



YERSEL FOTOGRAMETRİ

Prof. Dr. Naci YASTIKLI

İstanbul 2016

YERSEL FOTOGRAMETRİ

- **İÇERİK**
- Tanım ve Kavramlar
- Yersel Fotogrametrinin Kullanım Alanları
- Yersel Fotogrametrinin Sınıflandırılması
- Yersel Fotogrametride Koordinat Sistemleri
- Koordinat Dönüşümleri
- Yersel Fotogrametrik Alım Kameraları
- Yersel Fotogrametrik Alımın Planlanması
- Laser Tarayıcılar
- Üç Boyutlu Değerlendirme
- Uygulamalar

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Tanım ve Kavramlar

- **Photos (Işık) + ,, graphos (çizmek) ve Metron (Ölçme) = Fotogrametri.**
- **Yunanca kelimelerinden oluşan bir kavramdır. Kısaca ışık yardımıyla çizerek ölçme**
- **Alım merkezinin yer üzerinde bir noktada olması durumunda uygulanan fotogrametrik yöntem yersel fotogrametri denir.**
- **Nesnelerden yansıyan elektromanyetik ışınların (enerjilerin) analog veya sayısal olarak kaydedilmesiyle elde edilen görüntüler değerlendirilir.**
- **Dolayısıyla fotogrametri, nesnelerle doğrudan temas olmadan onlar hakkında bilgi edinme tekniği olarak tarif edilebilir. Fotogrametri bir uzaktan algılama tekniğidir.**
- **Yersel fotogrametri – terrestrial photogrammetry – close range photogrammetry – terrestrische photogrammetrie**

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

YERSEL FOTOGRAMETRİ

- **Nesneler katı, sıvı ve gaz halinde, hareketli veya sabit, küçük veya büyük olarak olabilirler.**
- **Nesnelerin konumu ve şekilleri (biçimleri) zamanla veya dış etkenlerle değişebilir.**
- **Yersel Fotogrametri yöntemi ile sabit ve/veya hareketli nesnelerin konumları ve biçimleri belirlenebilmektedir.**
- **Yersel fotogrametri bu tanıma uygun bütün alanlarda kullanılabilir.**

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

YERSEL FOTOGRAMETRİ

- Yersel fotogrametri özellikle yanına varılamayan, ama görüntüsü alınabilen nesnelerin ölçümünde,
- Hareket halindeki nesnelerin ölçümünde,
- Fiziksel boyutu çok farklı olan nesnelerin (büyük/küçük) ölçümünde kullanılan bir yöntemdir.
- İstenildiği şekilde ve yoğunlukta nokta seçimi yapılabilir.
- Zaman boyutu ele alındığında, nesnenin hareketi incelenebilir. Zira bütün noktalar aynı anda iz düşürüldüğünden fotogrametrik ölçüler, nesnenin o andaki durumunu canlandırır.
- Kaydedilen görüntüler, nesne hakkında bütün verileri içerir ve istenildiği zaman değerlendirme yapılır. Bu nedenle bu görüntüler önemli yapıtların belgelenmesinde ve arşivlenmesinde önemlidir.
- Nesneler herhangi bir etkenle ortadan kalktığında, aynı konumda ve aynı biçimde tekrar inşası olanaklıdır.
-

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

YERSEL FOTOGRAMETRİ

- Fotogrametrik yöntemle görüntü elde etmek ve nesneler hakkında bilgi edinmek, diğer veri toplama yöntemlerine göre pek çok üstünlük sağlamasına karşın, bazı zorluklarından da söz etmek gerekir:
 - Alım ve değerlendirmede kullanılan donanım ve yazılımlar önemli bir yatırım gerektirir.
 - Bunları kullanacak özel yetişmiş elemana gereksinim vardır.
 - Ölçü sonuçları hemen alınmaz, yorumu gecikir, ayrıca biçim olarak diğer yöntemlerin sonuçlarından farklı bir görünümde (Mimari proje)
 - Prensip olarak her iki fotoğrafın ortak olduğu (model) alanda nesne hakkında tam bilgi edinebilir.

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

YERSEL FOTOGRAMETRİ

Yersel fotogrametrinin sağladığı olanaklar

- Nesnelerin görüntüleri alındıktan sonra, bütün işlemler araziden bağımsız olarak büroda yapılır.
- Fotogrametrik yöntemle görüntüsü alınan nesnelere ait bütün veriler saklanır. İstenildiği anda istenilen bilgilere yönelik bilgilere ulaşılır.
- Her türlü nesnenin üç boyutlu görüntüsü alınabilir.
- Teknolojik gelişmelere paralel olarak alım ve değerlendirme sistemleri de sürekli olarak gelişmektedir.
- En son kullanıma giren lazer tarayıcılarla bütünleşik olarak çalışma olanağına da kavuşmuştur.

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

YERSEL FOTOGRAMETRİNİN KULLANIM ALANLARI

- **Yersel fotogrametrinin haritacılık alanındaki uygulama alanları:**
- **Hava fotogrametrisine göre daha ucuz donanım gerektirdiği için küçük, düz (yükseklik farkının az olduğu), açık olan alanların haritalarının yapımı,**
- **Baraj rezerv alanlarının haritalarının yapımı,**
- **Yol inşaatlarında, yarma ve dolgu ölçmeleri,**
- **Taş ve maden ocaklarında hacim hesapları vb.**

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

YERSEL FOTOGRAMETRİNİN KULLANIM ALANLARI

- Mimarlık Fotogrametrisi (Tarihsel mirasın envanteri ve Deformasyon Ölçüleri (konum ve biçim değişiklikleri)
- Profil Alımları (Nesne üzerinde ışık şeridi oluşturarak)
- Hız ve hareket ölçümleri (Hareketli nesnelerin hızlarının ölçülmesinde kullanılır).
- Su dalgaları ve gaz hareketlerinin incelenmesi (nesne içine ışın yansıtıcı renkli parçacıkların atılmasıyla)
- Endüstri ürünlerinin yapımında (malzeme niteliği, araba, uçak, gemi gibi ulaşım araçlarının yapımında. Ayrıca uçağın hava akımlarına karşı, gemilerin çeşitli su hareketlerine karşı, arabaların rüzgara karşı davranışlarının saptanması).

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

YERSEL FOTOGRAMETRİNİN KULLANIM ALANLARI

- **Mühendislik:** Yol, baraj ve köprü vb. planlanmasında ve yapımında, deformasyon ölçmelerinde, endüstri ürünlerinin geliştirilmesinde kullanılmaktadır.
- **Arkeoloji:** Tarihsel alanların saptanması ve korunmasında, buluntuların fotogrametrik yöntemle belgelenmesinde kullanılmaktadır.
- **Kaza, Kriminal, Balastik araştırmaları:** Bir olay sonrası fotogrametrik yöntemle çekilen fotoğrafların büroda değerlendirilmesi ile olayın oluş nedeninin araştırılmasında, kurşun izlerinin değerlendirilmesi ile çıktığı silahın belirlenmesinde kullanılır.
- **Tıp ve Spor vb:** Canlıların gelişiminin incelenmesinde, uzuvlarındaki değişimlerin ya da anormalliğin saptanmasında kullanılmaktadır. Spor antrenmanlarında veya karşılaşmalarında yapılan hataların düzeltilmesinde kullanılır.

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

YERSEL FOTOGRAMETRİNİN KULLANIM ALANLARI

- **3 Boyutlu kent planlaması**
- Fotogrametri dünyadaki karmaşık sosyolojik, ekonomik ve fiziksel sorunlara coğrafi (mekansal) analiz ve sorgulamalarla çözüme katkıda bulunan Coğrafi Bilgi Sistemleri (**CBS/GIS**) için önemli bir veri kaynağıdır.

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

YERSEL FOTOGRAMETRİNİN KULLANIM ALANLARI

- Analog görüntü alımında siyah – beyaz, renkli filimler kullanılabilir.
- Elektromanyetik spektrumun kızıl ötesi, görünür ve röntgen ışınlarıyla çalışılabilir.

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

YERSEL FOTOGRAMETRİNİN SINIFLANDIRILMASI

- Yersel fotogrametri kullanılan fotoğraf ölçeğine göre;

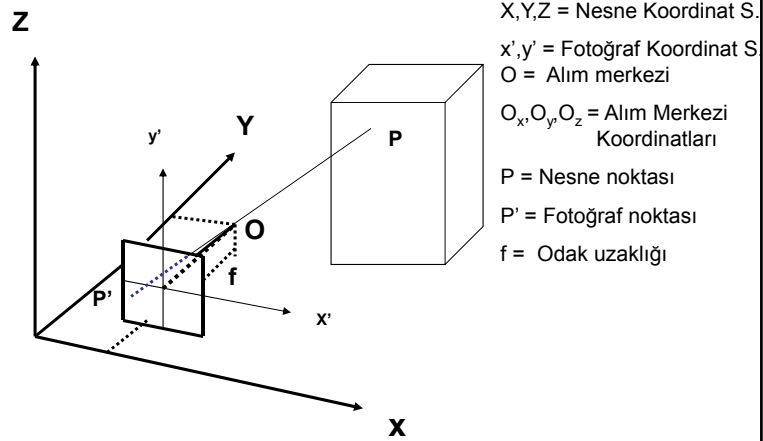
- M_r fotoğraf ölçeği ise,

$$M_r = 1/m_r = \frac{s}{S} = \frac{f}{z \text{ (alın uzaklığı)}}$$

- | | | | | |
|----|--------|---------|--------|--------------------|
| 1. | 500 | > m_r | > 15 | Yakın fotogrametri |
| 2. | 0.25 | > m_r | > 0.01 | Mikro fotogrametri |
| 3. | 0.0002 | > m_r | | Nano fotogrametri |

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

YERSEL FOTOGRAMETRİDE KOORDİNAT SİSTEMİ



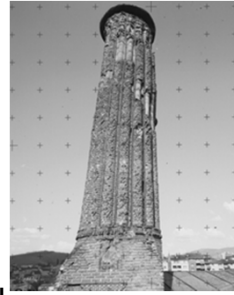
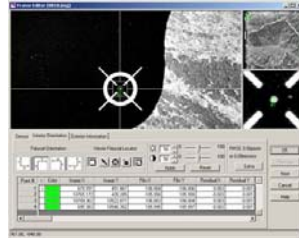
Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

YERSEL FOTOGRAMETRİDE KOORDİNAT SİSTEMİ

Fotoğraf koordinatları:

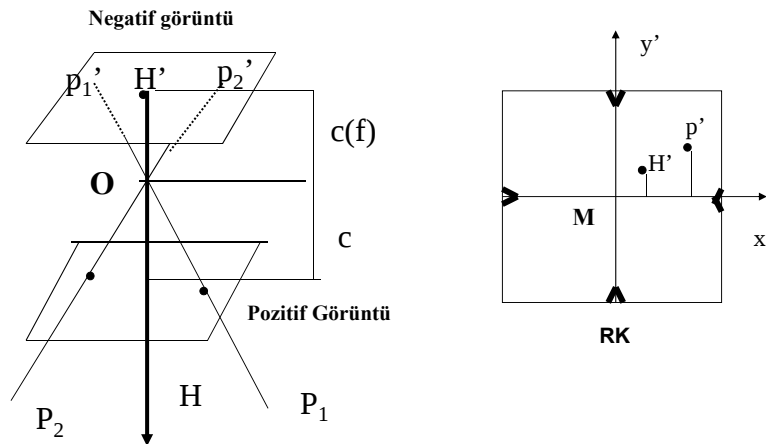
- **Metrik kameralarda**, çerçeve işaretleri ile belirlenir.
- **Yarı metrik kameralarda**, kare ağı (reseau) ile
- **Sayısal kameralarda** (CCD), piksellerle (resim matrisi)
- **Amatör kameralarda**, resim kenarları ile

belirlenmektedir.



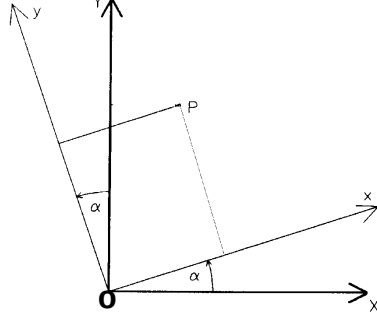
Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Fotoğraf Koordinatları



Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Koordinat Dönüşümleri



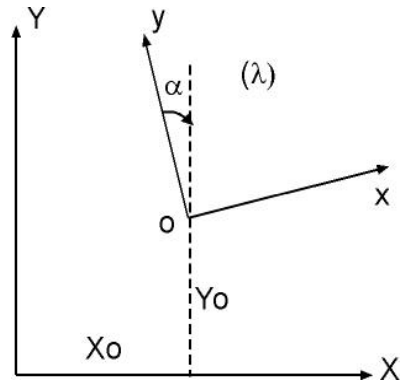
- X,Y koordinat sistemi ile bu koordinat sisteminin α kadar döndürülmesi sonucunda elde edilen x,y koordinat sistemi arasındaki ilişki:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \sigma & -\sin \sigma \\ \sin \sigma & \cos \sigma \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Koordinat Dönüşümleri

- Benzerlik dönüşümü formüllerinde A Dönüşüm matrisi, uzunlukları λ katsayısı oranında değiştirir. Şeklin benzerliği değişmez (Benzerlik/Helmert dönüşümü).
- $\lambda = 1$ olduğunda özel bir dönüşüm olmakta ve ORTOGONAL DÖNÜŞÜM adını almaktadır.



$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \lambda A \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_o \\ Y_o \end{bmatrix}$$

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Koordinat Dönüşümleri

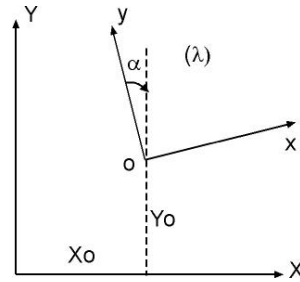
Benzerlik dönüşümü

$$X = a_0 + a_1x - b_1y$$

$$Y = b_0 + b_1x + a_1y$$

$$X = a_0 + k(x \cos \alpha - y \sin \alpha)$$

$$Y = b_0 + k(x \sin \alpha + y \cos \alpha)$$

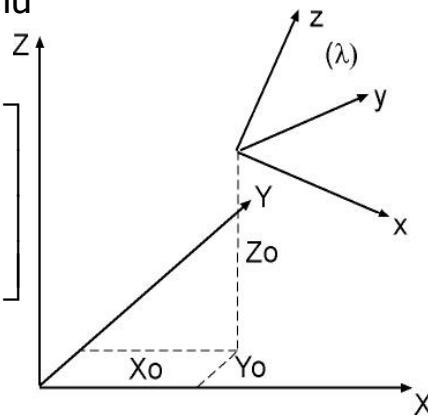


Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Koordinat Dönüşümleri

3D Benzerlik dönüşümü

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \lambda \begin{bmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix}$$



Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Koordinat Dönüşümleri

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}$$

$$a_{11} = \cos \varphi \cdot \cos \kappa$$

$$a_{12} = -\cos \varphi \cdot \sin \kappa$$

$$a_{13} = \sin \varphi$$

$$a_{21} = \cos \omega \cdot \sin \kappa + \sin \omega \cdot \sin \varphi \cdot \cos \kappa$$

$$a_{22} = \cos \omega \cdot \cos \kappa - \sin \omega \cdot \sin \varphi \cdot \sin \kappa$$

$$a_{23} = -\sin \omega \cdot \cos \varphi$$

$$a_{31} = \sin \omega \cdot \sin \kappa - \cos \omega \cdot \sin \varphi \cdot \cos \kappa$$

$$a_{32} = \sin \omega \cdot \cos \kappa + \cos \omega \cdot \sin \varphi \cdot \sin \kappa$$

$$a_{33} = \cos \omega \cdot \cos \varphi$$

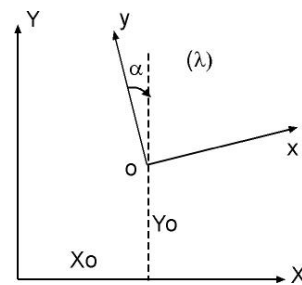
Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Koordinat Dönüşümleri

Afin dönüşümü

$$X = a_0 + a_1x + a_2y$$

$$Y = b_0 + b_1x + b_2y$$



Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Koordinat Dönüşümleri

Projektif dönüşümü

- Bir XY düzleminde ($Z = 0$)

$$X = \frac{a_1 x + a_2 y + a_3}{d_1 x + d_2 y + 1}$$

$$Y = \frac{b_1 x + b_2 y + b_3}{d_1 x + d_2 y + 1}$$

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Koordinat Dönüşümleri

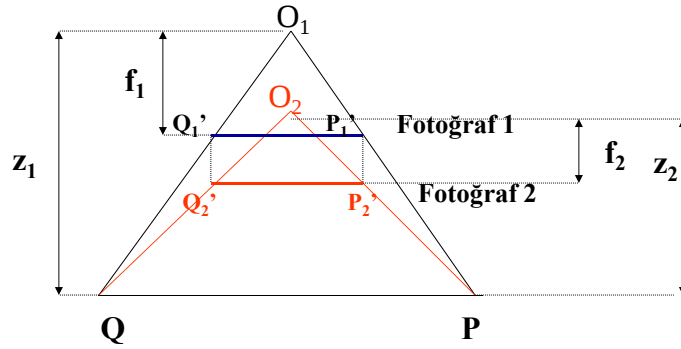
Yukardaki formüllerden

- Düz bir yüzey için tek fotoğraf değerlendirmesi yapılabilir. (normal alımla, yani nesne ve fotoğraf düzlemi birbirine paralel ise, z alım uzaklığı ve f odak uzaklığı oranının kullanılması yeterlidir, z / f)
- Düz yüzeyli bir nesnenin merkezsel izdüşümü 8 bağımsız parametre ile çözülür.
- 8 Bilinmeyen çözüm için 4 kontrol noktasına (fotoğraf ve nesne üzerinde koordinatları belli olan) gereksinim vardır.

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Koordinat Dönüşümleri

- Aynı nesnenin farklı odak uzaklıklı kameralarla farklı alım uzaklığında alımı yapıldığında, z / f oranı değişmez.



Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Koordinat Dönüşümleri

- Bu tam düşey hava fotoğrafı (özel durum) için elde edilen denklemlere izdüşüm denklemleri denir
- Bu özel durum yerine genel durum göz önünde bulundurulur ise yani ölçek, dönüklük ve ötelemeler dikkate alınırsa:

$$\begin{bmatrix} X - X_0 \\ Y - Y_0 \\ Z - Z_0 \end{bmatrix} = \lambda \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ -c \end{bmatrix}$$

- Bu eşitlikte de 1. ve 3.'ye, 2. satır 3.'ye bölünürse

$$\frac{X - X_0}{Z - Z_0} = \frac{a_{11}x + a_{12}y - a_{13}c}{a_{31}x + a_{32}y - a_{33}c} \quad \frac{Y - Y_0}{Z - Z_0} = \frac{a_{21}x + a_{22}y - a_{23}c}{a_{31}x + a_{32}y - a_{33}c}$$

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Koordinat Dönüşümleri

$$\frac{X - X_0}{Z - Z_0} = \frac{a_{11}X + a_{12}Y - a_{13}C}{a_{31}X + a_{32}Y - a_{33}C} \quad \frac{Y - Y_0}{Z - Z_0} = \frac{a_{21}X + a_{22}Y - a_{23}C}{a_{31}X + a_{32}Y - a_{33}C}$$

- eşitliğinin her iki tarafı $\frac{1}{\lambda}A$ -ile çarpılıp düzenlenirse

$$x = -c \frac{a_{11}(X - X_0) + a_{21}(Y - Y_0) + a_{31}(Z - Z_0)}{a_{13}(X - X_0) + a_{23}(Y - Y_0) - a_{33}(Z - Z_0)}$$

$$y = -c \frac{a_{12}(X - X_0) + a_{22}(Y - Y_0) + a_{32}(Z - Z_0)}{a_{13}(X - X_0) + a_{23}(Y - Y_0) - a_{33}(Z - Z_0)}$$

- eşitlikleri izdüşüm denklemlerinin genel durumunu gösterir ve bu denklemler, OP'P izdüşüm ışınının denkleminde başka bir şey değildir

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Koordinat Dönüşümleri

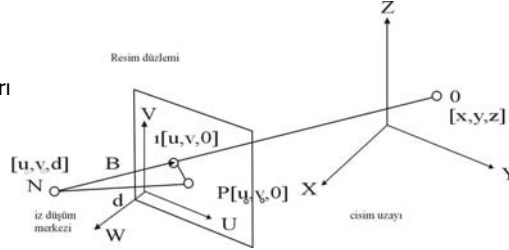
- İzdüşüm denklemleri, iç yöneltme elemanları asal noktanın konumu ve asal uzaklık (c) ve dış yöneltme elemanları ($X_0, Y_0, Z_0, \omega, \phi, \chi$) bilinen bir kamera fotogrametrik kamera ile çekilmiş kamera fotoğraf üzerinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen fotoğraf koordinatları ile arazi koordinatları arasındaki matematiksel ilişkiyi ifade eder
- Bu eşitlikler arazide X,Y,Z koordinatları bilinen bir P noktasına karşılık tek bir x,y fotoğraf koordinatı elde edilebileceğini ifade eder
- Fotoğraf koordinatları bilinen fotoğraf düzlemindeki bir P' noktasına karşılık ancak $\frac{X - X_0}{Z - Z_0}$ ve $\frac{Y - Y_0}{Z - Z_0}$ oranlarının bulunabilir

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Koordinat Dönüşümleri

Direkt Lineer Transformasyon Yöntemi

u_0, v_0 noktanın resim noktaları
 u, v ana noktanın fotoğraf koordinatları
 r_{ij} dönme matrisi elemanları
 x, y noktanın cisim koordinatları
 λ_u, λ_v birim dönüşümü katsayıları
 d ise ölçek faktörüdür



Gösterilen resim koordinat sistemi ile cisim koordinat sistemi arasındaki ilişki matematiksel olarak şu şekilde ifade edilir

$$\begin{aligned}
 u - u_0 &= -\frac{d}{\lambda_u} \frac{r_{11}(x - x_0) + r_{12}(y - y_0) + r_{13}(z - z_0)}{r_{31}(x - x_0) + r_{32}(y - y_0) + r_{33}(z - z_0)} \\
 v - v_0 &= -\frac{d}{\lambda_v} \frac{r_{21}(x - x_0) + r_{22}(y - y_0) + r_{23}(z - z_0)}{r_{31}(x - x_0) + r_{32}(y - y_0) + r_{33}(z - z_0)}
 \end{aligned}$$

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Koordinat Dönüşümleri

Direkt Lineer Transformasyon Yöntemi

$$u = \frac{L_1 x + L_2 y + L_3 z + L_4}{L_9 x + L_{10} y + L_{11} z + 1} \quad v = \frac{L_5 x + L_6 y + L_7 z + L_8}{L_9 x + L_{10} y + L_{11} z + 1}$$

$$L_1 = \frac{u_0 r_{31} - d_u r_{11}}{D} \quad L_2 = \frac{u_0 r_{32} - d_u r_{12}}{D} \quad L_3 = \frac{u_0 r_{33} - d_u r_{13}}{D}$$

$$L_4 = \frac{(d_u r_{11} - u_0 r_{31})x_0 + (d_u r_{12} - u_0 r_{32})y_0 + (d_u r_{13} - u_0 r_{33})z_0}{D}$$

$$L_5 = \frac{v_0 r_{31} - d_v r_{21}}{D} \quad L_6 = \frac{v_0 r_{32} - d_v r_{22}}{D} \quad L_7 = \frac{v_0 r_{33} - d_v r_{23}}{D}$$

$$L_8 = \frac{(d_v r_{21} - v_0 r_{31})x_0 + (d_v r_{22} - v_0 r_{32})y_0 + (d_v r_{23} - v_0 r_{33})z_0}{D} \quad L_9 = \frac{r_{31}}{D}$$

$$L_{10} = \frac{r_{32}}{D} \quad L_{11} = \frac{r_{33}}{D} \quad D = -(x_0 r_{31} + y_0 r_{32} + z_0 r_{33}) \quad d_u = \frac{d}{\lambda_u} \quad d_v = \frac{d}{\lambda_v}$$

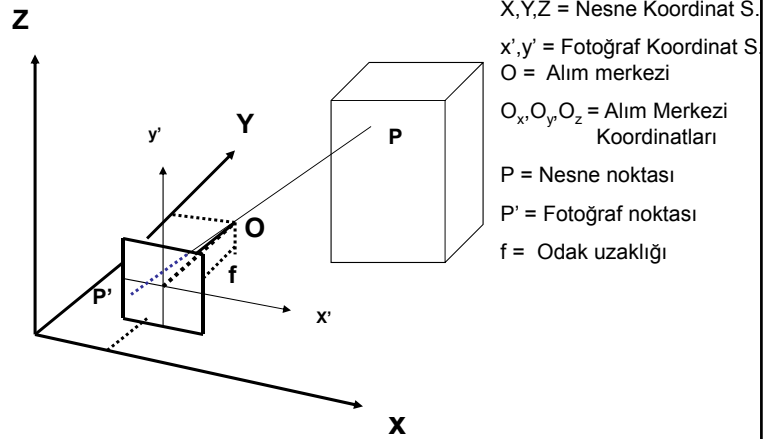
Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Koordinat Dönüşümleri

Dönüşüm	Parametre sayısı	Eşlenik nokta sayısı	Kullanımı
Benzerlik(helmer)	4	2	En basit çözüm
Affin	6	3	X' ve y' doğrultusunda ölçek farklı
Projektif	8	4	Bir düzlemden diğer düzleme izdüşümü
2. Derece polinom	12	6	Kamerada filmin düzgün durmaması
3. Derece polinom	20	10	Pek çok hataların kombinasyonu
Direkt Lineer Transformasyon	11	6	

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

YERSEL FOTOGRAMETRİDE KOORDİNAT SİSTEMİ



Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Değerlendirme ve Alım Yöntemleri

- Yersel fotogrametri yönteminde nesne koordinat sistemi ile fotoğraf koordinat sistemi arasındaki ilişkinin sağlanması için farklı yaklaşımlar kullanılır
- Bu yaklaşımlar obje yüzeyindeki derinlik farkları ve kullanılacak alet ve donanımın özelliklerine göre seçilecek değerlendirme yöntemine göre:
 - Tek fotoğraf değerlendirmesi
 - Stereo değerlendirme
 - 3 boyutlu görüş olmadan birden çok fotoğrafla değerlendirme
 - Ortofoto

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Değerlendirme ve Alım Yöntemleri

- Fotogrametrik röleve projelerinde pek çoğunda sonuç ürün genellikle:
 - 1/20 yada 1/50 ölçekli röleve çizimleri
 - Projenin amacına göre sayısal ortofoto
 - ve objenin sayısal yüzey modeliistenilen sonuç ürünlerdir.
- Seçilecek değerlendirme yöntemi
 - söz konusu objenin özellikleri
 - Büyüklüğü, konumu
 - sonuç ürünün kullanım amacı
 - beklenen doğruluk
 - kullanılacak yazılım ve donanım vb. birçok özelliğe bağlı olarak belirlenir

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Tek Fotoğraf Değerlendirmesi

- Tek Fotoğraf Değerlendirmesi obje yüzeyinin düzlem olduğu diğer bir değişle obje yüzeyinde derinlik farklarının bulunmadığı nesneler için iyi bilinen ve başarı ile kullanılan bir yöntemdir
- Değerlendirme için kullanılan kamera metrik yada yarı metrik bir kamera ise diğer bir değişle kameranın iç yöneltme elemanları ve dış yöneltme elemanları biliniyorsa kullanılacak matematiksel çözüm izdüşüm denklemleri yardımıyla olacaktır

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Tek Fotoğraf Değerlendirmesi

x_0, y_0 = Fotoğraf koordinat sisteminde asal noktanın koordinatları
 $c(f)$ = asal uzaklık, (kamera odak uzaklığı)

iç yöneltme elemanları

X_0, Y_0, Z_0 = Fotoğraf çekim noktasının (alım/projeksiyon merkezinin) koordinatları
 ω, φ, κ = 3 Eksen etrafındaki dönüklükler.

Bu altı parametreye **dış yöneltme** elemanlarıdır

Bu dokuz parametre bir tek resmin **merkezsiz izdüşümü** oluşturur

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Tek Fotoğraf Değerlendirmesi

- Değerlendirme için kullanılan kamera metrik yada yarı metrik bir kamera ise diğer bir değişle kameranın iç yöneltme elemanları ve dış yöneltme elemanları biliniyorsa

$$\frac{X - X_0}{Z - Z_0} = \frac{a_{11}x + a_{12}y - a_{13}c}{a_{31}x + a_{32}y - a_{33}c} \quad \frac{Y - Y_0}{Z - Z_0} = \frac{a_{21}x + a_{22}y - a_{23}c}{a_{31}x + a_{32}y - a_{33}c}$$

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

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

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Tek Fotoğraf Değerlendirmesi

- Normal alımla, yani nesne ve fotoğraf düzlemi birbirine paralele ise, z alım uzaklığı ve f odak uzaklığı oranının kullanılması yeterlidir, z / f)
- Bu durumda fotoğraf düzleminin nesne düzlemine paralel olması durumunda $\omega = \varphi = 0$ olur

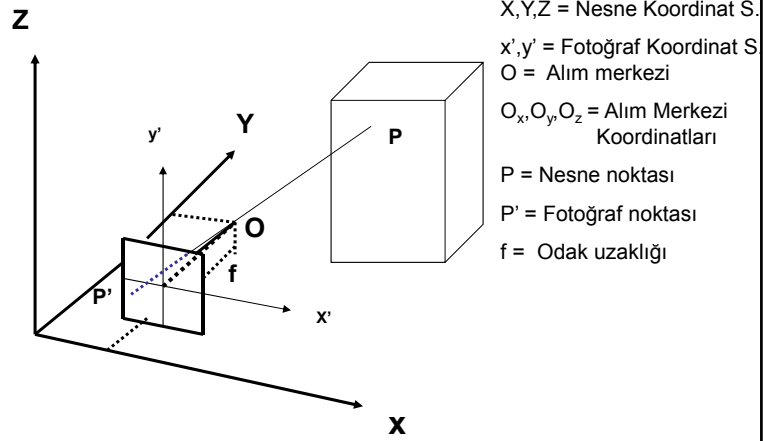
$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} a_{11} &= \cos \varphi \cdot \cos \kappa \\ a_{12} &= -\cos \varphi \cdot \sin \kappa \\ a_{13} &= \sin \varphi \\ a_{21} &= \cos \omega \cdot \sin \kappa + \sin \omega \cdot \sin \varphi \cdot \cos \kappa \\ a_{22} &= \cos \omega \cdot \cos \kappa - \sin \omega \cdot \sin \varphi \cdot \sin \kappa \\ a_{23} &= -\sin \omega \cdot \cos \varphi \\ a_{31} &= \sin \omega \cdot \sin \kappa - \cos \omega \cdot \sin \varphi \cdot \cos \kappa \\ a_{32} &= \sin \omega \cdot \cos \kappa + \cos \omega \cdot \sin \varphi \cdot \sin \kappa \\ a_{33} &= \cos \omega \cdot \cos \varphi \end{aligned}$$

$$A = \begin{pmatrix} \cos \kappa & -\sin \kappa & 0 \\ \sin \kappa & \cos \kappa & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

YERSEL FOTOGRAMETRİDE KOORDİNAT SİSTEMİ



Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Tek Fotoğraf Değerlendirmesi

$$\begin{aligned}
 X &= X_0 + (Z - Z_0) \frac{a_{11}X + a_{12}Y - a_{13}C}{a_{31}X + a_{32}Y - a_{33}C} \\
 Y &= Y_0 + (Z - Z_0) \frac{a_{21}X + a_{22}Y - a_{23}C}{a_{31}X + a_{32}Y - a_{33}C}
 \end{aligned}
 \quad A = \begin{pmatrix} \cos \kappa & -\sin \kappa & 0 \\ \sin \kappa & \cos \kappa & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

- Yukarıdaki eşitlik $\omega = \varphi = 0$ ne göre yeniden düzenlenecek olursa

(z = alım uzaklığı)

$$X = X_0 + z/f \cos \kappa (x' - x_0) - \sin \kappa (y' - y_0)$$

$$Y = Y_0 + z/f \sin \kappa (x - x_0) + \cos \kappa (y' - y_0)$$

şeklini alır

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Tek Fotoğraf Değerlendirmesi

- Tek Fotoğraf Değerlendirmesinde değerlendirme için kullanılan kamera metrik yada yarı metrik bir kamera değilse **diğer bir deyişle amatör kamera ise** ve **dış yöneltme elemanları bilinmiyorsa** kullanılacak matematiksel çözüm projektif dönüşüm yardımıyla olacaktır

$$X = \frac{a_1 x + a_2 y + a_3}{d_1 x + d_2 y + 1}$$

$$Y = \frac{b_1 x + b_2 y + b_3}{d_1 x + d_2 y + 1}$$

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Tek Fotoğraf Değerlendirmesi

- Burada, önce her iki koordinat sisteminde koordinatları bilinen kontrol noktaları yardımı ile bilinmeyen parametreler ($a_1, a_2, \dots, a_8$) hesaplanır
- Bilinmeyenlerin hesaplanması için minimum 4 kontrol noktasına ihtiyaç vardır
- İdeal durumda kontrol noktası sayısının 4 den fazla olması istenir
- Eşitlikde görüldüğü üzere bu yaklaşımda kameranın metrik olması diğer bir deyişle iç yöneltme elemanlarının belirlenmesine ihtiyaç yoktur

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Stereo Değerlendirme

- Sayısal tek fotoğraf değerlendirmesi, obje yüzeyinin düz olmadığı, derinlik farklarının bulunduğu durumlarda uygun bir değerlendirme yöntemi değildir
- Tarihi ve kültürel yapıların, sanat eserlerinin yüzeylerinde derinlik farkının bulunduğu durumlarda stereo değerlendirme yöntemi tercih edilmelidir
- Bu durum obje yüzeyinin iki boyutlu değil üç boyutlu olarak ifade edilebilmesi ile açıklanabilir
- Fotoğraf yardımı ile üçüncü boyut ancak objenin farklı bir noktadan çekilmiş ikinci bir fotoğrafı yardımıyla elde edilebilir
- Eğer stereo değerlendirme yapılacak ise, çekim sırasında stereo görüş için gerekli koşulların yerine getirmesi gerekmektedir

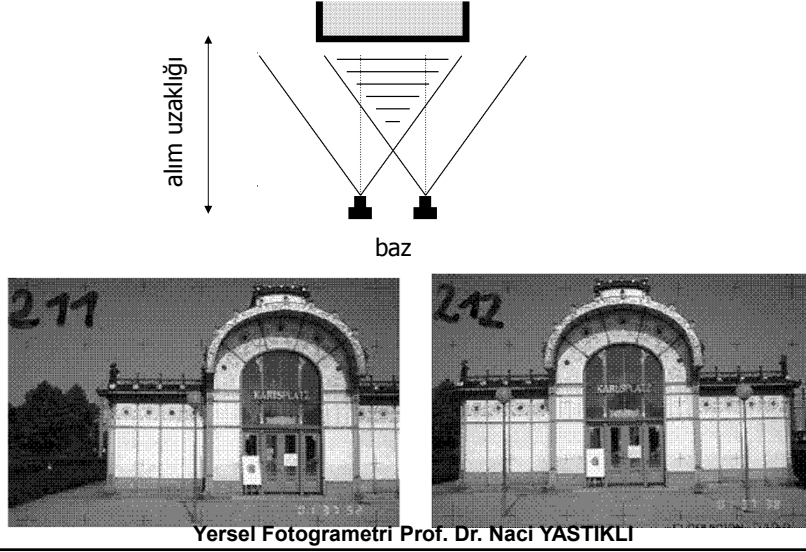
Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Stereo Değerlendirme

- Ayrıca iki fotoğraf çekim noktası arasındaki baz uzunluğu ile alım mesafesinin oranı belirli sınırlar içerisinde olmalıdır
- 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
- Stereo değerlendirme yönteminde, fotoğraf çiftlerinin karşılıklı yöneltilmesi her iki fotoğrafta ölçülen bağlama noktaları yardımıyla hesapla yapılır
- Modelin mutlak yöneltilmesi 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

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Stereo Değerlendirme



Stereo Görüş Olmadan Birden Fazla Fotoğraf Yardımıyla Değerlendirme

- Farklı açılardan bindirmeli olarak çekilmiş birden fazla fotoğraf yardımıyla stereo görüş olmaksızın değerlendirme yapılabilir
- Buradaki temel mantık, fotoğraf üzerinde üç boyutlu koordinatların belirlenecek her nokta koordinatların en az iki fotoğraf da yapılan ölçüler yardımıyla kestirilmesidir
- Çekilen bu fotoğraflar konvergent olarak çekilmiş bindirmeli fotoğraflardır
- Fotoğraflara ilişkin dış yöneltme elemanları ışın desteleri ile dengeleme yöntemi ile belirlenir

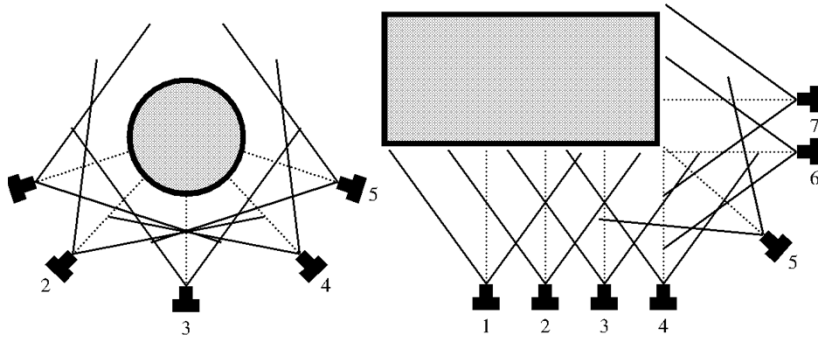
Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Stereo Görüş Olmadan Birden Fazla Fotoğraf Yardımıyla Değerlendirme

- Kullanılan yazılımın özelliğine göre, dengelemeye dahil edilen ek parametreler yardımı ile iç yöneltme elemanları da belirlenebilir
- Paralel çizgiler, düzlem olan kapalı alanlar ve diklik gibi ek bilgiler tanımlanarak az sayıdaki kontrol noktası yardımıyla değerlendirme yapılabilir
- Bu yaklaşımla çalışan paket programlara örnek olarak Eos System tarafından geliştirilen PhotoModeller, Rollei firması tarafından geliştirilen CDW, Technet firması tarafından geliştirilen PICTRAN ve PHOCAD firması tarafından geliştirilen PHIDIAS yazılımları verilebilir

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Stereo Görüş Olmadan Birden Fazla Fotoğraf Yardımıyla Değerlendirme



Işın desteleri ile dengeleme için Konvergert alım

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

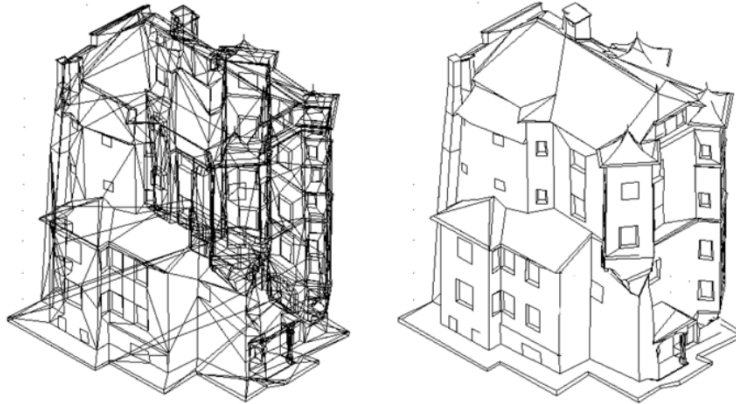
Stereo Görüş Olmadan Birden Fazla Fotoğraf Yardımıyla Değerlendirme



Işın desteleri ile dengeleme için Konvergert alım

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

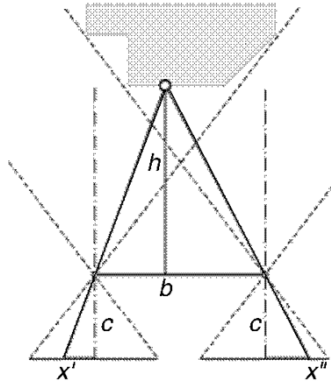
Stereo Görüş Olmadan Birden Fazla Fotoğraf Yardımıyla Değerlendirme



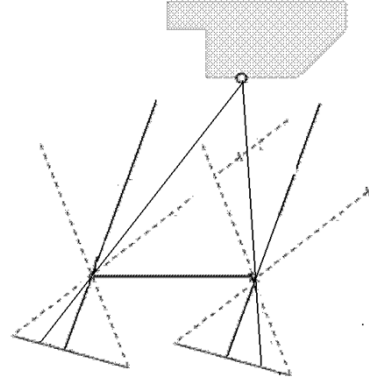
Stereo görüş olmadan elde edilen tel kafes ve yüzey modeli

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Alım Yöntemleri



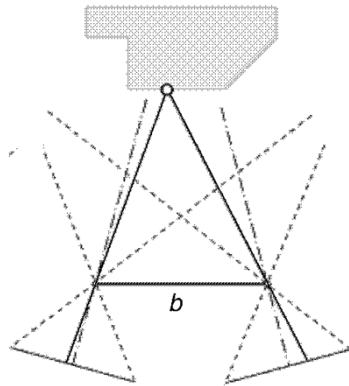
Normal alım



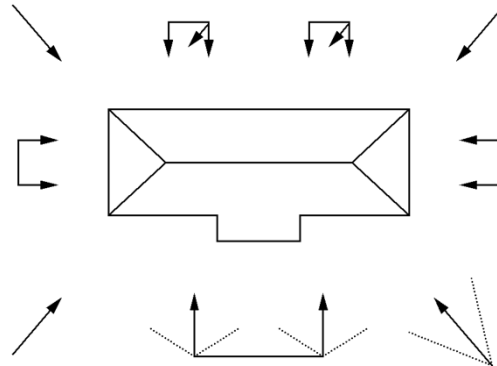
Eğik, dönük alım

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Alım Yöntemleri



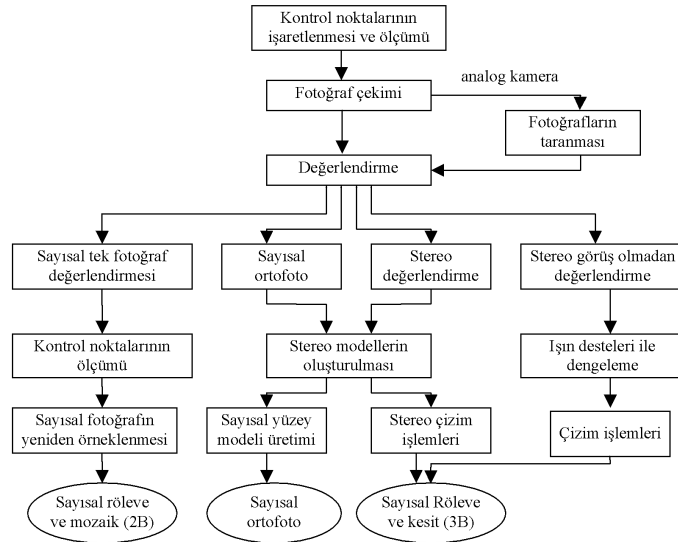
Konvergert alım



3 x 3 kuralı

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Yersel Fotogrametri İş Adımları



Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

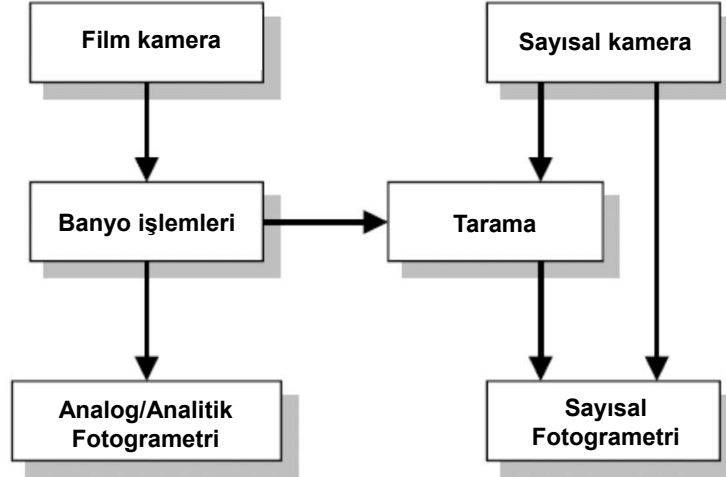
Kameralar (Alım Sistemleri)

- Yersel Fotogrametride Alım işlemlerinde
 - İlk zamanlar özel ve pahalı donanımlar olan metrik kameralar kullanılmıştır
 - Bu kameralar kullanılmasının nedeni fotogrametrik stereo modelinin oluşumunda fotoğrafın normal alım durumunda iç ve dış yöneltme elemanları bilinen bir kamera ile çekim yapılması gerekliliği idi
 - Son yıllarda alım işlemlerinde görüntünün doğrudan sayısal elde edildiği ve aynı zamanda fiyat olarak da metrik kameralara göre daha uygun olan sayısal kameralar tercih edilmektedir

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Kameralar (Alım Sistemleri)

- Yersel Fotogrametride Alım sistemleri



Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Kameralar (Alım Sistemleri)

- Yersel fotogrametride kullanılan film kameralar
 - Metrik kameralar
 - Stereo kameralar
 - Yarı metrik kameralarolmak üzere üç guruba ayrılabilir

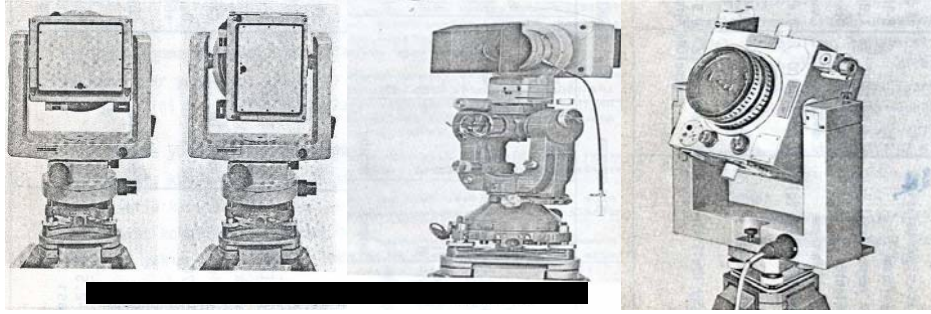
Metrik Kameralar

Üretici	Tip	Boyutlar mm ²	Odak uzaklığı mm
Hasselblad	MK70	60 × 60	60, 100
Wild	P32	65 × 90	64
Wild	P31	100 × 130	45, 100, 200
Zeiss	UMK 1318	130 × 180	64, 100, 200, 300

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Kameralar (Alım Sistemleri)

- Metrik kameralar



Wild P 31

Wild P 32

Zeiss UMK 1318

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Kameralar (Alım Sistemleri)

- Metrik kameralar
 - Metrik kameralar üretim aşamasında merkezsiz izdüşüme oldukça sadık üretilmiştir ve iç yöneltme elemanları bilinir
 - Fotoğraf koordinat sistemini tanımlamak için hava fotogrametrisinde olduğu gibi çerçeve işaretleri mevcuttur
 - Bu kameraların kullanımı gün geçtikçe azalmaktadır
 - Bu kameralarda kullanılan mercek sistemlerinin geometrik doğrulukları oldukça yüksektir fakat fiyatları oldukça pahalıdır
 - Kamera iç yöneltme elemanları kalibrasyon raporlarında verilmektedir

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Kameralar (Alım Sistemleri)

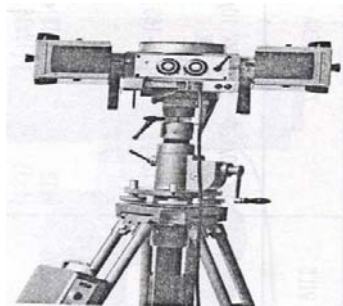
- Stereo kameralar
 - Stereo kameralar, sabit bir baz üzerine normal alım yapmak üzere yerleştirilen kalibre edilmiş iki adet metrik kameradan oluşmaktadır
 - Baz mesafeleri 40 cm ile 120 cm arasında değişmektedir

Üretici	Tip	Boyutlar mm ²	Odak uzaklığı mm
Wild	C 40/120	65 × 90	64
Zeiss	SMK 40/120	90 × 120	60

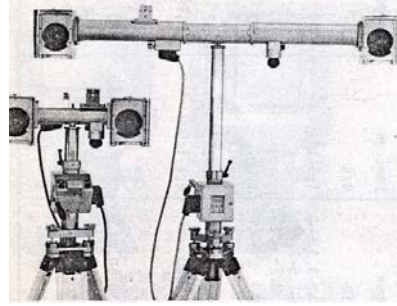
Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Kameralar (Alım Sistemleri)

- Stereo kameralar



Wild C 40



Zeiss SMK 40/120

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Kameralar (Alım Sistemleri)

- Yarı metrik kameralar
 - Bu kameralar aynı zamanda reseau kameralar olarak da bilinir
 - Bu kameralarda kullanılan mercek sistemlerinin doğruluğu metrik kameralar kadar yüksek değildir
 - Reseau adı verilen kalibre edilmiş grid yapı film üzerine pozlanmaktadır. Bu reseau'lar yardımıyla film deformasyonları matematiksel olarak düzeltilmektedir
 - Farklı üretici firmalar, farklı formatta yarı metrik kameralar üretmişlerdir

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Kameralar (Alım Sistemleri)

- Yarı metrik kameralar

Üretici	Tip	Boyutlar mm ²	Odak uzaklığı mm
Rollei	3003	24 × 36	15–1000
Leica	R5	24 × 36	18–135
Rollei	6006	60 × 60	40–350
Hasselblad	IDAC	55 × 55	38, 60, 100
Pentax	PAMS 645	40 × 50	35–200
Linhof	Metrica 45	105 × 127	90, 150
Rollei	R_metrice	102 × 126	75, 150
Rollei	LFC	230 × 230	165, 210, 300
Geodetic Services	CRC-1	230 × 230	120, 240, 450

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Kameralar (Alım Sistemleri)

- Yarı metrik kameralar



Rollei metric 6006

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

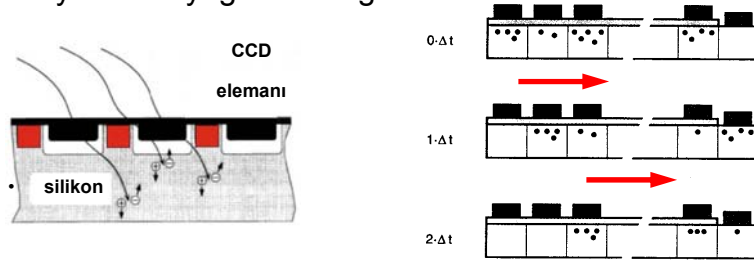
Kameralar (Alım Sistemleri)

- Yersel fotogrametride kullanılan sayısal kameralar birçok avantajlar sağlamaktadır
 - Görüntünün doğrudan sayısal alınması online değerlendirme işlemine olanak sağlar
 - Otomasyon işlemler için yüksek potansiyele sahiptirler
 - Geometrik doğrulukları yüksektir
 - Banyo işlemleri ortadan kaldırılmaktadır
 - Elde edilen görüntünün kalite kontrolü anında yapılır gerektiğinde görüntü yeniden kaydedilir
 - Maliyetleri metrik yada yarı metrik kameralara göre oldukça düşüktür

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Kameralar (Alım Sistemleri)

- Yersel fotogrametride kullanılan sayısal kameralar
 - Sayısal kameralarda kullanılan görüntü kayıt sistemi Charge Couple Device (CCD)'ye dayanmaktadır
 - CCD elemanına gelen ışık, şiddeti ile orantılı olarak elektrik yükü oluşturur
 - Bu elektrik yükü transfer edilerek kaydedilir ve radyometrik yoğunluk değerine dönüştürülür



Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Kameralar (Alım Sistemleri)

- Yersel fotogrametride kullanılan sayısal kameralar
 - Bugün uygulamalarda kullanılan sayısal kameralar sayısal SLR kameralardır
 - Sayısal SLR kameralar klasik SLR kameralarda film yerine CCD ler kullanılması ile üretilmiştir
 - Bu konuda Kodak ve Nikon farklı çözünürlüklere sahip kameralar piyasaya sürmüşlerdir
 - Bu SLR kameralarda merceğin kalitesi önemlidir

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Kameralar (Alım Sistemleri)

- Sayısal kameralar

Üretici	Tip	Piksel sayısı	Görüntü formatı mm ²
Pulnix	TM-560	582 × 500	8.8 × 6.6
Canon	ION RC 560	795 × 576	8.8 × 6.6
Sony	XC-77	768 × 593	8.8 × 6.6
JVC	GRE-77	728 × 568	6.4 × 4.8
Canon	EOS-DCS 3	1268 × 1012	20.5 × 16.5
Kodak	Megaplug-1.4	1320 × 1035	9.0 × 7.0
Agfa	ActionCam	1528 × 1148	16.5 × 12.4
Kodak	DCS 420	1524 × 1012	14.0 × 9.0
Kodak	Megaplug-4.2	2048 × 2048	18.4 × 18.4
Rollei	ChipPack	2048 × 2048	31.0 × 31.0
Kontron	ProgRes 3000	2994 × 2320	8.6 × 6.5
Kodak	DCS 460	3060 × 2036	30.0 × 20.0
Canon	EOS-DCS 1	3060 × 2036	27.6 × 18.4
Dicomed	BigShot	4096 × 4096	60.0 × 60.0
Kodak	Megaplug-16.8	4096 × 4096	36.8 × 36.8
Agfa	StudioCam	4500 × 3648	36.0 × 29.0
RJM	JenScan	4500 × 3400	8.8 × 6.6
Jenoptik	Eyeline	6144 × 6144	28.6 × 28.6
Rollei	RSC	7000 × 5500	55.0 × 55.0
Zeiss	UMK HighScan	15414 × 11040	166.0 × 120.0

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Kameralar (Alım Sistemleri)

- Sayısal kameralar

Terrestrial Photogrammetry

1986 Canon CI 10 + JVC Monitor, 0.4 Mpi, SFr 5 500

1989 Kontron ProgRes 3000, 7.5 Mpi, 8 sec/image, SFr 50 000 + 22 000

1993 Kodak DCS 200, 1.5 Mpi, SFr 16 000

Today: Phase One Digital Back 39 Mpi, 2 sec/image

7216 x 5412 pi, 49.1 x 36.8 mm CCD chip

Hasselblad, Mamiya, Contax, SFr 40 000

Within 20 years: Factor 100 in no. of pixels



HD3D-39 10

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Kameralar (Alım Sistemleri)

- Sayısal kameralar

Stillvideo Kameras (Amateurkameras)



- Nikon D2X
- Spiegelreflex
 - CMOS Sensor 16 x 24 mm²
 - 4288 x 2848 Pixel = 12.6 MPixel



- Sony DSC F 828
- 2/3" CCD Chip
 - 3264 x 2488 Pixel = 8 MPixel



- Leica Digilux 1
- 1/1.67" CCD Chip
 - 2240 x 1680 Pixel = 3.7 MPixel

11

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Kameralar (Alım Sistemleri)

- Sayısal kameralar

Hasselblad H3D 31 megapixel

48 mm Full-Frame DSLR camera system. At the time there were two models, the 22 and 39 megapixels, Hasselblad has now announced a 31 megapixel option, the H3D-31. Unlike the 22 and 39 megapixel cameras the 31 megapixel unit isn't quite "Full-Frame 48mm" as its sensor measures 44x33mm, however it does surpass them in another respect; it uses microlenses to improve fill factor and gain a stop of sensitivity, now up to ISO 800.

Acquisition: 1.2 sec/image

Price: US\$ 24,995.



Model comparison:

H3D-31	31 million	44.2x33.1mm	ISO 100 - 800	1.2 sec/capture	1.3	31mm
H3D-22	22 million	49.0x36.7mm	ISO 50 - 400	1.4 sec/capture	1.1	28mm (Full-Frame)
H3D-39	39 million	49.0x36.7mm	ISO 50 - 400	1.4 sec/capture	1.1	28mm (Full-Frame)

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

YERSEL LAZER TARAYICILAR İLE BELGELEME - 3 BOYUTLU MODELLEME

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Yersel Lazer Tarayıcılar

- **Bu bölümde:**
 - **Yersel Lazer Tarayıcıların sağladığı yeni olanaklar,**
 - **Yersel Lazer Tarayıcıların temel özellikleri ve çalışma prensipleri,**
 - **Yersel Lazer Tarayıcılar ile belgeleme ve 3 boyutlu modellemeye ilişkin örnek uygulamalar sunulacaktır.**

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Yersel Lazer Tarayıcılar

- Gelişen yersel lazer tarayıcı teknolojisi tarihi ve kültürel yapıların belgelenmesi ve üç boyutlu modellenmesinde oldukça popüler bir yöntem haline gelmiştir.
- Çok kısa bir zaman diliminde yersel lazer tarayıcılar kullanılarak binlerce üç boyutlu noktanın kaydedilmesi mümkündür.

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Yersel Lazer Tarayıcılar

- Yersel lazer tarayıcılar:
 - Obje yüzeyinin düzgün geometrik şekillere sahip olmadığı belgeleme ve üç boyutlu modelleme çalışmalarında
 - Fotogrametrik alım ve proje süresindeki kısıtlamaların olduğu durumlarda kullanılmaktadır.
- Rutin belgeleme ve üç boyutlu modelleme çalışmalarında da kullanılabilir ancak yeni olması sebebiyle pahalı bir teknolojidir.

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Yersel Lazer Tarayıcılar

- Belgeleme ve üç boyutlu modelleme çalışmalarında kullanılan yersel lazer tarayıcı sistemler:
 - Alım uzaklığı
 - 3 boyutlu nokta doğruluk potansiyeli
 - Lazer ışık kaynağının yatay ve düşeydeki hareket aralığı
 - Açısal ayırma gücü,
 - Saniyede kaydettiği 3 boyutlu nokta sayısına göre sınıflandırılmaktadır.
- Bu nedenle belgeleme ve üç boyutlu modelleme çalışmalarında kullanılan lazer tarayıcılar ve çalışma prensipleri farklıdır.

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Yersel Lazer Tarayıcılar

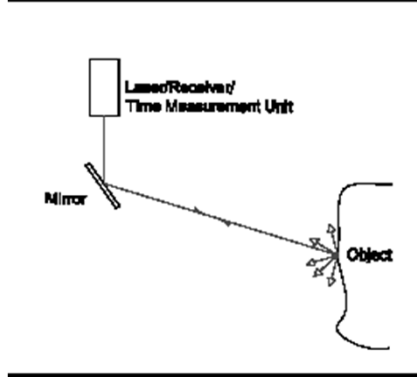
- Lazer tarayıcılar bulundukları konuma göre:
 - Sabit konumda kullanılan tarayıcı sistemler(üretim hatalarının belirlenmesi),
 - Üç ayak gibi yardımcı donanımla kullanılan tarayıcılar ve
 - Topografik uygulamalar için kullanılan airborne sistemler olarak sınıflandırılabilirler.



Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

- **Lazer tarayıcı çalışma prensipleri**

- Lazer ışınının gidiş dönüş zamanını ölçen sistemler (time of flight)



- Elektronik total station gibi
- Yön sapması engellemek için dönme araçları (aynalar)
- (Riegle, Mensi, Cyrax)

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

- **Lazer tarayıcı çalışma prensipleri**

- Faz karşılaştırması

- Harmonik hareketler
- Giden ve gelen dalgalar arasındaki faz farkı
- (IQsun Lazer Tarayıcı)

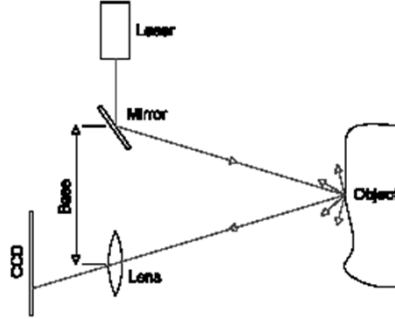


Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

- **Lazer tarayıcı çalışma prensipleri**

- **Triangulasyon**

- Baz
- Yayılma açısı
- CCD Kamera
- Tek Kamera ve Çift Kamera Çözümü



Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

- **Lazer Tarayıcı Yazılımları**

- Tarayıcı kontrol yazılımı
 - Nokta bulutu işleme
 - Karmaşık yüzey modellerinin oluşturulması
 - Doku ve görüntü eklenmesi
 - Veri ve proje yönetimi

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

- **Lazer tarayıcı kontrol yazılımı:**

- Tarama penceresi ve tarama çözünürlüğü,
- Tarama yaparken görselleştirme ve kayıt işlemi

- **Nokta bulutu işleme yazılımı:**

- Görselleştirme
- Nokta kümelerinden veri ayıklama
- Veri filtreleme ve nokta azaltma
- Bütünleştirme
- Bütünleştirilmiş nokta kümelerinden veri temizleme
- Bütünleştirme işleminden sonra nokta inceltme
- Nokta kümelerinden basit çizimler oluşturma

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

- **Karmaşık yüzey modellerinin oluşumu için yazılım:**

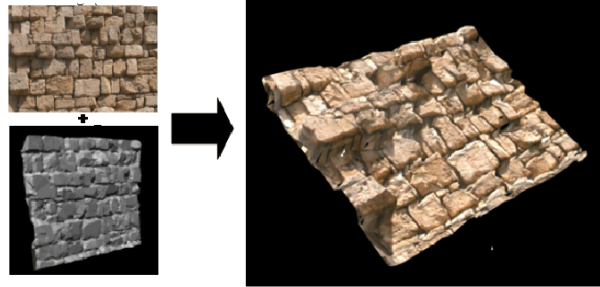
- Yüzey Ağı Oluşturma
- Nokta İnceltme
- Uygulama ve Performans
- Kenarlar
- Düzenleme
- Performans

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

- **Doku ve Görüntü Eklenmesi(Texture Mapping)**

için yazılım:

- Doku Eklenmesi
- Tarama Verisinden Görüntü Bilgisinin Eklenmesi
- Bağımsız Kameralardan Görüntü Bilgisinin Eklenmesi
- Görüntü İzdüşürme Yöntemi ve Mozaikleme



Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

- **Veri ve proje yönetimi**

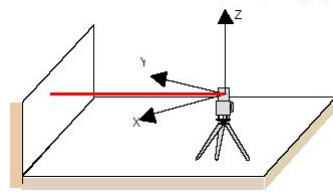
yazılımı:

- Veri kalitesinin geliştirilmesi
- Verinin kaydedilmesi
- Oluşan dosya biçimi
- Veri izleme ve kalite kontrol
- Veri aktarma ve dışarı veri sağlama

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

- **Yersel lazer tarayılar ile tarama işlemi:**

- Binlerce noktanın 3 boyutlu olarak birkaç saniyede taranması,
- 3 boyutlu noktaların lazer tarayıcıya göre tanımlanan lokal koordinat sisteminde kayıt edilmesi,
- Birden fazla istasyon noktasında yapılan taramaların bütünlenmesi için taramaların bindirmeli yapılması,
- Objenin özelliklerine göre farklı tarama büyüklüklerinin belirlenmesi,



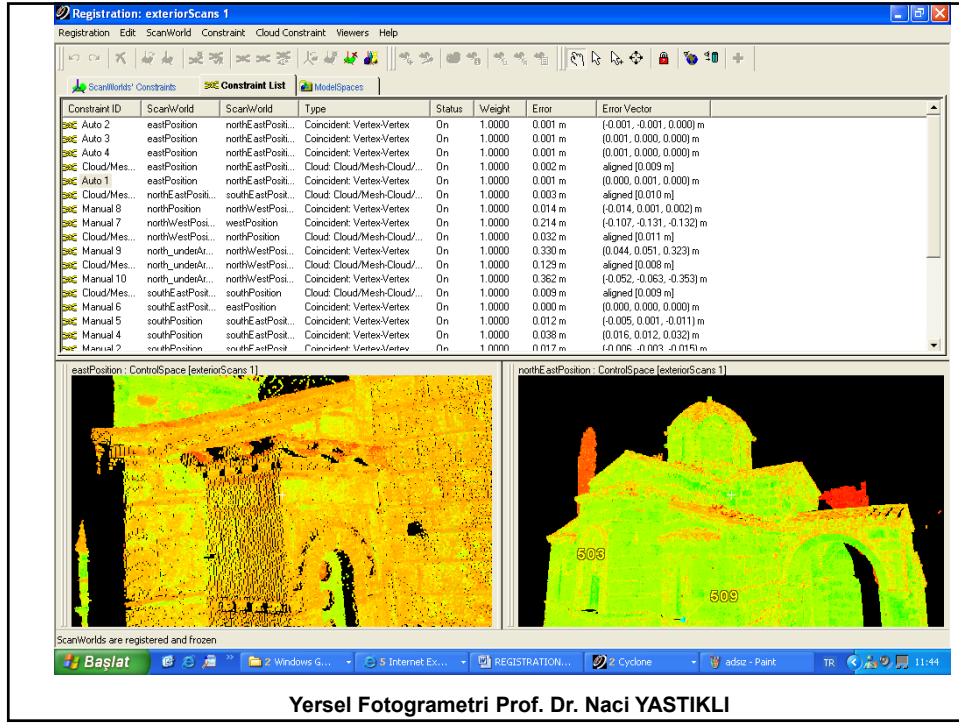
Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

- **Yersel lazer tarayılar ile tarama işlemi:**

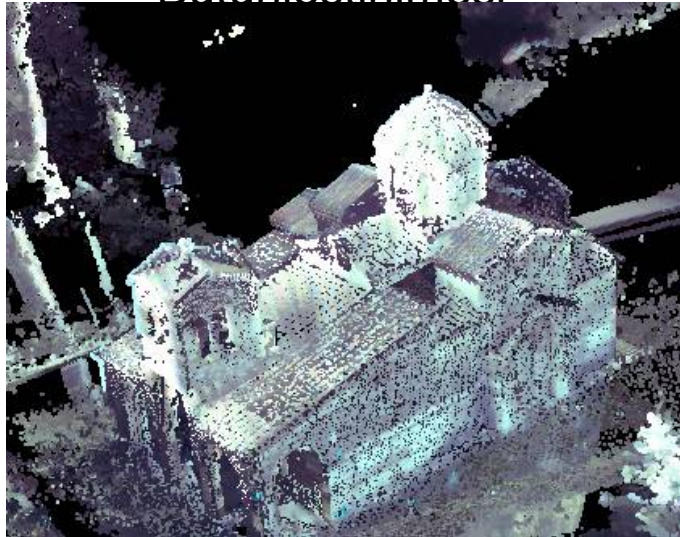
- Birden fazla istasyon noktasında yapılan taramaların bütünlenmesi için hedef noktalarının (küre hedef levhaları) yerlerinin tasarlanması,
- Lokal koordinat sisteminden referans koordinat sistemine dönüşüm için hedef noktalarının koordinatlarının belirlenmesi



Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI



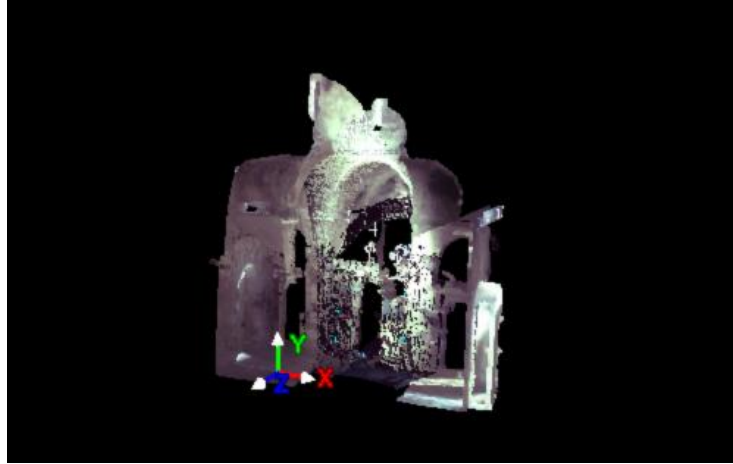
Dış Taramaların Kaydı ve Bütünleştirilmesi



Ort.hata: 1 cm

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

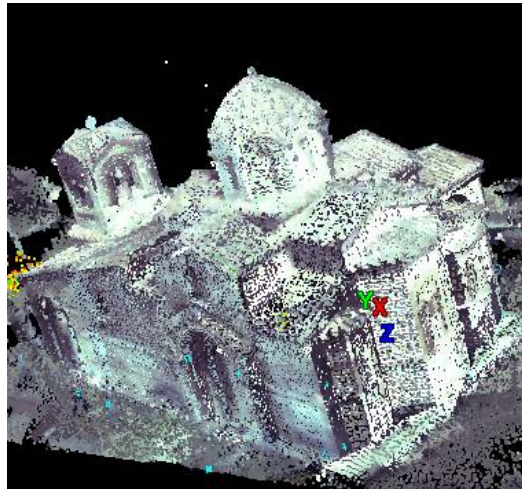
İç Taramaların Kaydı ve Bütünleştirilmesi



Ort.hata: 6 mm.

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

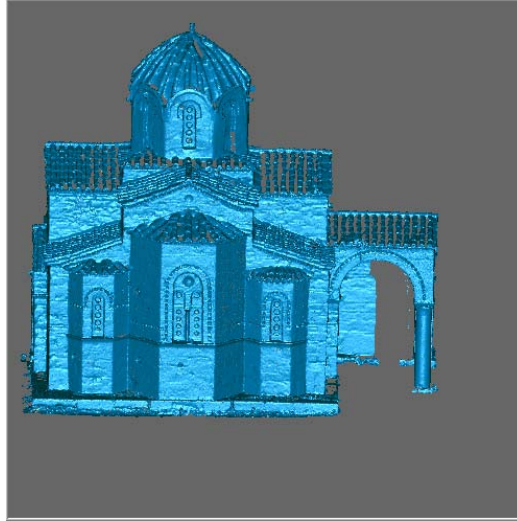
Dış ve İç Taramaların Kaydı ve Bütünleştirilmesi



Ort.hata: 2 cm.

Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

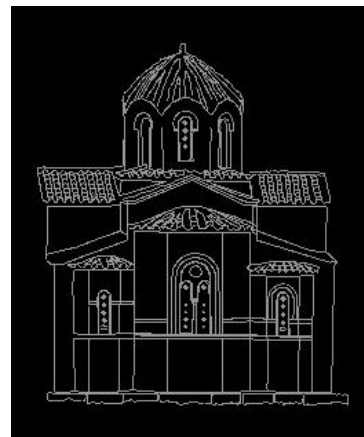
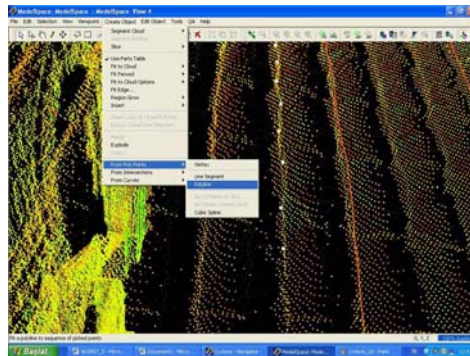
Gürültüsüz 3 boyutlu model



Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

- **Röleve çizmi**

- Yoğunluk verisi
- Nokta,Çizgi,Yay geometrik şekiller



Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

RÖLÖVE



Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

- **Mensi GS 100 Lazer tarayıcı:**

Görüş açısı: yatayda 360 derece düşeyde 60 derece

Alım uzaklığı: 2 m – 100 m arası

Açısal çözünürlük: 0.002 gon

Çalışma prensibi: Lazer ışınının gidiş dönüş
zamanının ölçülmesi (time of flight)

Lazer ışını: dalga boyu 532 nm, yeşil sınıf II lazer

Veri kaydı: saniyede 5000 nokta

Doğruluk: 100 m de 6 mm



Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

- Mensi GS 100 Lazer tarayıcı ile taranan tarihi çeşmeden farklı görünüşler



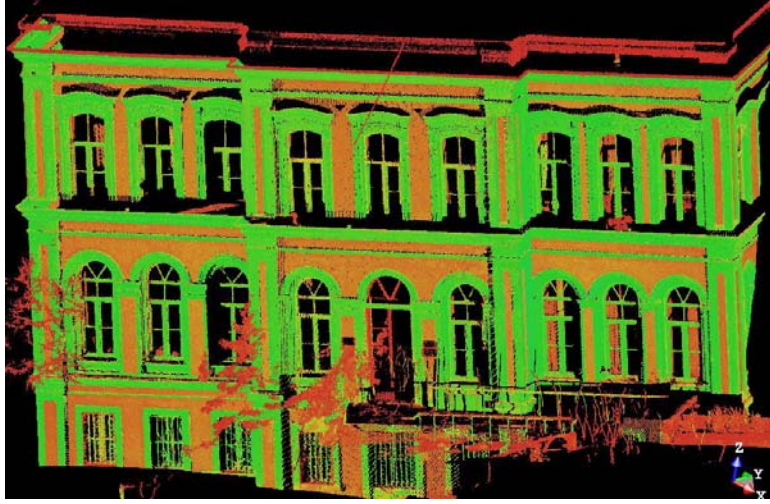
Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

- Mensi GS 100 Lazer tarayıcı ile taranan Çukur Saray nokta kümesinin gri değerler ile sunumu



Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

- Mensi GS 100 Lazer tarayıcı ile taranan Çukur Saray nokta kümesinin yapay renkler ile sunumu



Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

- Mensi GS 100 Lazer tarayıcı ile taranan Çukur Saray nokta kümesinin renkli sunumu



Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

- Mensi GS 100 Lazer tarayıcı ile taranan ukur Saray nokta kümesinin renkli sunumu



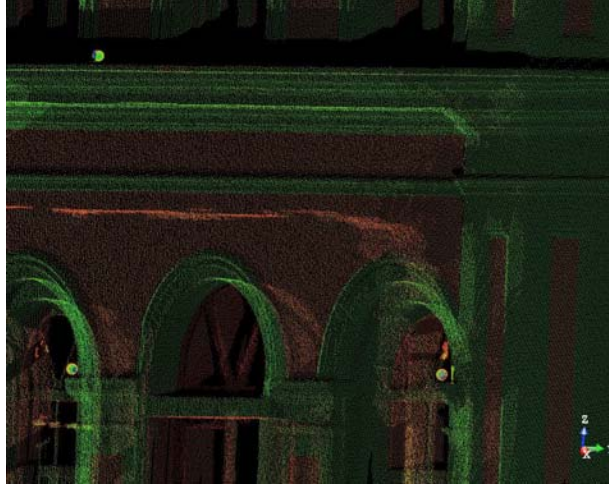
Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

- Mensi GS 100 Lazer tarayıcı ile taranan ukur Saray nokta kümesinin renkli sunumu



Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

- Mensi GS 100 Lazer tarayıcı ile taranan Çukur Saray nokta kümesinin yapay renkli sunumu



Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI

Herakles Projesi(YTUÐZ)



Yersel Fotogrametri Prof. Dr. Naci YASTIKLI