



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FOTOGRAMETRİDE KÜRESEL YÜZEYLİ
OBJELERİN RESİM ÇEKİM VE
DEĞERLENDİRME TEKNİKLERİ ÜZERİNE
DENEYSEL BİR UYGULAMA

Pınar BACAKSIZ

YÜKSEK LİSANS

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Ağustos-2010
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Pınar BACAKSIZ tarafından hazırlanan "Fotogrametride Küresel Yüzeyle Objelerin Resim Çekim Ve Değerlendirme Teknikleri Üzerine Deneysel Bir Uygulama" adlı tez çalışması 19/08/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Ferruh YILDIZ

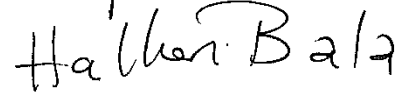
Danışman

Yrd. Doç. Dr. Taner ÜSTÜNTAŞ

Üye

Yrd. Doç. Dr. Havva ALKAN BALA

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylıyorum.

Prof. Dr. Bayram SADE
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Pınar BACAKSIZ

02.08.2010

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

FOTOGRAMETRİDE KÜRESEL YÜZEYLİ OBJELERİN RESİM ÇEKİM VE DEĞERLENDİRME TEKNİKLERİ ÜZERİNE DENEYSEL BİR UYGULAMA

Pınar BACAKSIZ

**Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Taner ÜSTÜNTAŞ

2010, 54 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Ferruh YILDIZ

Yrd. Doç. Dr. Taner ÜSTÜNTAŞ

Yrd. Doç. Dr. Havva ALKAN BALA

Yersel Fotogrametri uygulamalarında nesne koordinat sistemi ve resim koordinat sistemi arasındaki bağı farklı değerlendirme yöntemleri ile kurulabilmektedir. Bu yöntemler çalışılacak nesnenin büyüklüğüne, konumuna, nesnedeki derinlik farklarına, kullanılacak yazılım ve donanıma, beklenen doğruluk ve sonuç ürüne göre tercih edilmektedir. Bu çalışmada küresel yüzeysel nesne olarak kubbe seçilmiş ve Selçuk Üniversitesi Kampus Camisi çalışılmıştır. Fotogrametrik değerlendirmede kullanılacak resimler 2,25m boyunda, 4 m² alana sahip bir uçurtma, Pentax Optio A30 kamera ile çekilmiştir. Çalışma alanının ölçüleri, kubbelerin dayandığı yüzey alanı 1502,14m², eni 39.31m, boyu 42.40m dir. Nesne yüksekliği 31m dir. Fotogrametrik değerlendirme Topcon Image Master programı ile yapılmıştır. Bu yöntemle elde edilen çizimlerin mimari röleve için uygun olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Küresel yüzeysel obje, Topcon Image Master, Resim çekimi, Fotogrametrik değerlendirme, Uçurtma.

ABSTRACT

MS

AN EXPERIMENTAL APPLICATION TECHNIQUES FOR SPHERICAL SURFACED-OBJECTS TO IMAGE CAPTURE AND EVALUATION IN PHOTOGRAMMETRY

Pınar BACAŞIZ

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN GEOMATICS ENGINEERING**

Advisor: Asst. Prof. Dr. Taner ÜSTÜNTAŞ

2010,54 Pages

Jury

Prof. Dr. Ferruh YILDIZ

Asst.Prof.Dr. Taner ÜSTÜNTAŞ

Asst. Prof. Dr. Havva ALKAN BALA

In close range photogrammetry applications, the link between the object coordinate system and image coordinate system can be established through different evaluation methods. These methods are preferred according to the size and the location of the studied object, depth differences in the object, software and hardware to be used, the expected accuracy and the outcome. In this study, as a spherical surfaced-object, domes is chosen and Mosque has been studied. Images to be utilized in photogrammetric evaluation were taken with a Pentax Optio A30 camera and a 2.25 m long kite with 4 fields. The measures of the study area, surface field that the domes are located are 1502,14m², width 39.31m, height 42.40m. Photogrammetric evaluation was performed with the Topcon Image Master program. The drawings obtained through this method were seen appropriate for architectural relieve.

Keywords: Spherical Surfaced-Object, Topcon Image Master, Image Capture, Photogrammetric Evaluation, Kite.

ÖNSÖZ

Bu çalışmada yakın ilgi ve yardımlarını hiçbir zaman eksik etmeyen, bu uzun süreçte hiç sıkılmadan desteğini ve dostluğunu benimle paylaşan, arazi çalışmasının her safhasında beni yalnız bırakmayan danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Taner Üstüntaş'a teşekkürü bir borç biliyorum.

Tanıştığım günden beri her konuda gerek plan çizimleri gerekse moral olarak desteğini hep hissettiğim, tezin İngilizce çevirilerinde bilgilerini benimle paylaşan, bana çok şey kattığına inandığım Sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Havva Alkan Bala'ya, tecrübelerini ve bilgi birikimini benimle paylaşan Sayın Hocam Prof. Dr. Ferruh Yıldız'a çok teşekkür ediyorum.

Soğuk-sıcak, erken-geç demeden çıkılması güç kubbelere benimle birlikte çıkan her türlü arazi çalışmasında benim yanımda olan Harita Müh. Atilla Aras'a, manevi destekleri ve uçurtma uçurulmasındaki yardımlarından dolayı, Umut Karakuş, İsmail Şahin, Gökhan Yılmaz ve Cüneyt Dikilitaş'a, İngilizce çevirilerde bana yardımcı olan Okutman Gökçe Dişlen'e, AutoCad konusunda sürekli yardım aldığım Yüksek İnşaat Müh. Senem Sakın'a, manevi olarak desteklerini benden esirgemeyen iş arkadaşlarıma sonsuz teşekkür ediyorum.

Son olarak da uzakta olsalar da hep yanımda hissettiğim sevgili anne ve babama çok teşekkür ediyorum.

Pınar BACAKSIZ
KONYA-2010

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3. TEMEL KAVRAMLAR	6
3.1. Fotogrametrinin Tanımı ve Tarihçesi	6
3.2. Mimari Fotogrametri.....	9
3.3. Alım yöntemleri	11
3.3.1. Normal alım	11
3.3.2. Eğik alım.....	12
3.3.3. Konvergent alım	14
4. MATERYAL VE METOD	15
4.1. Sayısal Fotogrametri	15
4.1.1. Sayısal resim	16
4.1.2. Sayısal ölçme resmi	18
4.2. Değerlendirme yöntemleri	20
4.2.1. Tek görüntü yöntemi.....	20
4.3.2. Stereo görüntü yöntemi.....	23
4.3.3. Ortofoto.....	25
4.3.4. Işın demetleri yöntemi	26
5. UYGULAMA	29
5.1. Arazi Çalışması.....	29
5.1.1. Kontrol noktalarının tesisi	29
5.1.2. Kontrol noktalarının ölçülmesi	31
5.1.2. Resim çekimi	31
5.1.3. Resimlerin fotogrametrik değerlendirilmesi.....	36
5.1.3.1.Topcon Image Master	36
5.1.3.1.1.Image Master işlem adımları	37
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	45
KAYNAKLAR	47

ÖZGEÇMİŞ	49
-----------------------	-----------

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

h'	: Resim ana noktası,
c	: Resim çekme makinesi sabiti,
m'	: Resim orta noktası,
x, y, x', z', x'', y''	: Resim koordinat değerleri,
b	: Baz uzunluğu,
f	: Odak uzaklığı,
φ	: Resim eksenini ile baz doğrultusu arasındaki açı,
P_x	: $x' - x''$,
x_0, y_0, c	: İç yöneltme elemanları,
$X_0, Y_0, Z_0, \omega, \varphi, \kappa$: Dış yöneltme elemanları,
X, Y, Z	: Arazi koordinatları

Kısaltmalar

SAM	: Sayısal Arazi Modeli
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli

1. GİRİŞ

Plansız yapılaşma nedeniyle eski yerleşim bölgelerinde özen gösterilmeden yapılan yeni imar planları, hiçbir plana bağlı kalınmaksızın yapılan inşaatlar ve tarihimizi yansıtan sit alanlarının yerleşim bölgesi haline getirilmesi nedeniyle bu alanlar karakteristik özelliklerini yitirmektedirler (Marangoz 2002).

Bu nedenle mimari fotogrametri bu alanların belgelenmesinde büyük önem kazanmaktadır. Öncelikle tarihi eserin havadan ve yerden kapatılmamış alanı kalmayacak şekilde resimleri çekilerek mevcut durumla ilgili çizimler (röleve çizimleri) fotogrametri yöntemi ile hassas ve güvenilir bir şekilde, kısa zamanda yapılmaktadır. Bu çekilen düşey ve yatay resimlerle ortofoto, ortofotoplan ve kesitler yapılmaktadır. Bu yöntem, ayrıca analitik belgeleme (yapım özellikleri, bozulmalar, değişimler, vb.) için de kullanılabilir (Hamamcıoğlu 2004).

Günümüzde alınan resimlerin değerlendirilmesi sayısal olarak yapılmaktadır. Bu şekilde bilinen ölçme metotları ile elde edilecek detayla kıyaslanmayacak sayıda çok bilgi elde edilmektedir. Bu sayede toplanan veri üç boyutlu koordinatlardan tarihi yapının tekrar elde edilmesi, restorasyon ve korunması gibi amaçlar için elde edilir. Tarihi yapılarda bulunan karmaşık şekil ve motiflerin ölçekli çizimleri klasik yöntemlerle birçok durumda yapılamazken fotogrametrik yöntemlerle istene ölçekte, bütün ayrıntılarıyla yapılmaktadır (Tüdeş 1996). Fotogrametri tekniği kullanılarak elde edilen resimler karışık yapı taşlarını içeren yüzeylerin yenilenmesi veya tamir edilmesini içeren mimarlık projelerinde ve diğer alanlardaki projelerde ne kadar önemli olduğunu ispatlayarak sadece tarihi yapıların belgelenmesi için değil modern yapıların ölçülmesi içinde kullanılabileceğini göstermiştir (Marangoz 2002).

Fotogrametrik resim elde edilmesi ve elde edilen resimlerin değerlendirilmesindeki otomasyon ve doğruluk, üç boyutlu cisim koordinatlarının resimlerdeki ölçmelerden elde edilmesindeki kolaylık ve sürat, artık fotogrametrinin gelişim yönünü belirleyen en önemli etkidir (Marangoz 2002).

Bu çalışmada üçüncü bölümde temel kavramlar adı altında fotogrametrinin tanım ve tarihinden, resim çekim yöntemlerinden bahsedilmiştir.

Dördüncü bölümde sayısal fotogrametri ve fotogrametrik değerlendirme yöntemleri anlatılmıştır.

Beşinci bölüm olan uygulama kısmında arazi çalışması, uygulamada kullanılan uçurtma, kamera ve fotogrametrik değerlendirme programı olan Topcon Image

Master'dan bahsedilmiştir. Tüm bu anlatılanların ışığında Selçuk Üniversitesi Kampus caminin kubbe çizimlerinin yapılması amaçlanmıştır.

Son bölüm olan sonuçlar bölümünde de yapılan çalışma ile ilgili sonuç ve önerilere yer verilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Erdoğan (2005) çalışmasında, Vakıflar Genel Müdürlüğü mülkiyetindeki 7 adet çeşmenin restorasyon projesine altlık teşkil etmek amacı ile fotogrametrik yöntemle hazırlanan röleve projelerinin yapımı anlatmıştır. Rölöve projesinde Total Station ile kontrol noktalarını ölçmüştür. Çeşme fotoğraflarını kalibrasyonu yapılmış yüksek çözünürlüklü bir sayısal fotoğraf makinesi ile çekmiştir. Çekilen fotoğraflardan Pictran Dijital Fotogrametri yazılımı ile 3D Model oluşturmuş ve üç boyutlu nokta ölçümü ile çizimler hazırlamıştır. Ayrıca düzlem yüzeylerde resimler düşeye çevrilerek 2D ölçmeleri yapmıştır. Plan kesit ve görünüşleri hazırlayarak rölöve çizimlerini oluşturmuştur. Bu çalışmada yukarıda sözü edilen işlem adımları hakkında bilgiler vermiştir.

Duran ve Toz (2002) çalışmalarında, tarihi eserlerin korunmasında gereksinim duyulan 3D (texture) doku kaplı modeller ve bu modellerin sanal gerçeklikte gösterimini ele almışlardır. Fatih semtinde bulunan eski bir evin 45 mm odak uzaklığına sahip WildP31 resim çekme makinesi ile çekilen resimleri ve CIPA test binasını Photomodeler yazılımında değerlendirmiş ve 3D doku kaplı modellerini elde etmişlerdir.

Duran (2003) tez çalışmasında, tarihi eserlerin fotogrametrik olarak belgelenmesi ve bu belgelemenin CBS ile en uygun kullanım olanaklarına ulaştırılmasını amaçlamıştır. Çalışmada tasarlanan bilgi sisteminin, amaca uygunluğu ve sistemden beklentilere cevap verip veremeyeceğinin test edilmesi amacıyla uygulama bölgesi olarak çok sayıda tarihi değere sahip olan Fatih Bölgesini seçmiş, günümüzde Eski İmaret Camii adıyla anılan 11. yy. başına ait Pantepoptes Manastırı sayısal fotogrametrik yöntemle modellenerek bilgi sisteminde yer alacak uygulama binası olarak almıştır.

Marangoz (2002), tez çalışmasında fotogrametrinin tanımı, kullanım olanakları ve sayısal kameralarla tarihsel yapıların rölevelerinin çıkarılması çalışmalarından bahsetmiştir.

Suveg ve Vosselman (2000), çalışmalarında sayısal tekniklerin gelişimiyle birlikte fotogrametri, mimari eserlerin dokümantasyonu ve korunmasında daha verimli ve ekonomik bir yöntem haline geldiğini son yıllarda Sayısal Fotogrametri ve Bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler sonucu binaların 3 boyutlu olarak tekrar oluşturulmasının

güncel araştırma konuları içinde yer aldığı 3 boyutlu bina modelleme, şehir planlama ve turizm için gittikçe zorunlu hale geldiğini anlatmışlardır.

Hamamcıoğlu (2004), sayısal veya analog (fotoğrafik) görüntüler üzerindeki bilgilerin, mimari nesnelere ölçekli görsel belgelerin elde edilmesinde kullanılmak üzere değerlendirilmesi tekniklerinin bütününe mimari fotogrametri denildiğini belirtmiştir. Tarihi uygulamalarda genellikle ayrıntılı cephe çizimleri ile belgeleme sonuçları sunulurken, çağdaş olanaklar, koruma uzmanı mimarın gereksinim duyduğu çözümleyici görselleştirmelerin sunumuna da olanak verdiğini, artık fotogrametri ile belgelenen tarihi binaların; bilgisayar ortamında hazırlanan üç boyutlu modelleri, çeşitli perspektifleri ve tematik bilgilerin döküldüğü ayrıntılı haritaları ile incelenebildiğini ifade etmiştir. Etkileşimsel çoklu ortamda gerçekleştirilen sunumlar da yapılabildiğini, bu sunumlara olanak veren yüksek geometrik hassasiyetteki filmli ve sayısal fotoğraf makineleri, yüksek çözünürlükteki tarayıcılar ve görüntü değerlendirme yazılımlarının hızla geliştirildiğini, diğer yandan fotogrametrinin temel ilkelerini yeniden yorumlayarak yöntem ve kurgularının çeşitlenmekte olduğunu belirtmiştir. Tüm bu çağdaş gelişmelerin mimari koruma alanındaki yeri, derlenen kaynaklar yorumlanarak bu çalışma kapsamında vurgulanmıştır.

Alamouri ve Gruendig (2009) çalışmalarında 5000 yıllık tarihi nedeniyle önemli bir eser olan Baalbek şehrini çalışmıştır. Baalbek şehrinin normal, eğik ve divergent resim çekimleri yapılmıştır. Resim çekimlerinde farklı kameraların kullanılması ve kamera parametrelerinin ilk bilgilerinin olmaması ve bunlara ek olarak resimlerin farklı tarihlerde çekilmesi resim kalitesini olumsuz yönde etkilemiştir. Tüm bu özelliklerden dolayı resimlerin yöneltmesi yapılırken zorlanılmış. Baalbek'in yöneltmiş resimlerdeki 3D nesne noktaları kullanılarak nesnenin 3D olarak yeniden oluşturulması yapılmıştır. Bu çalışmada nesnenin 3D olarak yeniden oluşturulması için kullanılan farklı görüntü türlerinin birleştirilmesi incelenmiş ve Baalbek ile ilgili yapılacak çalışmalarda veri deposu olarak diğer araştırmacılara ışık tutması amaçlanmıştır.

Ergün (2005) çalışmasında fotogrametrinin temelinde yatan amaç olan üç boyutlu SAM(Sayısal Arazi Modeli)'nin resimler yardımı ile elde edilmesi çalışmasını oluşturan klasik fotogrametrinin iş akışını oluşturan amaç, çalışma, sonuç imgelerinden farklı olarak gerçek bir insan yüzüne ait SAM'nin yersel fotogrametri yöntemleri kullanılarak modellenmesini ele almıştır. Çalışmada kullanılan sayısal amatör CCD(Coupled Charged Device) kamera ile tamamen Harita Genel Komutanlığında üretilmiş olan yüze yönelik yersel kalibrasyon alanı ve Harita Genel Komutanlığı

Kartoğrafya Dairesi Başkanlığı Kabartma Harita Şubesinde bulunan Kabartma Harita Üretim Sistemi (CNC ya da Dik İşleme Merkezi) bu çalışmanın içindeki önemli detayları oluşturmuştur. Bu çalışma, Harita Genel Komutanlığı bünyesinde kuruluşundan bu gününe kadar yersel fotogrametri ile yapılan önemli uygulamalardan birisini oluşturmuştur.

Ulvi (2008), tez çalışmasında Knidos Antik Kentindeki antik Tiyatronun Rölelevelerinin fotogrametrik olarak çıkarılmasıyla, yapılacak restorasyon planlarına daha hassas bir altlık oluşturulması ve bu belgelemenin uygun kullanım olanaklarına ulaştırılması, koruma, restorasyon ve dokümantasyon işlemi boyunca elde edilen veriler daha sonrada kullanılacağı için maliyette bir azalma sağlanacağı, farklı disiplinler arasındaki veri alışverişi sağlayacağını amaçlamış ve sonucuna varmıştır. Knidos Antik Tiyatronunun 3 boyutlu modellemesi gerçekleştirilirken tiyatronun üstten görünümünün fotoğraflanması için uçurtma sistemi kullanmıştır.

Avşar (2006), tez çalışmasında Mimar Sinan'a ait Kapuağası Köprüsü'nün yersel fotogrametrik tekniklerle sayısal olarak fotoğraflanması amaçlamış. Köprüyü oluşturan her bir taşın 2B ve 3B koordinatları sayısal resimlerden elde edilmiştir. Bu koordinatlar köprünün değişik ölçeklerde rölelevelerinin üretilmesi amacıyla kullanılmıştır. Bu veriler ayrıca köprünün sanal modelini üretmek amacıyla da kullanılmıştır. Üretilen sanal modelden "avi" formatında kısa bir video yapılmış. Bu model ve video; geleneksel yöntemlerle çok zor ve zaman alıcı olan kültürel mirasın korunması ve dokümantasyonunun yapılması çalışmalarının, bu çalışmada belirtilen tekniklerle yapılmasının avantajlarını ortaya koymuştur.

Bu tezde, kaynak araştırmasında adı geçen çalışmalara benzer bir yöntem uygulanmakla birlikte eğrisel yüzeylere odaklanması, farklı disiplinlerin yaklaşımlarını çalışmaya entegre etmek gibi farklılıkları bulunmaktadır. Ayrıca bu çalışmada ki uçurtma yapısal özellikleri ve kullanım değeri açısından kaynak araştırmasında adı geçen çalışmalardan farklılık göstermektedir.

3. TEMEL KAVRAMLAR

3.1. Fotogrametrinin Tanımı ve Tarihçesi

Fotogrametri, fiziksel cisimler ve oluşturdıkları çevreden yansıyan ışınların şekillendirdiği fotoğrafik görüntülerin ve yayılan elektromanyetik enerjinin biçimlerinin kayıt, ölçme ve yorumlama işlemleri sonucu fiziksel cisimler ve çevre hakkında güvenilir bilgileri ortaya koyan, akustik enerji biçimleri ile manyetik olayların analizini de yapan sanat, teknoloji ve bilim dalı olarak tanımlanmaktadır. Özetlenecek olursa, resimler yardımıyla güvenilir ölçüler ya da bilgiler elde etme bilimi ya da sanatı olarak da tanımlanabilir. Bütün bu tanımlardan yola çıkarak fotogrametrinin en önemli özelliği ölçme işlemlerinin doğrudan cismin üzerinden değil de, cismin fotoğrafik izdüşümü üzerinde yapılmasıdır. Bu direk olmayan ölçme özelliği nedeniyle fotogrametri birçok değişik uygulama için kullanılmaktadır. Başlangıçta, yeryüzünün topografik yapısını elde etmek için kullanılırken, şimdilerde canlı ve cansız cisimlerin geometrik ve yapısal özelliklerinin kayıt edilmesi, ölçülmesi ve yorumlanmasında kullanılmaktadır (Aytaç 1978; Gürbüz 1984; İnal ve ark. 2005).

Fotogrametri kelime olarak incelenecek olursa, Eski Yunanca'da ışık anlamına gelen 'photos', çizgi anlamına gelen 'gramma' ve ölçme anlamına gelen "metron" kelimelerinin birleşimidir. (Gürbüz 1984).

Fotogrametri, 1400'lü yıllarda Leonarda da Vinci (1452-1519) ve Albrecht Dürer (1471-1528) gibi sanatçıların uzayın, düzlem perspektiflerden ve üç boyutlu resimlerden yeniden oluşturulmasında fotogrametrinin matematik temelini oluşturan merkezi izdüşüm ve perspektifle ilgili kavramları kullanmasıyla başlamaktadır (Doyle 1964; Gruner 1977).

Fotogrametrinin bugünde hala kullanılan analitik ve geometrik esasları S. Finsterwalder ve öğrencileri tarafından 1800'lü yıllarda ortaya atılmıştır (Doyle 1964).

Fotoğraf 1839 yılında Fransız Bilim adamı Louis Jacques Mendé Daguerre tarafından bulunmuştur.

İlk fotogrametrik araç ve yöntemler 1849 yılında Fransız Binbaşı Aimé Laussedat tarafından geliştirilerek yersel fotogrametride kullanılmıştır. Laussedat'ın "iconometry" olarak adlandırdığı bu teknik Yunanca "icon" (görüntü) ve "metry" (ölçme tekniği ve bilimi) kelimelerinden oluşmaktadır (Birdseye, 1940). Fransız Binbaşı Aimé Laussedat 1851 yılında da ilk yersel ölçme kameralarını yaparak "Metrographie"

adını verdiği plançete ile klasik arazi alımına benzeyen topografik alım yöntemini kullanmıştır. Binbaşı Aimé Laussedat, 1859'da Paris Bilim akademisinin bir komisyonuna iki resimden uzaysal önden kestirme ile cisim koordinatlarının nasıl bulunacağını göstermiştir. Bu yöntemin 1858 yılından itibaren Alman mimar Meydenbauer tarafından mimarlık ölçmelerinde kullanılmasıyla mimarlık fotogrametrisinin temelleri atılmıştır. Alman mimar resmin nesnel içeriğini ölçme tekniği ile bütünleştirerek, yıkılan bir kilisenin elde ettiği resimler yardımıyla onarımını gerçekleştirmiştir. Aynı zamanda fotogrametrinin de ilk kurucularından sayılan Meydenbauer 1883 yılında Berlin'de kültür yapıtlarının belgeleneceği bir merkezi örgüte duyulan ihtiyaç nedeniyle ilk ulusal fotogrametrik belgeleme merkezini (Prusya Resim Örgütü) kurmuştur (Gürbüz 1984; Alkış 1988).

Fotogrametri çalışmaları için gerekli alet ve tekniklerin gelişmesinden sonra daha fazla bilgiye ulaşılma istenmiştir. Bu nedenle resim çekimleri balonlar ve uçurtmalar yardımıyla yapılmıştır. İlk olarak 1855 yılında Nadar olarak anılan Gaspard Felix Tournachon adlı Fransız fotoğrafçı Paris'te ilk başarılı çekimi yerden 262 feet yüksekten balonla gerçekleştirmiştir (Şekil 3.2). Ancak bu resim yeniden oluşturulmada kullanılabilir kalitede değildi. Daha sonra 1868 yılında birkaç yüz feet havalanarak Paris'in havadan fotoğrafını çekmiştir (Şekil 3.1)(Gruner 1977).

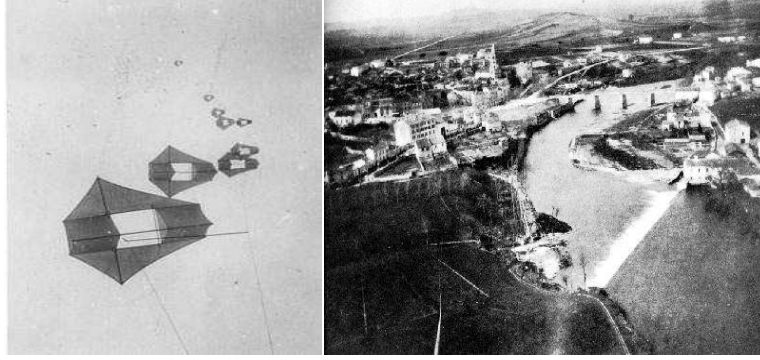


Şekil 3.1.Havadan Paris



Şekil 3.2. Gaspard Felix Tournachon

Balonlardan sonra o günün uçabilen aletleri uçurtmalar kullanılmıştır. O günlerde ya çok hafif fotoğraf makineleri kullanılmış ya da birbirine bağlı çok sayıda uçurtma kullanılmıştır (Şekil 3.3.) (Gruner 1977). M. Arthur Batut 1880 yılında uçurtma kullanarak Fransa Labruguiere'nin Şekil 3.4'te gösterilen havadan fotoğrafını çekmiştir (Burtch 2006).



Şekil 3.3.Uçurtma

Şekil 3.4. Fransa Labruguiere

1885 yılında ilk olarak tarihi Persepolis harabeleri fotogrametrik yöntemle belgelenmiştir.

1897/98 yılında düseye çevirme aleti Theodor Scheimpflug tarafından icat edilmiştir.

1901 yılında Carl Zeiss Jena tarafından C. Pullich' in modelini çizdiği Stereocomparator isimli araç imal edilerek Stereofotogrametri yöntemi ile resim çiftlerinden harita üretimine başlanmıştır. Burada, insan gözünün çalışma prensibinden yola çıkarak aynı yüzeye ait iki düzlem perspektifin, üç boyutlu görülmesiyle bir uzay modelinin oluşturulması yeteneğinden yararlanılmıştır. Bu şekilde düzleme izdüşürülen detayların ve yükseklik eğrilerinin sürekli değerlendirilmesi sağlanmıştır. İlk başlarda sadece yerden çekilmiş resimlerle yapılan uygulamalar 1903 yılında Theodor Scheimpflug'ın "Perspektograph" isimli ilk optik düseye çevirme aletini icat etmesiyle havadan da yapılmaya başlanmıştır. Bu şekilde hava fotogrametrisinin temelleri atılmıştır. Daha sonra bu çalışma ilkesinin hava resimlerine uygulanması M. Gasser, U. Nistri, R. Hugerhof'un ön çalışmaları ve 1923 yılında W. Bauersfeld'in Stereoplanigrap'ı tamamlaması ile sağlanmıştır (Doyle 1964; Kraus 1993).

1945 yılına kadar analog değerlendirme aletleri ve metrik kameralar üzerinde gelişmeler devam etmiştir. Takip eden yıllar boyunca birçok firma fotogrametride kullanılmak üzere bir sürü çekim ve değerlendirme aletlerini piyasaya sürmüşlerdir. Bu gelişmeler ışığında S. Finsterwalder ve O. Von Gruber optik-mekanik değerlendirme aletlerinin kullanımıyla ilgili teorik esasları ortaya çıkarmışlardır (Kraus 1993).

1955 yılında Amerikalı R. K. Bean hava resimlerinden ortofotoların üretimini gerçekleştirmiştir (Kraus 1993).

1968 yılında fotogrametri tekniğinin tarihi eserlerde uygulanması üzerine ilk konferans Paris'te yapılmıştır (Kraus 1993).

1970'li yıllarda ilk olarak 1957 yılında Helava tarafından kullanılan analitik değerlendirme aletleri geliştirilmiştir. Bu aletler hava triyagülasyonu, demet dengelemesi gibi daha karmaşık yöntemlerin uygulanmasına ve amatör kameraların kullanılmasına olanak sağlamıştır.

1980'li yıllarda teknolojinin hızla gelişmesine paralel olarak bilgisayar teknolojisindeki yazılım ve donanımdaki gelişmeler neticesinde sayısal fotogrametri gelişmeye ve gün geçtikçe daha fazla önem kazanmaya başlamıştır.

1990 yılında değerlendirme sistem ve yöntemlerinde sayısal fotogrametri kullanılmaya başlanmıştır.

3.2. Mimari Fotogrametri

Mimari fotogrametri, elde edilen görüntülerde bulunan sayısal veya analog (fotografik) ve mimari nesneye ait olan görsel bilgilerin, mimari nesnenin geometrik olarak özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan değerlendirme yöntemlerinin bütünüdür. Burada sözü edilen mimari nesnenin geometrik özellikleri nesnenin konum, boyut ve şeklidir (Hanke ve Grussenmeyer 2002).

Kültürel mirasımızın gelecek nesillere aktarılabilmesi için belgeleme çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Bunun yapılması içinde kültürel bir nesnenin röleve planlarının yapılması gerekmektedir. Röleve bir binanın mevcut durumunun ölçekli çizimlerle en ince ayrıntısına kadar (plan, kesit ve görünüşler) anlatımıdır. Röleve bir proje niteliğinde olmayıp projenin gerçekleştirilmesinde kullanılan altlık veridir. Röleve bir yapının, kent dokusunun veya arkeolojik kalıntının yakından incelenmesi, belgelenmesi, mimarlık tarihi açısından değerlendirilmesi ve restorasyonun yapılması için oluşturulacak projenin hazırlanabilmesi için bir araçtır (Erdoğan 2005).

Fotogrametrik yöntem kullanılarak belgelenen yapıların bilgisayar ortamında üç boyutlu modelleri, çeşitli perspektifleri ve tematik bilgilerinin bulunduğu haritaları ile incelenebilmektedir. (Hamamcıoğlu 2004).

Yersel fotogrametri tekniği, yıllardır arkeolojik ölçmeler ve tarihi eserlerin dokümantasyonu için kullanıla gelen bir yöntemdir. Sayısal tekniklerin gelişimiyle

birlikte fotogrametri, mimari eserlerin dokümantasyonu ve korunmasında daha verimli ve ekonomik bir yöntem haline gelmiştir. Son yıllarda sayısal fotogrametri ve bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler sonucu binaların 3D olarak tekrar oluşturulması güncel araştırma konuları içinde yer almıştır. 3D bina modelleri, şehir planlama ve turizm için gittikçe zorunlu hale gelmektedir. (Suveg ve Vosselman, 2000).

Basit mimari fotogrametrik dokümantasyonlar için, metrik olmayan kameralar ile yapılacak fotogrametrik çalışmalarda gözlemlenen basit kurallar bulunmaktadır (Waldhaeusl & Ogleby, 1994). Şekil 3.5.'da gösterilen 3x3 kuralları aşağıdaki gibi sıralanır;

3 geometri kuralı;

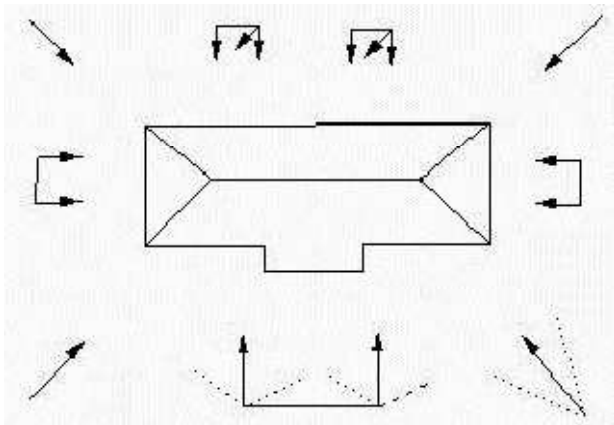
- Kontrol bilgilerinin hazırlanması,
- Bütün bölgeyi örten çoklu fotoğrafların alınması,
- Stereo doğrultma(restitution) için stereo çiftlerin alınması.

3 fotoğraf kuralı;

- Kameranın iç geometrisinin sabit tutulması,
- Aydınlatmanın homojen olması,
- En dengeli ve en büyük formatlı kameranın seçimi.

3 örgütsel kuralı;

- Krokilerin hazırlanması,
- Protokollerin hazırlanması,
- Sonuç kontrollerinin yapılması.



Şekil 3.5. 3*3 kuralı

3.3. Alım yöntemleri

Bir objenin üç boyutlu (stereoskopik) görüntüsünün oluşturulabilmesi için, iki ayrı noktadan birbiri üzerine %60-70 oranında örtülü olarak çekilmiş iki fotoğrafa ihtiyaç vardır. Bu şekilde gözle stereoskopik görme işlemi taklit edilmiş olmaktadır. İki ayrı noktadan bir objenin resmini çekmek demek, o objenin iki değişik açı ve doğrultudan görülmesi demektir. Bu iki görüntünün her biri, herhangi bir yöntemle ayrı bir göze sunularak objenin üç boyutlu görüntüsü elde edilmektedir (Gürbüz 2006).

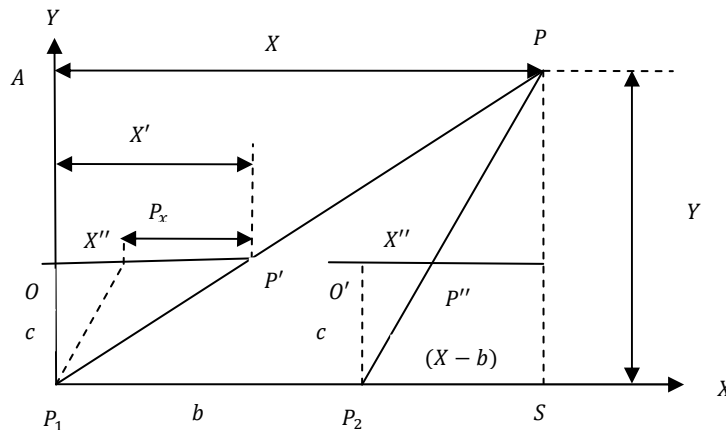
Resim çekimi fotogrametride bilgilerin toplanması işlemi olarak kullanılmaktadır. Ayrıca fotogrametrik yöntemle elde edilecek verilerin tamamına yakın bir kısmı resimlerden elde edilmektedir. Resimlerin kalitesi, özellikle diferansiyel yataylamada (ortofoto) elde edilecek bilgilerin doğruluğunu ve görüntülerin kalitesini doğrudan etkilemektedir (Gürbüz 2006).

Kameraların eksenlerinin durumuna göre resim çekme yöntemleri

- Normal alım
- Eğik (Yana(dönük) eğik ve Düşey yönde eğik)
- Konvergent (Divergent)

3.3.1. Normal alım

Yersel resimlerin normal durumda çekiminde her iki resim çekim doğrultusu Şekil 3.6.'de gösterildiği gibi baza diktir. Yani obje ve fotoğraf düzleminin birbirine paralel olması durumudur.



Şekil 3.6. Normal Alım Durumu

$$X_{P_1} = Y_{P_1} = H_{P_1}(Z_{P_1}) = 0 \quad (3.1)$$

$$X_{P_2} = b \quad (3.2)$$

$$Y_{P_2} = 0 \quad (3.3)$$

$$H_{P_2} = \Delta H_{P_1}^{P_2} \quad (3.4)$$

$f = c$ bu şekilde üçgen benzerlikleri kullanılarak P noktasının koordinatları

$$H = \frac{b \cdot x'}{p_X} \quad (3.5)$$

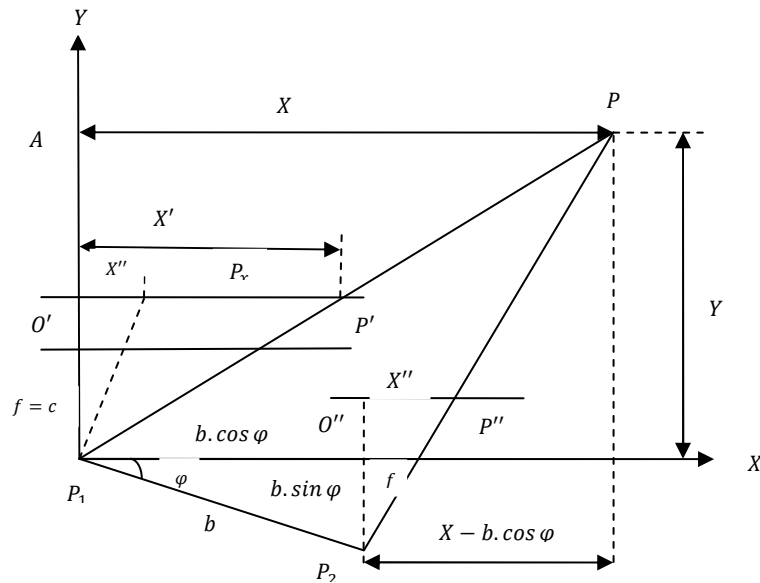
$$Y = \frac{b \cdot f}{p_X} \quad (3.6)$$

$$H = \frac{b \cdot z'}{p_X} \quad (3.7)$$

formülleriyle hesaplanabilmektedir. Bu formüllerde x', z', x'', z'' resim koordinat değerleri, b resim çekim merkezleri arasındaki uzaklık, f odak uzaklığı ve $P_X = x' - x''$ dir.

3.3.2. Eğik alım

Alım eksenlerinin resim çekiminde baza nazaran, gereğine göre yatay yönde veya düşey yönde eşit bir açı kadar döndürülmüş olması durumudur. Bu durum Şekil 3.7.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Eğik Alım

Eğik çekilmiş resimlerin görüntüleri, eğiklik açısıyla orantılı olarak eğilmiştir. Değerlendirmede elde edilen modelde aynı şekilde eğik olacaktır. Bu eğiklik, mekanik değerlendirme aletinde kullanılan eğim hesaplayıcılar (düzelticiler) ile giderilir.

Bir resim, aynı zamanda hem eğik hem de dönük olarak çekilebilmektedir. Bu eğikliklerin ve dönüklüğün resim koordinatları üzerindeki etkileri, resau kare ağı noktaları yardımıyla giderilmektedir. Her resim için bu noktalar kullanılarak 'ışın demetleri ile blok dengeleme' uygulanmakta ve elde edilen düzeltme parametreleri resim koordinatlarına eş zamanlı olarak uygulanmaktadır. Böylece resim eğikliklerinden ve dönüklüğünden ileri gelen etkiler sayısal olarak giderilebilmektedir (Gürbüz 2006).

Merkezsiz izdüşüm geometrisi gereğince, eğik çekilen resimdeki minare benzeri yüksek detaylara ait görüntülerin eğik olması, bunların diferansiyel yataylanmasında, ancak sayısal değerlendirme sistemlerindeki bu eğikliği gideren özel yazılımlar yardımıyla yapılabilmektedir (Gürbüz 2006).

$$X_{P_1} = Y_{P_1} = H_{P_1}(Z_{P_1}) = 0 \quad (3.8)$$

$$X_{P_2} = b \cdot \cos \varphi \quad (3.9)$$

$$Y_{P_2} = -b \cdot \sin \varphi \quad (3.10)$$

$$H_{P_2} = \Delta H_{P_1}^{P_2} \quad (3.11)$$

$$f = c \quad (3.12)$$

Alınırsa P noktasının koordinatları bulunur.

$$X = \frac{b \cdot \sin \varphi}{P_X \cdot f} x' \cdot (f \cdot \cot \varphi + x'') \quad (3.13)$$

$$Y = \frac{b \cdot \sin \varphi}{P_X} (f \cdot \cot \varphi + x'') \quad (3.14)$$

$$H = \frac{b \cdot \sin \varphi}{P_X \cdot f} z' \cdot (f \cdot \cot \varphi + x'') \quad (3.15)$$

x', z', x'', z'' resim koordinat değerleri, b baz uzunluğu, f odak uzaklığı, φ resim eksenini ile baz doğrultusu arasındaki açı, $P_X = x' - x''$ olur.

4. MATERYAL VE METOD

4.1. Sayısal Fotogrametri

İlk başlardan itibaren, fotogrametri boyutsal kararlılığı baz alan film yada cam üzerindeki fotogrametrik emülsiyonları kullanmıştır. Belirli mekaniksel (otomatik) analog aletler görüntüleri ölçmek için imal edilmiştir. Son yıllarda, sayısal teknolojinin hızlı gelişimi ile fotogrametride de filmlerden taranan ya da elektronik kameralardan direk olarak alınabilen sayısal görüntüler kullanılmaya başlamıştır (Edward ve ark. 2001).

Sayısal fotogrametrik yöntemde, fotogrametriye temel olan tüm işlem adımları bilgisayarlar yardımıyla sayısal olarak yapılmaktadır. Sayısal fotogrametri girdi olarak sayısal görüntüleri kullanan, sorgulamalı veya yarı otomatik yöntemlerle tüm fotogrametrik görevleri yerine getirebilen yazılım ve donanımlardan oluşmaktadır. Resimlerin bilgisayarda depolanmasını ve işlenmesini esas almaktadır (Kardaş ve Altay 1995; Edward ve ark. 2001).

Fotogrametrinin temeli olan projektif geometrinin kuralları hem sayısal hem de analog görüntüler için aynı şekilde uygulanmaktadır. Sayısal görüntülerin kullanımı işleme ve otomasyonda farklı avantajlar sağlamaktadır. Sayısal görüntü işleme görüntüyü çok hassas bir şekilde ve daha kullanışlı bir hale çevirmede kullanılmaktadır. Eğer görüntü bir bilgisayar tarafından değerlendiriliyorsa, insan gerekeceği düşünülen işlemlerin çoğu otomatik olarak yapılabilmektedir (Edward ve ark. 2001).

Sayısal bir resim sıfır ve birli sistemi kullanan iki boyutlu görüntülerin sunumu şeklinde tanımlanmaktadır. Görüntü çözünürlüğüne sabit olup olmamasına bakılmaksızın raster ve vektör türleri bulunmaktadır. Sayısal görüntü bitmap görüntü olarak da adlandırılan raster görüntüleri tercih etmektedir.

Raster görüntüler resim elemanları veya pikseller olarak adlandırılan sayısal görüntülerin sonlu bir dizisi olarak tanımlanmaktadır. Sayısal görüntüler piksellerin sabit satır ve sütun sayılarını içermektedir. Pikseller görüntüdeki en küçük elemanlardır.

Küçük tamsayıların iki boyutlu bir dizisi, raster harita veya raster görüntü olarak bilgisayar hafızasında piksel şeklinde depolanmaktadır. Bu değerler genellikle iletilmekte veya sıkıştırılmış formda depolanmaktadır.

Raster görüntüler koordinat ölçüm makineleri, tarayıcılar, sayısal kameralar gibi giriş aygıtları ve teknikleri tarafından elde edilebildiği gibi üç boyutlu geometrik

modeller veya matematiksel fonksiyonlar gibi keyfi olmayan görüntü verilerinden de sentezlenebilmektedir.

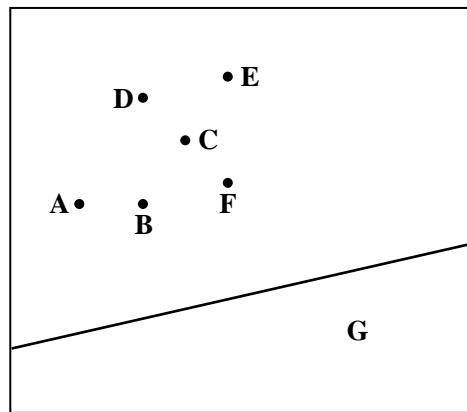
Raster görüntü tipleri, raster görüntülerin her bir pikseli bazı iki boyutlu bölgelerde özel bir pozisyonla ilişkilidir. Pozisyonla ilgili bir veya daha çok miktarları içeren bir değere sahiptir. Sayısal görüntüler bu örneklerin doğası ve sayılarıyla ilgili olarak; ikili (binary), gri tonlamalı (grayscale), renkli, sahte renkli (false-color), çok bantlı (multi-spektral), tematik, resim fonksiyonu şeklinde sınıflandırılmaktadır.

Raster dosya formatları, sayısal kameralar vasıtasıyla birçok kullanıcıya raster görüntülere ulaşabilme imkanı sunmaktadır. Bazı sayısal kameralar ham görüntü formatını kullanarak bir kamera vasıtasıyla istenen bütün verilere ulaşma imkanı sunmaktadır.

Sayısal kameralar kullanılarak elde edilen sayısal görüntü fotoğrafik olarak değil de elektronik olarak kaydedilerek binlerce yük haline getirilmiş görüntüler bir ara sistem yardımıyla bilgisayara aktarılmaktadır. Tüm bu yapılan işlemler fotoğrafik zorlukları ve resim kaybı, resim büzüşmesi, distorsiyon gibi hata unsurlarını ortadan kaldırmaktadır (Erdoğan 2005).

4.1.1. Sayısal resim

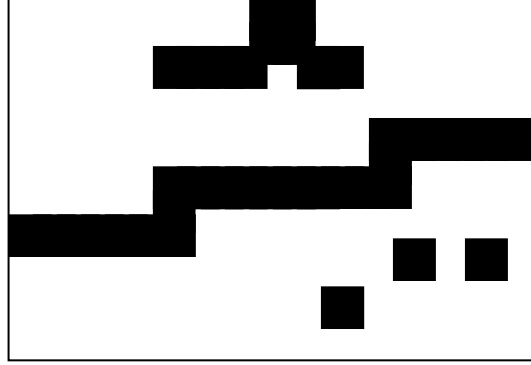
Analog bir resim üzerinde emülsiyon adı verilen ışığa duyarlı bir tabaka üzerinde oluşmaktadır. Analog ve analitik fotogrametride tabaka taşıyıcı film, sayısal fotogrametride ise elektronik bir düzendir (Kraus 1993; Kraus 1997).



Şekil 4.1. Analitik Geometri

Sayısal resimlerde analog resimlerde olduğu gibi şekiller soyut olarak tanımlanmamaktadır. Düz bir çizgi Şekil 4.1.'de gösterildiği gibi analog resimde çizgi

şeklinde, sayısal resimde ise Şekil 4.2.'de gösterildiği gibi kesikli kesikli pikseller şeklinde gösterilmektedir. Resim noktaları yerine resim elemanları bulunmaktadır. (Kraus 1993; Kraus 1997).



Şekil 4.2. Piksel Geometri

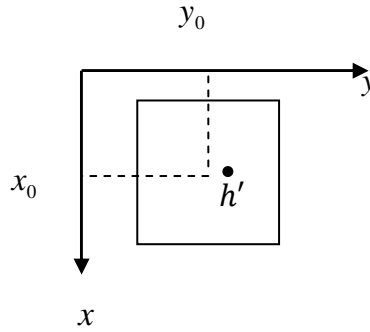
Sayısal görüntüler piksellerin düzenli bir dizisi yani matris şeklinde sıralanan resim elemanlarıdır. Bunlar bilgi taşımaktadır. Pikseller görüntüdeki en küçük elemanlardır. Sayısal görüntüler kendi geometrisi ve radyometrisi içerisinde tarif edilmektedir (Edward ve ark. 2001). Şekil 4.1.'de gösterilen analitik geometri üzerindeki noktalar Şekil 4.2.'de piksel geometri üzerinde gösterilmektedir. Hem analitik hem de piksel geometriyi gösteren resimlere bakıldığında resim elemanı büyüklüğü küçüldükçe, yani sayısal resmin geometrik çözünürlüğü arttıkça resimler birbirine daha çok benzemektedir. Yani sayısal bir resimdeki piksel boyutu küçüldükçe çizgi daha sürekli ve gerçeğe daha yakın bir görünüm almaktadır. Buna karşın sayısal resim daha fazla pikselle gösterilecektir (Kraus 1993; Kraus 1997).

Resmi kaydeden alet ve kullanılan bilgisayara göre değişen resim derinliği (değer alanı) insan gözünün gri renk tonu ayırma olanağına karşılık gelen 0 ile 255 arasında değer almaktadır. Siyah-beyaz resimlerde piksel değerleri gri tonlarını veya değerlerini temsil etmektedir. Genellikle sayısal resimlerde ikili gösterim kullanılmaktadır. İkili sistemdeki resimlerde sadece iki gri renk tonu bulunmaktadır. İkili sistemdeki bu tür resimlerde bilgi ile ilişkisi olmayan resmin arka planı 0 değeri ile bilgi de 1 değeri ile gösterilmektedir. Şekil 4.2.'de ikili sistemdeki sayısal bir resim gösterilmektedir. Renkli resimlerde de aynı büyüklükte üç farklı resim matrisi bulunmaktadır. Bu durumda 24 Bitlik (üç ana renk olan Kırmızı, Yeşil, Mavi için her birine 8 Bitlik bir renk tabakası karşılık gelecek biçimde) üç tabakalı bir resim küpü söz

konusu olmaktadır. İkili gösterimin yanı sıra bilgisayar teknolojisinde sekizlik ve onaltılık gösterimlerde kullanılmaktadır (Kraus 1993; Kraus 1997; Erdoğan 2005).

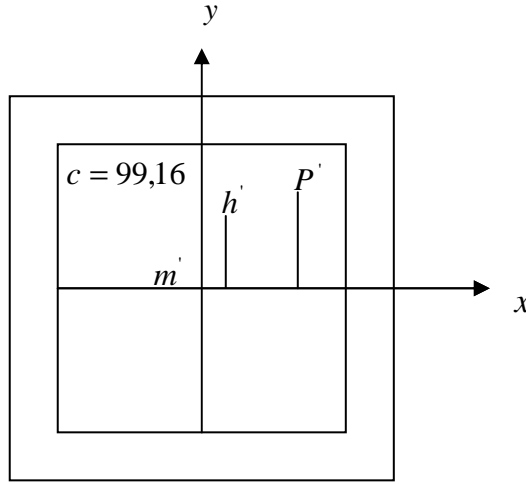
4.1.2. Sayısal ölçme resmi

Sayısal ölçme resmi fotogrametrinin ihtiyaçlarını karşılayacak yeterlilikte olan bir sayısal resimdir. Sayısal ölçme resmi, sayısal resim çekme makinesi olarak adlandırılan bir makinenin resim düzleminde oluşmaktadır. Bir sayısal ölçme resmi g_{ij} resim elemanlarından oluşan iki boyutlu G matrisinden oluşmaktadır. i satır indeksi 1'den birer birer artarak I 'ya kadar ($i = 1(1)I$), sütun da yine birer birer artarak ($j = 1(1)J$) J 'ye kadar gitmektedir. Her bir resim elemanı bir piksele karşılık gelmektedir. Her resim elemanı bir yüzeye karşılık geldiği için resim noktası yerine resim elemanları kullanılmaktadır. Resim elemanının büyüklüğü ($\Delta x * \Delta y$) kadardır (Kraus 1993; Kraus 1997).



Şekil 4.3. Sayısal ölçme resmi

Sayısal resimlerin fotogrametrik amaçlarla kullanılabilmesi için, resim koordinat sistemi ile piksel koordinat sistemi arasında bir ilişki kurulması gerekmektedir. Şekil 4.3.'de görülen resim koordinat sistemi resim matrisinin yarım piksel kadar dışına çizilmiş ve şimdiye kadar kullanılan resim koordinat sistemine göre de saat akrebi yönünde 100 gon'luk bir dönüklüğe sahiptir. Matristeki i indisi Δx ile çarpıldığında g_{ij} pikselinin orta noktasının x resim koordinatı elde edilmektedir. Benzer şekilde de j indeksi de Δy ile çarpılırsa y resim koordinatı elde edilmektedir. (Kraus 1993; Kraus 1997; Külür 2002, Erdoğan 2005).



Şekil 4.4. Analog ölçme resmi

h' = Resim ana noktası

c = Resim çekme makinesi sabiti

m' = Resim orta noktası (kenar işaretlerini gösteren noktaları birleştiren doğruların kesim noktası)

Sayısal fotogrametride resim koordinatlarının ölçülmesinde tek tek piksellerin konumlarının belirlenmesi gerekir. Otomatik olarak yapılan bu tanıma işlemi piksel büyüklüğünden daha iyi doğruluk derecesinde olmalıdır (Kraus 1993; Kraus 1997; Külür 2002).

Sayısal bir resmin değerlendirmesinde de analog resimlerde olduğu gibi iç yöneltme kullanılmaktadır. Şekil 4.4.'de gösterilen sayısal ölçme resminin resim ana noktası h' 'nin, x_n koordinat sistemindeki konumu gösterilmektedir. Küçük piksellerde resim ana noktası h' 'nin bulunduğu pikseli tanımak yeterli olmaktadır. i ve j indisleri direk olarak x ve y resim koordinatları olarak alınabilmektedir. Bu durumda resim çekme makinesi sabiti c 'de Δy ($= \Delta y$) ile aynı birimde olmalıdır (Kraus 1993; Kraus 1997; Külür 2002).

Sayısal ölçme resmi kullanmanın başlıca yararları,

- Optik-mekanik sistemlere ihtiyaç olmaksızın sayısal resimlerin bilgisayar ekranından ölçülebilir ve görülebilir olması,
- Bu ölçme sistemlerinde resim kalitesinin artırılabilir olması,
- Ölçme sistemlerinin kalibrasyon gerektirmeyen değişmez sistemler olması,
- Bu ölçme sistemlerinin kullanıcılarına otomasyon olanağı sağlaması,

- Uygulamaların gerçek-zamanlı olarak veya çok yakın zamanda yapılabilir olması olarak sıralanabilir (Duran 2003).

4.2. Değerlendirme yöntemleri

Yersel fotogrametride obje koordinat sistemi ve görüntü koordinat sistemi arasındaki bağlantının kurulabilmesi için farklı değerlendirme yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler çalışılacak objenin derinlik farklarına, söz konusu objenin büyüklüğü ve konumu, kullanılacak yazılım ve donanıma, beklenen doğruluk, sonuç ürünün kullanım amacına göre sınıflandırılmaktadır. Bunlar;

- Tek görüntü yöntemi
- Stereo görüntü yöntemi
- Ortofoto yöntemi
- Işın demetleri yöntemi olarak sıralanır.

Fotogrametrik röleve projelerinin pek çoğunda sonuç ürün genellikle 1/20 ya da 1/50 ölçekli röleve çizimleri olmaktadır. Sonuç ürünler sayısal ortofoto, nesnenin sayısal yüzey modeli ve nesnenin üç boyutlu yüzey modeli olmaktadır. Sayısal fotogrametri yöntemi ile sonuç ürünlerin üretiminde kullanılan yöntemler, sayısal tek fotoğraf değerlendirmesi, stereo değerlendirme, sayısal ortofoto ve stereo görüş olmadan birden fazla fotoğraf yardımıyla değerlendirme yöntemleri olarak sıralanabilir (Yastıklı 2005).

4.2.1. Tek görüntü yöntemi

Tek görüntü yöntemi nesne yüzeyinin geometrisi genel olarak biliniyor ve yüzey dokusunun belgelenmesi isteniyorsa tercih edilir (Hanke ve Grussenmeyer 2002). Diğer bir deyişle obje yüzeyinin düzlem olduğu yani derinlik farklarının bulunmadığı nesnelere için kullanılan bir yöntemdir. (Yastıklı 2005). Kameranın konumu Şekil 4.5.'de gösterildiği gibi olmalıdır. Tek fotoğraf değerlendirmesi genellikle iki aşamada gerçekleştirilmektedir. Birinci aşamada distorsiyona uğramış analog ve sayısal resimden (ortofoto), geometrik olarak doğru resimler elde edilmektedir. İkinci aşamada ise elde

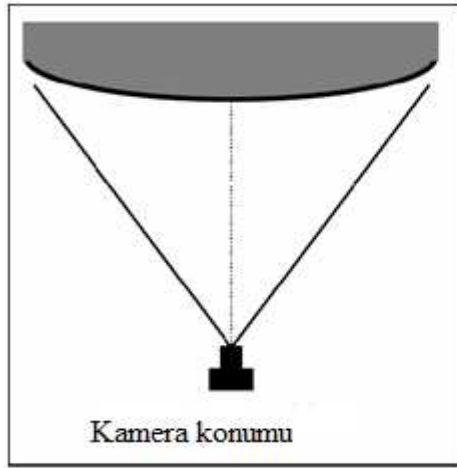
edilen bu ortofotolar analog, analitik veya sayısal olarak değerlendirilmektedir (Kraus 1993; Kraus 1997).

Gelişen bilgisayar teknolojisi sayesinde tüm işlemler sayısal olarak gerçekleştirilmektedir. Sayısal tek fotoğraf değerlendirmesinde resim koordinatları ile arazi koordinatları arasındaki matematiksel ilişki aşağıdaki projektif eşitlik ile sağlanmaktadır.

$$\frac{X-X_0}{Z-Z_0} = \frac{a_{11}.x+a_{12}.y-a_{13}.c}{a_{31}.x+a_{32}.y-a_{33}.c} \quad (3.24)$$

$$\frac{Y-Y_0}{Z-Z_0} = \frac{a_{21}.x+a_{22}.y-a_{23}.c}{a_{31}.x+a_{32}.y-a_{33}.c} \quad (3.25)$$

Bilinmeyen olan parametreleri her iki koordinat sisteminde de koordinatları bilinen en az 4 nokta ile hesaplanır. Sayısal tek fotoğraf değerlendirmesi yöntemi ile aynı ya da farklı kameralar ile çekilen fotoğraflar kullanılarak mozaikler hazırlanabilmektedir (Yastıklı 2005).



Şekil 4.5. Kamera konumu

Değerlendirme için kullanılacak kamera metrik ya da yarı metrik bir kamera ise yani kameranın iç yöneltme ve dış yöneltme elemanları biliniyorsa matematiksel çözüm izdüşüm denklemleriyle gerçekleştirilmektedir. x_0, y_0, c iç yöneltme elemanları ve dış yöneltme elemanları olan bu dokuz parametre tek bir resmin merkezi izdüşümünü oluşturmaktadır. Bu noktalar nesnenin konum ve şekli için bilinen yüzey ile kameradan yüzeye gelen ışınlar kesiştirilerek hesaplanmaktadır.

$$X = X_0 + (Z - Z_0) \frac{a_{11}.x + a_{12}.y - a_{13}.c}{a_{31}.x + a_{32}.y - a_{33}.c} \quad (3.26)$$

$$Y = Y_0 + (Z - Z_0) \frac{a_{21}.x + a_{22}.y - a_{23}.c}{a_{31}.x + a_{32}.y - a_{33}.c} \quad (3.27)$$

$$X = \frac{a_1*x + a_2*y + a_3}{a_7*x + a_8*y + 1} \quad (3.28)$$

$$Y = \frac{a_4*x + a_5*y + a_6}{a_7*x + a_8*y + 1} \quad (3.29)$$

$$A = \begin{bmatrix} \cos \kappa & -\sin \kappa & 0 \\ \sin \kappa & \cos \kappa & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.30)$$

Eşitlikler $\omega = \varphi = 0$ 'a göre düzenlenirse

$$X = X_0 + \frac{h}{f} \cos \kappa (x' - x_0) - \sin \kappa (y' - y_0) \quad (3.31)$$

$$Y = Y_0 + \frac{h}{f} \sin \kappa (x - x_0) + \cos \kappa (y' - y_0) \quad (3.32)$$

şeklini almaktadır.

Değerlendirme için kullanılacak kamera amatör bir makine ise yani iç yöneltme ve dış yöneltme elemanları bilinmiyorsa matematiksel çözüm projektif eşitlikle gerçekleştirilir. Bu mimari fotogrametride en çok karşılaşılan durumdur. Yüzeyin biçimi düzlemlerle ve elde edilebilir iki boyutlu minimum dört kontrol noktasıyla sınırlandırılmaktadır.

$$X = \frac{a_1.x + a_2.y + a_3}{c_1.x + c_2.y + 1} \quad (3.33)$$

$$Y = \frac{b_1.x + b_2.y + b_3}{c_1.x + c_2.y + 1} \quad (3.34)$$

X ve Y nesne koordinatları, x,y ise görüntüde ölçülen koordinatlar ve a_i, b_i, c_i bu projektif ilişkiyi gösteren 8 parametredir. Bu bilinmeyen 8 parametre tek resimde minimum 4 kontrol noktasının ölçülmesi ile bulunabilir. $(a_1, a_2, a_3, \dots, c_2)$.

Sonuç olarak bu yüzey üzerindeki rastgele noktaların 2D koordinatları bu eşitlikler kullanılarak hesaplanabilmektedir. Bu aynı zamanda sayısal görüntü cepheleeri(cephelerin sayısal görüntüleri) içinde doğrudur. Sayısal görüntü işleme yöntemleri her bir piksel için bu eşitliklere uygulanarak Şekil 4.6.'de gösterilen orijinal resimden Şekil 4.7.'de gösterilen ortofoto(orthoimage) olarak da adlandırılan nesne düzleminin orthographic(dik çizgisel) görünüşü üretilmektedir (Hanke ve Grussenmeyer 2002).



Şekil 4.6. Orijinal resim



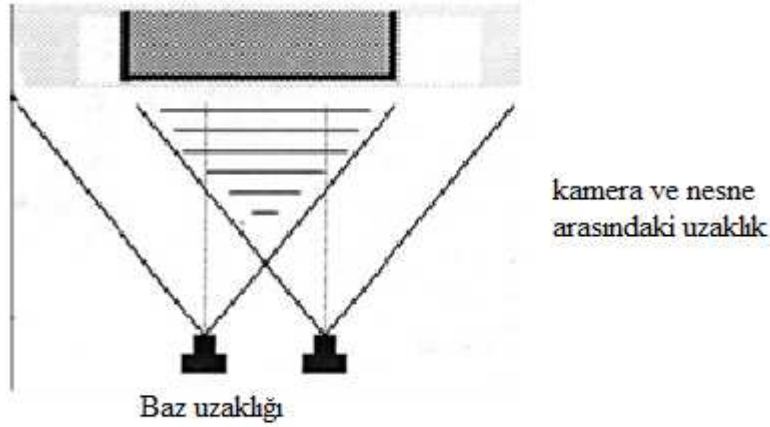
Şekil 4.7. düzeltilmiş(yataylanmış) ortofoto

Engebeli arazilerde de tek fotoğraf değerlendirmesini kullanmak için bazı yöntemler geliştirilmiştir. Tüm fotoğrafların rödrese edilmesi yerine arazi düzlem parçalarına ayrılarak her parça ayrı ayrı rödrese edilmektedir. 'Facet' yönteminde arazi dörtgen veya üçgen düzlem parçalarına ayrılarak kontrol noktaları yardımıyla rödrese edilir. Diğer bir yöntemde de arazi eş yükseklik eğrileri arasındaki düzlemlere ayrılarak her bölgenin ayrı ayrı rödremanı yapılır. Bu yöntemlere diferansiyel rödreman denilmektedir (Yastıklı 2009).

4.3.2. Stereo görüntü yöntemi

Nesne yüzeyinin düz olmadığı, derinlik farklarının bulunduğu nesne geometrisinin tam anlamıyla bilinmediği durumlarda, 3 boyutlu bir nesnenin tek görüntü ile yeniden oluşturulması (image restitution) mümkün değildir. . Tarihi ve kültürel yapıların, sanat eserlerinin yüzeylerinde derinlik farkının bulunduğu durumlarda stereo değerlendirme yöntemi tercih edilmelidir. Böyle durumlarda en az 2 görüntünün kullanılması gerekmektedir. Stereo değerlendirme yönteminde, fotoğraf

alım yöntemi olarak normal alım durumu tercih edilmekle birlikte kullanılan yazılım ve donanımın özelliklerine bağlı olarak eğik ve dönük alım da yapılabilir. Mercek distorsiyonlarını göz ardı eden metrik kameralar bu yaklaşımda sık sık kullanılır. İyi sonuçlar almak için kamera ve nesne arasındaki mesafe Şekil 4.8.'de gösterildiği gibi 1:5 ve 1:15 olmalıdır (Hanke ve Grussenmeyer 2002).



Şekil 4.8. Stereo görüntü yöntemindeki baz uzaklığı

Stereo görüntü yöntemi, insan gözünün çalışma ilkeleriyle benzerlikler göstermektedir. Gözler arasındaki mesafe nedeniyle beyne gönderilen iki görüntü birbirinden farklıdır. Bu iki ayrı perspektif görünümünden, üç boyutlu mekansal bir izlenim elde edilmesi insan beyninin algı sistemindeki bütünleme yeteneği ile ilgilidir. Fotogrametri uygulamalarında; üç boyutlu mekansal izlenim elde edilebilmesi için, belirli bir mesafenin (baz) iki ucundan ve kamera optik eksenleri birbirine paralel bir biçimde çekilmiş görüntülerin ilgili gözlere ayrı ayrı yönlendirilmeleri gerekir. Söz konusu görüntüler, aynı alanı paralel perspektiflerle belgeleyen eşlenik görüntülerdir (Pomaska 1999).

Stereo değerlendirme yönteminde, fotoğraf çiftlerinin karşılıklı yöneltmesi her iki fotoğrafta ölçülen bağlama noktaları yardımıyla hesapla yapılır. Modelin mutlak yöneltmesi için model alanına uygun dağılmış en az üç ideali model köşelerine dağılmış dört adet üç boyutlu koordinatları bilinen (X,Y,Z) kontrol noktalarına ihtiyaç vardır. Çizim işlemleri sayısal ortamda deneyimli operatörler tarafından yapılır (Schenk,1999).

4.3.3. Ortofoto

Nesne yüzeyinde derinlik farklarının bulunduğu durumlarda kullanılan diğer bir yöntem ortofoto yöntemidir. Ortofoto eğiklik, dönüklük ve diferansiyel alanlarda yükseklik etkileri giderilmiş, ölçeklenmiş, bir haritanın geometrik niteliklerine sahip yeniden örneklenmiş bir fotoğraf, görüntü olarak tanımlanmaktadır. Klasik ortofoto üretimi diferansiyel tek fotoğraf değerlendirmesini temel almaktadır. Yani görüntünün tümünün rödrasmanı yerine küçük parçalar halinde rödrese edilmesidir. Bu şekilde görüntünün tümünde yükseklik farklarından gelen hataların düzeltilebilmesi için bu diferansiyel alanların yükseklik bilgisine sahip olunmalıdır. Yükseklik farklarından ileri gelen hatalar, araziyi tümüyle modelleyen Sayısal Arazi Modeli(SAM) ya da Sayısal Yükseklik Modeli(SYM) yardımıyla tümüyle giderilmekte veya minimize edilmektedir (Ecker 1992).

SYM X ve Y yönünde düzenli aralıklı ya da rastgele dağılmış noktalara ilişkin Z verilerini ifade etmektedir. SAM arazi yüzeyinin belirgin topoğrafik özelliklerinin düzensiz olarak dağılmış noktalar ve arazinin su ayırım ve su toplama çizgilerinin arazinin gerçek şeklinin daha iyi bir şekilde sunulmuş biçimidir. Sonuç ürünün duyarlılığı SAM verisinin kalitesine bağlıdır. Sayısal ortofotolar haritalardan elde edilmiş, bütünleştirilmiş verilerden çok daha hassastır. (Karalar ve ark. 2003). SYM ile arazinin karakteristik özellikleri daha iyi bir şekilde tanımlanır ve daha hassas bir şekilde konumlandırılır. SAM üretimi SYM üretimine göre daha pahalı ve üretim zamanı oldukça uzundur. Bunun da nedeni su ayırım ve su toplama çizgilerinin otomatik olarak üretilmesinin sıkıntılı olmasıdır. SAM teknik özellikleri bakımından SYM'ne göre birçok uygulamada daha üstündür (Ecker 1992).

Bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak ortofoto üretimi sayısal olarak gerçekleştirilmektedir. Sayısal ortofoto bir veya daha çok hava fotoğrafı veya uydu görüntüsünden türetilebilir (Yastıklı 2009). Sayısal ortofoto üretiminde piksel koordinat sistemi ile fotoğraf koordinat sistemi arasındaki ilişki iç yöneltme aşamasında tanımlanır. Sayısal kameralarda çerçeve işaretleri bulunmadığından belli olan piksellerin büyüklüğünden piksel koordinatları hesaplanabilir. Fotoğraf koordinat sisteminde tanımlanan fotoğraf koordinatları ile referans koordinat sistemi arasındaki dönüşüm 3.24 ve 3.25 eşitlikleri ile gerçekleşmektedir (Karalar ve ark. 2003; Yastıklı 2009).

Sayısal ortofoto üretiminde arazi koordinat sisteminde X, Y yönünde düzenli grid aralıklı boş bir grid yapı oluşturulur. Bu grid yapı daha sonra ortogörüntünün piksel bölümlenmesini oluşturacaktır. Her bir piksel bölümlenmesi orta noktasının XY referans koordinat sistemindeki koordinatları bilinmektedir. Eğer her bir piksel bölümlenmesi orta noktasının Z koordinatı da bilinirse XYZ koordinatlarından kullanılan fotoğrafa ilişkin iç ve dış yöneltme elemanlarının bilinmesi durumunda izdüşüm denklemleri yardımıyla fotoğraf koordinatlarına geçiş kolaylıkla yapılabilecekti. Ortofoto üretiminde tek fotoğraf kullanıldığından Z koordinatı SYM veya SAM ile belirlenir. Sonuçta her bir piksel bölümlenmesi orta noktasının XYZ referans koordinat sistemindeki koordinatları bilinmektedir (Karalar ve ark. 2003; Yastıklı 2009).

Bundan sonraki aşama her bir piksel bölümlenmesi orta noktasının XYZ referans koordinat sistemindeki koordinatlarının iç ve dış yöneltme elemanları kullanılarak fotoğraf koordinatları hesaplanır. Hesaplanan fotoğraf koordinatlarının iç yöneltme aşamasında belirlenen dönüşüm parametreleri kullanılarak ters dönüşüm ile piksel koordinatları belirlenir. Burada hesaplanan piksel koordinatları sayısal görüntü piksel koordinatları ile genelde çakışmaz. Kullanılacak en yakın komşu, bilinear yada bikübitik enterpolasyon yöntemlerinden biriyle hesaplanan piksel koordinatlarına ilişkin gri değer belirlenir. Piksel bölümlenmesinin ilgili pikseline gri değer olarak atanır. Her bir piksele bu işlem uygulanarak sayısal ortofoto oluşur (Karalar ve ark. 2003; Yastıklı 2009).

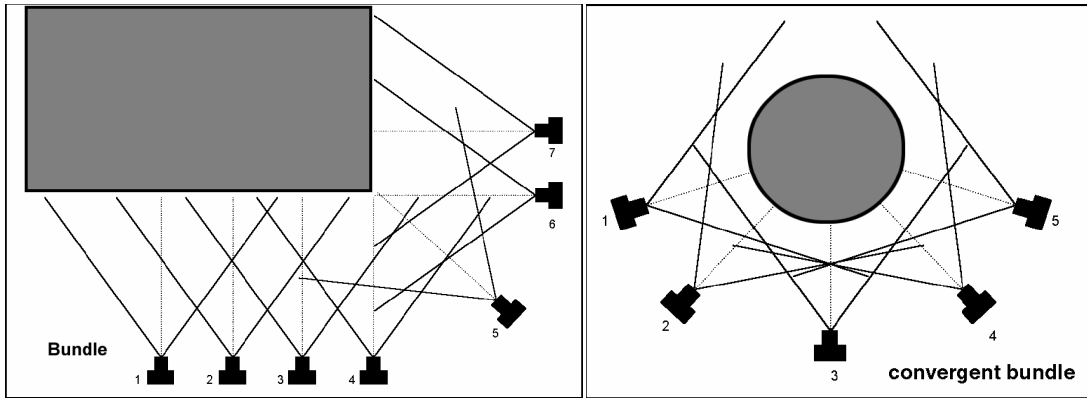
Büyük ölçekli görselleştirmelerde, özellikle şehir merkezlerinde, ortofotoların dokuları taşıyıcı olarak kullanıldığı durumlarda ortofotolar düşey cepheler için resim dokusu taşımadıklarından üç boyutlu görselleştirme için ortofoto bir foto modele genişletilmelidir. Foto model CAD vektör modeli olan ve resimlerin doku olarak taşınabileceği üç boyutlu bir cisim modelidir (Kraus 1993; Kraus 1997).

4.3.4. Işın demetleri yöntemi

Karmaşık bir yapının hassas bir şekilde yeniden oluşturulmasında birçok durumda tek bir stereo görüntü çifti yeterli olmamaktadır. Bu nedenle çok sayıdaki fotoğraf bir nesnenin tamamını örtecek şekilde kullanılarak bütün yapının homojen bir şekilde çözümlenmesi için ve ek ölçümlerden de yararlanmak için, bütün fotoğraf yöneltmelerinin eş zamanlı çözümünü gerektiren ışın demetleri yöntemi kullanılmaktadır (Hanke ve Grussenmeyer 2002).

Fotoğraflar rastgele seçilmiş noktalardan çekilir ve makinenin konumlandığı noktaların belgelenmesi gerekmez. Ancak bina bütünü için, bütünü kaplayan türdeş fotoğrafların elde edilmesi ve kontrol amaçlı ölçüm yapılabilmesine olanak sağlanması gereklidir. Bu nedenle fotoğraf yönlendirmelerinin birbirini takip eder şekilde, ancak farklı açılardan gerçekleştirilmesi ve kısmi çakışmaların sağlanması uygundur. Aynı yüzeyi belgeleyen farklı görüntüler üzerindeki eşlenik noktaların işaretlenmesi ile yazılım, bu noktaların üç boyutlu koordinatlarını hesaplar (Hamamcıoğlu 2004).

Bu yöntemi kullanmanın avantajlarından biri de çekim sırasında kalibrasyonun yapılabilmesidir. Bu durum kalibre edilmemiş bir kamera veya bilinmeyen görüntüler kullanıldığında doğruluğu arttırmaya yardım eder. Bu yaklaşımda paralel görüş ve stereo çift kullanılacak diye bir kısıtlama yoktur. Bu yaklaşım kamera pozisyonunun geometrisini ayarlayabildiğinden konvergent, dönük, normal veya eğik resimler de kullanılabilir. Şekil 4.9.'de demet dengelemesinin konvergent alımı gösterilmiştir. Farklı kamera veya merceklerin birleşimi kolaylıkla yapılabilir (Hanke ve Grussenmeyer 2002).



Şekil 4.9. Işın demetleri yöntemi ile dengeleme için konvergent alım

Kullanılan yazılımın özelliğine göre dengelemeye eklenecek ek parametreler ile kameranın iç yöneltme elemanları belirlenebilir. Uzaydaki nesnelerin özellikleri, köşegenliği ve yüzeylerin düzlüğü, çizgilerin paralellliği gibi ek bilgiler bu sırada oluşturulur. Nesnenin geometrisinin oluşturulması için homojen ve robust çözümler yapılır. Ölçümlerin hepsi ve bilinmeyen parametreler istatistiksel en küçük kareler dengelemesi (statistical least squares adjustment) ile hesaplanır. Kaba hataların belirlenmesini sağlayan sistemin yüksek hatası, sadece doğruluğu değil aynı zamanda da sonuçların güvenilirliğini arttıracaktır (Hanke ve Grussenmeyer 2002).

Işın demetleri yöntemi sayısal mimari fotogrametride kullanılan çok yaygın bir yöntemdir. Bu dengeleme işleminden dolayı sonuçlar daha güvenilir ve CAD sistemlerinde kullanılmak için hazır durumdadır (Hanke ve Grussenmeyer 2002).

Işın demetleri yönteminin sonuçları genellikle 3D tel kafes(wireframe), nesnenin yüzey modeli, ölçülmüş noktaların koordinatlarının listesi, CAD sistemleri ve bilgi sistemleri içerisinde kullanılmak için onların topolojileri ve bilgi sistemleridir. Genellikle bütün nesne tek adımda yeniden oluşturulur. Yüzey geçirmek için görüntü orijinal resimden alınabilir (Hanke ve Grussenmeyer 2002).

5. UYGULAMA

5.1. Arazi Çalışması

5.1.1. Kontrol noktalarının tesisi

Selçuk Üniversitesi Kampus caminin çatı bölümüne 20 cm çapında daire şablonları oluşturularak Şekil 5.1.'de görüldüğü gibi yağlı boya ile boyanmıştır. Noktalar zemine atılırken noktaların homojen dağılmasına dikkat edilmiştir (Şekil 5.3.). Noktaların karışmaması için bazı noktaların numaraları Şekil 5.2.'de gösterildiği gibi hazırlanan şablon ile yazılmıştır.



Şekil 5.1. Kontrol noktalarının tesisi



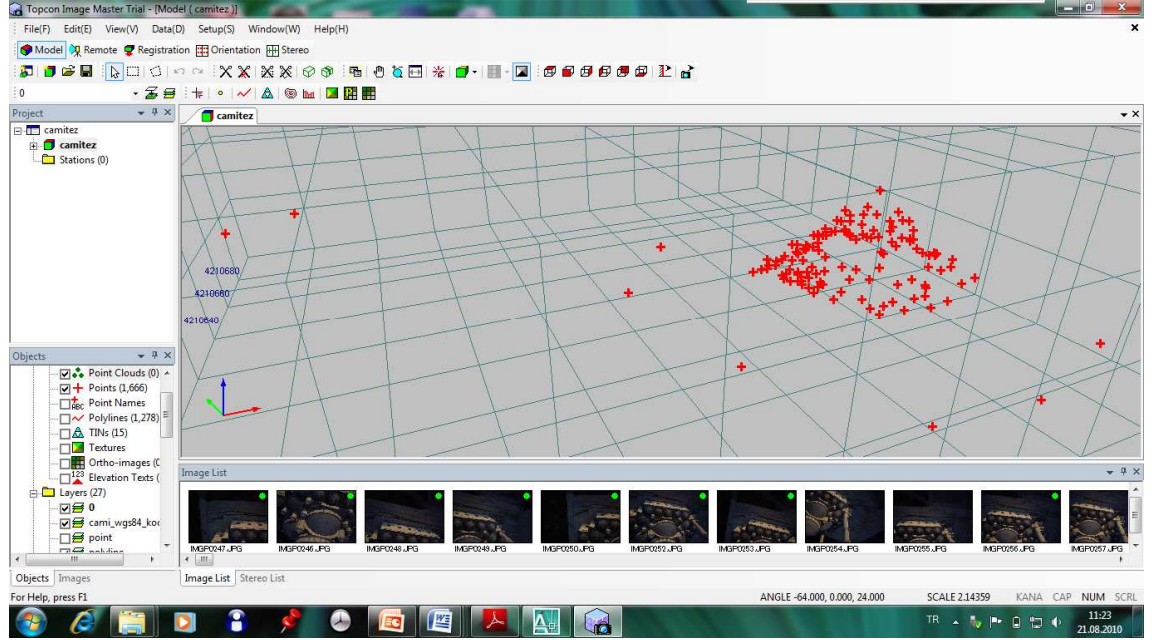
Şekil 5.2. Noktaların numaralandırılması



Şekil 5.3. Kontrol noktalarının dağılımı

5.1.2. Kontrol noktalarının ölçülmesi

Tesisi yapılan 120 tane kontrol noktasının RTK GPS ile ölçümleri yapılmıştır. Şekil 5.4.'de koordinatlara ait nokta bulutu gösterilmiştir.



Şekil 5.4. Koordinatlara ait nokta bulutu

5.1.2. Resim çekimi

Caminin resimleri Şekil 5.5.'de gösterilen uçurtma sistemi ile çekilmiştir. Kullanılan uçurtma 2.25 m boyunda, 4 m² alana sahip ve 4 hücrelidir.



Şekil 5.5. Uçurtma sistemi

Resim çekiminde Şekil 5.6.'da gösterilen Pentax Optio A30 fotoğraf makinesi kullanılmıştır. Kameranın odak uzaklığı 8 mm, çözünürlüğü 10,37 Mpiksel, maksimum çözünürlüğü 3648x2736, minimum çözünürlüğü 640x480, CCD sensörünün çözünürlüğü 1/1.8-inch, LCD ekran boyutu 2.5-inch (5,75*4,31mm,0,24cm²)'dir.



Şekil 5.6. Kamera

Resim çekiminden önce sistemin hazırlanması gerekmektedir. Bunun için kamera sistemine el GPS'i ve 10 sn.'de bir resim çeken sensör monte edilmiştir. Caminin 3 tarafı ağaçlarla çevrili olduğu için resim çekimleri tek yönden yapılabilmektedir. Resim çekimine başlanabilmesi için uygun yön ve uygun hızda rüzgar beklenmiştir. Rüzgar hızının 10-15km/saat arasında olması gerekmektedir. Bunun nedeni de rüzgarın hızı bu değerlerin altında ise sistem kaldırılamamakta, bu değerlerin üstündeyse de sürüklenme riski oluşmaktadır. Uygun yön ve hız yakalandıktan sonra uçurtma uçurulmuş ve bir müddet havada seyri izlenmiştir. Eğer havada stabil kalabildiyse yaklaşık 50-60m ip salındıktan sonra kamera sistemi uçurtmaya iliştilmiştir. İp, uçurtma yaklaşık caminin üzerine gelene kadar salınmıştır. Uçuş sırasında uçurtmanın caminin üstünde olup olmadığı sürekli kontrol edilmiştir. Uçurtmanın aşağı indirilmesi sırasında bize yardım etmesi için Şekil 5.8.'de gösterilen çıkık kullanılmıştır.

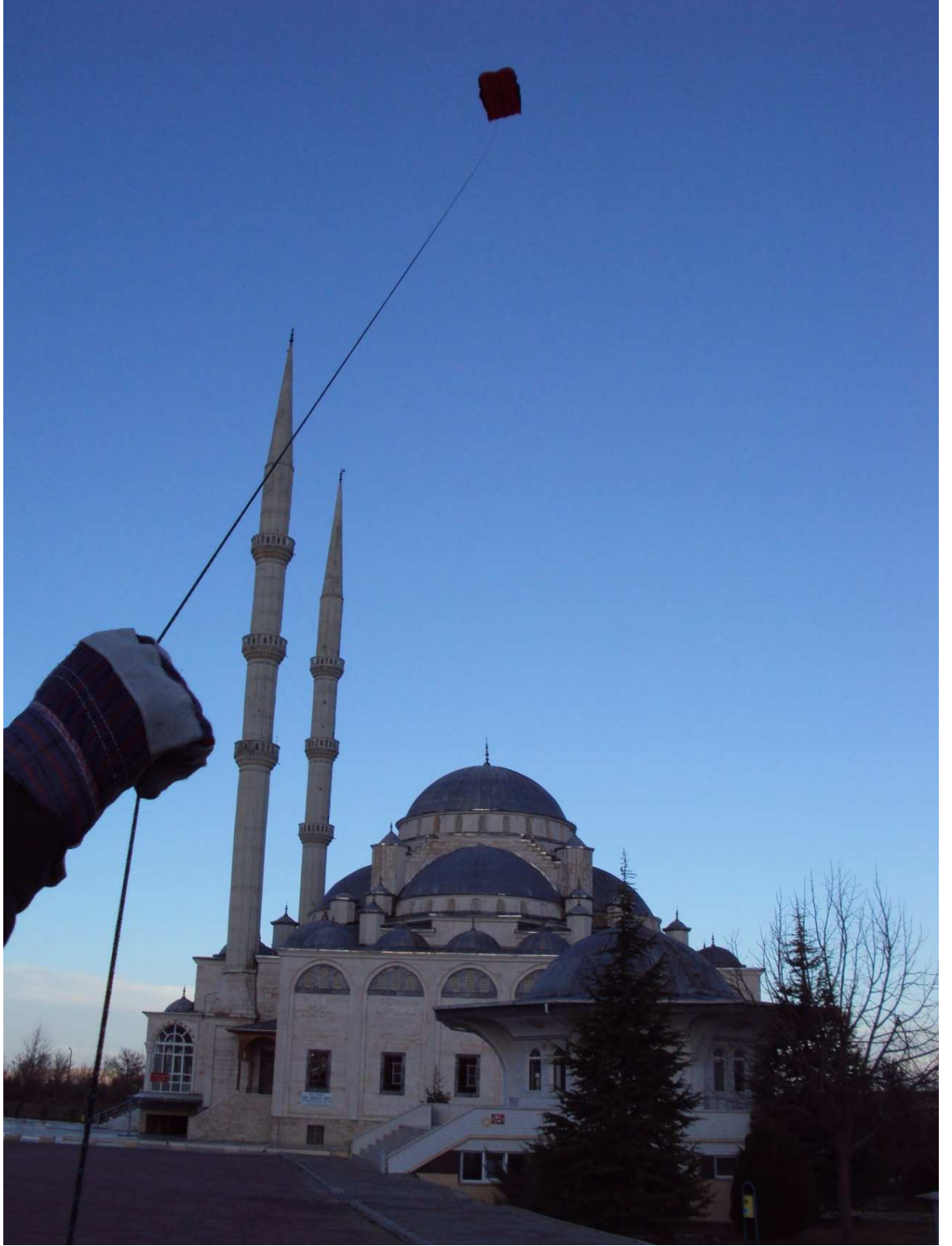


Şekil 5.8. çıkık

El GPS ile alınan uçurtma güzergahı Şekil 5.9.'da gösterilmiştir. Şekil 5.10.'da uçurtma caminin üzerinde resim çekerken görüntülenmiştir.

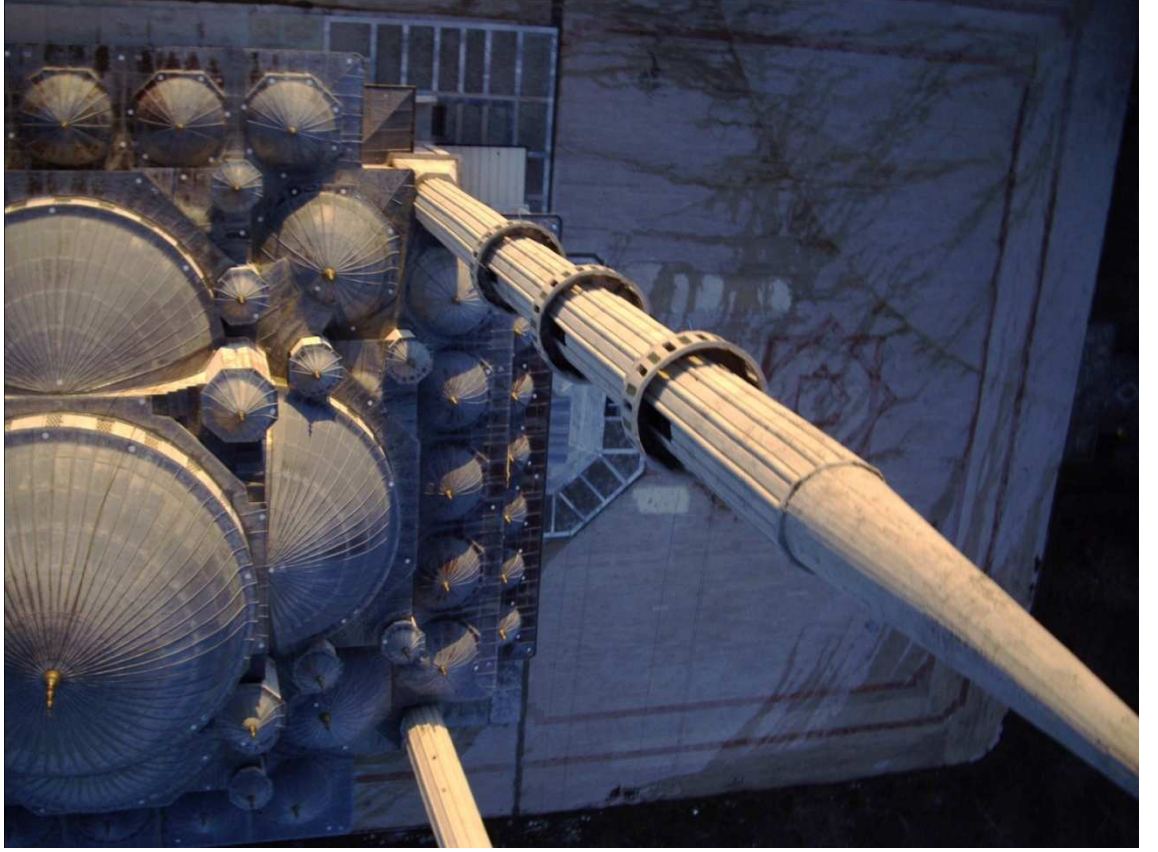


5.9. Uçurtma güzergahı

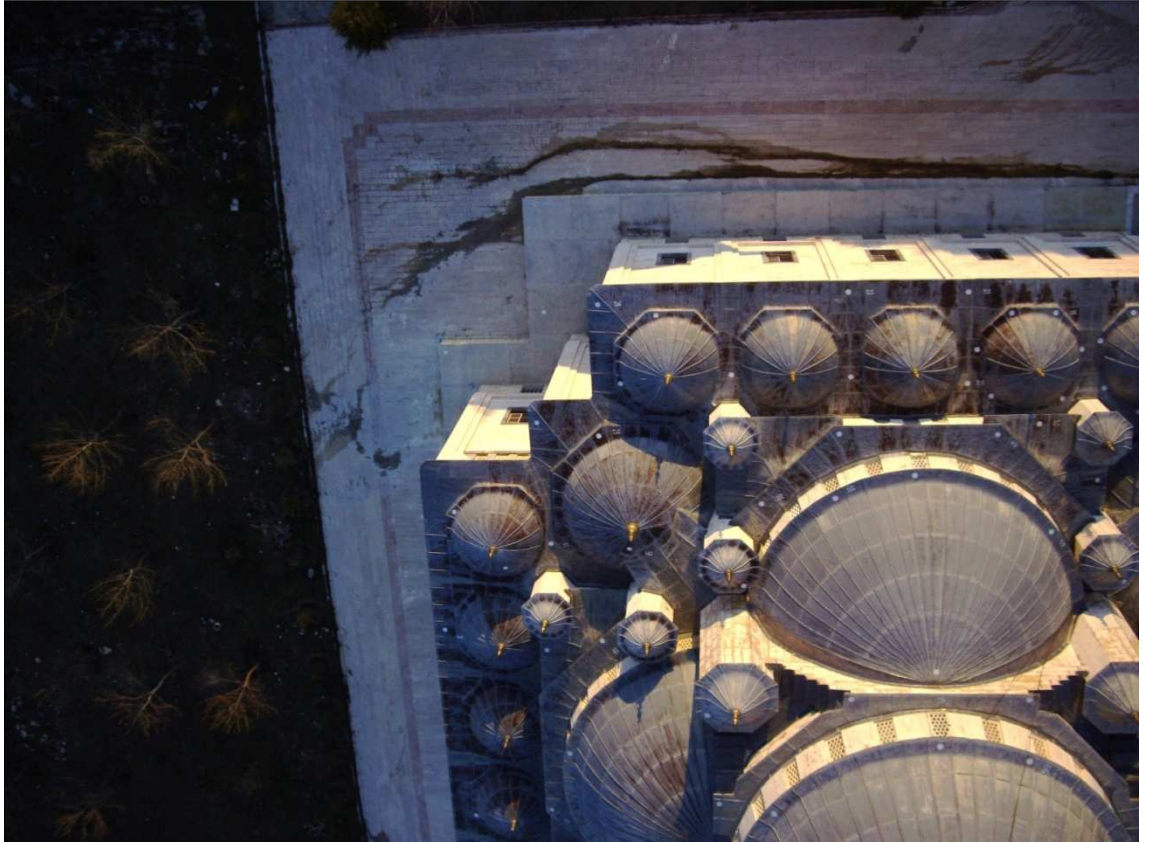


Şekil 5.10. Uçurtma resim çekerken

Şekil 5.11. ve Şekil 5.12.'de uçurtmayla çekilen resimler gösterilmiştir.



5.11. Uçurtmaya çekilen resimler



5.12. Uçurtmayla çekilen resimler

5.1.3. Resimlerin fotogrametrik değerlendirilmesi

Resimlerin fotogrametrik olarak değerlendirilmesi Topcon Image Master programında yapılmıştır.

5.1.3.1. Topcon Image Master

Image Master sayısal kameralarla alınan resimleri kullanarak 3D model ve ortofoto yapımında kullanılan, stereo görüntülerden 3D ölçümler yapan bir yazılımdır. Image Master serileri dört yazılımdan oluşmaktadır. Bunlar IS, Pro, Std, Lite'dir. Bu program ölçülecek nesnenin sağ ve sol olmak üzere farklı açılardan çekilmiş iki resminden 3D ölçümlerin yapıldığı bir yazılımdır. Kameranın yöneltmesi için ışın demetleri dengelemesini (bundle adjustment) kullanır ve ayrıca birçok görüntüden panoramik 3D ölçüm verisi oluşturabilir. Bu fonksiyonun diğer bir avantajı da ölçümleri hassas bir şekilde yapmasıdır (Topcon).

Gerçekte, yakın resim fotogrametrisinde, fotoğraf uzaklığı ve baz uzaklığının sabitlendiği durumlarda fotoğraf çekmenin zor olduğu – örneğin, görüntü yakalamak için iyi adımlamanın (good footing) elde edilmesindeki problemler gibi – pek çok durum vardır; ve ışın demetleri dengelemesi her bir stereo görüntüdeki ölçülmüş veriyi hassaslaştırmak için oldukça etkilidir (Topcon).

Ayrıca Image Master kontrol noktalarının sadece görüntü koordinatlarıyla modelini oluşturan bir fonksiyona sahiptir. Kontrol noktalarının yer koordinatları verilirse, model ölçeklenebilir ve yer koordinat sistemine yerleştirilebilir. Ya da bazı standart ölçek barı stereo görüntüler üzerine resimlenebilirse, gerçek ölçekteki model yerel koordinat sisteminde oluşturulabilir. Image Master'in sayısal görüntüleri kullanan ölçüm fonksiyonları olduğu gibi, nesnenin dış yüzeyini izleyen bazı fonksiyonları da vardır ve bu fonksiyon görüntü işleme yöntemi, stereo eşleme yardımıyla nesnenin yüzeyini otomatik olarak ölçmektedir (Topcon).

Bu şekilde ki yüzey verisi TIN (Triangulated irregular network) (düzensiz üçgen ağ) olarak işlenir. Ek işlemler 3D model, orto-foto, kesit profili, eş yükselti eğrilerinin elde edildiği işlemlerdir. 3D modeller VRML formatında, ölçülmüş veri ve orto-foto DXF, JPEG ya da diğer grafik veriler olarak çıktı alınabilir (Topcon).

Image Master programında;

- Standart sayısal bir kameradan alınan stereo görüntülerle çalışılabilme yeteneği,
- Nokta, çizgi, yüzey ölçümü
- Düzensiz üçgen ağ oluşturulması, eş yükseklik eğrilerinin oluşturulması, cross section(kesit) oluşturulması
- Mesafe, alan, hacim hesabı
- Orto-foto üretimi
- ASCII, TIN, dxf ve VRLM RGB nokta bulutu veri çıktısının elde edilmesi
- CAD temel haritaları, ortofotolar, GPS ya da total station verileri, LIDAR ya da tarayıcıdan alınan nokta bulutu verilerinin modelle entegre edilebilmesi, girişlerinin yapılabilmesi
- 3D model gösterimi ve düzenlemesi
- Kablosuz ağ bağlantısı üzerinden IS ile direkt arayüz oluşturulabilir (Topcon).

5.1.3.1.1.Image Master işlem adımları

Öncelikle kullanılacak kameranın kalibrasyon edilmesi gerekmektedir. Bunun için kullanılan Image Master 'ın kalibrasyon programı olan Image Master Calib'den bahsedilecektir .

5.1.3.1.1.1.Image Master Calib

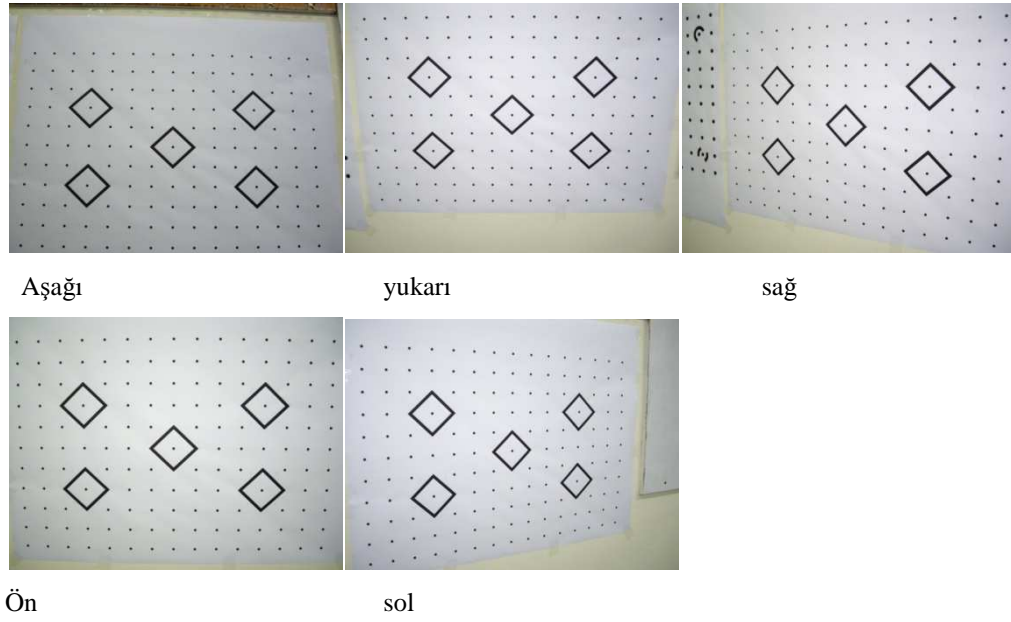
Image Master Calib 3D ölçümler için kullanılacak görüntülerin alındığı sayısal kameranın kalibrasyon bilgilerini almak için tasarlanmış bir yazılımdır (Topcon).

Kameradan alınan görüntülerden 3D hassas verilerin elde edilmesi için kameranın kendi parametrelerinin elde edilmesi gerekmektedir (Topcon).

Bu yazılım ile 7 parametre hesaplanacaktır. Bunlar;

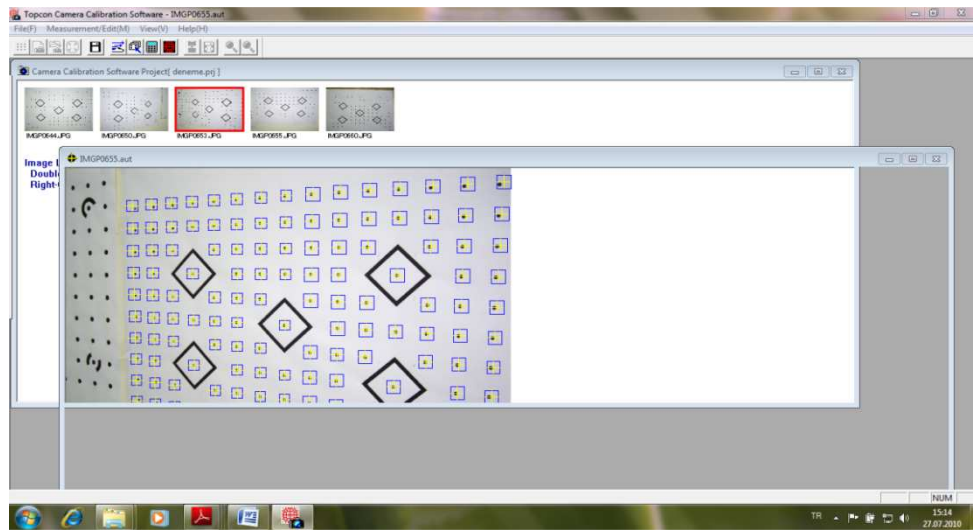
- Merceğin odak uzaklığı f
- Mercek distorsiyonları (Radyal distorsiyon) K_1, K_2
- Mercek distorsiyonları (Teğetsel distorsiyon) P_1, P_2
- İzdüşüm merkezinin koordinatları X_P, Y_P

Bu alınan 7 parametre 'ProjeAdı.cmr' adıyla depolanmaktadır. Programın içinde bulunan kalibrasyon kağıdının çıktısı alınmış ve Selçuk Üniversitesi Fotogrametri Laboratuvarının duvarına yapıştırılarak 5 yönden Şekil 5.13.'de gösterildiği gibi resmi çekilmiştir.



Şekil 5.13. Kamera kalibrasyonunda kullanılan resimler

Daha kaliteli görüntülerin alınması, açı ve yüksekliğin (shooting) belirlenmesi için resimler çekilirken tripod kullanılmıştır. Resimler ön, sol, sağ, yukarı ve aşağıdan olmak üzere 5 değişik yönden çekilmiştir. Program açıldıktan sonra File-New Project seçildikten sonra projenin adı girilmiştir. Kullanılan kalibrasyon kağıdının boyutu girilmiştir. Kalibrasyonda kullanılacak resimler seçildikten sonra OK'e basılmıştır. İlk hesaplanan odak uzaklığı onaylanmıştır. Kalibrasyon kağıdı üzerindeki noktaların merkezlerinin koordinatlarının belirlenmesi menüden [Process] -> [Full Automatic Calibration] seçilerek otomatik olarak yapılmıştır (Topcon).



Şekil 5.14. Kamera kalibrasyonu yapılırken noktaların işaretlenmesi

Hesaplama işlem adımı tam otomatik kalibrasyon 5 resimde de bütün noktaların ölçümü tamamlandıktan sonra Şekil 5.14.'de gösterildiği gibi otomatik olarak başlamıştır. Kamera kalibrasyonu otomatik olarak tamamlandıktan sonra ekranda kamera kalibrasyon sonuçlarını gösteren Result of Camera Calibration kutusu görülmüştür (Topcon). Kamera kalibrasyon sonuçları EK-1'de gösterilmiştir.

5.7.1.2.Topcon Image Master

Bu program;

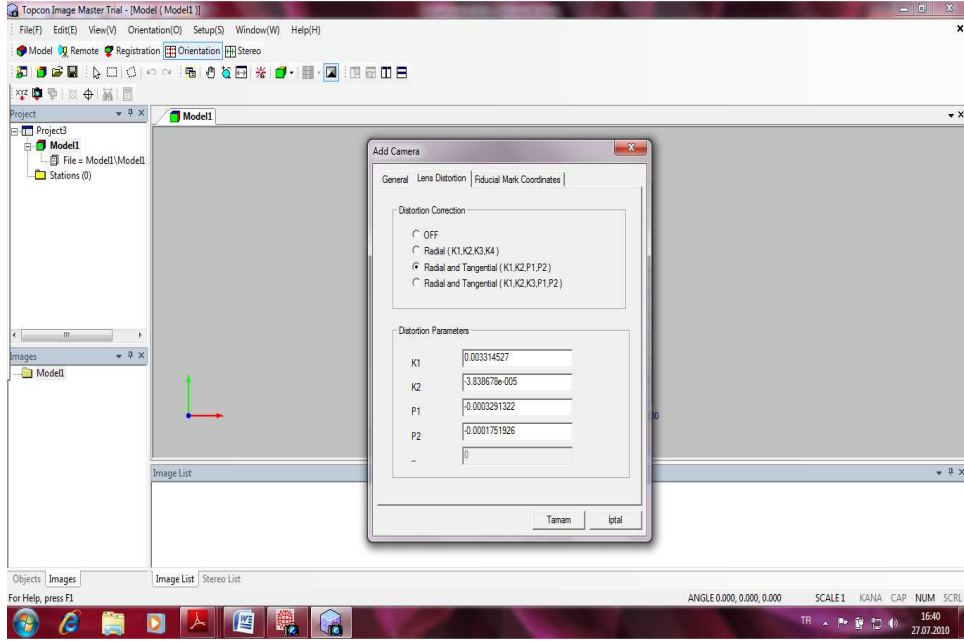
- Kalibrasyon bilgileri, görüntüler ve koordinat verilerinin girişi
- Resim çiftlerinin belirlenmesi ve yöneltmesi
- Stereo model içinde çalışma ve haritalama
- 3D model sunumlarının yapılması aşamalarından oluşmaktadır(Topcon).

a) Yeni proje oluşturma

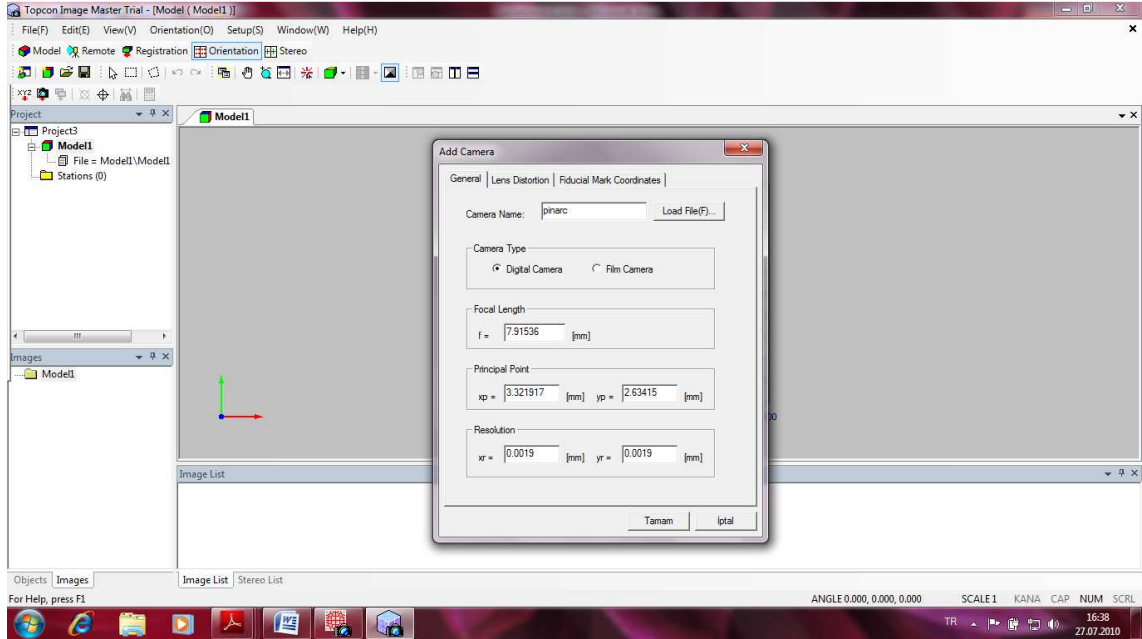
Yeni proje açmak için menüden File-New seçilerek proje adı girilmiştir. Proje projeAdı.imj uzantılı olarak kaydedilmiştir (Topcon).

b) Kamera kalibrasyon verisi

Kamera kalibrasyon bilgilerinin girilmesi için Orientation-Camera-Add Camera seçilip kalibrasyon dosyası kaydedilen yerden seçilmiştir. Kameranın kalibrasyon dosyası için .cmr uzantılı dosya seçilmiştir. Şekil 4.15.'da kamera parametreleri ve Şekil 4.16.'de kamera bilgilerini içeren dosyanın eklenmesi gösterilmiştir (Topcon).



Şekil 4.15. Kamera parametreleri



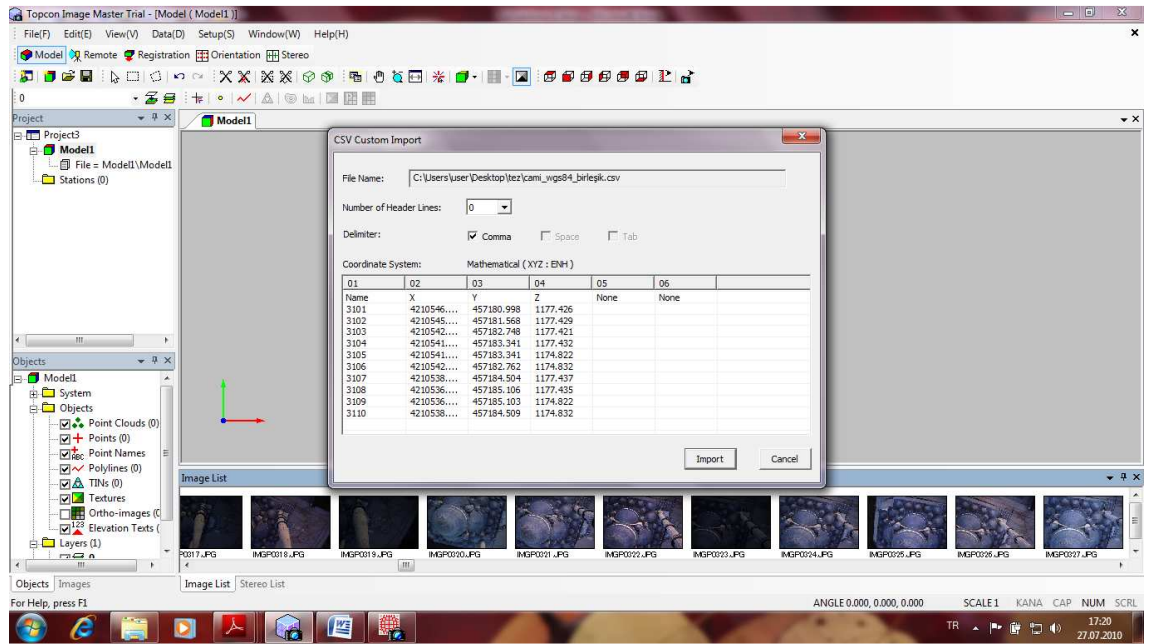
Şekil 4.16. Image Master programına kamera bilgilerinin eklenmesi

c) Ham görüntü verisi

Kamera kalibrasyon parametreleri sistem içerisine tanıtıldıktan sonra sayısal görüntülerin girişi yapılmıştır. Görüntülerin programa aktarılması için Orientation-Add Images seçilmiştir. Açılan resimlerden istenenler ve kameranın adı kayıtlı olduğu yerden işaretlenmiştir. Register butonuna basılmıştır (Topcon).

d) 3D kontrol koordinat verisi

Programa koordinat girişi File-Import-Point File seçilerek dosyadan uygun koordinat listesinin işaretlenmesiyle gerçekleşmiştir. Program matematik koordinat sistemine göre veriyi attığından dolayı gerekirse Setup-Coordinate Transformation-Axis Conversion seçildikten sonra X ve Y yer değiştirilerek sistem olması gereken hale getirilebilmektedir. Arazi koordinat verisi .csv formatına dönüştürülerek programa atılmıştır (Şekil 4.17.) (Topcon).

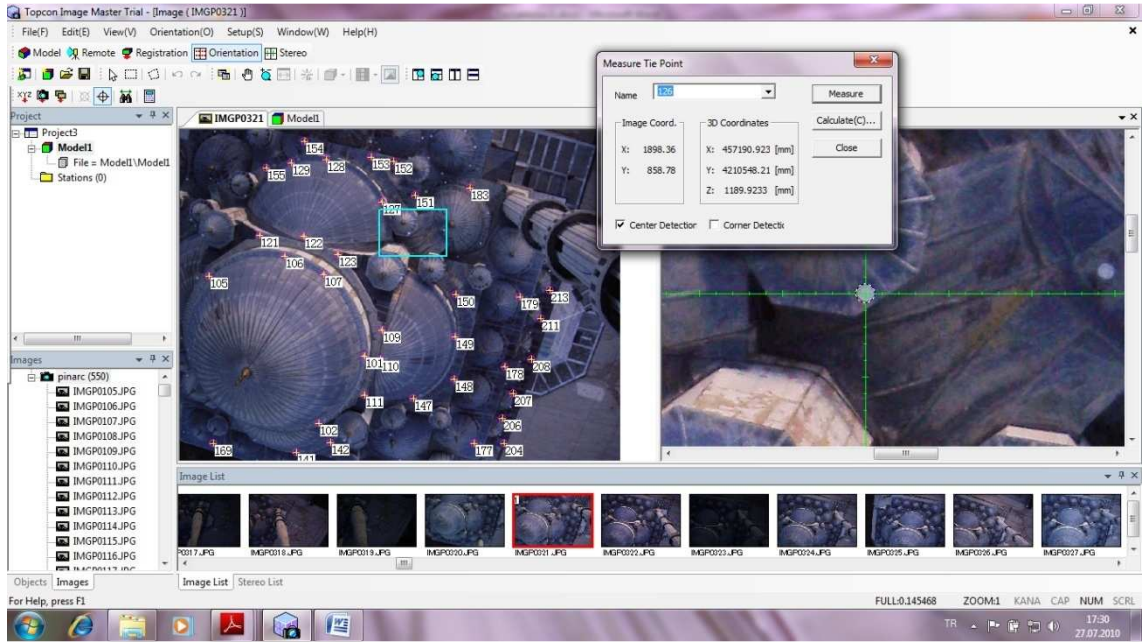


Şekil 4.17. Image Master programına koordinatların tanıtılması

e) Stereo modellerin oluşturulması ve yöneltmesi

Öncelikle seçilen görüntülerin soldan sağa doğru olduğundan emin olunmalıdır. Orientation screen kısmına geçilerek Orientation-Add Stereo Pair'dan resim çiftleri birbirleriyle eşleştirilmiştir. Bu işlemden sonra yöneltme parametrelerinin hazırlanması gerekmektedir. Bunun için Orientation-Orientation Setting penceresinde kontrol noktalarının katmanı, yöneltmede kullanılacak yöntem ışın demetleri ve ya tek resim yönteminden biri seçilmekte ve kontrol noktalarının hassasiyeti yazılmaktadır. Bu hassasiyet yazılırken ölçüm yapılan aletin hassasiyetine yakın ve ya daha fazlası yazılmalıdır. Tüm bu işlemlerden sonra yer kontrol noktalarının resim üzerinde işaretlenmesi gerekmektedir. Bunun için Orientation- Measure Tie Point seçilerek programın otomatik daire bulucusu ile Şekil 4.18.'daki gibi daireler kolaylıkla

işaretlenmiştir. Yönelmenin hassas bir şekilde sonuçlanabilmesi için her iki resim çiftinde de ortak 6 noktaya ihtiyaç vardır (Topcon).



Şekil 4.18. Kontrol noktalarının programa girilmesi

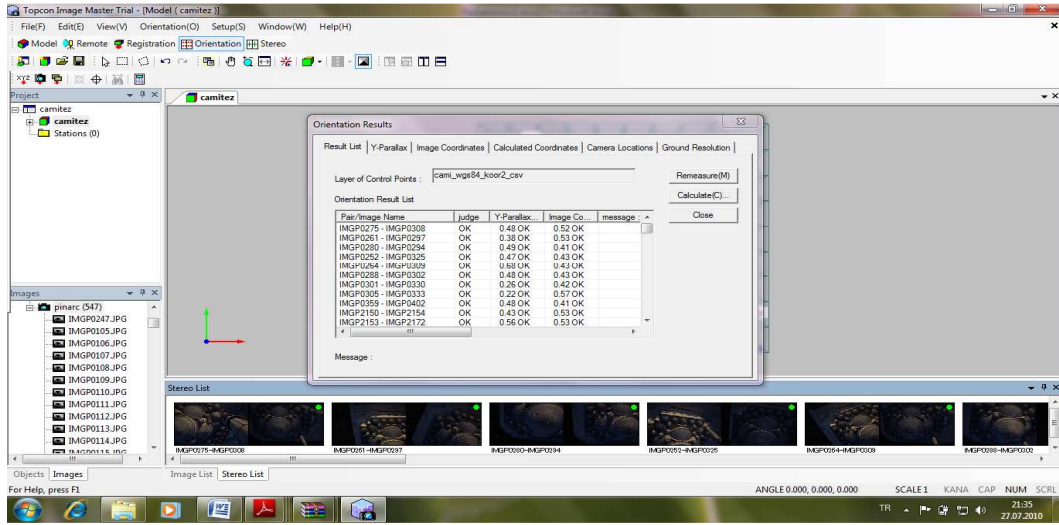
f) Yönelmenin hesaplanması

Yönelmenin hesaplanabilmesi için Orientation- Calculate Orientation seçilmiştir. Yönelmenin hesaplanmasıyla sonuçlar listesi, y-paralaksı, görüntü koordinatları, hesaplanmış koordinatlar, kameranın konumu ve yer çözünürlüğü değerleri bulunmuştur. Sonuçlar listesindeki değerler karşılığı OK olmalıdır ki yönelmenin başarılı bir şekilde gerçekleştiği bilinsin. (Topcon).

g) Stereomodel ile çalışma

Yönelme doğru bir şekilde yapıldıysa daha önceden çiftleştirilen resim çiftleriyle çalışılmaya başlanabilir. Bunun için Stereo Screen açılarak istenen resim çiftine çift tıklanmasıyla ayrıntıların çizileceği stereo görüntüler açılmış olur. Stereomodelde sol resim esas alınmakta ve sağ resimde aynı noktanın yeri Mouse yardımıyla bulunmuştur. Stereomodelin açılması ile modele çizim eklenmeye başlamıştır. Bunun için nokta eklenecekse Measure-Point-Plot, çizgi eklenecekse

Measure- Polyline komutları kullanılmıştır. Nokta ve çizgilerin proje içine eklenmesinde her biri için ayrı ayrı yeni tabaka açılmalıdır (Topcon).



Şekil 4.19. Yönelme sonuçlarını gösterir tablo

h) Yüzey modeli oluşturulması

Model üzerinde bütün çizim işlemleri bittikten sonra bu model üzerinde yüzey oluşturulabilmektedir. Öncelikle yüzey modeli geçirilecek alan belirlenmiştir. Edit-Select-Polyline ve Measure-Polyline komutu ile istenen alan belirlenmiştir. Yüzey geçirilmesi için de Measure-Surface-Auto Surface Measurement seçilip yeni katman açılarak yüzey Şekil 4.20.'deki gibi geçirilmiştir (Topcon).

k) Model screen

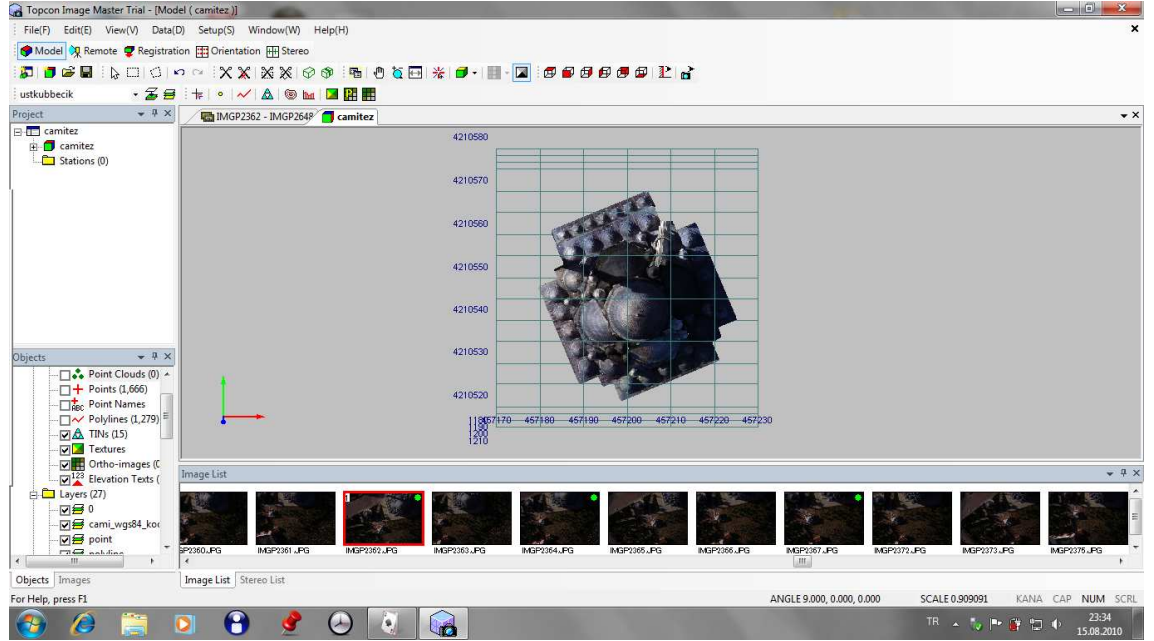
Model screen kısmına geçilerek geçirilen yüzey görülebilmektedir. Data-TIN-Rendering.

Oluşturulmuş düzensiz üçgen ağ verilerinden eşyüksekti eğrileri oluşturulabilir. Bunun için Model screen kısmında Data-Contour Lines-Create seçilir.

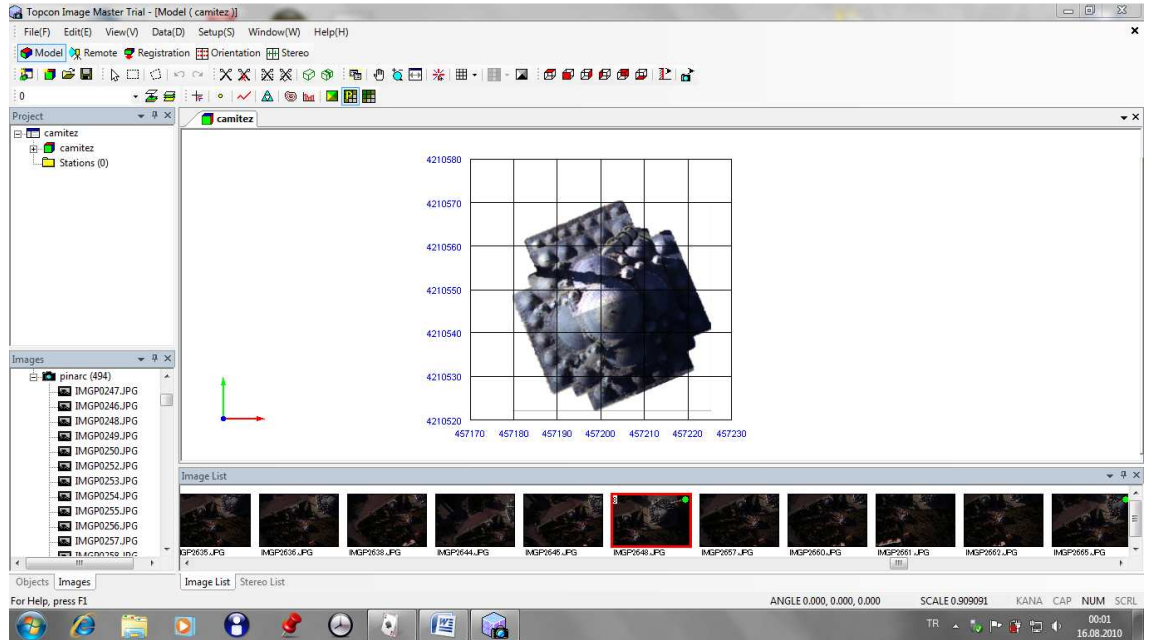
Yükseklik bilgilerinin oluşturulması içinde Data-Elevation Text-Plot komutlarıyla oluşturulur (Topcon).

İki nokta arasındaki bölgesel verileri yaratmak için Data-Cross Section-Create komutları kullanılır. İstenilen iki nokta ya el ile ya da snap modu işaretlenerek iki nokta arasındaki bölgesel verilere ulaşılır (Topcon).

Yöneltme ve düzensiz üçgen ağ oluşturulması doğru bir şekilde gerçekleşmişse ortofoto oluşturulabilir. Data-Orthoimage-Preview komutu ile ortofoto hızlı bir şekilde oluşturulur. Data-Orthoimage-Create ile orto-foto Şekil 4.21.'deki gibi yaratılır (Topcon).



Şekil 4.20. Oluşturulan yüzey modeli



Şekil 4.21. Ortofoto

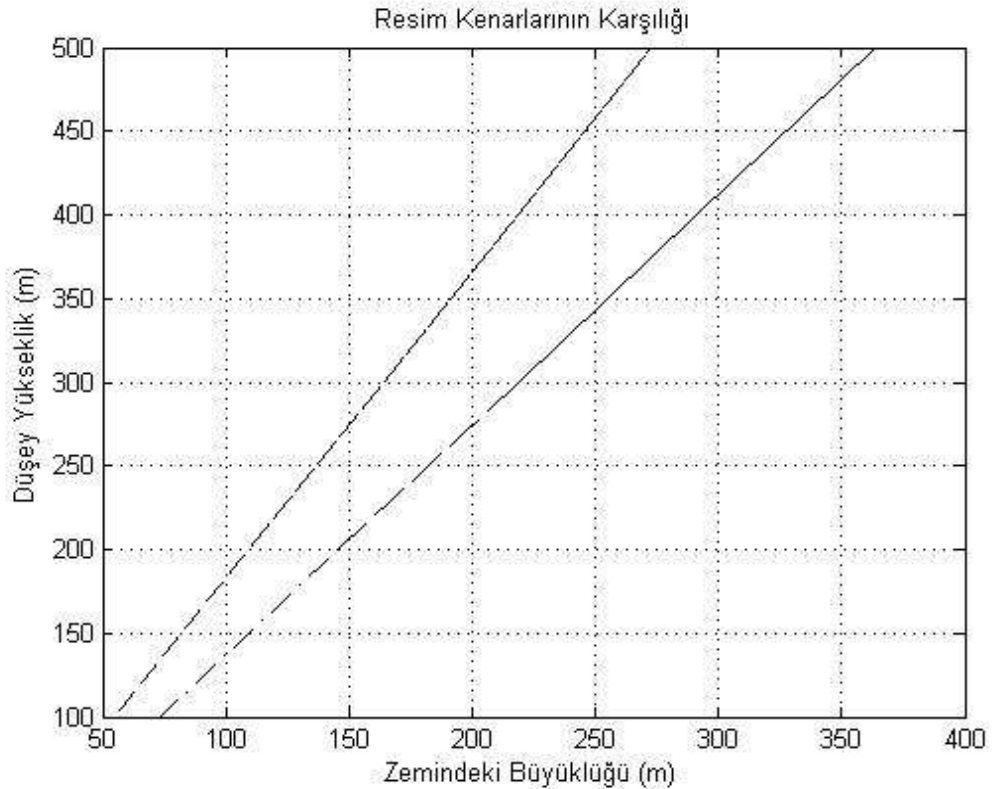
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada uçurtma kullanarak Kampüs Cami kubbe çizimi yapılması hedeflenmiştir. Kullanılan uçurtma 2.25m boyunda, 4m² alan sahip ve dört hücrelidir. Pentax Optio A30 kamera kullanılmıştır. Bu kameranın sensör büyüklüğü 5.75mm x 4.31mm ve alanı 0.24cm² 'dir. Cami üzerinde RTK GPS yöntemiyle 108 tane nokta koordinatları ölçülmüştür. Bu koordinatlar yardımıyla demet dengelemesi yapılmıştır.

Uçurtma ile çekilen resimlerden elde edilen modelin x, y, z yönündeki konumların standart hatası sırası ile $S_x= 0.0134\text{mm}$, $S_y=0.0142\text{mm}$, $S_z= 0.0227\text{mm}$ dir. En büyük artık hata, $D_x= 0.0396\text{mm}$, $D_y= 0.0469\text{mm}$, $D_z= -0.0863\text{mm}$ olmuştur.

Yukarıdan resim çekme sistemleri arasında, resim maliyeti en ucuz olan sistemdir. Çünkü sistem uçurtma, ip, resim çekme sisteminden oluşmaktadır. Başka bir masraf yapmadan tekrar tekrar kullanılabilir. Ayrıca, resim çekme sistemi, diğer sistemlere göre daha hızlıdır.

Fotoğraf makinemizin büyük kenarı 5.75mm ve küçük kenarı 4.31mm dir. Bu durumda 200 ile 500m arasında uçurtma uçurulduğunda yeryüzünde karşılığı olan uzunluklar aşağıdaki grafikte gösterilmiştir. Bu değerlerden yararlanarak tesis edeceğimiz kontrol ve poligon noktaları arasındaki mesafeler belirlenmektedir.



Şekil 6.1. Resim kenarlarının yüksekliğe göre yeryüzündeki karşılıkları

Uçuş yüksekliği uçurtma ipine bağlı olarak, düşeyde 200-500m arasında görüntü alınabilmektedir. Kameranın odak uzaklığı 7.9mm ve 300m ve 500m uçuş yüksekliği alındığında sırası ile ölçek, 1/1580 ve 1/3950 olmaktadır. Yani sistemin ölçek çalışma aralığı bu değerlerler olmaktadır.

Yersel fotogrametri ile sayısal fotogrametri kıyaslandığında tüm işlem adımları sayısal ortamda yapıldığından dolayı sayısal fotogrametri daha avantajlıdır. Arazi çalışması tamamlandıktan sonra büro çalışması oldukça kısa sürmektedir.

Resimler üzerinde yapılan fotogrametrik değerlendirmeler sonucu Kampüs Camii çeşitli ölçeklerde rölevaleri üretilebilmiştir. (EK-2)

Uçurtma kullanılarak resim çekimlerinin yapılması için açık alan kullanılabilmiştir. Resim çekimleri açık alandan uygun rüzgar estiğinde yapılabilmiştir. Camii etrafında bulunan ağaçlık alan çekim yapılmasını engellemiştir. Bu durum sürenin uzamasına neden olmuştur. Uçurtma ile çekim yapılacaksa açık araziler ve küçük yapılar tercih edilmelidir.

Uçurtmayla resimler, görmeden çekildiği için modelde açık bölgelerin kalması kaçınılmazdır. Topcon Image Master ile model oluşturup mümkün olan çizim yapıldıktan sonra açık alanlar veya tam görülemeyen detaylar AutoCad ile tamamlanması zorunlu olmuştur.

Uçurtmanın konumu bizim tarafımızdan yönlendirilemez. Rüzgarın yönü ve şiddeti uçurtmanın konumunu belirlemektedir. Bu nedenle çekilen resimler gelişmiş güzeldir. Uygun stereo resim çiftleri oluşturmak zorlaşmaktadır.

Resim çekimleri hava şartlarına bağlı olarak, rüzgar hızının 10-15 km/saat olduğu zamanlarda yapılabilir. Bunun dışındaki rüzgar hızlarında; daha zayıf esiyorsa sistemi kaldıramıyor veya daha kuvvetli esiyor ise uçurtma sistemi sürüklenme riski artmaktadır.

Bu şekilde uçurtmayla çekilen resimlerle hazırlanan çizimlerin mimari röleve alımı için uygun bir yöntem olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Alamouri, L. Gruendig, 2009, 3d Reconstruction Of The Historic Baalbek/Lıbanon Based On Historical Aerial, *Commission V, WG V/2*, Kyoto.
- Alkış, A., 1988, Yakın Resim Fotogrametrisi ve Türkiye’de Uygulama Olanakları, *Harita Dergisi*, Temmuz, Ankara.
- Avşar E. Ö., 2006, Tarihi Köprülerin Sayısal Fotogrametri Tekniği Yardımıyla Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Aytaç, M., 1978, Metrik Olmayan Resim Çekme Makineleri, *İTÜ Dergisi*, Cilt 35.
- Birdseye, C.H., 1940. “Stereoscopic Phototopographic Mapping”, *Annals of the Association of American Geographers*, 30(1): 1-24.
- Burtch R., 2006, History of Photogrammetry, The Center for Photogrammetric Training Surveying Engineering Department, Ferris State University, Michigan, ABD.
- Doyle, F., 1964. “The Historical Development of Analytical Photogrammetry”, *Photogrammetric Engineering*, XXX(2): 259-265.
- Duran Z, 2003. Tarihi Eserlerin Fotogrametrik Olarak Belgelenmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemine Aktarılması, Doktora Tezi, *İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Duran Z. , Toz G., 2002, Tarihi Eserlerin Fotogrametrik Yöntemle 3D Modellenmesine Örnek, *Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu*, Konya.
- Ecker, R., 1992, Digital orthophoto Generation Based on a High Quality DTM, *ITC Journal*, I, p.59-64.
- Edward M. Mikhail, James S. Bethel, J. Chris McGlone, 2001, Introduction to Modern Photogrammetry, John Wiley & Sons, Inc.
- Erdoğan C., 2005, Tarihi Çeşmelerin Sayısal Fotogrametrik Yöntemle Rölövelerinin Hazırlanması.
- Ergün, B., 2005, Yakın Resim Fotogrametrisinde Metrik Olmayan Sayısal Kamera Kullanılarak İnsan Yüzünün Sayısal Yüzey Ve Kabartma Modelinin Elde Edilmesi, *Hrt.Gn.K.İği, Harita Dergisi*, Sayı: 133.
- Gruner, H., 1977. “Photogrammetry: 1776-1976”, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 43(5):569-574.
- Gürbüz, H., 1984, Fotogrametriye Giriş, *S.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi*, Yayın No.16, Konya.

- Hamamcıoğlu T.M., 2004, Mimari Fotogrametri Alanındaki Çağdaş Geliřimlerin Değerlendirilmesi,*Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Dergisi*, Cilt 19, No 1,43-50 İzmir.
- Hanke, K and Grussenmeyer, P., 2002, Architectural Photogrammetry: Basic Theory, Procedures, Tools, *ISPRS Commission V Tutorial*, Corfu.
- Gürbüz H., 2006, Genel Fotogrametri 1.
- Karalar F., Uysal M., Varlık A., Can Z. C., 2003, Sayısal Ortofoto Üretimi, *Hrt.Gn.K.lığı, Harita Dergisi*, Sayı: 130.
- Kardaş, Y.,Altay C., 1995, Sayısal Fotogrametrik Sistemler ve Uygulamalar, Türk Haritacılığının Yüzüncü Yılı, Harita Genel Komutanlığı,1-5 Mayıs, Ankara.
- Kraus, K., 1993, Photogrammetry, I, Fundamentals and Standard Processes,Dümmler, Bonn.
- Kraus, K., 1997, Photogrammetry, II, Advanced Methods and Applications,Dümmler, Bonn.
- Külür, S., 2002, Fotogrametri Ders Notları (basılmamış), İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- Marangoz A. M., 2002, Sayısal Kameralarla Tarihsel Yapıların Rölevelerinin Çıkarılması Olanakları, Yüksek Lisans Tezi, *YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, Jeodezi ve Fotogrametri Müh. ABD, Uzaktan Algılama ve CBS Programı İstanbul.
- Pomaska, G., 1999, Stereoscopic Images for Visualization of Cultural Heritage, Photogrammetric Measurement, Object Modeling and Documentation in Architecture and Industry, Tsessaloniki, 153-159.
- Suveg, I., Vosselman, G., 2000,3D Reconstruction of Building Models ., IAPRS, Vol. XXXIII, Amsterdam.
- Topcon Image Master,2010, Image Master Manual.
- Ulvi A., 2008, Antik Tiyatroların Fotogrametrik Rölöve Planlarının Çıkarılması Üzerine Deneysel Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniveristesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Waldhaeusl, P.,Ogleby, C., 1994., 3x3-Rules for Simple Photogrammetric Documentation of Architecture, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume XXX, Part 5*, Melbourne, pp. 426-429.
- Yastıklı, N.,2005, Sayısal Fotogrametri Ve Yersel Lazer Tarayıcılar İle Belgeleme Ve Üç Boyutlu Modelleme, Yıldız Teknik Üniversitesi, *TMMOB Harita Ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel Ve Teknik Kurultayı*, Ankara.
- Yastıklı, N., 2009, Ortofoto Ders Notları(basılmamış), Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü Fotogrametri Anabilim Dalı, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Pınar BACAKSIZ
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : İKİZDERE 1984
Telefon : 0533 719 9506
Faks :
e-mail : pinar_bacaksiz@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Bornova Mustafa Kemal Lisesi, Bornova, İZMİR	2002
Üniversite	: Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Kurupelit, SAMSUN	2007
Yüksek Lisans	: Selçuk Üniversitesi	Devam
Doktora	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2009	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

UZMANLIK ALANI

YABANCI DİLLER

İngilizce

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR