarının çakışacağı biçimde ötelenmesi ve döndürülmesi gerekir. Bu adıma da mutlak yöneltme denir. Mutlak yöneltme elemanlarının belirlenebilmesi için model ve arazi koordinatları arasında en az 7 denklem oluşturulmalıdır. Bu denklemlerin kurulabilmesi için cisim uzayında koordinatı bilinen en az 3 kontrol noktasına ihtiyaç vardır.

Sayısal ortamda, resimler üzerinde hem resim hem de cisim koordinatları bilinen kontrol noktaları ve resimler üzerinde ölçülmüş olan diğer bağlantı noktalarının resim koordinatları fazla ölçü oluşturduğundan üç boyutlu model için dengeleme hesabına gerek vardır. En küçük kareler yöntemine göre yapılacak dengeleme için iki temel yöntem vardır. Bunlar bağımsız modeller yöntemi ile dengeleme ve ışın demetleri yöntemi ile dengeleme yöntemleridir.

2.5 Işın Demetleri ile Blok Dengeleme

Işın demetleri ile blok dengelemede veriler, birbirlerini bindirmeli olarak örten resimlerdeki, resim koordinatlarıdır. Resim koordinatları ile resim iç yöneltmesinin elemanları, her resimde bir ışın demeti tanımlamaktadır.



Şekil 3. Işın Demetleri ile Blok Dengeleme

İşte bu ışın demetlerinin bir blok biçiminde bir araya getirilerek elde edilen, ışın demetleri ile blok dengelemesinin problemini ortaya koymaktadır. Böyle bir dengeleme yönteminde model ele alınmamaktadır. Doğrudan doğruya resim ile cisim veya arazi koordinatlarıyla bağıntı kurulmak suretiyle hesaplamalar yapılmaktadır. Özet olarak ışın demetleri ile dengelemenin temel matematiksel temeli kolinearite koşuluna dayanmaktadır.

Bir mühendislik probleminde yapılacak ölçü sayısını belirlemek için, dengeleme sonucunda hesaplanacak karesel ortalama hataların değerini önceden ampirik olarak belirlenerek ilgili proje için yeterli olup olmamasına veya ölçme yönteminin doğruluğuna istenen düzeyde olup olmamasına göre karar verilmesi gerekir.

3. UYGULAMA

1839 DIJİTAL KAMERA 1840	1841	1842	1843	1844	1845	1846	1847
176 ANALOG KAMERA	177	178	179	180	181		

Şekil 4. Analog ve sayısal kamera uçuş yönleri ve resim numaraları

Zeiss/Jena fotogrametrik analog hava kamerası ve Vexcel fotogrametrik sayısal hava kamerası ile yakın zamanlı çekimi yapılmış resimlerin ayrı ayrı ve değişik kombinasyonlarda dengelemesi yapılarak elde edilen parametrelerin yorumlanması ile geometrik doğruluk analizi, değişim belirleme amaçlı kullanılabilirliği ve farklı nitelikteki analog ve sayısal hava kameraların karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu çalışmada Match AT sayısal fotogrametrik nirengi yazılımı kullanılmıştır.

Öncelikle; Proje blok bazda ve kinematik GPS yöntemi ile uçulduğu (kullandığımız resimlere düşen nirengi sayısı az olduğu) için, bu çalışma alanında nirengi sıklaştırılmasına gerek duyulmuştur. Resimlerin incelenmesi sonrası; hem analog hem sayısal resimlerde ortak dağılımda 20 adet keskin detay kontrol noktası olarak seçilerek GPS ölçüm ve hesapları yapılmıştır. Bu 20 adet kontrol noktası çalışmanın temel altlığını oluşturmuştur. Bu noktalarla kontrol ve denetleme noktaları olacak şekilde farklı kombinasyonlar oluşturulmuştur.

Tüm girdiler bilgisayara aktarıldıktan sonra, programda yeni bir proje açılarak gerekli parametreler tanımlanır. Çalışmada aTEZ ve dTEZ olmak üzere iki proje oluşturulmuştur.

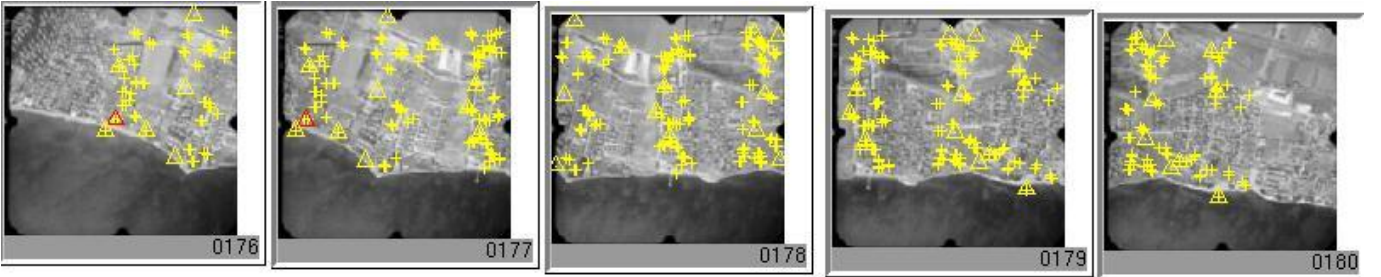
Çalışmada dayalı dengeleme yapılmıştır ve maksimum sigma kontrol noktalarında X ve Y yönünde 3 mikron Z yönünde 5 mikron. Manuel fotogrametrik nirengi noktalarında X ve Y yönünde 7 mikron, otomatik fotogrametrik nirengi noktalarında X ve Y yönünde 4 mikron hata sınırı ile çalışılmıştır. Burada tanımlanan hassasiyeti (sigma) aşan noktalarda ölçüler yenilenerek dengeleme işlemi istenilen doğruluk sağlanıncaya kadar tekrarlanmıştır.

Çalışmada aTEZ ve dTEZ olmak üzere iki projede de fotogrametrik nirengi ölçüsü yapılarak, Analog hava kamerası için,

- I. kombinasyonda; yalnız 20 kontrol,
 - II. kombinasyonda; 15 kontrol, 5 denetleme,
 - III. kombinasyonda; 10 kontrol, 10 denetleme,
 - VI. kombinasyonda; 5 kontrol, 15 denetleme ve
 - V. kombinasyonda; 10 kontrol noktası kuzeyde,
10 denetleme noktası güneyde
- olacak şekilde; beş kombinasyonda ayrı ayrı dengeleme yapılmıştır.



Şekil 5. Çalışma alanında kontrol noktalarının dağılımı

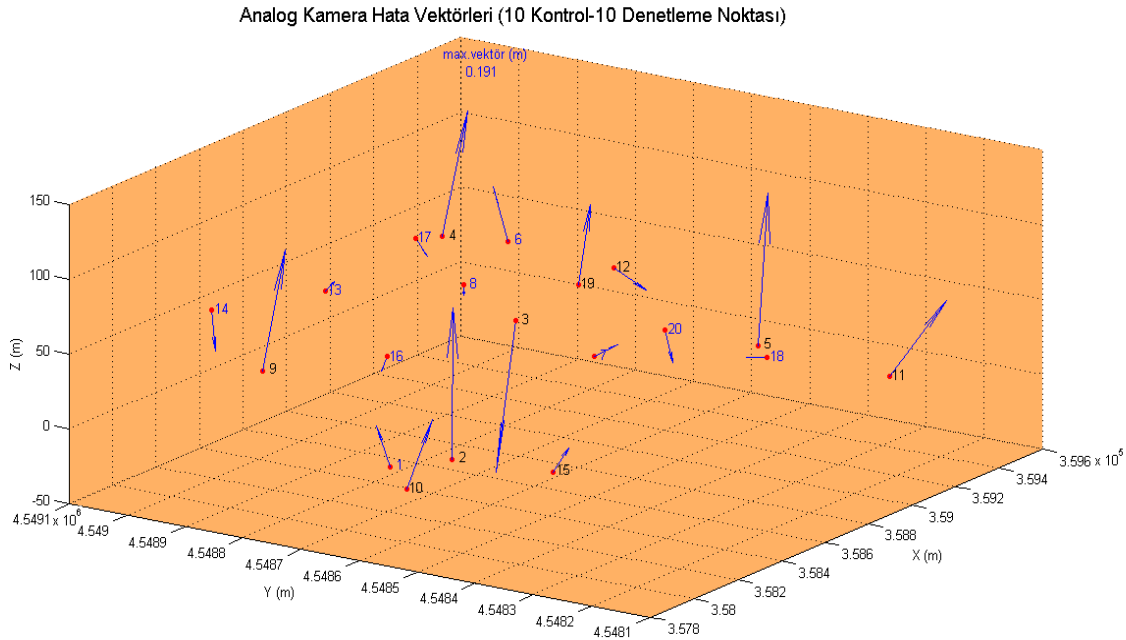


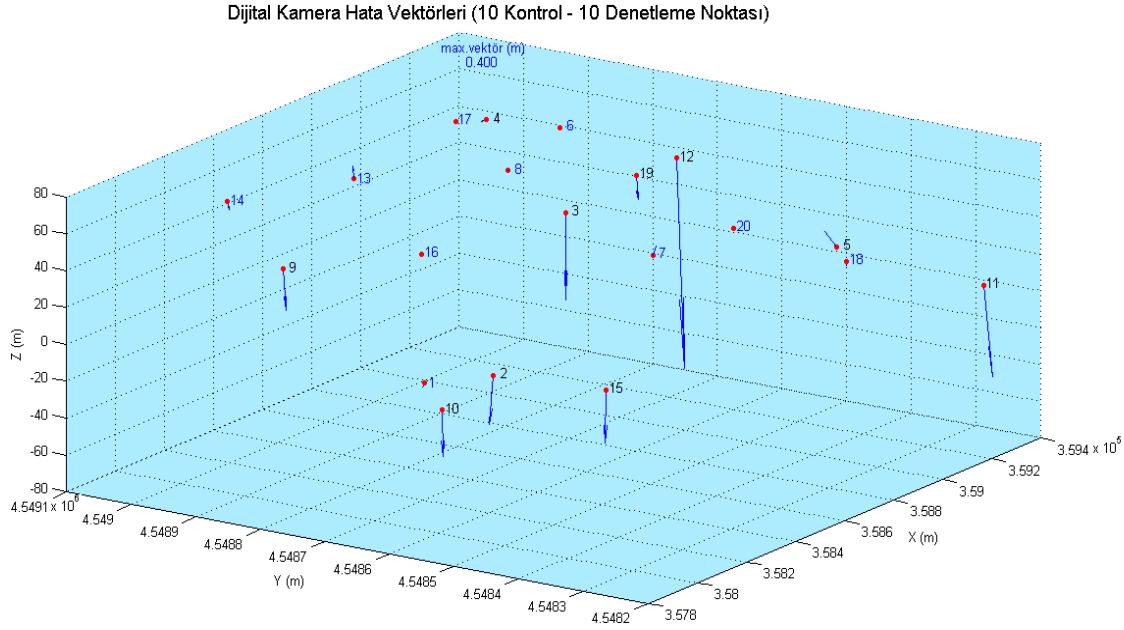
Şekil 6. Çalışma alanında fotogrametrik nirengi çalışması

Analog hava kamerası için yapılan bu kombinasyonlar; sayısal kamera için de aynı şekilde tekrarlanarak, noktaların arazi koordinatları ile fotogrametrik koordinatları arasındaki farkların üç boyutlu hata vektörleri oluşturulmuştur.

Tablo 1. 10 kontrol ve 10 denetleme noktası durumu dikkate alınarak yapılan dengeleme sonrası arazi ve fotogrametrik koordinatları arasındaki farklar

NOKTA NUMARASI	ARAZİ KOORDİNATLARI (m)			DENGELENMİŐ KOORDİNATLAR (m) (Dengeleme Sonrası OluŐan Koordinatlar)			FARKLAR (m)		
	X	Y	Z	x	y	z	dX	dY	dZ
N1001	357876.487	4548575.822	9.816	357876.524	4548575.797	9.771	-0.037	0.025	0.045
D1002	358016.253	4548521.232	10.010	358016.275	4548521.242	9.838	-0.022	-0.010	0.172
D1003	358582.206	4548624.820	59.568	358582.213	4548624.767	59.741	-0.007	0.053	-0.173
D1004	359123.813	4548952.996	57.570	359123.852	4548953.082	57.421	-0.039	-0.086	0.149
D1005	359180.737	4548431.791	20.450	359180.788	4548431.839	20.273	-0.051	-0.048	0.177
N1006	359319.903	4548913.494	45.068	359319.917	4548913.454	45.009	-0.014	0.040	0.059
N1007	358637.203	4548510.325	41.061	358637.165	4548510.379	41.046	0.038	-0.054	0.015
N1008	358615.885	4548726.322	73.750	358615.903	4548726.328	73.760	-0.018	-0.006	-0.010
D1009	357900.362	4548803.728	55.020	357900.387	4548803.801	54.878	-0.025	-0.073	0.142
D1010	357830.013	4548530.358	0.760	357830.028	4548530.438	0.675	-0.015	-0.080	0.085
D1011	359352.559	4548269.926	1.025	359352.440	4548270.045	0.939	0.119	-0.119	0.086
D1012	359342.948	4548741.279	38.770	359342.969	4548741.383	38.786	-0.021	-0.104	-0.016
N1013	358437.416	4548897.674	67.657	358437.358	4548897.679	67.649	0.058	-0.005	0.008
N1014	358237.830	4549017.993	58.457	358237.844	4549018.008	58.501	-0.014	-0.015	-0.044
D1015	358137.666	4548393.085	3.872	358137.709	4548393.147	3.838	-0.043	-0.062	0.034
N1016	358188.880	4548698.165	54.332	358188.884	4548698.151	54.349	-0.004	0.014	-0.017
N1017	359013.584	4548958.834	62.581	359013.558	4548958.859	62.601	0.026	-0.025	-0.020
N1018	359139.989	4548400.706	17.083	359140.002	4548400.652	17.086	-0.013	0.054	-0.003
D1019	359065.848	4548698.226	47.759	359065.884	4548698.274	47.663	-0.036	-0.048	0.096
N1020	359031.537	4548535.223	32.034	359031.560	4548535.252	32.067	-0.023	-0.029	-0.033

**Şekil 7.** Analog kamera için 3 boyutlu hata vektörü



Şekil 8. Sayısal kamera için 3 boyutlu hata vektörü

Tablo 2. Analog kamera dengellemeleri sonrası, arazi ve resim koordinat farkları

KOMBİNASYON	ANALOG KAMERA											
	KONTROL NOKTALARI						DENETLEME NOKTALARI					
	Maksimum Hata (cm)			Ortalama Hata (cm)			Maksimum Hata (cm)			Ortalama Hata (cm)		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
I	6.60	8.60	6.10	2.14	2.70	2.26						
II	5.30	7.90	4.80	1.79	1.89	2.21	16.50	9.80	44.20	5.86	7.14	13.58
III	5.80	5.40	5.90	2.45	2.67	2.54	11.90	11.90	17.70	3.78	6.83	11.30
IV	2.80	2.60	4.50	1.36	1.14	3.26	12.70	17.60	19.30	3.41	9.90	8.89
V	6.30	5.60	6.00	1.96	1.89	2.02	16.00	12.10	49.80	3.55	5.18	15.88

Tablo 3. Sayısal kamera dengellemeleri sonrası, arazi ve resim koordinat farkları

KOMBİNASYON	DİJİTAL KAMERA											
	KONTROL NOKTALARI						DENETLEME NOKTALARI					
	Maksimum Hata (cm)			Ortalama Hata (cm)			Maksimum Hata (cm)			Ortalama Hata (cm)		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
I	1.80	2.30	2.50	0.52	0.67	0.59						
II	1.70	2.00	2.30	0.49	0.81	0.71	3.50	4.40	8.20	2.16	2.50	6.02
III	1.70	1.70	2.20	0.55	0.67	0.82	2.80	5.50	39.70	1.26	2.12	11.68
IV	0.70	0.30	0.20	0.46	0.22	0.10	5.00	6.30	39.60	1.89	2.11	12.21
V	1.80	2.10	2.40	0.71	0.81	0.71	3.80	6.00	21.40	1.72	1.75	7.92

4. SONUÇ

Analog kamera için yapılan değerlendirmeler sonucunda, kontrol noktalarında görülen maksimum hatanın 20 kontrol, noktası kullanılarak yaptığımız I. kombinasyonda olduğu ve maksimum hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 6.60 cm, 8.60 cm ve 6.10 cm olarak bulunduğu; buna karşın sayısal kamera için yaptığımız değerlendirmeler sonucunda, kontrol noktalarında görülen maksimum hatanın yine 20 kontrol noktası kullanılarak yaptığımız I. kombinasyonda olduğu ve ölçtüğümüz maksimum hatanın X eksen yönünde 1.80 cm, Y eksen yönünde 2.30 cm ve Z eksen yönünde 2.50 cm olduğu ve sayısal kameranın değerlendirmeler sonucunda; kontrol noktalarında görülen maksimum hata vektörlerinin küçüklüğü ile daha iyi performans sergilediğini söyleyebilir.

Yine yapılan değerlendirmeler sonucunda, analog kamera için, kontrol noktalarında görülen maksimum ortalama hatanın 10 kontrol, 10 denetleme noktası kullanılarak yapılan III. kombinasyonda olduğu görülmüştür. Buna göre maksimum ortalama hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 2.45 cm, 2.67 cm ve 2.54 cm olarak bulunmuştur. Sayısal kamerada yapılan değerlendirmede ise, kontrol noktalarında görülen ortalama hatanın kuzey yönde seçilen 10 kontrol noktası ve güney yönde seçilmiş 10 denetleme noktası durumu dikkate alınarak yapılan V. kombinasyonda olduğu ve ölçülen maksimum ortalama hatanın X, Y ve Z eksen yönünde sırasıyla 0.71 cm, 0.81 cm ve 0.71 cm olduğu görülmüştür. Sonuç olarak sayısal kameranın; kontrol noktalarında görülen maksimum ortalama hatanın incelenmesi ile daha iyi sonuç verdiği söyleyebilir.

Denetleme noktalarında görülen maksimum hata durumuna bakıldığında: Analog kameralarda, 15 kontrol, 5 denetleme noktası kullanılarak yapılan II. kombinasyonda olduğu ve maksimum hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 16.50 cm, 9.80 cm ve 44.20 cm olarak bulunduğu; buna karşın sayısal kamera için yapılan değerlendirmeler sonucunda, denetleme noktalarında görülen maksimum hatanın 5 kontrol, 15 denetleme noktası kullanılarak yapılan IV. kombinasyonda olduğu ve ölçülen maksimum hatanın X eksen yönünde 5.00 cm, Y eksen yönünde 6.30 cm ve Z eksen yönünde 39.60 cm olduğu ve sayısal kameranın değerlendirmeler sonucunda; denetleme noktalarında görülen maksimum hata vektörlerinin küçüklüğü ile daha iyi performans sergilediğini söyleyebilir.

Analog kamera için yapılan değerlendirmeler sonucunda, denetleme noktalarında görülen maksimum ortalama hatanın, kuzey yönde seçilen 10 kontrol noktası ve güney yönde seçilmiş 10 denetleme noktası kullanılarak yapılan V. kombinasyonda olduğu ve maksimum hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 3.55 cm, 5.18 cm ve 15.88 cm olarak bulunduğu; buna karşın sayısal kamera için yapılan değerlendirmeler sonucunda, denetleme noktalarında görülen maksimum ortalama hatanın 5 kontrol, 15 denetleme noktası kullanılarak yapılan IV. kombinasyonda olduğu ve ölçtüğümüz maksimum hatanın X eksen yönünde 1.89 cm, Y eksen yönünde 2.11 cm ve Z eksen yönünde 12.21 cm olduğu ve sayısal kameranın değerlendirmeler sonucunda; denetleme noktalarında görülen maksimum hata vektörlerinin küçüklüğü ile daha iyi performans sergilediğini söyleyebilir.

Sonuç olarak; her iki kameranın da yönetmelikte belirtilen hassasiyeti sağladığı, buna karşın 21 mikronluk analog kamera resmi ile 9 mikronluk sayısal kamera resminin dengelemesi sonucu, sayısal kameranın hassasiyetinin tüm kombinasyonlarda daha iyi olduğu yapılan çalışmayla gözlemlenmiştir.

Buna göre;

Sayısal hava kameraları gelişim sürecini tamamlayarak, fotogrametrik harita üretiminde yerini almaya başlamıştır.

Geometrik doğruluğunu kanıtlamış film bazlı analog kamera sistemlerinin de kısa sürede terk edilmesi beklenmemektedir. Analog ve sayısal kamera dengelemeleri sonrası, arazi ve resim koordinat farkları incelendiğinde, her iki kameranın da yönetmelikte belirtilen hassasiyeti sağladığı, buna karşın sayısal kameranın hassasiyetinin tüm kombinasyonlarda daha iyi olduğu yapılan çalışmayla gözlemlenmiştir.

Sayısal hava kameralarının diğer özellikleri de dikkate alınırsa;

- Film, laboratuvar çalışmaları ve tarama işlemlerinin ortadan kalkması,
- Üstün radyometrik güç,
- Pankromatik, renkli ve IR'ın aynı anda elde edilmesi,
- Resim sürüklenmesinin elektronik giderilmesi,
- Uçuş süresi ve günlerinde artış,
- Uçuş sonrası fotogrametrik üretime hızlı geçiş,
- Yüksek kalitede ortofoto ürünler,
- CBS ve Uzaktan Algılama projelerinde tam sayısal iş akışı,
- İşçilik ve malzeme maliyetlerinde düşüş.

Gibi çok fazla artışının olmasının yanında;

Çekilen resimlerin boyutunun hala analog resim boyutunda olmayışı sebebi ile uçuş süresinin fazla olması gibi, zaman ve teknolojiye karşı yenilecek dezavantajı da bulunmaktadır.

6. KAYNAKLAR

1. Aytaç, M., (1987), "Fotogrametride Dengeleme", İstanbul
2. Bakıcı, Erkek, Ercan, Yaman, (2002), "Sayısal Fotogrametrik Harita Üretimi Ve Tapu Ve Kadastro Örneği", Sü. 30. Yıl Sempozyumu, Konya. 2002.
3. Gürbüz, H., (1981), "Ders Notları", Konya
4. HKMO, (2007), "Jeodezi Jeoinformasyon Arazi Yönetimi 2006/2 Sayı 95"
5. HKMO, (2007), "Jeodezi, Jeoinformasyon Ve Arazi Yönetimi Dergisi 2007/1 Sayı 96"
6. Karşlı, Ayhan, (2005), "Orta Ve Yüksek Çözünürlüklü Sayısal Kameraların Metrik Performanslarının Belirlenmesi", 10. Türkiye Harita Bilimsel Ve Teknik Kurultayı, Ankara. 2005.
7. KTÜ Jeodezi ve Fotogrametri Ders Notları, (2007), Trabzon. 2007.
8. SÜ Jeodezi ve Fotogrametri Ders Notları, (1999), Konya. 1999.
9. YILDIRIM, ŞEKERİ, (2005), "Uçaklarla Toplanan Fotogrametrik Amaçlı Görüntü Maliyetinin Analizi", 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara. 2005.