

Fotogrametrinin Temelleri

Dr. Öğr. Üyesi Uğur ACAR
2022

Değerlendirme

BAŞARI DEĞERLENDİRME SİSTEMİ					
Teorik Dersler			Proje Dersi ve Bitirme Çalışması		
	Adedi	Ağırlığı (%)		Adedi	Ağırlığı (%)
Dönem İçi Sınavlar	2	60	Dönem İçi Sınavlar		
Kısa Sınavlar			Dönem İçi Kontroller		
Ödevler			Ara Teslim		
Dönem Ödevi (proje, rapor, vb.)			Sözlü Sınav		
Laboratuvar			Final Sınavı	1	40
Diğer					

İçerik

- Fotogrametrinin
 - Tanımı,
 - İşlevi,
 - Kapsamı,
 - Sınıflandırılması,
 - Kısa Tarihçe
- Fotogrametrinin Temelleri,
 - Matematik Temeller,
 - Geometrik Bağıntılar,
 - Paralel ve Merkezsel İzdüşüm
- Koordinat sistemleri

İçerik

- Haritacılık açısından «Fotoğraf»
 - Eğiklikleri ve Dönüklüğü,
 - İç ve Dış Yöneltilme elemanları,
 - Diğer Kavramlar
- Objektiflerin
 - Özellikleri,
 - Fotoğraf Kalitesine İlişkin Ölçütler,
 - Fotogrametrik Kameralar ve Kalibrasyonu

İçerik

- Fotoğraf Malzemesi,
 - Fotoğraf Banyo ve İşlemleri,
 - Fotoğrafik Emülsiyonun Özellikleri
 - Digital Fotoğraf
- Fotoğraf Alımı,
 - Filtreler,
 - Kızılötesi ve Renkli Alımlar,
 - Diyaframlar

İçerik

- Merkezsel İzdüşüm Denklemleri
- Dönüşümler:
 - 3B Dönüşümler,
 - Fotogrametride Kullanılan Benzerlik, Ortogonal, Afin, Perspektif
- Optik Temeller,
 - Basit Mercekler,
 - Mercek hataları,
 - Objektifler

İçerik

- Göz ve Monoskopik Görüş, Stereoskopik Görüş,
- Merkezsel İzdüşüm Denklemleri
- Dönüşümler: 3B Dönüşümler, Fotogrametride Kullanılan Benzerlik, Ortogonal, Afin
- Projektif Dönüşüm
- Optik Temeller, Basit Mercekler, Mercek hataları, Objektifler

Kaynaklar

- Ahmet Yaşayan, Fotogrametri I Ders Notları, 1996
- The Manuals of Photogrammetry, Fifth Edition (Ed. Cheris McGlone) 2004, American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, ISBN 1-57083-071-1
- Digital Photogrammetry, Volume I, Toni Schenk, 1999, TerrScience, ISBN 0-9677653-0-7
- Karl Kraus, 1993. Photogrammetry, Volume I: Fundamentals and Standard Processes. Dümmler, Bonn.
- Karl Kraus, 1997. Photogrammetry, Volume II: Advanced Methods and Applications. Dümmler, Bonn.

Fotogrametrinin Tanımı

- Eski Yunanca'dan batı dillerine giren **fotogrametri** sözcüğü üç kök sözcükten oluşmuştur
 - Işık anlamına gelen **photos**,
 - çizim yada çizme anlamındaki **gramma**
 - ve ölçme anlamındaki **metron**
- Buna göre **fotogrametri** “*Işık yardımı ile çizerek ölçme*” anlamına gelmektedir
- Fotogrametri tekniği yada yöntemi ile, ölçülmek istenen nesnelerin ve yakın çevresinin yada yeryüzü parçasının fotoğrafları çekilir

Fotogrametrinin Tanımı

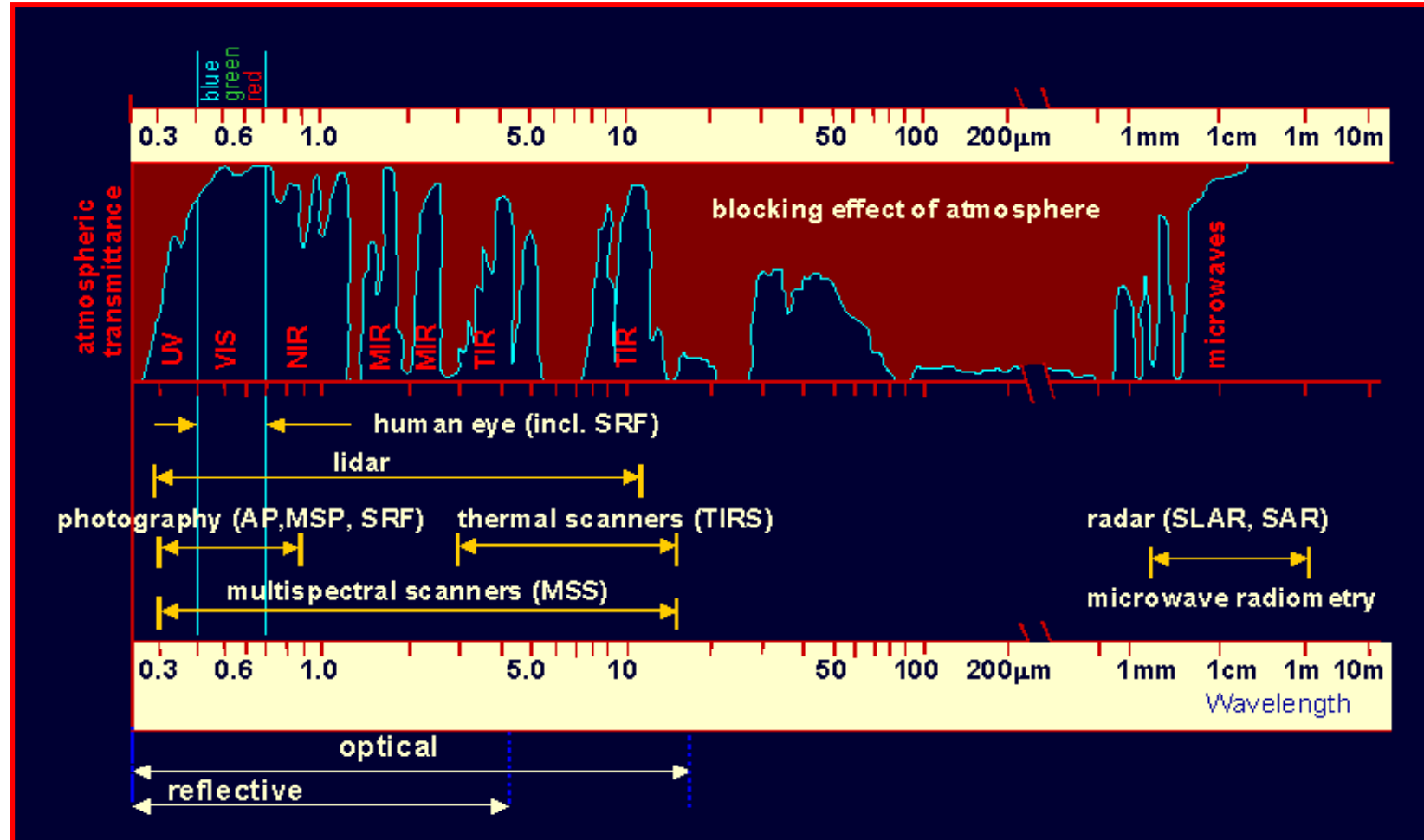
- Foto «Yorumlama»
 - Metrik bilgiler
 - Obje ve Çevresi
 - Pinpon Topu örneği
 - Galata örneği
- KONUM BELİRLEME ve YORUMLAMA

Fotogrametrinin Tanımı

- *"Fotogrametri, fotoğrafik görüntüleri, elektromagnetik enerji ışınlam paketlerini ve diğer fiziksel fenomenleri, kayıt, ölçme ve yorumlama suretiyle nesneler ve yakın çevreleri hakkında güvenilir bilgiler elde etme sanatı bilimi ve teknolojisidir."* (Slama,1980)

Fotoğraf, Işık ve Algılama

- Elektromanyetik spectrum
- **OPTİK BÖLGE**
- **MİKRODALGA BÖLGE**
- **PASİF ALGILAYICI**
 - “perspektif geometri”
- **AKTİF ALGILAYICI**



Fotogrametrinin İşlevi

- Doğrudan Ölçme,
- Dolaylı Ölçme
 - Hızlı
 - Ölçülecek objeye ulaşma
 - Hareketli Objeler
 - Hareketli Ölçüm

Fotogrametrinin İşlevi

- Büyük ve Orta Ölçekli Haritalar
- 1/5000, 1/10000, 1/25000 ölçekli dizi haritalar,
- Ülkemizde de 1/25000 ölçekli haritalar, 1960'lı yılların başlarında yaklaşık 20 yılda tamamlanmıştır
- Bu haritaların 15-20 yıl aralıklı zaman periyotlarında güncelleştirilmesi yapılmaktadır

Fotogrametrinin İşlevi

- Türkiye'de 1/5000 ölçekli Standart Topoğrafik ve Kadastral Haritalar da fotogrametri yöntemi ile üretilmektedir
- 1/1000 ölçekli kent haritalarının yapımında da fotogrametri yöntemi 1988 yılından beri başarı ile uygulanmaktadır

Fotogrametrinin İşlevi



Arazi Çalışmalarını
Azaltır.

Hava Koşullarından
Etkilenmez

Hızlı

Düşük Maliyetli

Hava Koşullarından
Etkilenir

Yüksek Maliyetli

Fotogrametrinin İşlevi

- HIZ-HIZ-HIZ ---- GÜNCELLİK
 - Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS),
 - Arazi Bilgi Sistemleri (ABS),
 - Mekansal Bilgi Sistemi (MBS),
 - Kent Bilgi Sistemi (KBS)

Fotogrametrinin İşlevi

- Haritacılık dışında, fotogrametri
 - Mimarlık,
 - TIP
 - Makine Mühendisliği
 - Otomotiv mühendisliği
 - Yasal Sorunların incelenmesi (Arazi ve Bina)

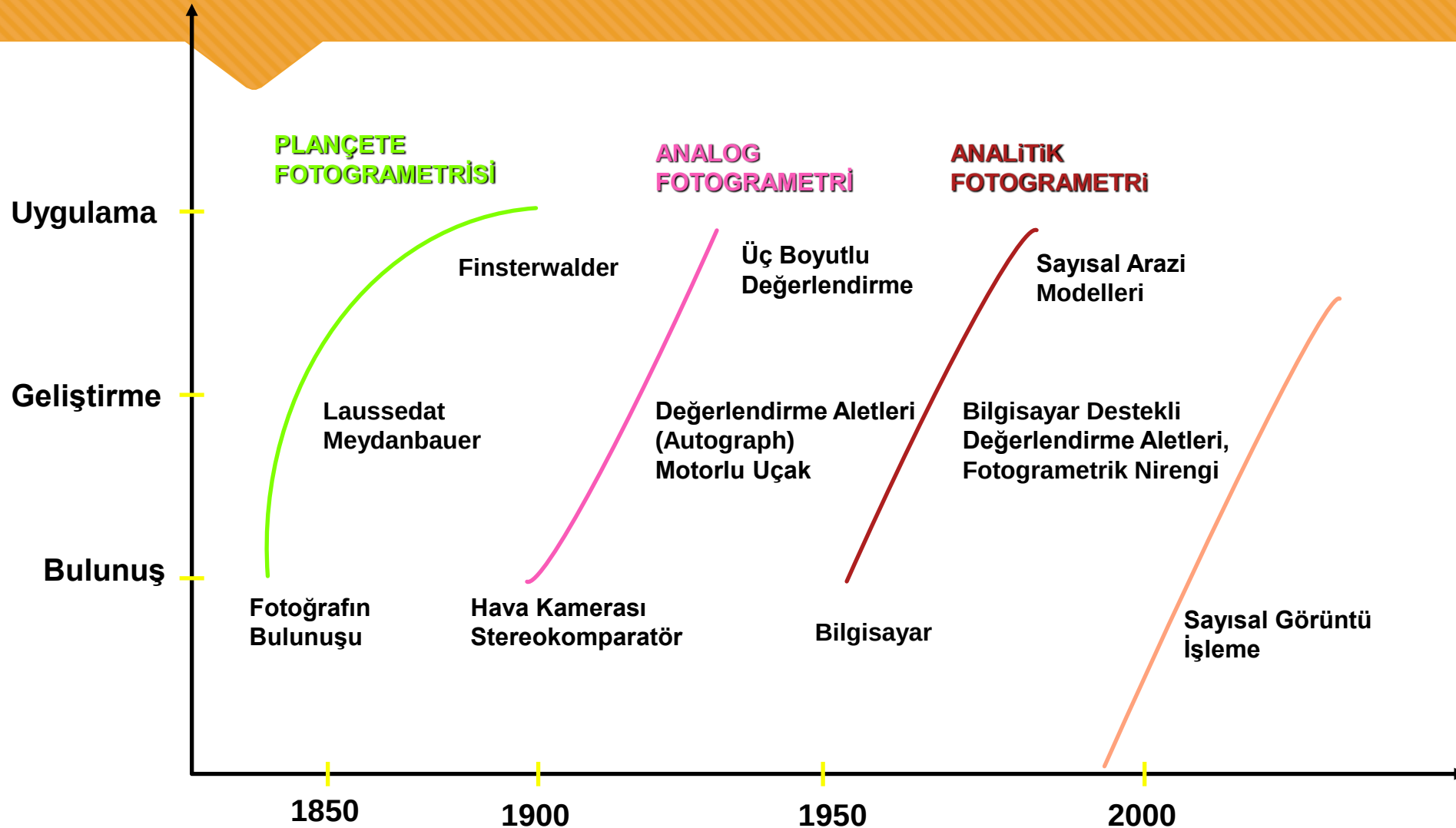
Fotogrametrinin İşlevi

- Haritacılık dışında, fotogrametri
 - Madencilik
 - Uzay Çalışmaları
 - Oyun Endüstrisi
 - Sanal Gerçeklik
 - Üretim Planlama
 - Vb.

Fotogrametrinin Tarihi

- Fotoğraftan önceki dönem
- İlk gelişmeler dönemi
- Analog fotogrametri dönemi
- Analitik Fotogrametri dönemi
- Sayısal fotogrametri dönemi

Fotogrametrinin Tarihi











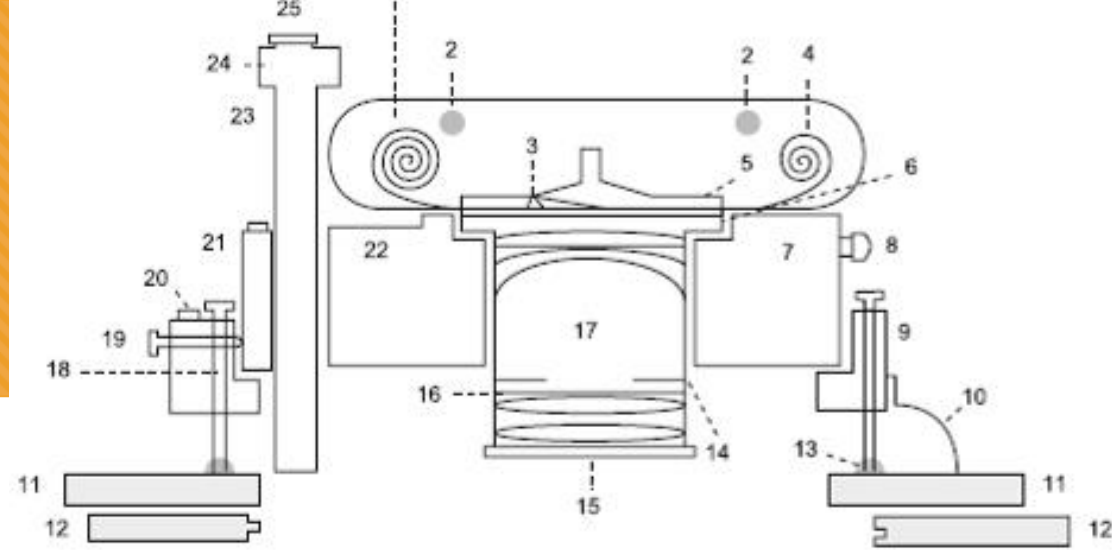


Fig. 3.14 Schematic diagram of a traditional aerial photogrammetric camera (Kraus, 1998) 1 photographic film magazine, 2 film indicators, 3 aspiration, 4 rollfilm width 23 cm, 5 pneumatic flattening system, 6 lens cone and camera frame, 7 electronics monitoring, 8 28 volt CC, 9 camera support, 10 cable mass, 11 airplane bottom, 12 door, 13 supports anti-vibration, 14 lens aperture, 15 filter, 16 shutter, 17 lens, 18 3 footscrews for ϕ and ω , 19 orientation K (K-clamp), 20 spherical level, 21 control instruments and switches, 22 transport control and aspiration, 23 viewfinder telescope, 24 cinederivometer, 25 ocular

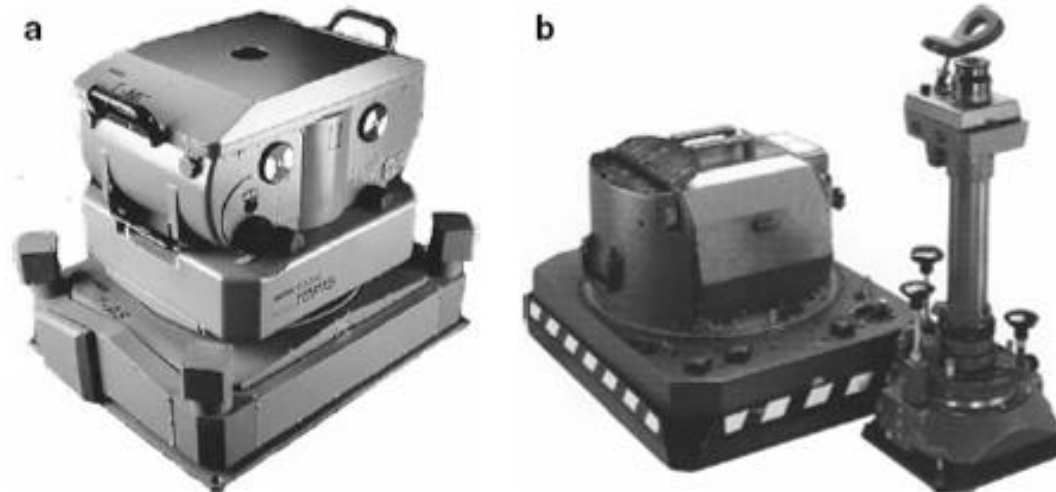


Fig. 3.15 Two among the several aerial photogrammetric cameras available: (a) *Zeiss aerial camera RMK TOP* (Terminal Operated) and (b) *Leica aerial camera RC30 Wild*



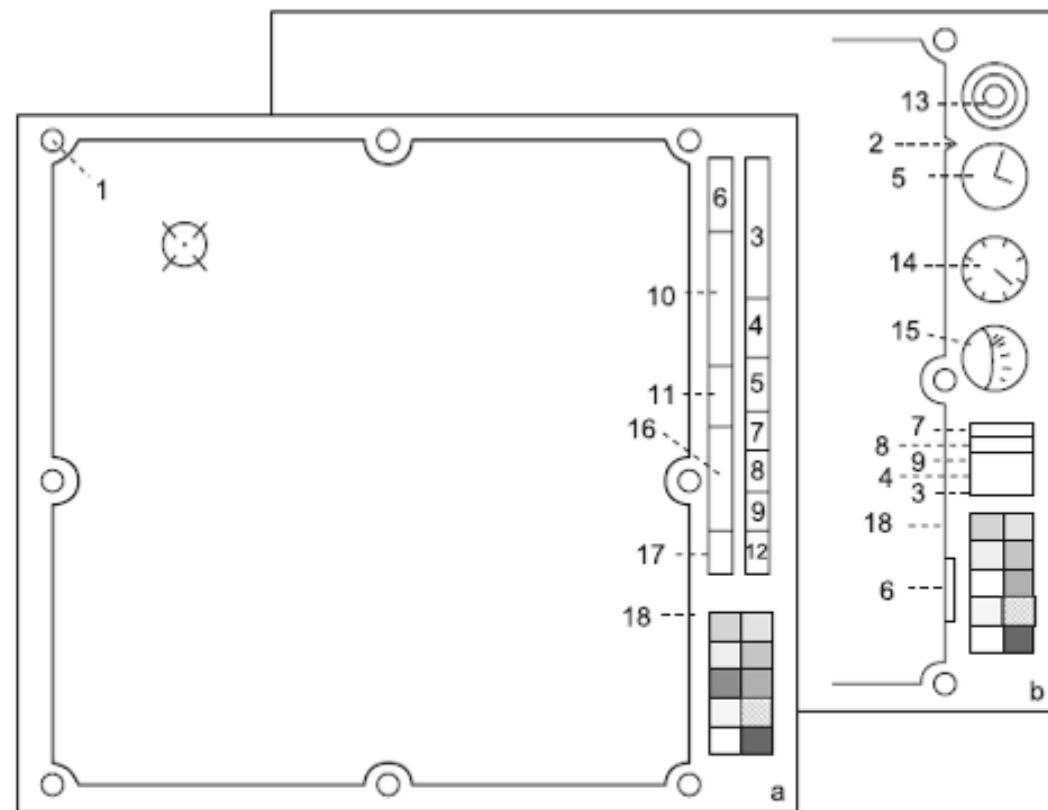


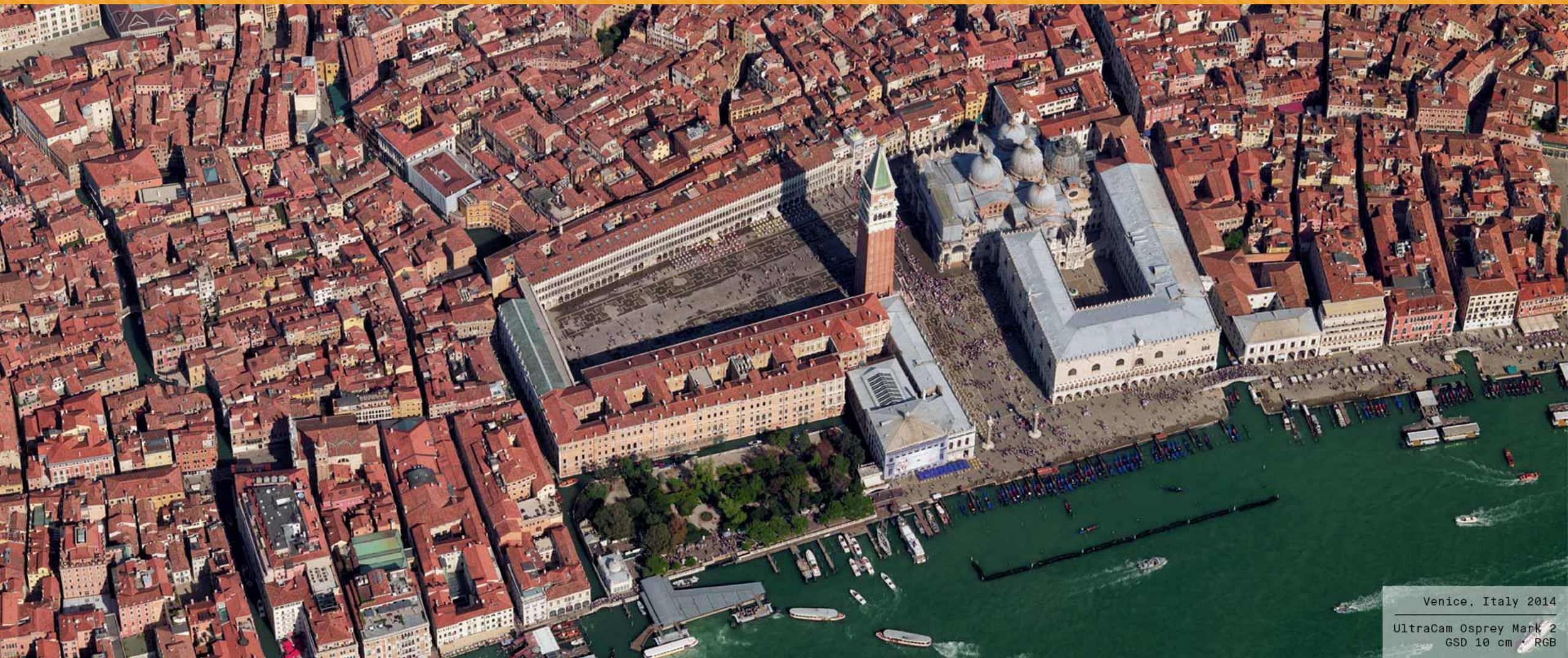
Fig. 3.13 Auxiliary data: (a) numerical and (b) analogical, reporting the photogram operational conditions of acquisition (Kraus, 1998) *1 8 fiducial marks, 2 9th asymmetric fiducial mark, 3 short project name, 4 date, 5 time, 6 photogram number, 7 camera number, 8 principal distance, 9 magazine number, 10 data for external orientation, 11 overlap, 12 photographic scale, 13 spherical equalizer (level), 14 altimeter, 15 precision altimeter, 16 exposure time, lens aperture, 17 forward motion (length), 18 grey wedge*



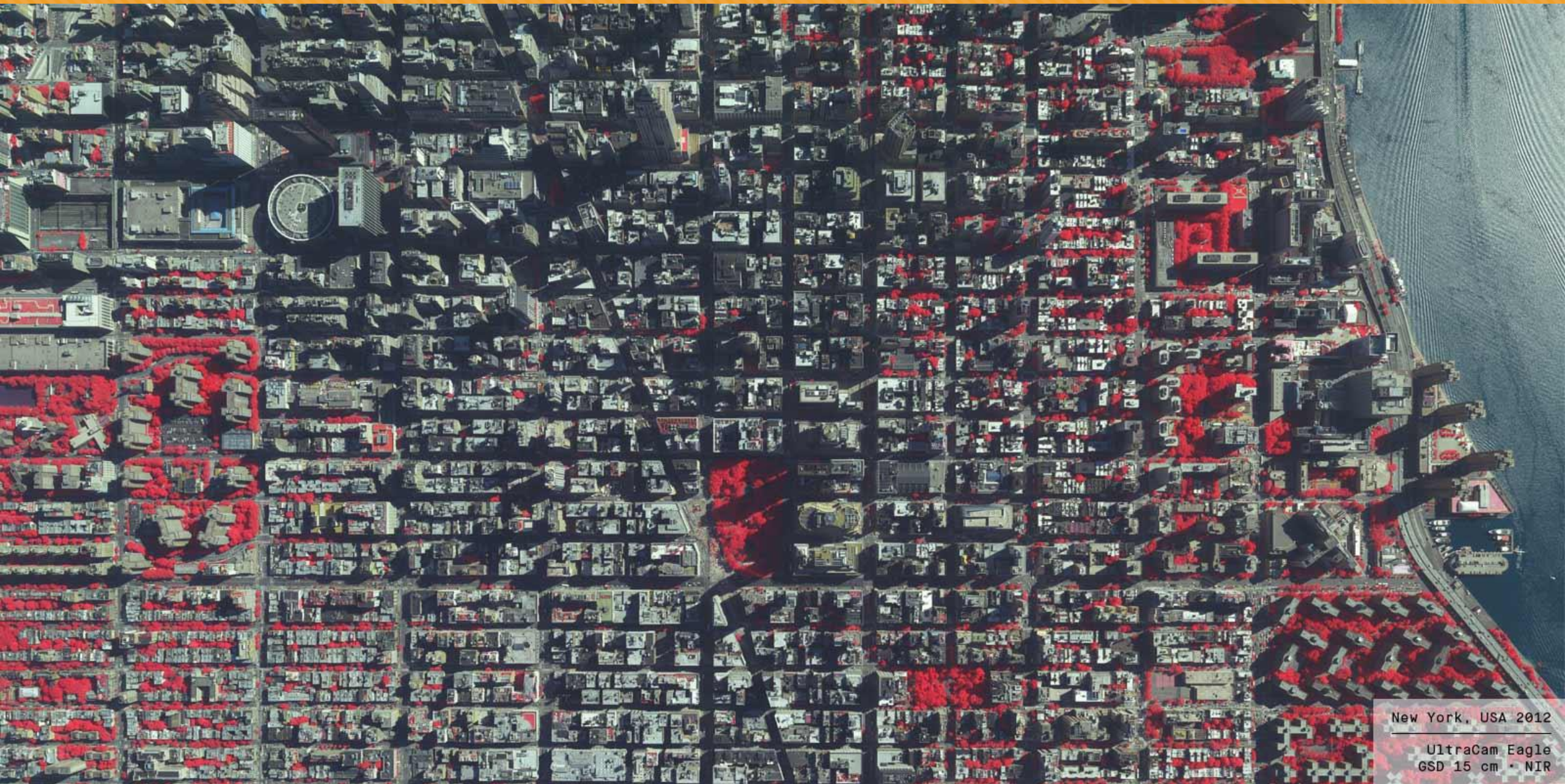


New York, USA 2012

UltraCam Eagle
GSD 15 cm • RGB



Venice, Italy 2014
UltraCam Osprey Mark 2
GSD 10 cm RGB



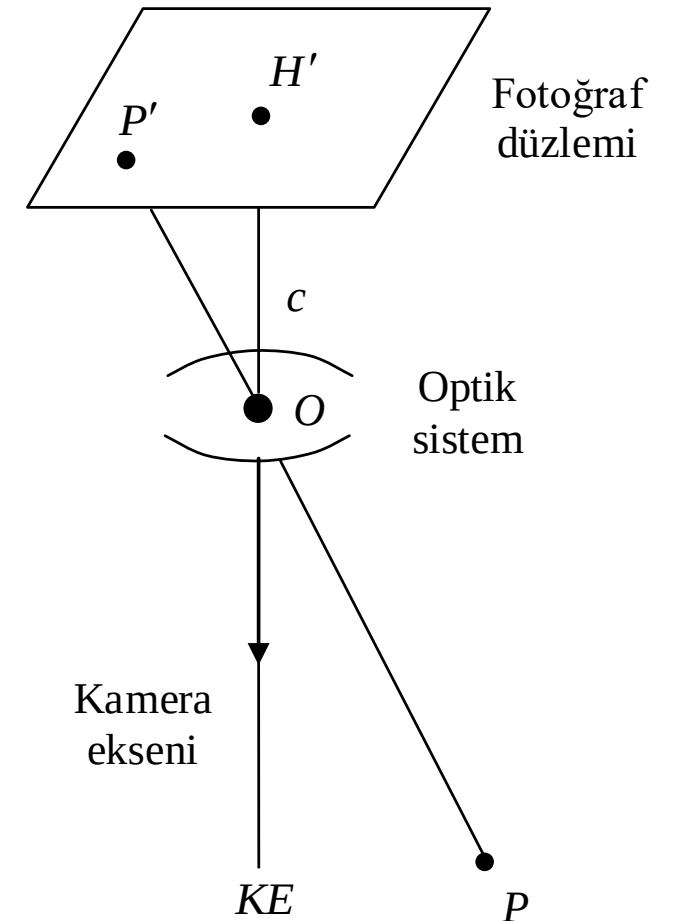
New York, USA 2012

UltraCam Eagle
GSD 15 cm • NIR



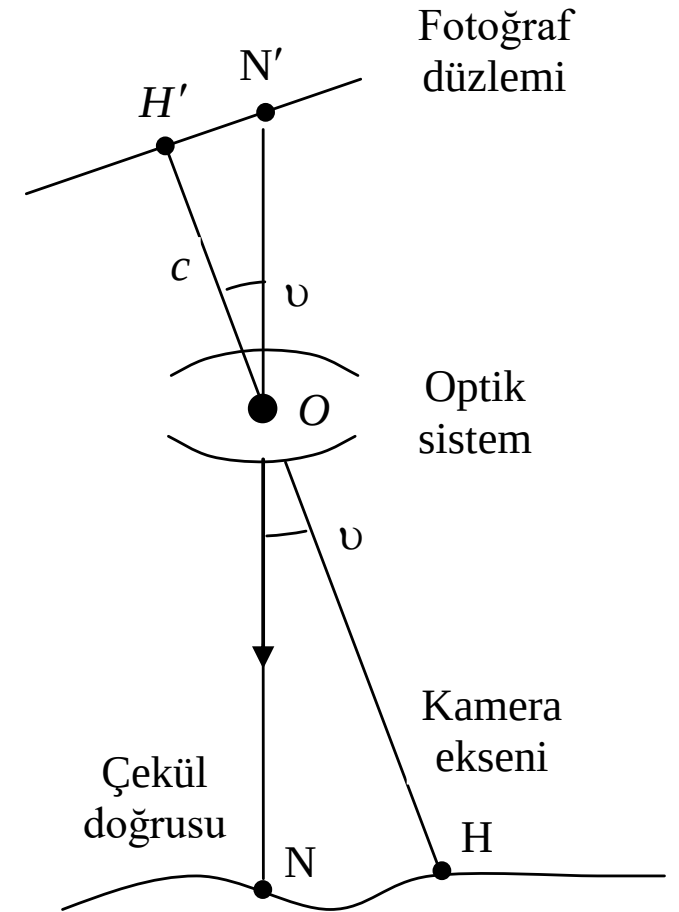
Fotogrametrik Terimler

- **İzdüşüm Merkezi:** Kamera optik sisteminin merkezi, O noktası. Bütün ışınlar bu noktadan geçer.
- **İzdüşüm Işını:** Nesne uzayındaki bir noktadan geçen ve izdüşüm merkezinden geçtikten sonra fotoğraf noktasını oluşturan doğru parçası, fotoğraf çekim durumuna karşılık gelmektedir. POP'
- **Kamera Optik Eksen:** Kamera optik sisteminin eksen, KE
- **Asal Nokta:** Kamera ekseninin fotoğraf düzlemini kestiği nokta. Bu nokta aynı zamanda izdüşüm merkezinden fotoğraf düzlemine indirilen dikin ayağı, H'
- **Asal Uzaklık:** Fotoğraf düzlemi ile izdüşüm merkezi arasındaki uzaklık. $OH' = c$



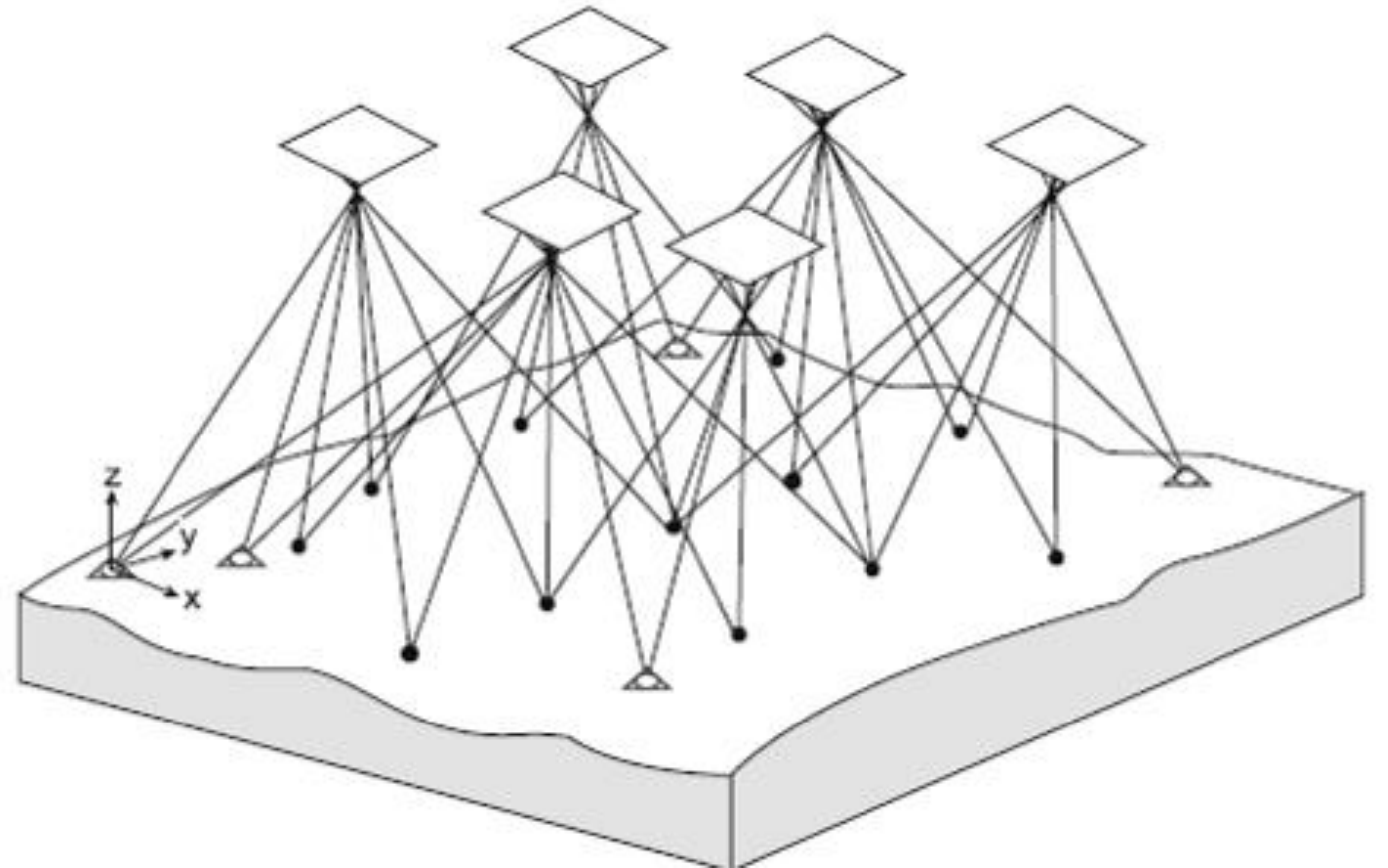
Fotogrametrik Terimler

- **Ayakucu (Nadir) Noktası:** İzdüşüm merkezinden geçen çekül doğrusunun fotoğraf ve araziyi kestiği nokta N,
- **Düşey fotoğraf:** Kamera ekseni düşey konumda iken çekilen fotoğraf ($\nu = 0$) Pratikte tam düşey fotoğraf çekilemez. Bu nedenle $\nu \leq 5$ olan fotoğraflara da düşey fotoğraf denir.
- **Yatay fotoğraf:** Kamera ekseni yatay konumda iken çekilen fotoğraf ($\nu = 90$)
- **Eğik fotoğraf:** Kamera ekseni herhangi bir konumda iken çekilen fotoğraf



Fotogrametrik Terimler

- **Işın Destesi ya da Işın Demeti:** İzdüşüm merkezinden geçen tüm izdüşüm ışınları kümesi



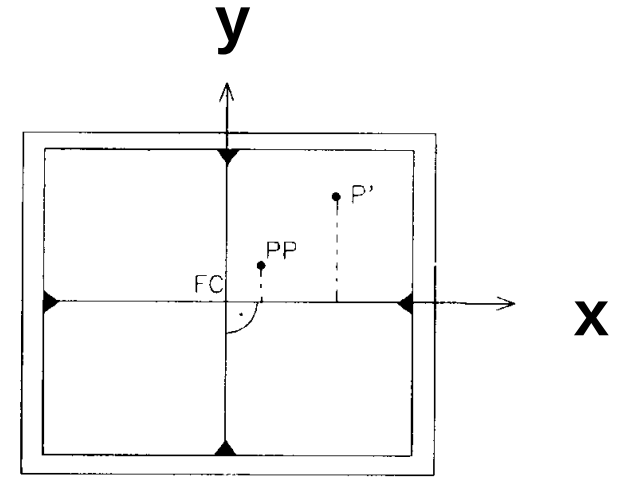
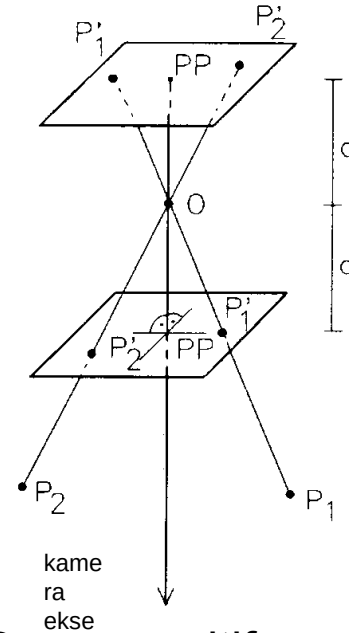
Fotogrametrik Terimler

İç Yönelme Elemanları:

- Asal noktanın koordinatları (P_x, y)
- İzdüşüm merkezinin koordinatları (X_0, Y_0, Z_0)
- Kamera odak uzaklığı c

negatif
fotoğraf

pozitif
fotoğraf



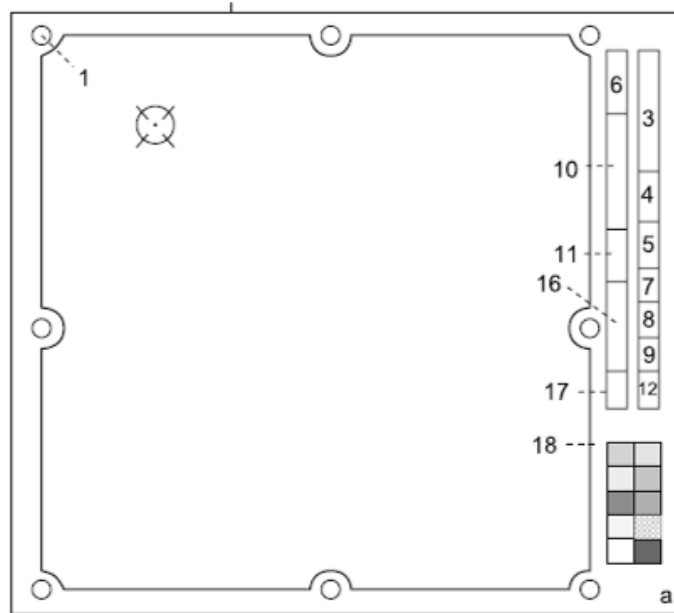
fotoğraf koordinat sistemi

Düsey pozitif ve negatif fotoğraf ve fotoğraf koordinat sistemi

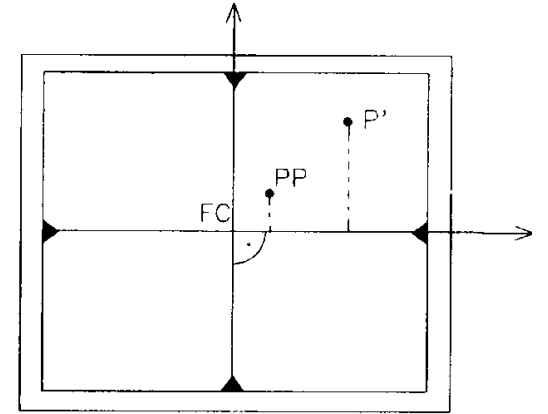
Fotogrametrik Terimler

Çerçeve işaretleri:

Fotogrametrik kameralarda çekilmiş fotoğrafların köşelerinde yada kenar orta noktalarında özel işaretler bulunur. Bunlara çerçeve işaretleri denir



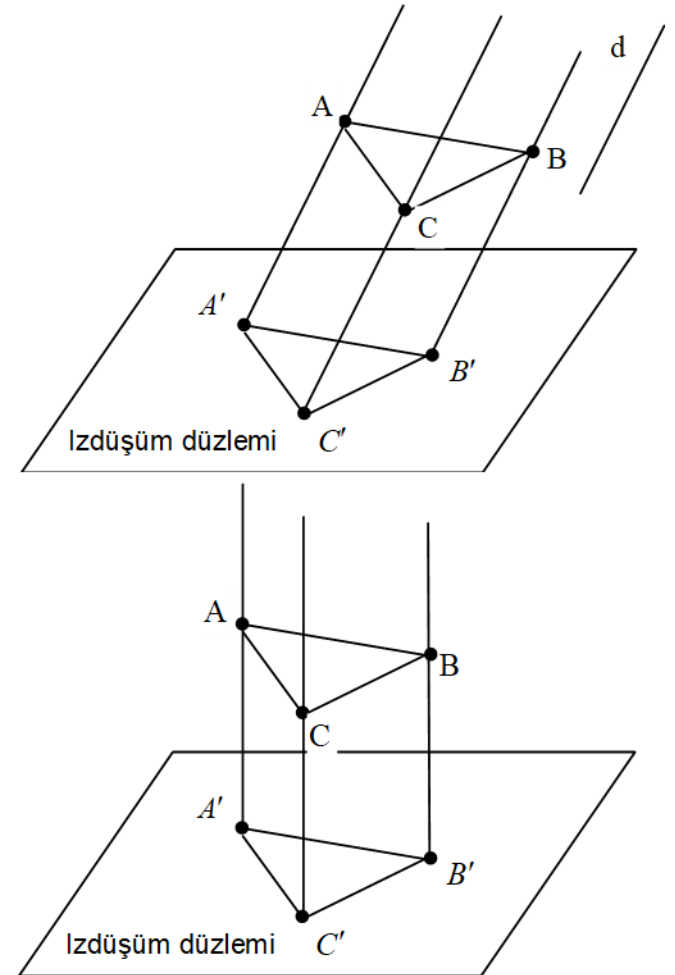
Çerçeve işaretleri



fotoğraf koordinat sistemi

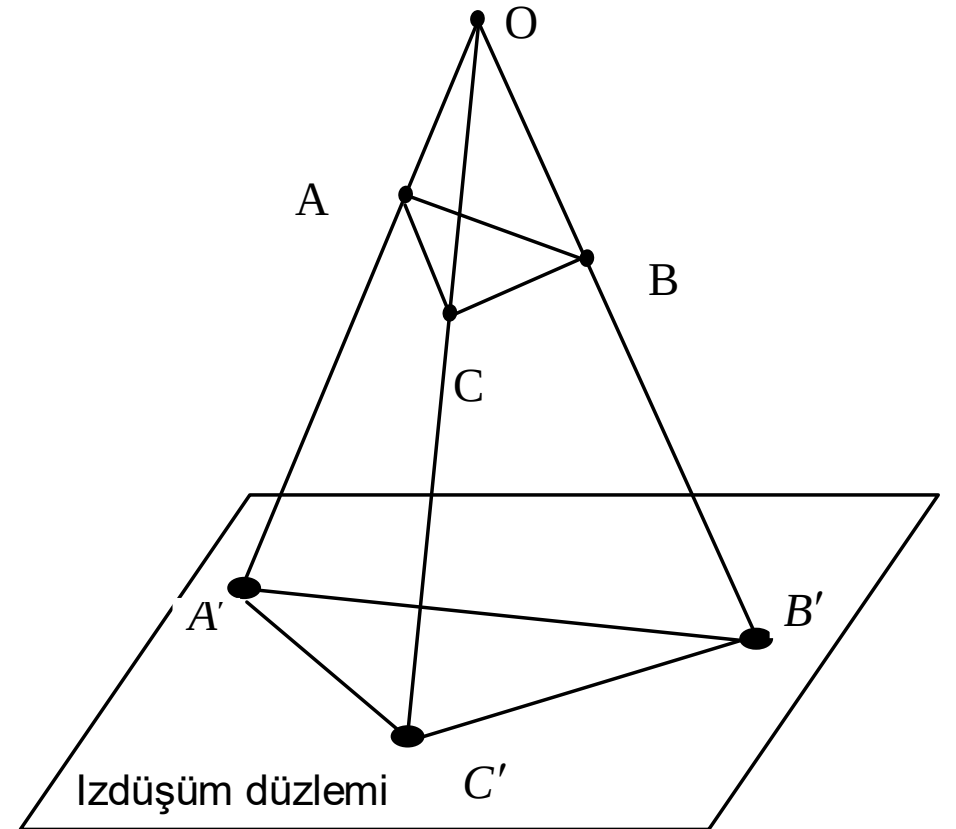
Geometrik Temeller

- Paralel İzdüşüm:
 - Bir d doğrusuna paralel İzdüşüm doğruları çizilerek İzdüşüm düzlemini deldiği noktalar bulunur
- Dik (ortogonal) izdüşüm:
 - İzdüşüm noktalarından izdüşüm düzlemine dikler inilir. Bu noktalar nesnenin izdüşüm noktalarıdır

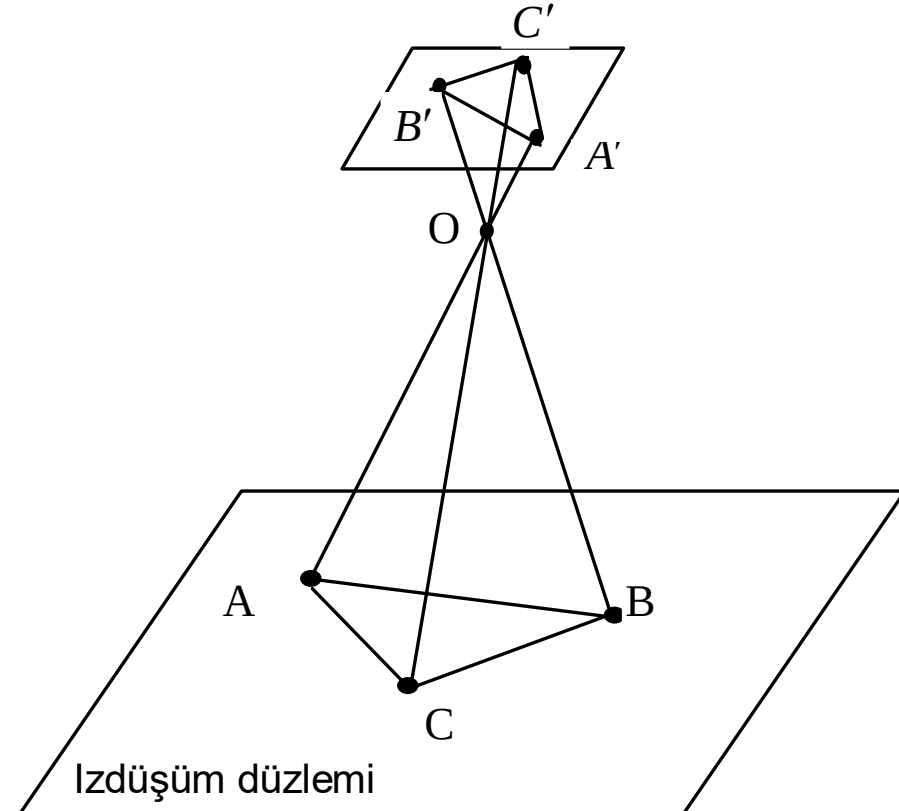
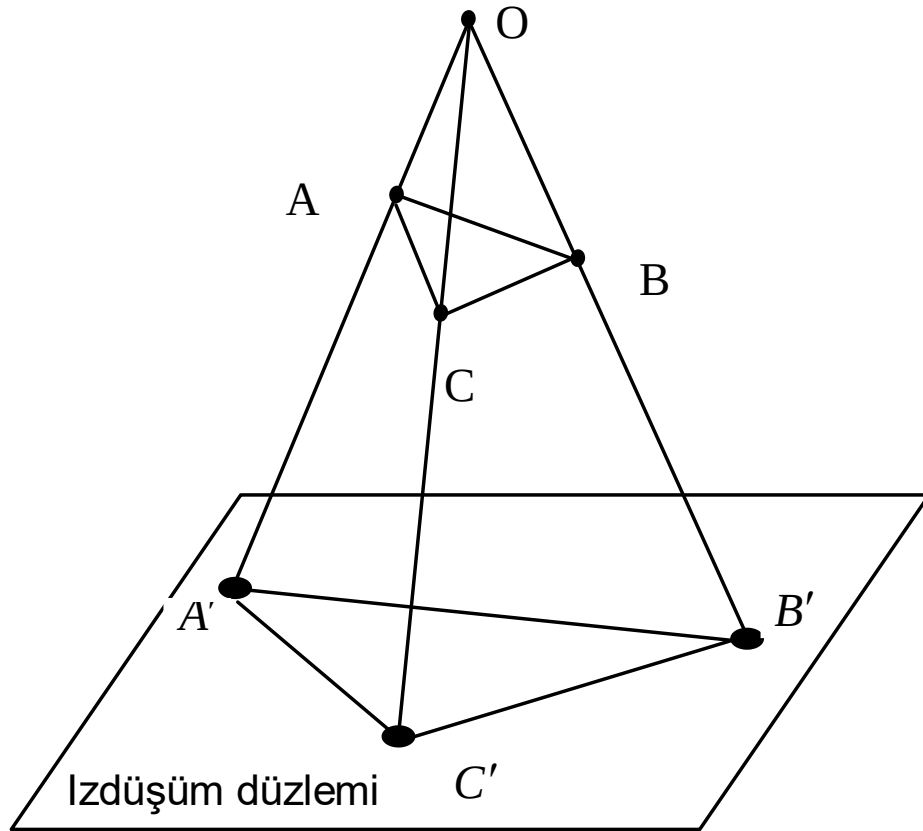


Geometrik Temeller

- Merkezsel izdüşüm:
- Uzay noktaları izdüşüm düzlemi dışındaki bir O noktası ile birleştirilir. Bu noktaların izdüşüm düzlemini deldiği noktalar ilgili noktaların merkezsel izdüşümüdür.

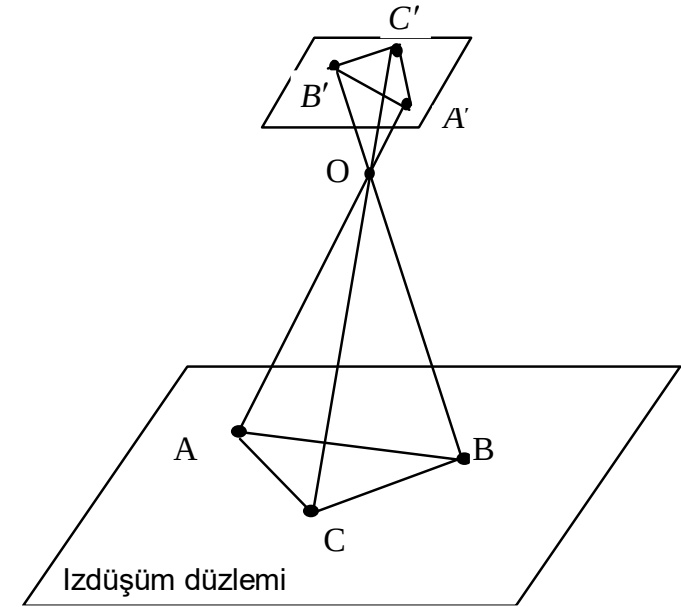
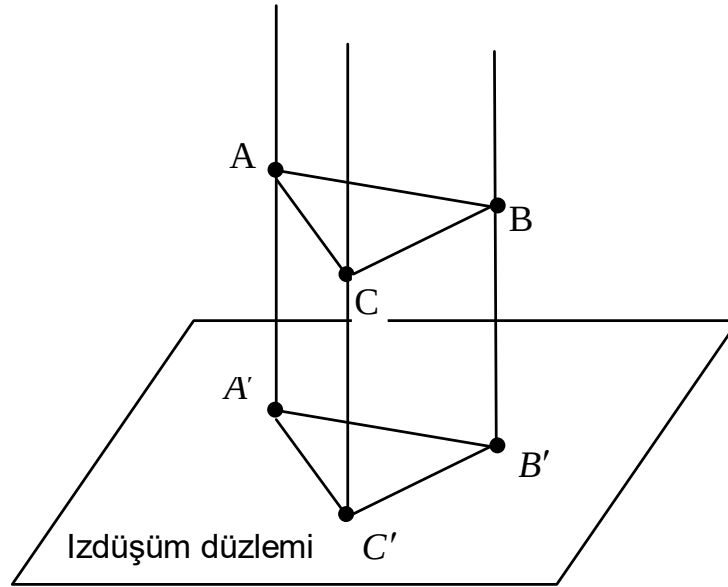
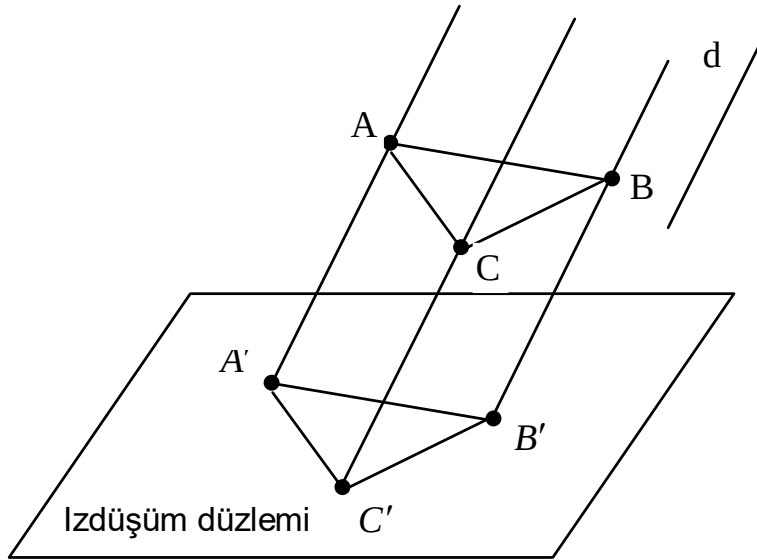


Geometrik Temeller



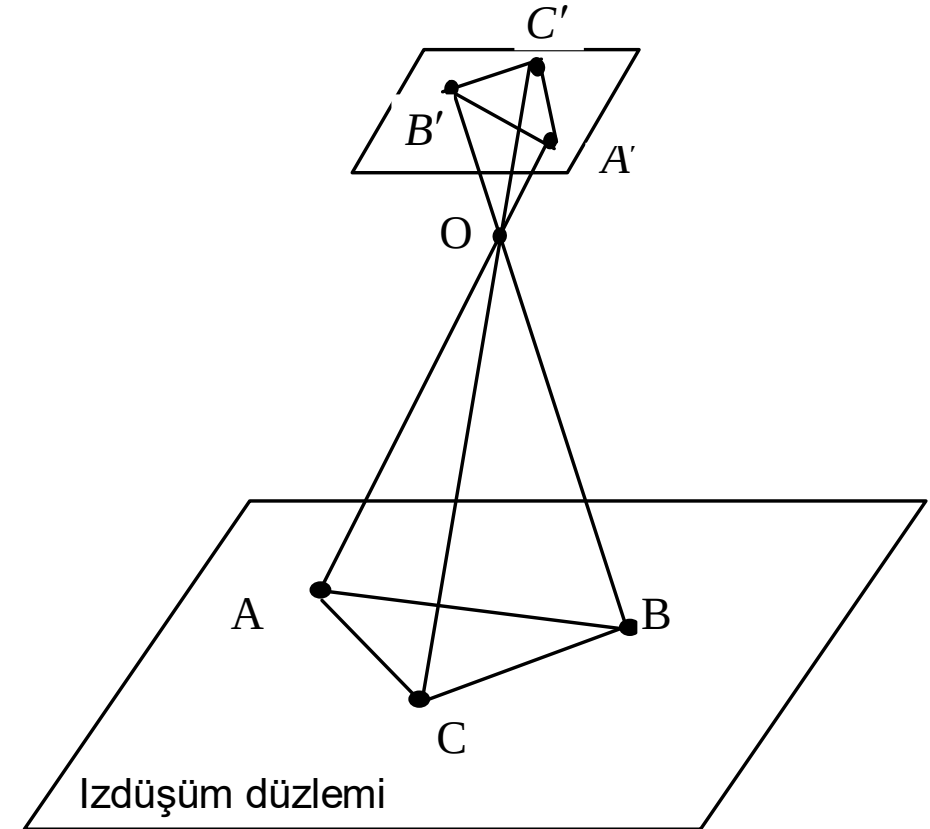
Geometrik Temeller

○ Fotoğraf?



Geometrik Temeller

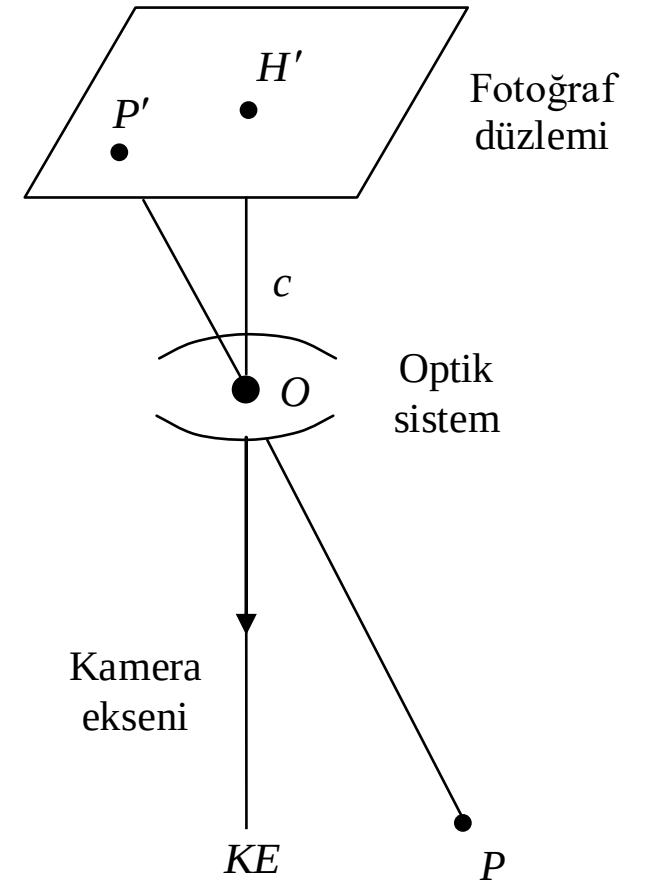
- Fotoğraf merkezsiz bir izdüşümdür ve O izdüşüm merkezi kamera optik sisteminin merkezidir ve tüm ışınlar bu noktadan geçer
- Geometrik olarak harita ile düşey bir hava fotoğrafı arasındaki en büyük fark farklı izdüşüme sahip oluşlarıdır



Geometrik Temeller

○ Merkezsel izdüşümün Özellikleri

- Üç boyutlu uzaydaki bir P noktasına karşılık izdüşüm düzleminde tek bir noktası vardır. Izdüşüm düzlemi üzerindeki noktasına karşılık izdüşüm ışını üzerindeki sonsuz sayıdaki nokta karşılık gelir ,
- Üç boyutlu uzaydaki bir d doğrusuna karşılık izdüşüm düzleminde tek bir d' doğrusu vardır. Izdüşüm düzlemi üzerindeki d' doğrusuna karşılık ise doğrusu ve O izdüşüm merkezinin belirlediği sonsuz sayıdaki doğru parçası karşılık gelir



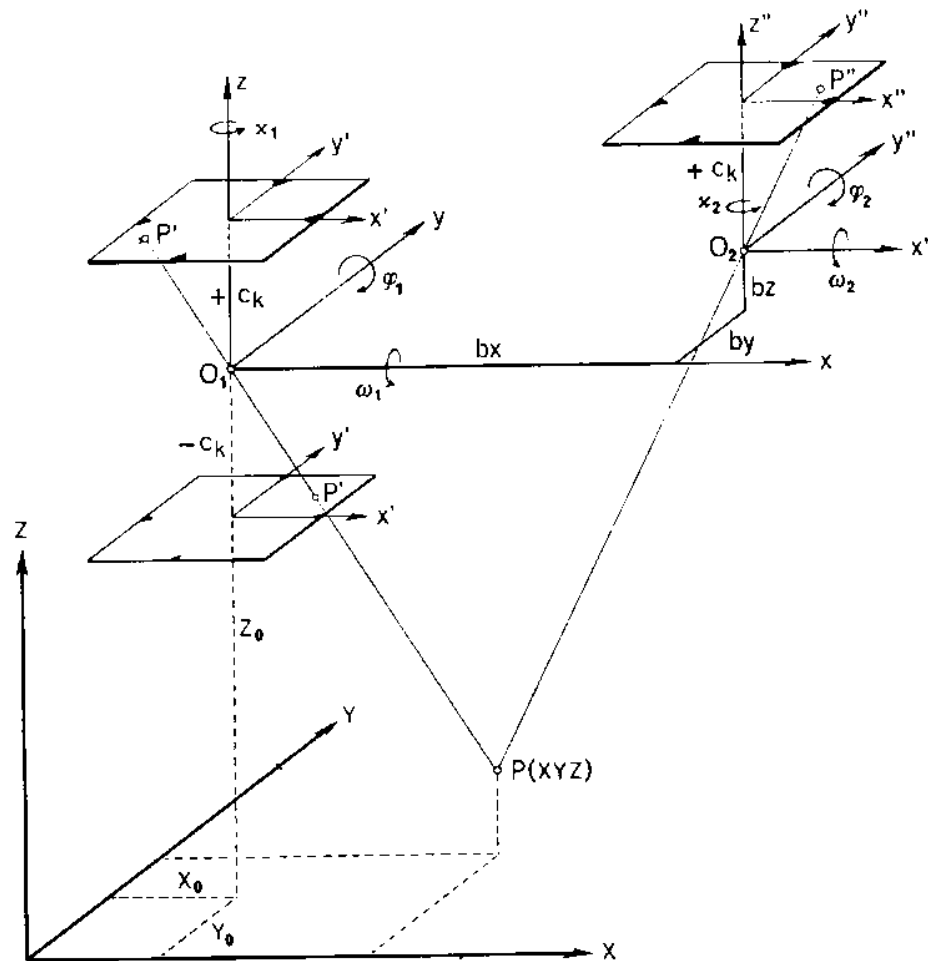
Geometrik Temeller

- Bu iki özellik tek bir merkezsiz izdüşümle üç boyutlu uzayın noktalarının bulunamayacağı anlamına gelir.
- Ancak iki boyutlu bir uzayın, bir düzlemin, merkezsiz izdüşümü söz konusu ise yukarıdaki iki özelliğin tersleri de geçerlidir. Yani izdüşüm düzlemindeki bir noktaya karşılık bir nokta bir doğru parçasına karşılık bir doğru parçası karşılık gelir

Geometrik Temeller

- Bu irdellemeler ışığında fotogrametrik ölçme yöntemi ile ilgili şu sonuçlar çıkarılır:
 - Nesne noktalarının X, Y, Z koordinatları tek bir fotoğraftan elde edilemez
 - Nesne uzayı bir düzlemse tek bir fotoğraf yeterli olabilir. Söz gelimi düz ve yatay bir arazinin tek bir hava fotoğrafı ile X, Y koordinatları bulunabilecektir. Aynı şekilde bir yapının düzlem olan cephesi üzerinde yapılacak ölçümler içinde tek bir fotoğraf yeterli olacaktır

Geometrik Temeller



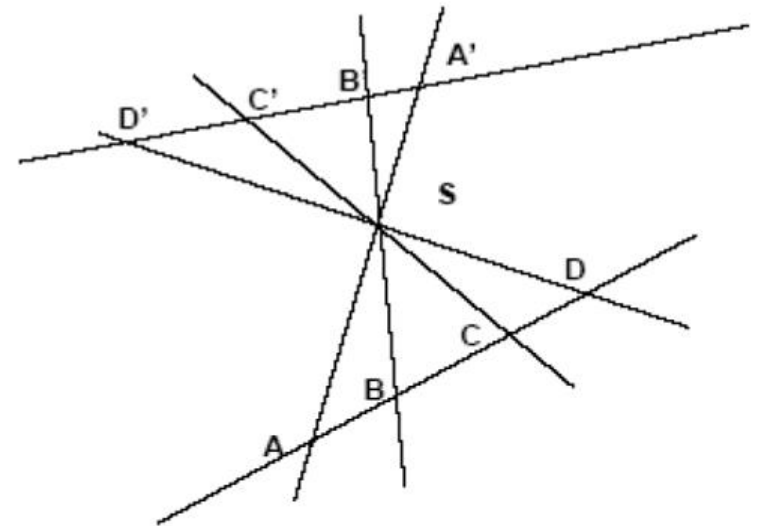
Geometrik Temeller



Geometrik Temeller

- **Çifte Oran Özelliği:** bir doğru üzerinde bulunan dört nokta için yazılacak bir çifte oran, merkezsiz izdüşümde değişmeden kalır.
- Bu özellik doğru demetleri arasında ilişki kurmak için kullanılabilir
- Bilinen üç doğru yardımıyla fotoğrafta bulunan dördüncü bir doğrunun nesne uzayındaki haritadaki karşılığı bulunabilir

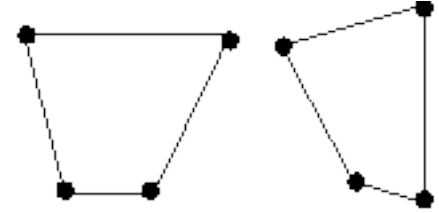
$$\frac{AC}{BC} \div \frac{AD}{BD} = \text{sabit}$$



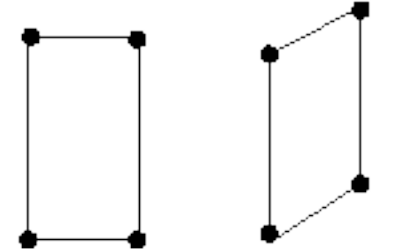
Koordinat Dönüşümleri

- BENZERLİK DÖNÜŞÜMÜ
- AFİN DÖNÜŞÜMÜ
- PROJEKTİF DÖNÜŞÜM

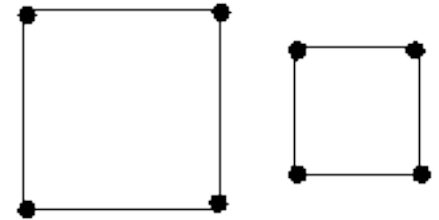
PROJEKTİF



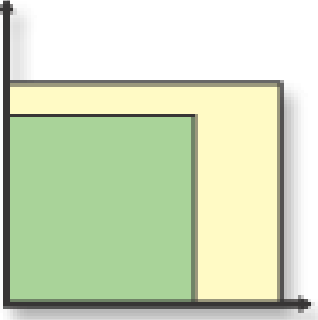
AFİN



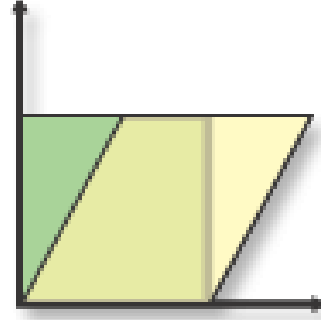
BENZERLİK



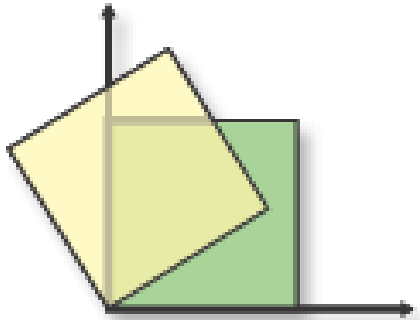
Koordinat Dönüşümleri



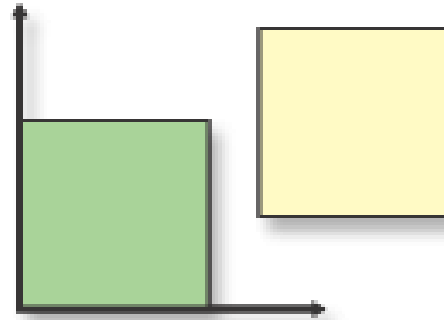
ÖLÇEK



EĞRİLİK



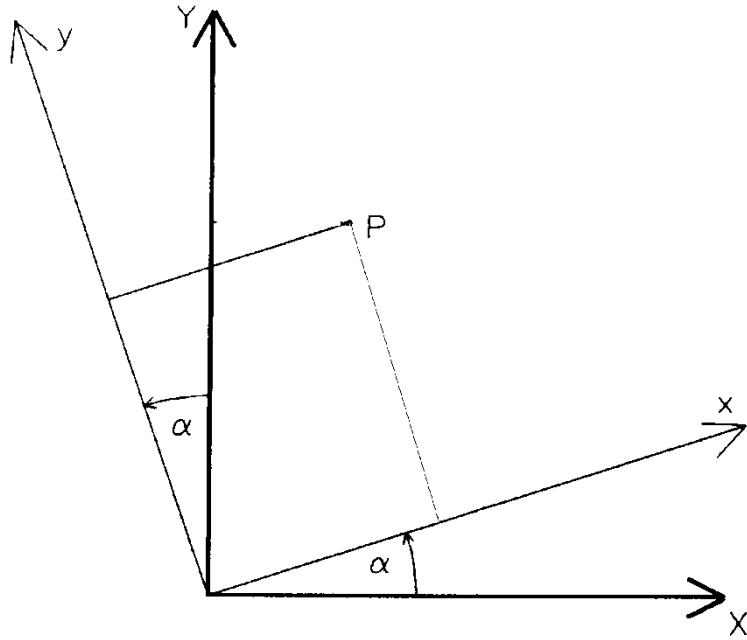
DÖNÜKLÜK



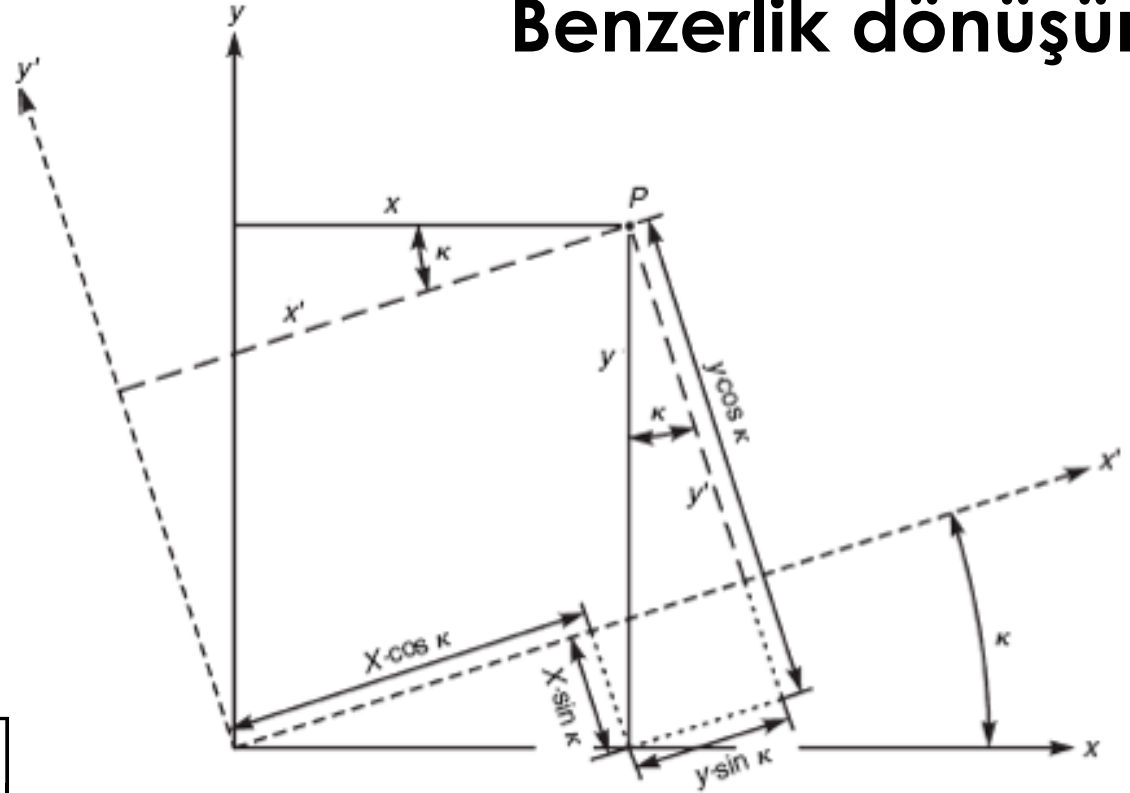
ÖTELEME

Koordinat Dönüşümleri

Benzerlik dönüşümü



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

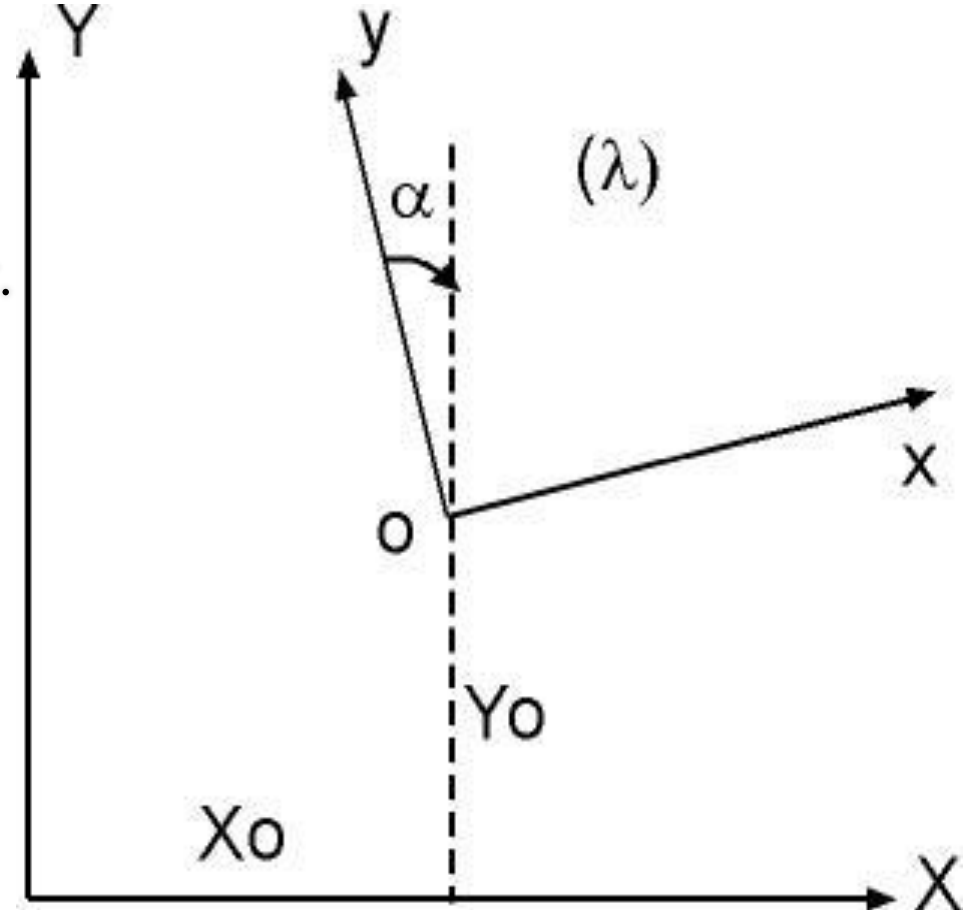


Koordinat Dönüşümleri

Benzerlik dönüşümü

- $\lambda = 1$ olduğunda özel bir dönüşüm olmakta ve ORTOGONAL DÖNÜŞÜM adını almaktadır.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \lambda \mathbf{A} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \end{bmatrix}$$

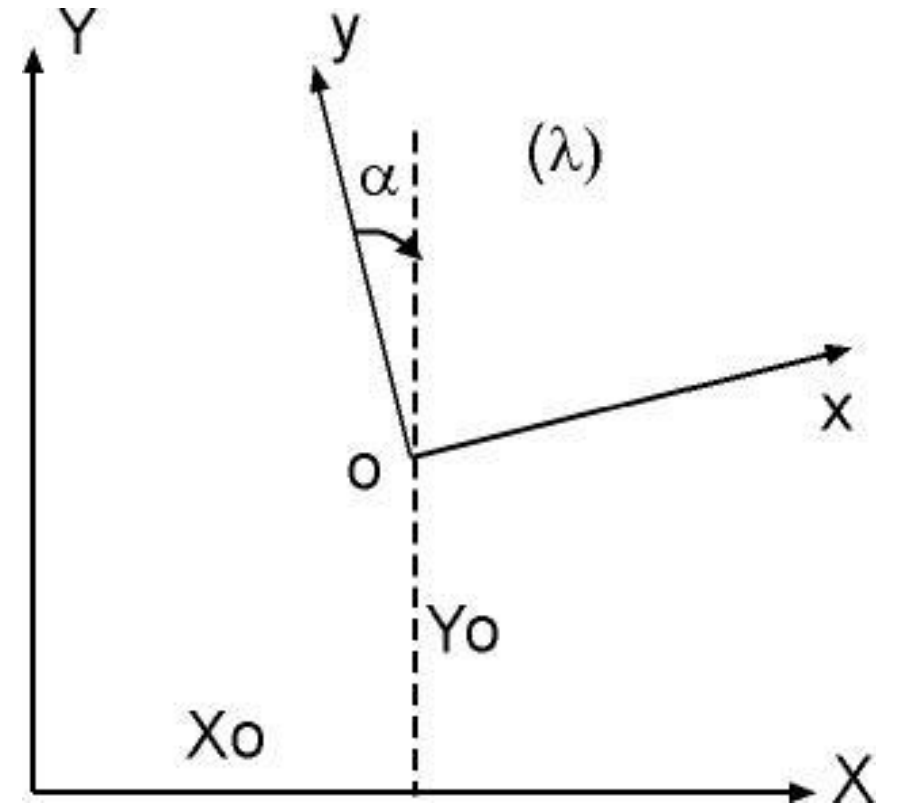


Koordinat Dönüşümleri

Benzerlik dönüşümü

$$X = x_0 + \lambda(x \cos \alpha - y \sin \alpha)$$

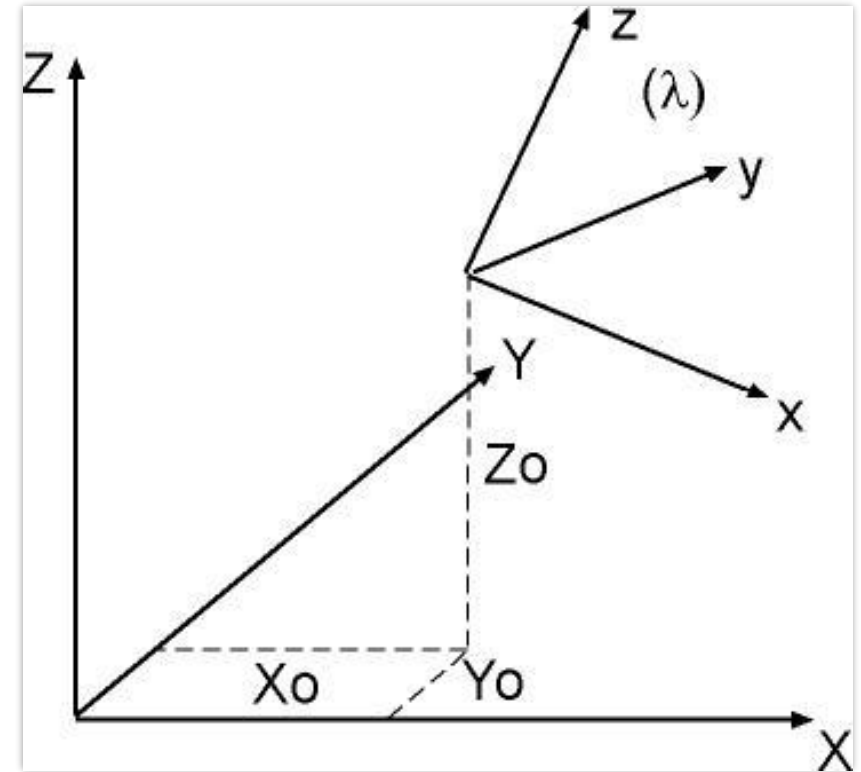
$$Y = y_0 + \lambda(x \sin \alpha + y \cos \alpha)$$



Koordinat Dönüşümleri

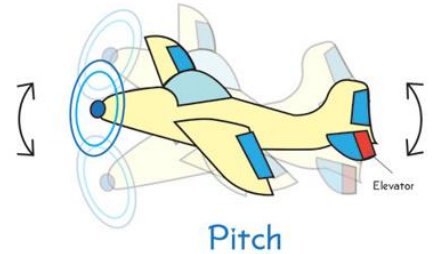
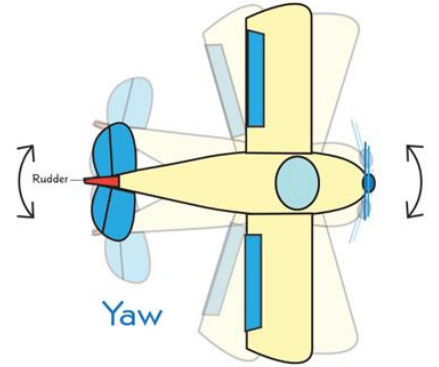
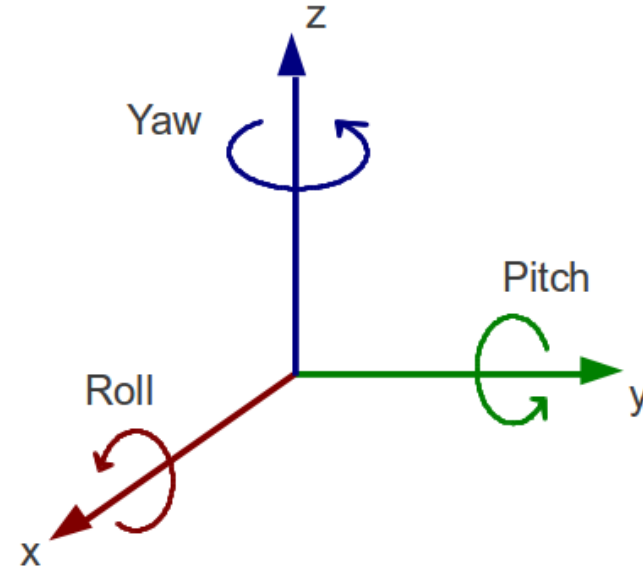
3D Benzerlik dönüşümü

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \lambda \mathbf{A} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix}$$



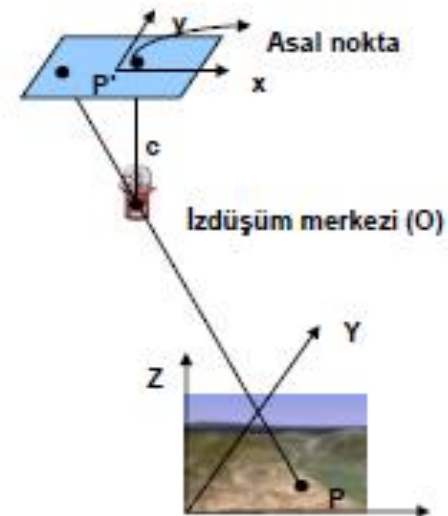
Koordinat Dönüşümleri

- O izdüşüm merkezine paralel
- XYZ uzay koordinat sistemi ele alınsın
- Elde edilen xyz koordinat sistemi ve bu eksenler etrafında dönüklük açıları
- **X-ekseni çevresindeki dönüklük ν (omega)**
- **Y-ekseni çevresindeki dönüklük φ (fi)**
- **Z-ekseni çevresindeki dönüklük κ (kappa)**



ODERS SONU

- **İzdüşüm merkezi(O):** Kamera optik sisteminin merkezidir.
- **İzdüşüm ışını:** POP'doğru parçasını oluşturan ışın.
- **Asal uzaklık:** Fotoğraf düzlemi ile izdüşüm merkezi arasında ki uzaklık (c).



Kamera optik sistemi



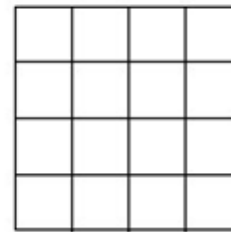
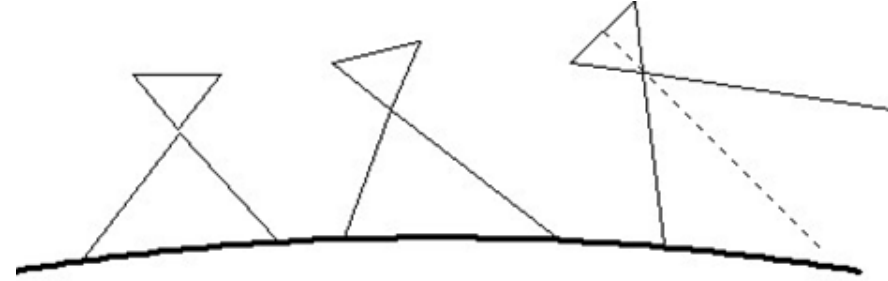
Kaynak: A. Rohrbach

- **Asal Eksen:** Kamera optik sisteminin eksenine kamera ekseni yada asal eksen denir.
- **DüŖey Fotoğraf:** Kamera ekseni düŖey konumdayken çekilen fotoęraftır.
- **Yatay Fotoğraf:** Kamera ekseni yatay konumdayken çekilen fotoęraftır (Yersel Fotogrametri).
- **Eğik Fotoğraf:** Kamera ekseni herhangi bir konumdayken çekilen fotoęraftır.

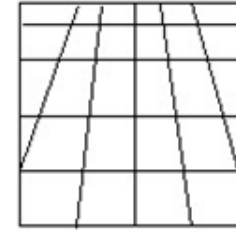


Fotoğraf Çekimi

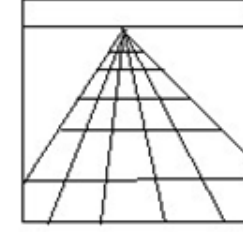
- Düşey yani araziye paralel çekilsin istenir
Kamera eksenini $< 3^{\circ}$ - 5° düşey doğrultu=Normal alım



Düşey

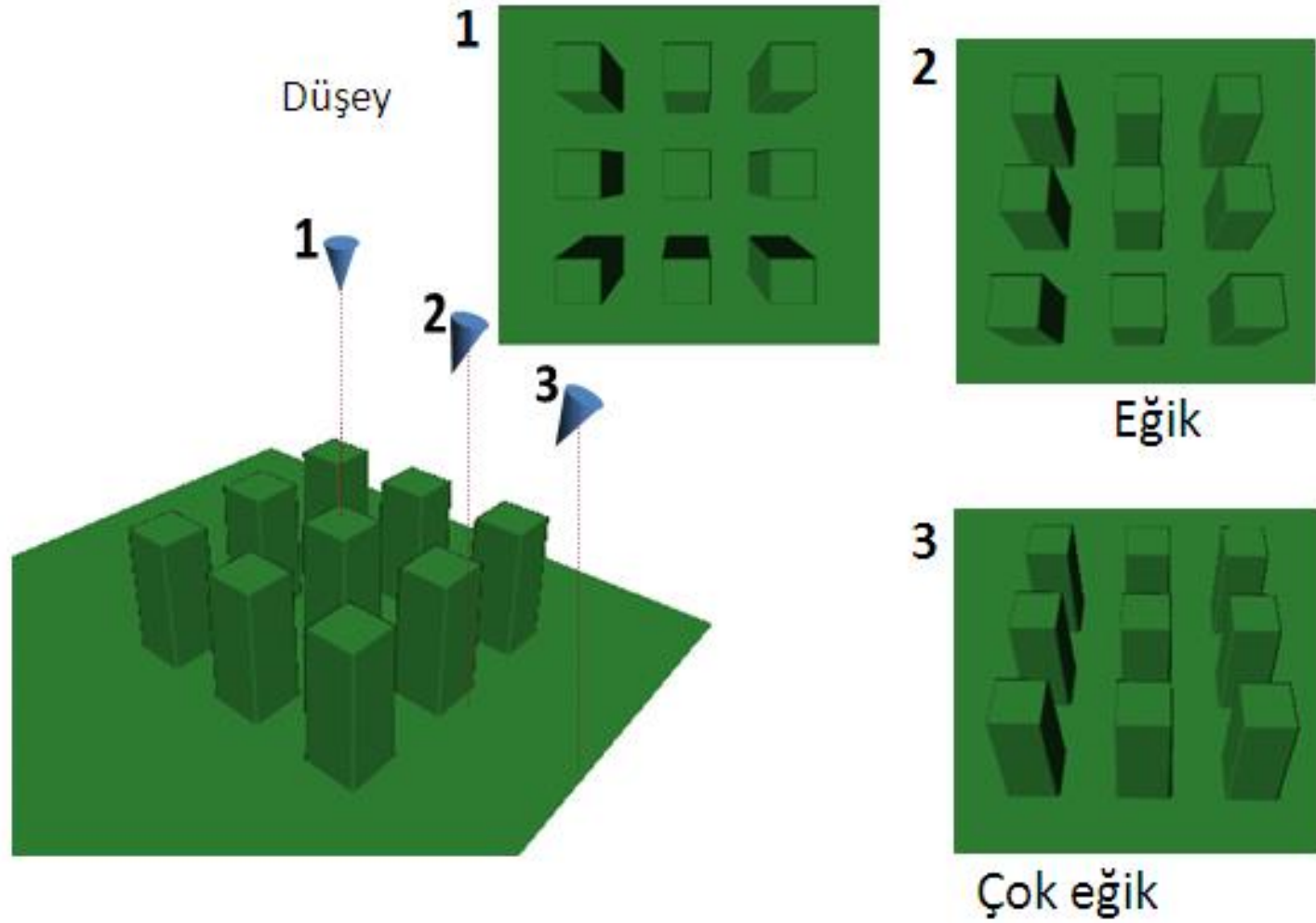


Eğik

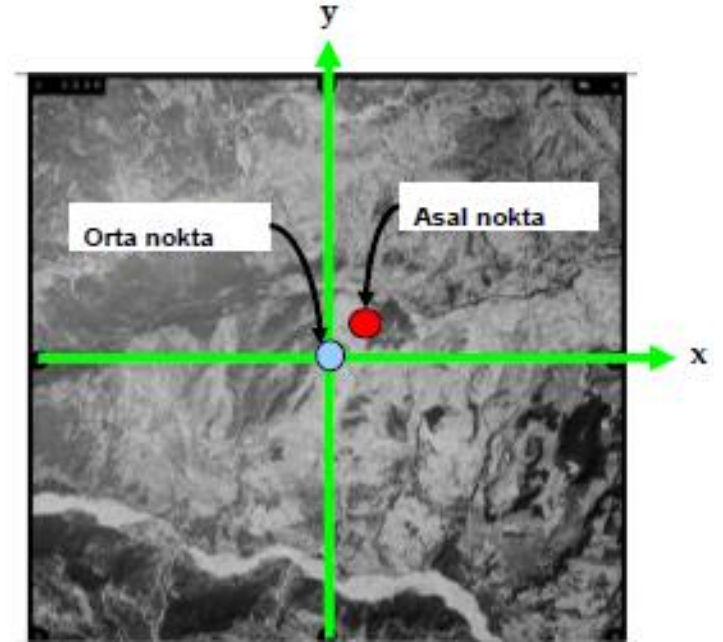
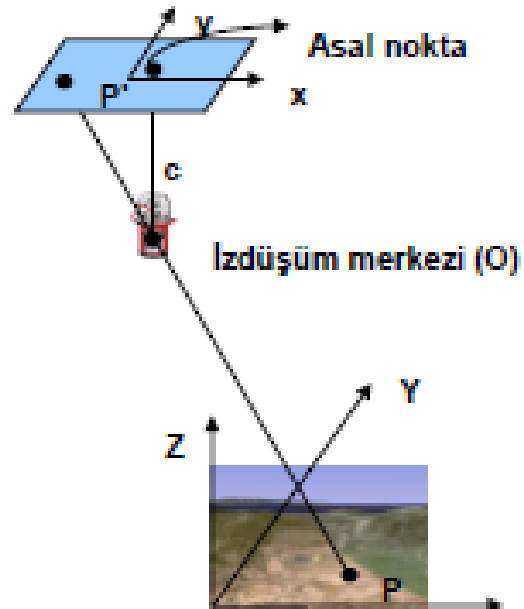


Çok eğik

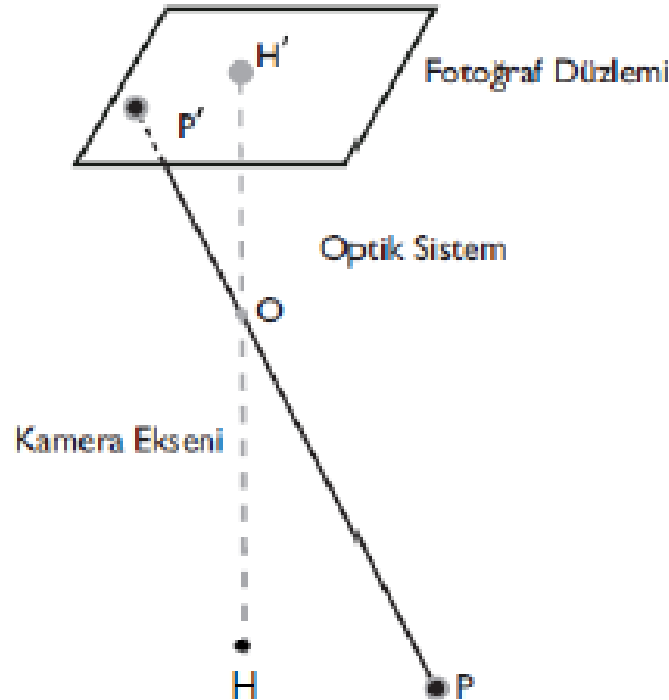
Fotoğraf çekimi



- **Asal Nokta:** İzdüşüm merkezinin fotoğraf düzlemine dik iz düşümüdür. Orta noktaya çok yakındır.

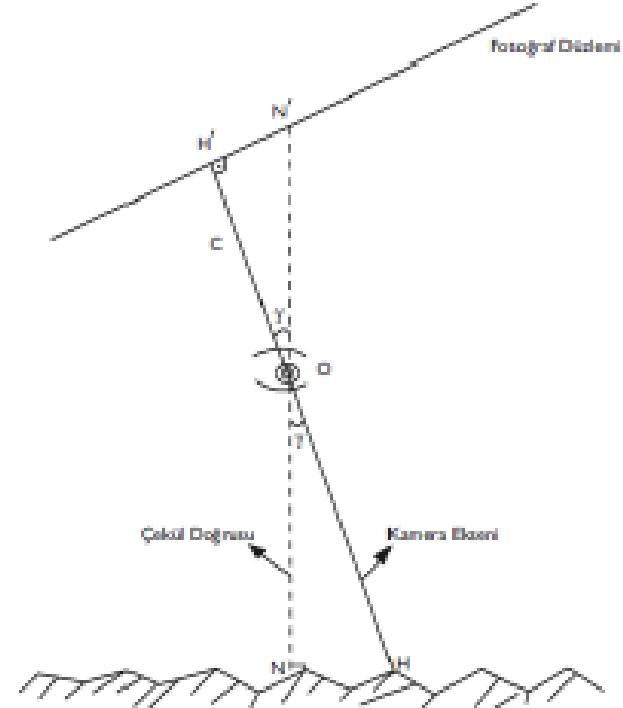


- **Asal Nokta:** Bu nokta aynı zaman da kamera ekseninin fotoğraf düzlemini ve nesne yüzeyini deldiği H ve H' noktasıdır.



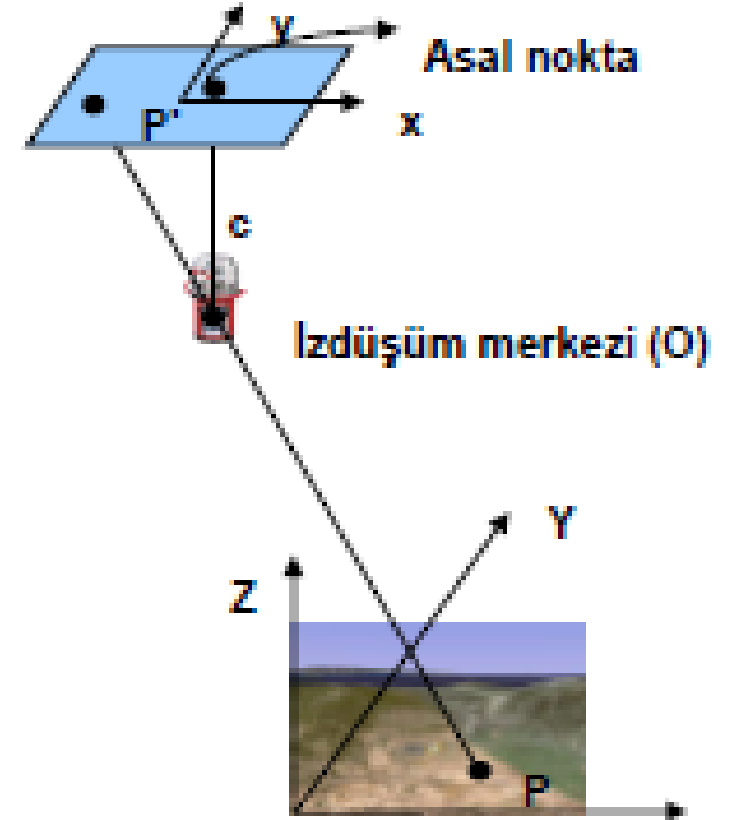
Kaynak: Yaşayan, 2011

- **Ayak ucu (Nadir) Noktası (NN')**: İzdüşüm merkezinden geçen çekül doğrusu, fotoğraf ve araziyi, ayak ucu noktasında keser.



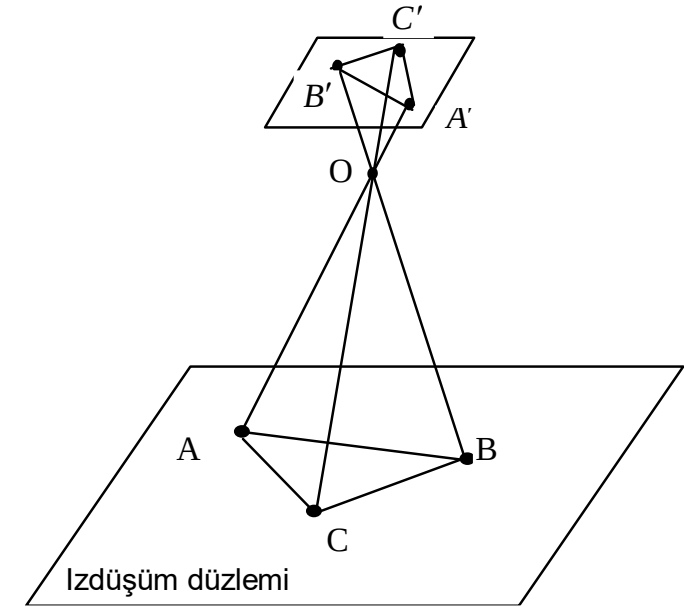
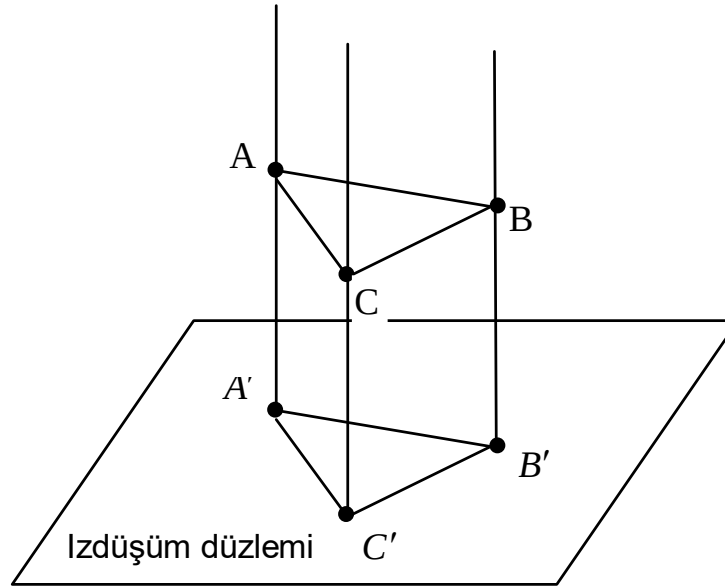
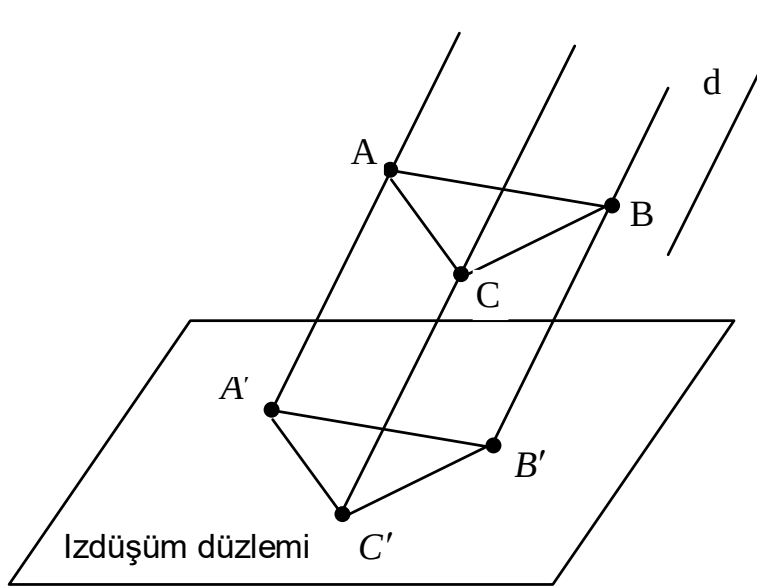
○ İç Yöneltilme Elemanları:

- X_0, Y_0 (asal noktanın koordinatları)
- C (kamera odak uzaklığı) (asal uzaklık)

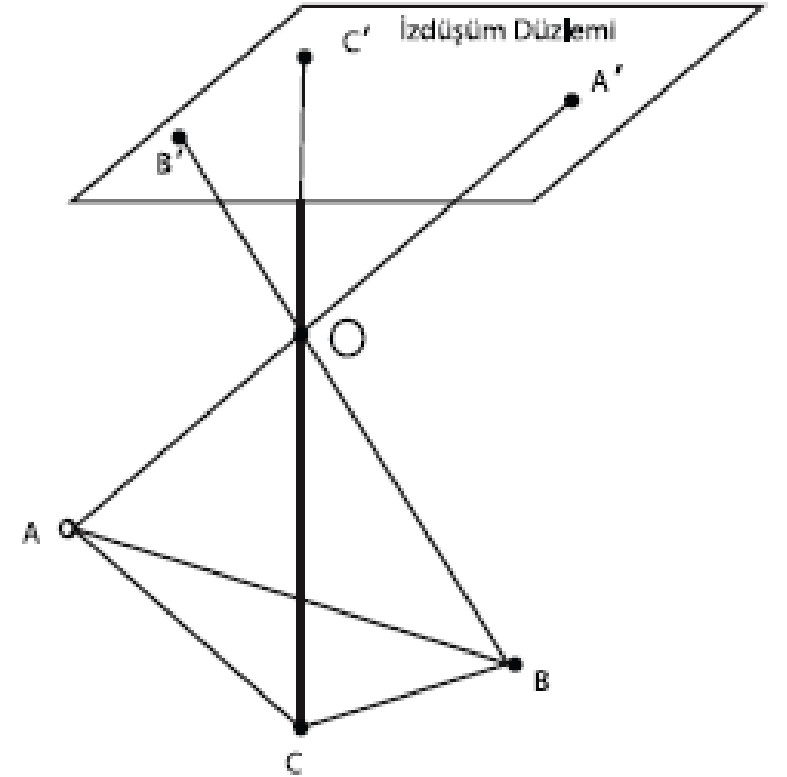


○ 3D UZAYDA noktalar bir DÜZLEME üç İZDÜŞÜM yöntemi ile aktarılır.

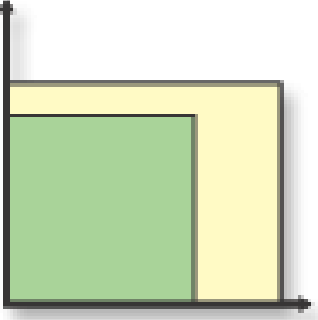
○ HARİTA? FOTOĞRAF?



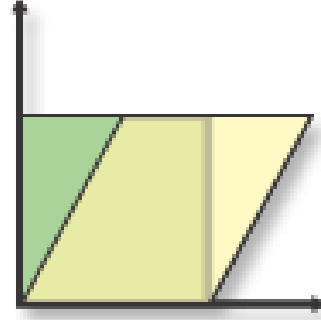
- Üç boyutlu uzayda bir A noktasına karşılık izdüşüm düzleminde tek bir A' noktası vardır.
- İzdüşüm düzlemindeki A' noktasına karşılık ise A'O izdüşüm ışını üzerinde bulunan sonsuz sayıda nokta karşılık gelir.
- 3 BOYUTU DÜZLEME İNDİRGEMEK İÇİN?



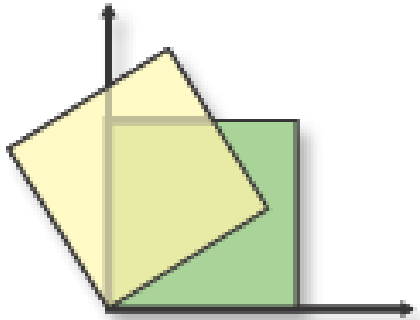
Koordinat Dönüşümleri



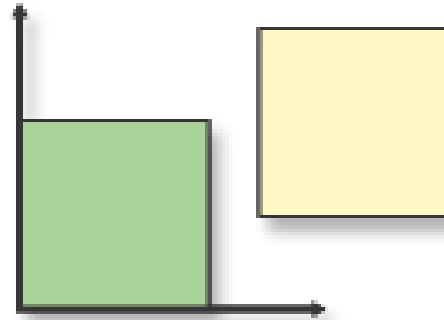
ÖLÇEK



EĞRİLİK

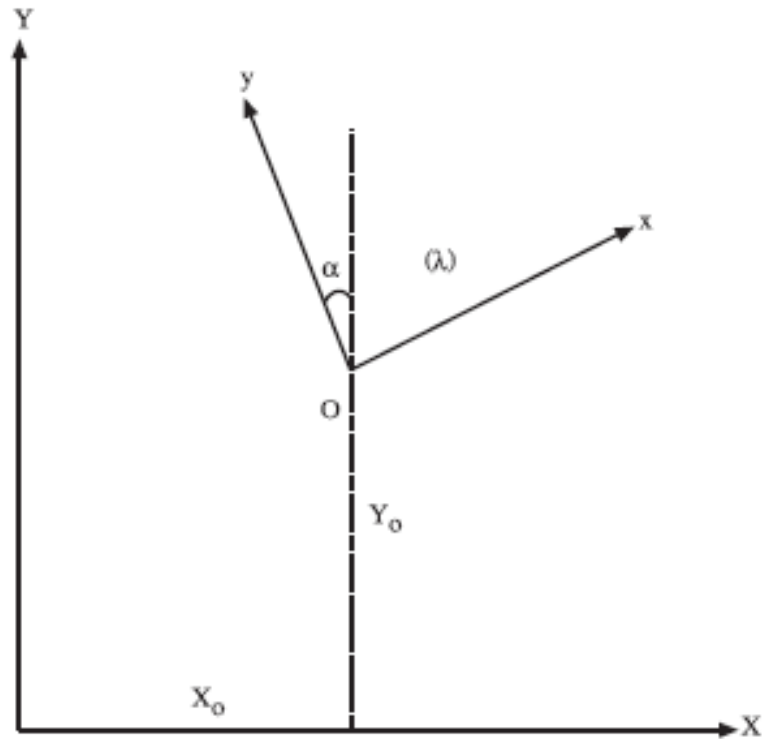


DÖNÜKLÜK



ÖTELEME

Benzerlik Dönüşümü



x, y : 1. sistemin koordinatları

X, Y : 2. sistemin koordinatları

α : koordinat sistemleri arasındaki dönüklük açısı

λ : ölçek faktörü

X_0, Y_0 : öteleme elemanları

Bu dönüşüm formüllerine iki boyutlu *benzerlik dönüşümü* formülleri denir.

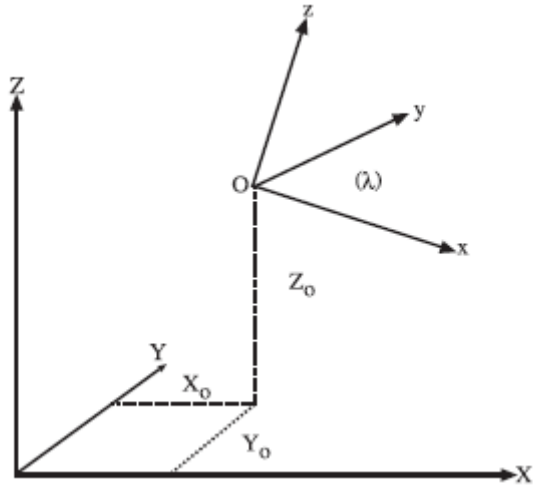
$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \lambda \mathbf{A} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \end{bmatrix} \quad \mathbf{A} = \begin{bmatrix} \cos\alpha & -\sin\alpha \\ \sin\alpha & \cos\alpha \end{bmatrix}$$

$$X = \lambda \cdot (x \cdot \cos\alpha - y \cdot \sin\alpha) + X_0$$

$$Y = \lambda \cdot (x \cdot \sin\alpha + y \cdot \cos\alpha) + Y_0$$

Benzerlik Dönüşümü

- ÖLÇEK
- DÖNÜKLÜK
- ÖTELEME



Başlangıçları aynı olan iki üç boyutlu dik koordinat sistemi (kartezyen koordinat sistemi) arasındaki dönüşüm

Bu iki koordinat sistemi arasında bir ölçek katsayısı ve öteleme varsa, genel bir üç boyutlu benzerlik dönüşümü formülü

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

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \lambda A \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix}$$

- ŞEKİL DEĞİŞİR Mİ?
- $\lambda = 1$ ise ORTOGONAL DÖNÜŞÜM
- A ORTOGONAL MATRİS

Ortogonal matrisin tersi transpozmesine eşittir.

- $A^{-1} = A^T$

Matrisin kendisiyle çarpımı 1'e eşittir.

- $|A^2| = 1$

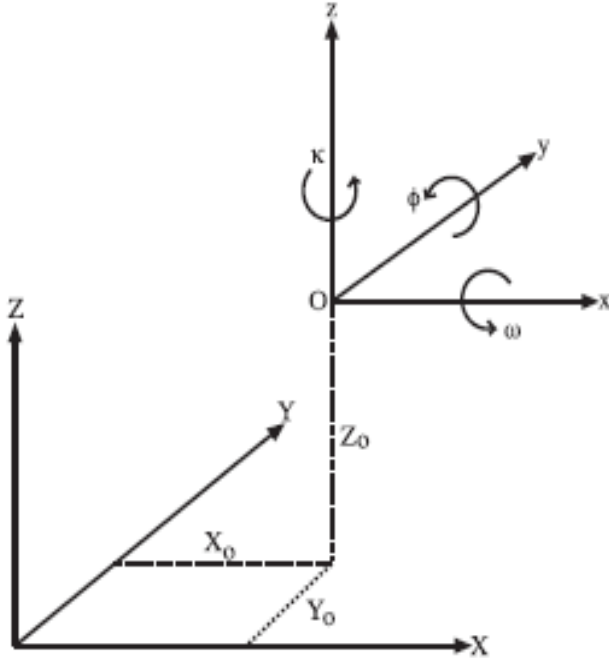
Her satırdaki ve sütundaki elemanların karelerinin toplamı 1'e eşittir. İkinci satır için;

- $a_{21}^2 + a_{22}^2 + a_{23}^2 = 1$

İki satır, ya da iki sütundaki elemanların karşılıklı olarak çarpımlarının toplamı sıfıra eşittir. Örneğin ikinci ve birinci sütun elemanları için;

- $a_{11} = \pm(a_{22}a_{33} - a_{23}a_{32})$

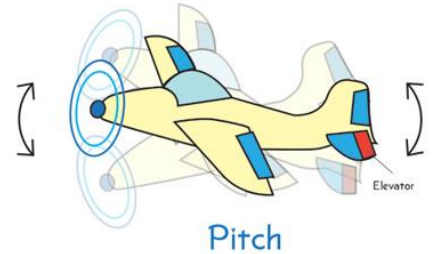
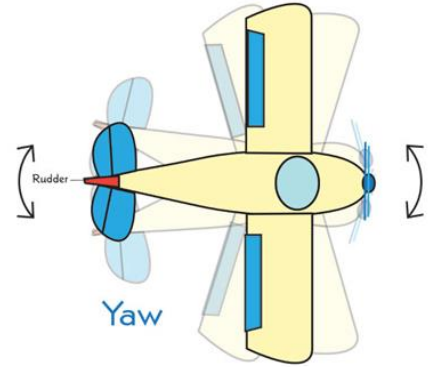
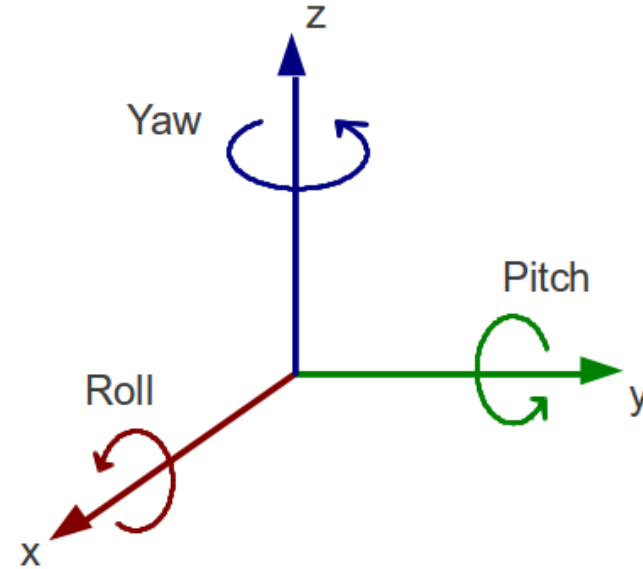
DÖNÜKLÜKLER



- O izdüşüm merkezine paralel
- XYZ uzay koordinat sistemi ele alınsın
- Elde edilen xyz koordinat sistemi ve bu eksenler etrafında dönüklük açıları
- X -ekseni çevresindeki dönüklük ω (omega)
- Y -ekseni çevresindeki dönüklük ϕ (fi)
- Z -ekseni çevresindeki dönüklük κ (kappa)

Koordinat Dönüşümleri

- O izdüşüm merkezine paralel
- XYZ uzay koordinat sistemi ele alınsın
- Elde edilen xyz koordinat sistemi ve bu eksenler etrafında dönüklük açıları
- **X-ekseni çevresindeki dönüklük ψ (omega)**
- **Y-ekseni çevresindeki dönüklük ϕ (fi)**
- **Z-ekseni çevresindeki dönüklük θ (kappa)**



○ İç Yöneltilme Elemanları:

- X_0, Y_0 (asal noktanın koordinatları)
- C (kamera odak uzaklığı) (asal uzaklık)

- 3 öteleme ve 3 dönüklükten oluşan altı elemana bir fotoğrafın

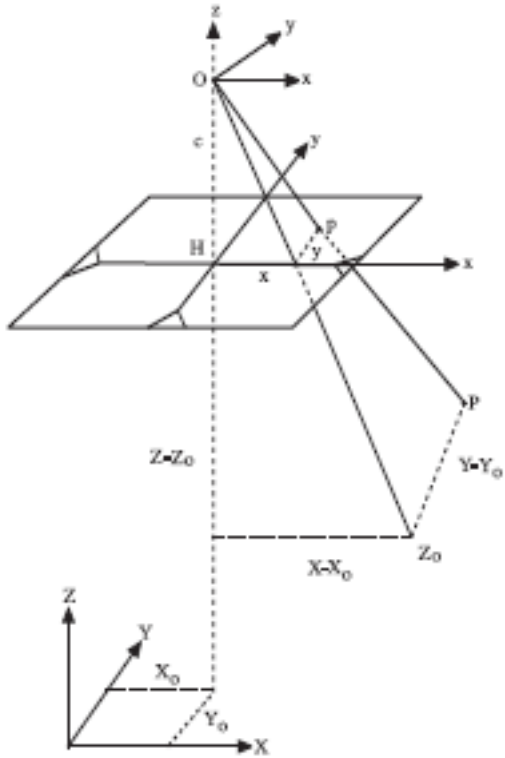
Dış Yönelme Elemanları denir.

- (X_o, Y_o, Z_o) (İzdüşüm merkezinin koordinatları)
- v, φ, k (Dönüklükler)

- X_0, Y_0 (asal noktanın koordinatları)
- C (kamera odak uzaklığı) (asal uzaklık)
- (X_o, Y_o, Z_o) (İzdüşüm merkezinin koordinatları)
- v, φ, k (Dönüklükler)

○ **merkezzel izdüşümü**

İZDÜŞÜM DENKLEMLERİ



Tam düşey hava fotoğrafı için elde edilen denklemlere izdüşüm denklemleri denir.

X ve x eksenlerinin paralel olduğunu kabul edelim.

Eğer orta ve asal nokta çakışıksa ve eksenler arası dönüklük yoksa:

- Birinci ve ikinci eşitlikler, üçüncü eşitliğe bölünürse

$$\frac{X - X_0}{Z - Z_0} = -\frac{x}{c}$$

$$\frac{Y - Y_0}{Z - Z_0} = -\frac{y}{c}$$

$$x = -c \frac{X - X_0}{Z - Z_0}$$

$$y = -c \frac{Y - Y_0}{Z - Z_0}$$

$$\frac{X - X_0}{x} = \frac{Y - Y_0}{y} = \frac{Z - Z_0}{-c} = \lambda$$

$$X - X_0 = \lambda x$$

$$Y - Y_0 = \lambda y$$

$$Z - Z_0 = -\lambda c$$

MERKEZSEL İZDÜŞÜM DENKLEMLERİ

A matrisi, her biri ortogonal olan ve düzlem dönüklükten elde edilen üç matrisin arka arkaya çarpımları ile elde edilen bir matristir. Matris çarpımlarında sıra önemlidir.

$$\mathbf{A}_{\omega\varphi\kappa} = \mathbf{A}_{\omega}\mathbf{A}_{\varphi}\mathbf{A}_{\kappa} = \mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{A}_{\omega\varphi\kappa} = \begin{pmatrix} \cos\varphi\cos\kappa & -\cos\varphi\sin\kappa & \sin\varphi \\ \cos\omega\sin\kappa + \sin\omega\sin\varphi\cos\kappa & \cos\omega\cos\kappa - \sin\omega\sin\varphi\sin\kappa & -\sin\omega\cos\varphi \\ \sin\omega\sin\kappa - \cos\omega\sin\varphi\cos\kappa & \sin\omega\cos\kappa + \cos\omega\sin\varphi\sin\kappa & \cos\omega\cos\varphi \end{pmatrix}$$

MERKEZSEL İZDÜŞÜM DENKLEMLERİ

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \lambda A \begin{bmatrix} x \\ y \\ -c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix}$$

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

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

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

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

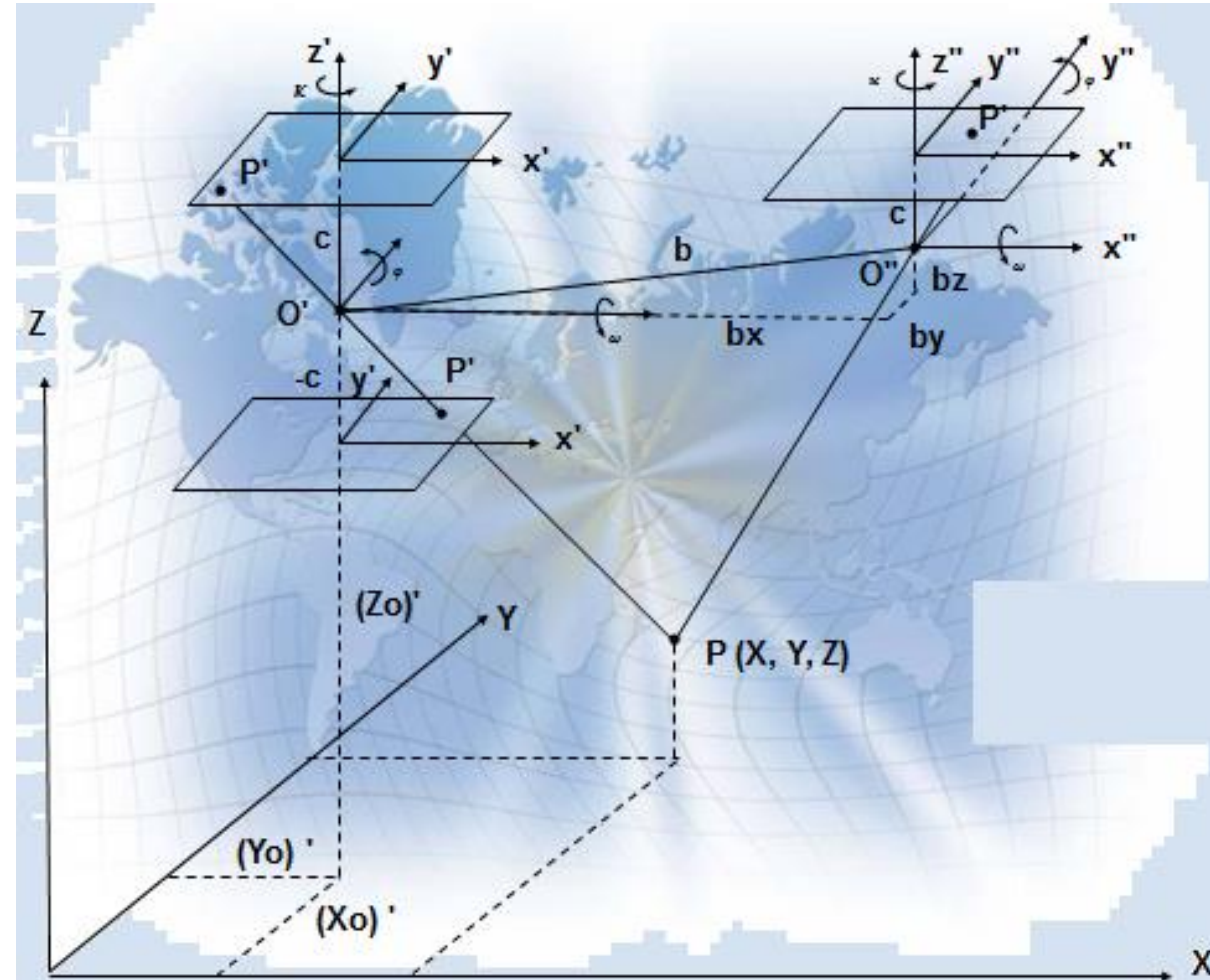
$$\frac{Y - Y_0}{Z - Z_0} = \frac{a_{21}x + a_{22}y - a_{23}c}{a_{31}x + a_{32}y - a_{33}c}$$

○ İÇ YÖNELTME

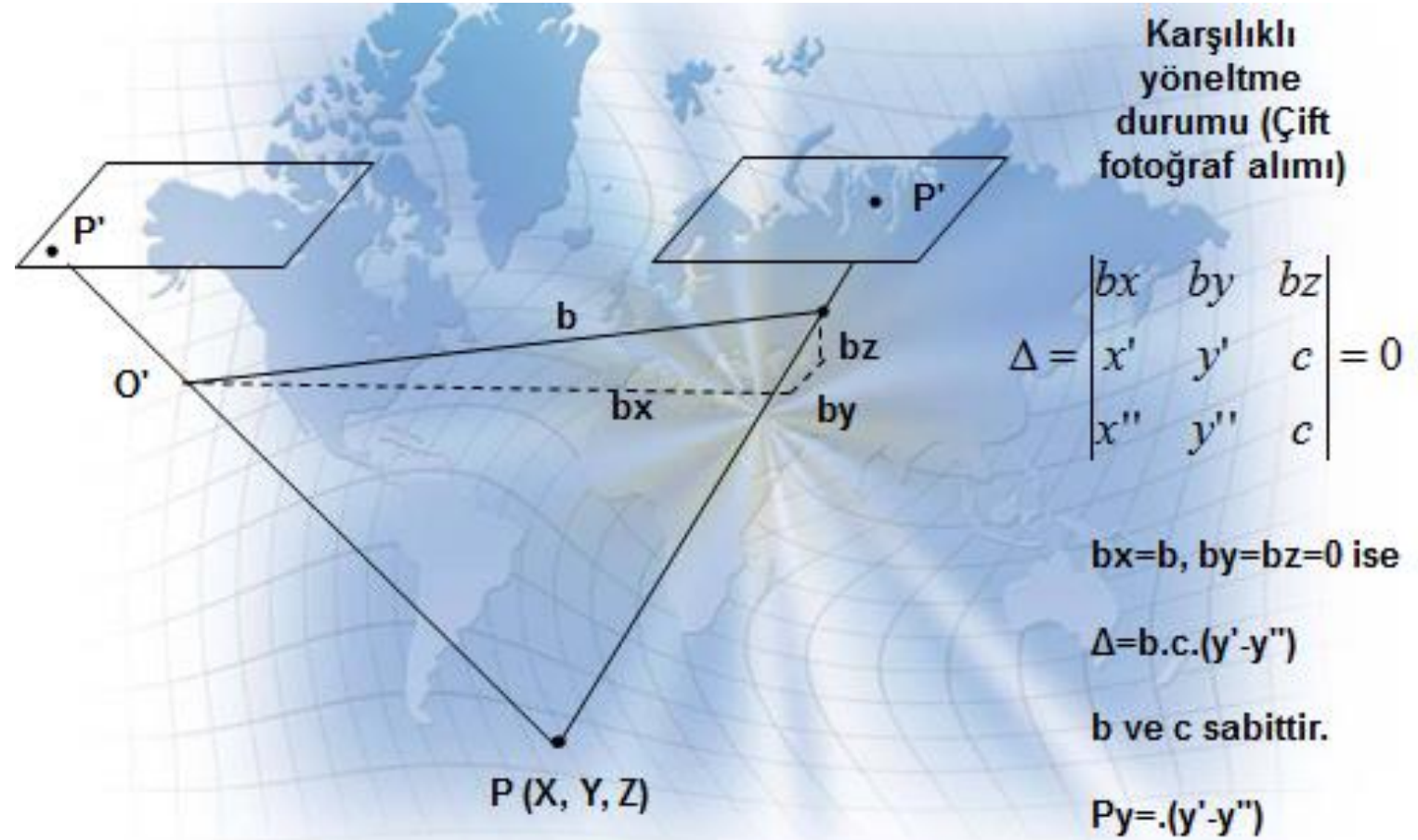
○ DIŞ YÖNELTME

○ **KARŞILIKLI YÖNELTME**

GEOMETRİK VE MATEMATİKSEL TEMELLER - Karşılıklı yöneltme durumu (Çift fotoğraf alımı)



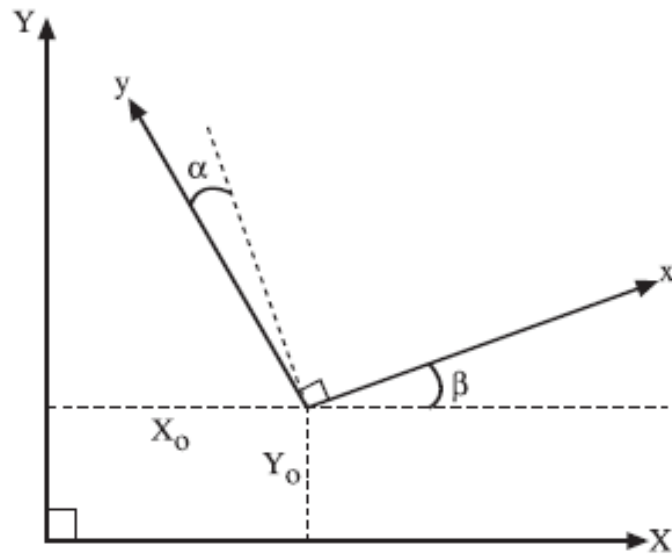
GEOMETRİK VE MATEMATİKSEL TEMELLER - Düzlemdeşlik Koşulu



AFİN Dönüşümü

- ÖLÇEK
- DÖNÜKLÜK
- ÖTELEME

İki Boyutlu Affin Dönüşümü



$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_x \cos \alpha & \lambda_y \sin \beta \\ \lambda_x \sin \alpha & \lambda_y \cos \beta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \end{bmatrix}$$

x, y : 1. sistemin koordinatları

X, Y : 2. sistemin koordinatları

λ_x, λ_y : x ve y yönündeki ölçek faktörü

α, β : x ve y eksenleri etrafındaki dönüklük

X_0, Y_0 : öteleme elemanları

$$\lambda_x \cos \alpha = a, \quad -\lambda_y \sin \beta = b, \quad X_0 = c$$

$$\lambda_x \sin \alpha = d, \quad -\lambda_y \cos \beta = e, \quad Y_0 = f$$

$$X = ax + by + c$$

$$Y = dx + ey + f$$

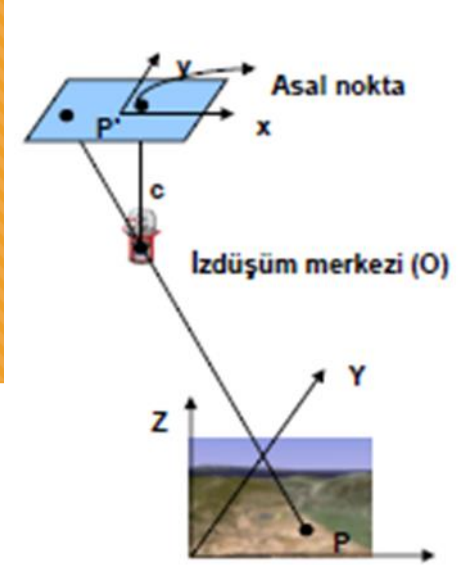
$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ d & e \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c \\ f \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \lambda A \begin{bmatrix} x \\ y \\ -c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix}$$

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

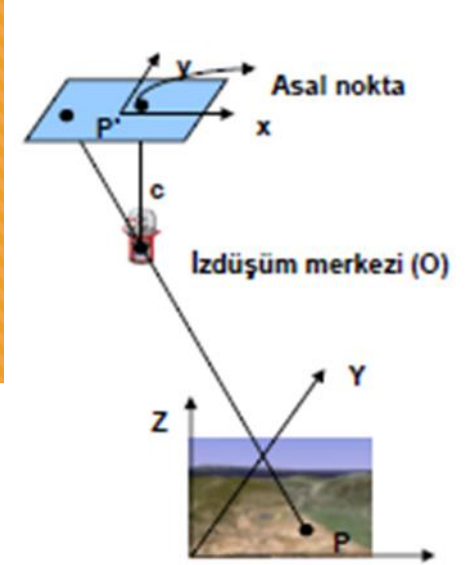
ODERS SONU

Optik Temeller



- Metrik kameralar (Ölçü kamerası)
 - Genel olarak bir fotoğraf makinasıdır
 - Amatör kameralardan farkı geometrik bakımdan merkezsiz izdüşüme – teorik olarak sadık olmasıdır.
 - Böyle bir kamerada arazideki bir P noktasından bir ışın doğru bir yol izleyerek O izdüşüm merkezinden geçer ve izdüşüm (fotoğraf) düzleminde P' noktasını oluşturur.
 - Fotoğraf çekimi bu varsayıma uygun olarak gerçekleştirilir
 - Bu kameraların en önemli özelliği iç yöneltme elemanları ve kamera distorsiyon hatalarının bilinmesidir.

Optik Temeller



○ İç yöneltme elemanları

- Fotogrametrik kameraların iç yöneltme elemanları bilinir.
- Asal noktanın konumu, tanımlanır. (NASIL?)
- Fotogrametrik bir kamera ile çekilen bir fotoğraf ile ölçü yapılabilmesi için izdüşüm parametrelerinin yani iç yöneltme elemanlarının bilinmesi gerekir.

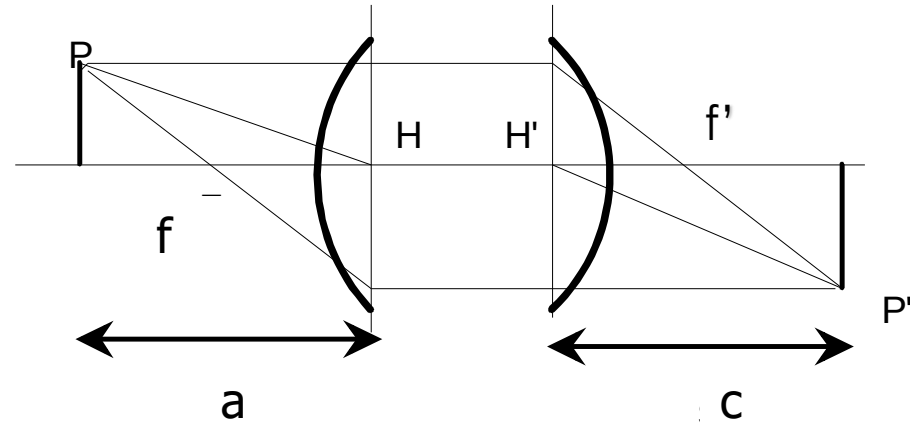
Optik Temeller

○ Fotoğraf düzlemi

- Objektiften a kadar uzakta bulunan bir nesnenin görüntüsü, yine objektiften itibaren c kadar uzakta bulunan bir düzlemde oluşuyorsa mercek denkleminde göre

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{c}$$

P : cisim noktası
 P' : izdüşüm noktası
 f : odak uzaklığı
 a : cisim uzaklığı
 c : görüntü uzaklığı

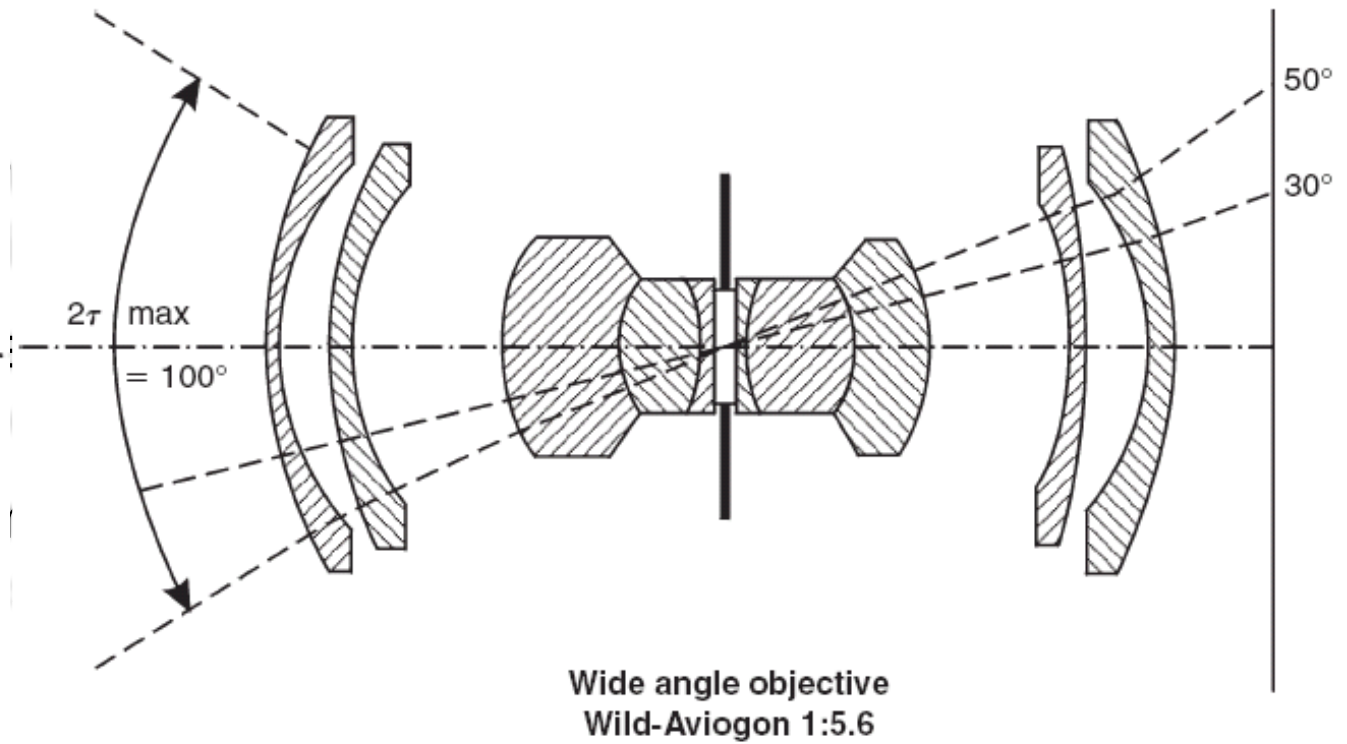
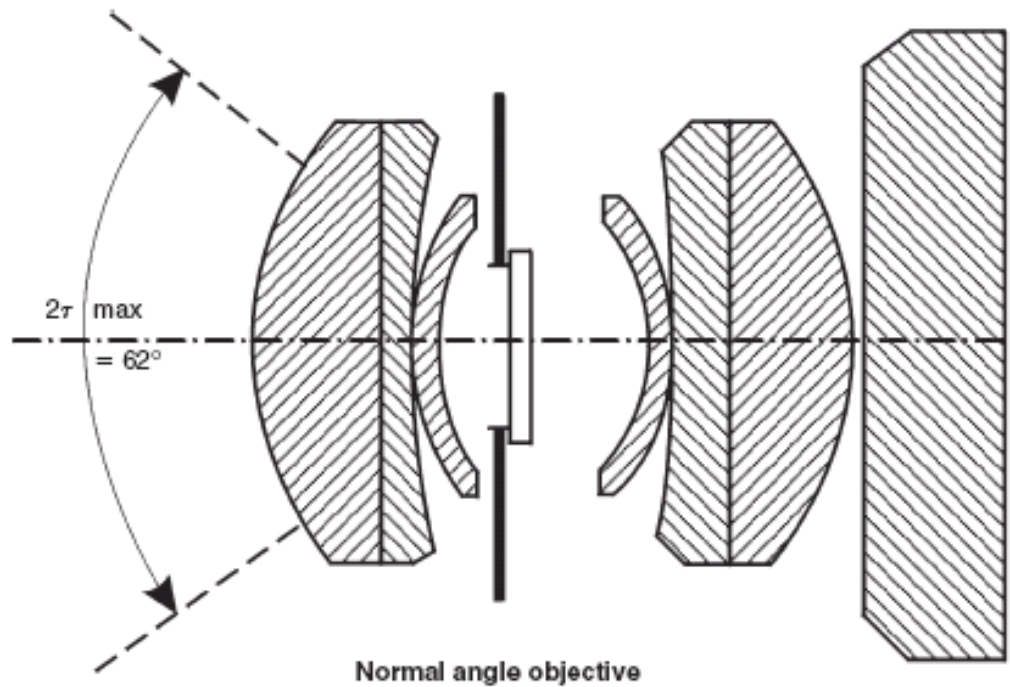


Optik Temeller

○ Fotoğraf düzlemi

- Fotogrametride nesnenin objektife uzaklığı a , f odak uzaklığına göre çok büyüktür ve bu nedenle $a=\infty$ alınabilir
- Bu durumda mercek denkleminde göre
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{c}$$
 $c=f$ bağıntısı bulunur
- Fotogrametride net görüntü odak düzleminde oluşur. Bu nedenle hava kameralarında f odak uzaklığı yerine c görüntü uzaklığı özel deyiimi ile asal uzaklık alınır.
- Fotogrametrik kameralarda görüntünün oluştuğu yüzey tam düzlemdir.
- Analog kameralarda, emilsiyon taşıyıcısı olarak önceleri cam kullanılmış sonraları kırılma riski nedeni ile film tercih edilmiştir.

Optik Temeller



Optik Temeller

○ Nedenlerine göre mercek kusurları

1. Eksene yakın bölgede ortaya çıkan kusurlar

- Küresel aberasyon

2. Eksenin uzağında ortaya çıkan kusurlar

- Koma
- Astigmatizm
- Görüntü alanının eğriliği
- Distorsiyon

3. Farklı dalga boyundaki ışık nedeniyle ortaya çıkan kusurlar

- Kromatik veya renksel aberasyon

Optik Temeller

- Görüntü kalitesini etkileyen hatalar
 - Küresel aberasyon,
 - Koma,
 - Astigmatizm,
 - Görüntü alanının eğriliği,
 - Kromatik veya renksel aberasyon
- Görüntü geometrisini etkileyen hatalar
 - Distorsiyon

Optik Temeller

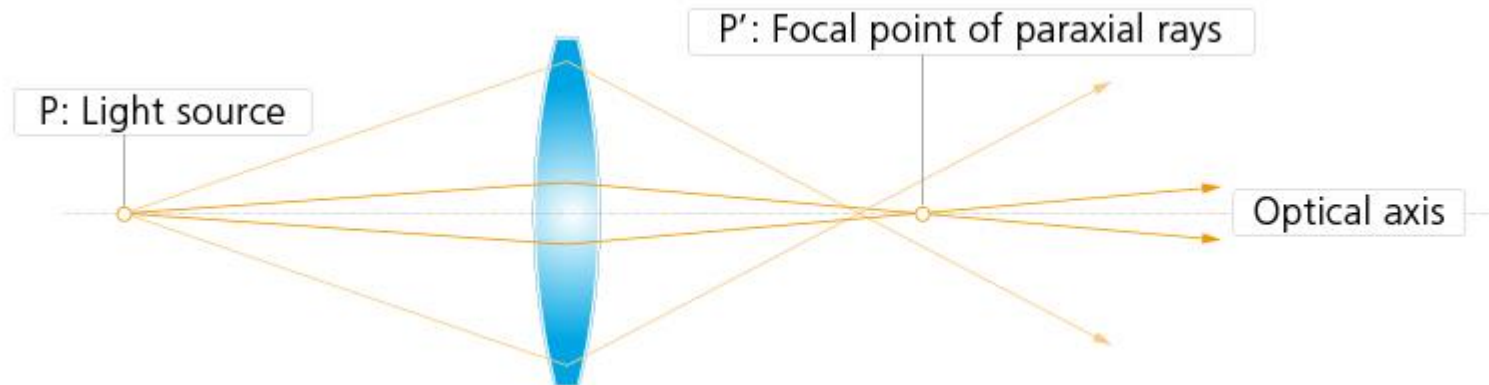
○ Aberasyon

- Optik sistemden kaynaklanan kusurlar nedeniyle nesnelerden gelen bütün ışınların izdüşüm düzleminde olmaları gereken yerden daha farklı bir yerde olmaları olarak tanımlanabilir

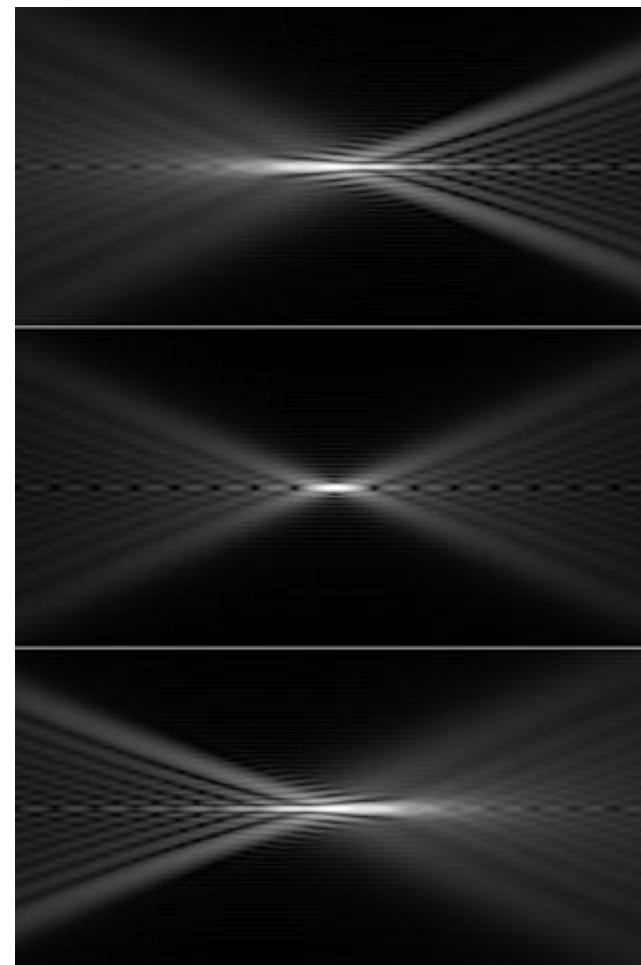
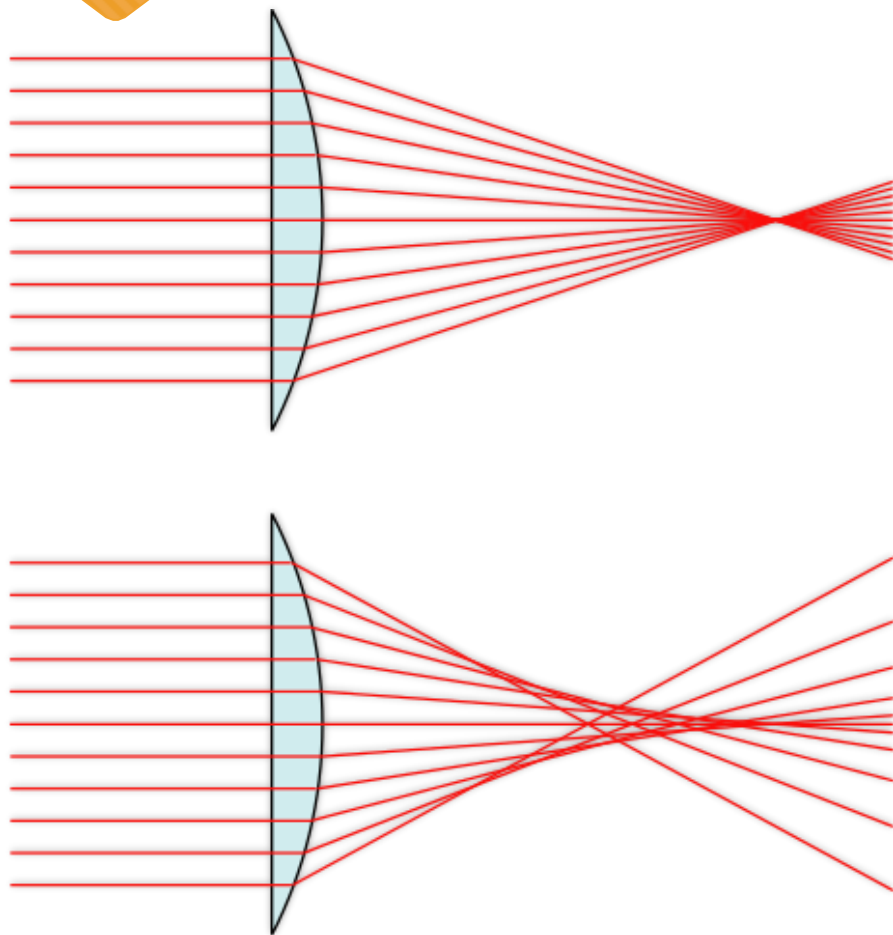
Optik Temeller

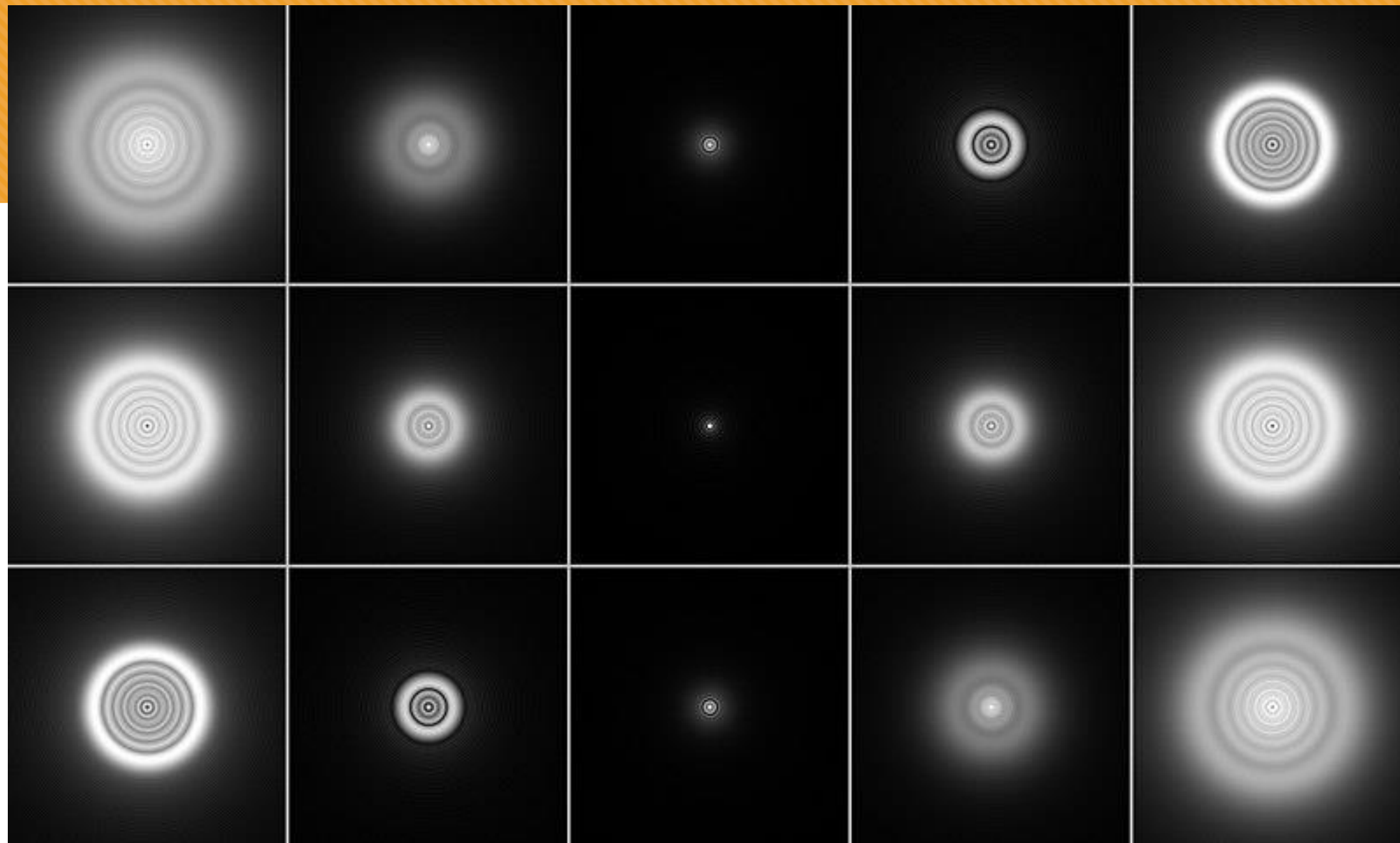
○ Küresel aberasyon

- Optik eksene paralel olarak gelen ışınlar sistemden geçtikten sonra bazılarının odağın gerisinde bazılarının ilerisinde kesiştikleri görülür
- Bu sapmanın nedeni merceğe farklı yükseklikten gelen ışınların farklı küresel eğrilikli yüzeylere ve dolayısıyla farklı kırılma indisli ortamlara rastlamasıdır
- Optik eksene en yakın gelen ışınlar en uzakta kesişir, yüksekten gelen ışınlar önce büyük sapma değerleri vermekte, daha sonra kenara doğru bu sapma değerleri azalmaktadır



Optik Temeller



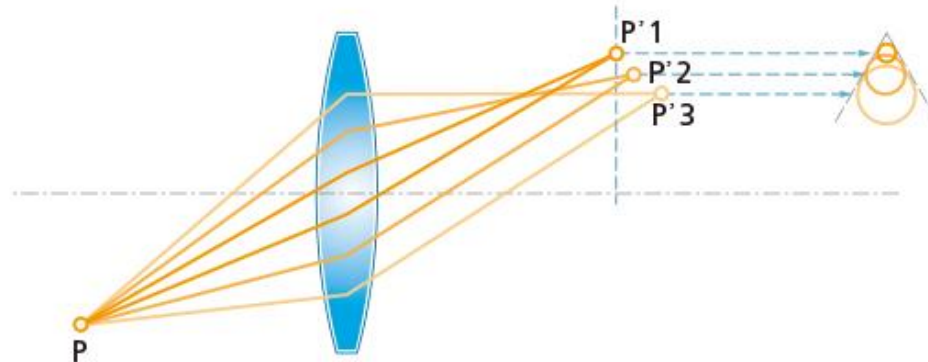




Optik Temeller

○ Koma

- Objektiflere gelen geniş açılı ışınlar fotoğraftaki keskinliği kaldırır
- Bu nedenle nokta olarak görünmesi gereken ışınlar virgül veya kuyruk biçiminde görünürler
- Bu hata objektiflerin hesaplanmasında göz önüne alınır ve sistem bir çok mercekten oluşturularak olanakların elverdiği derecede ortadan kaldırılır



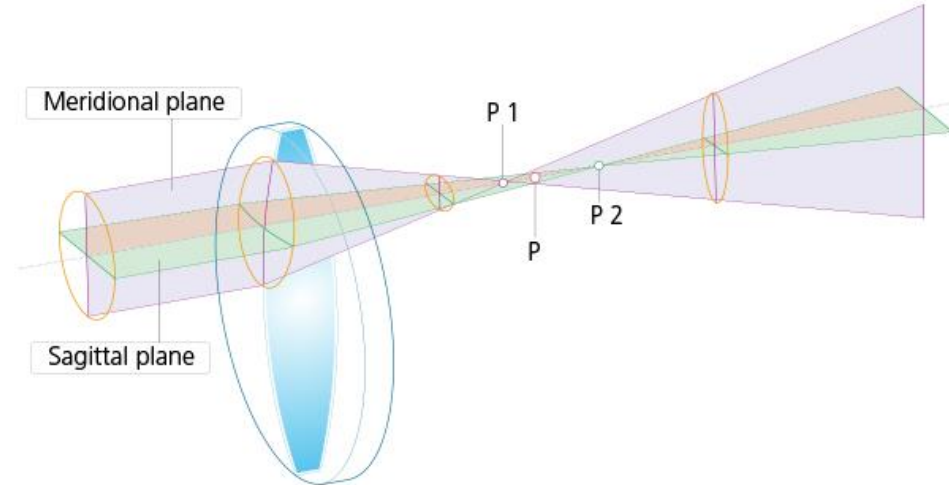
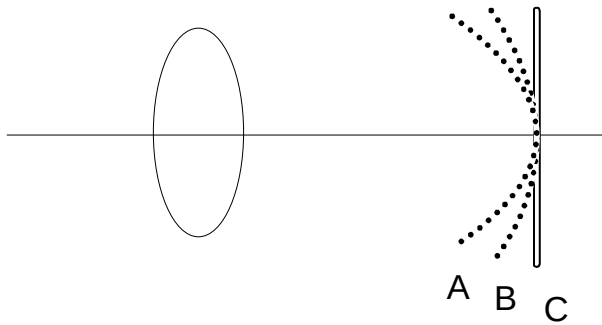


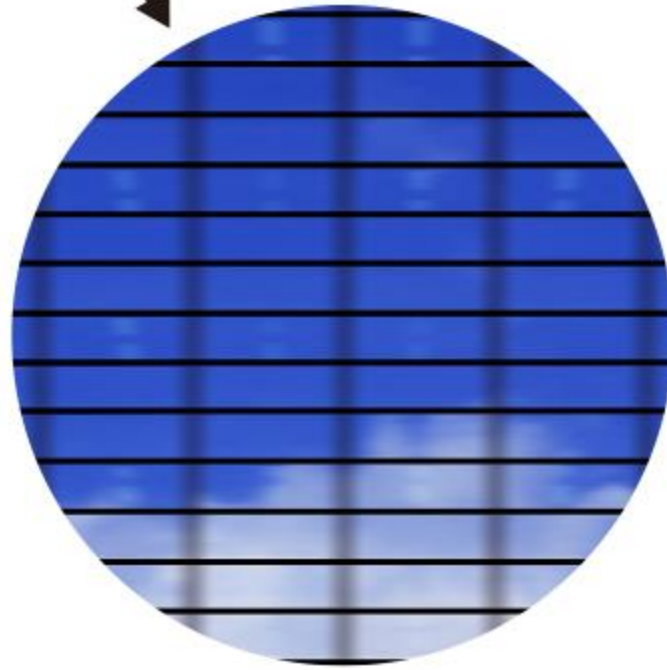
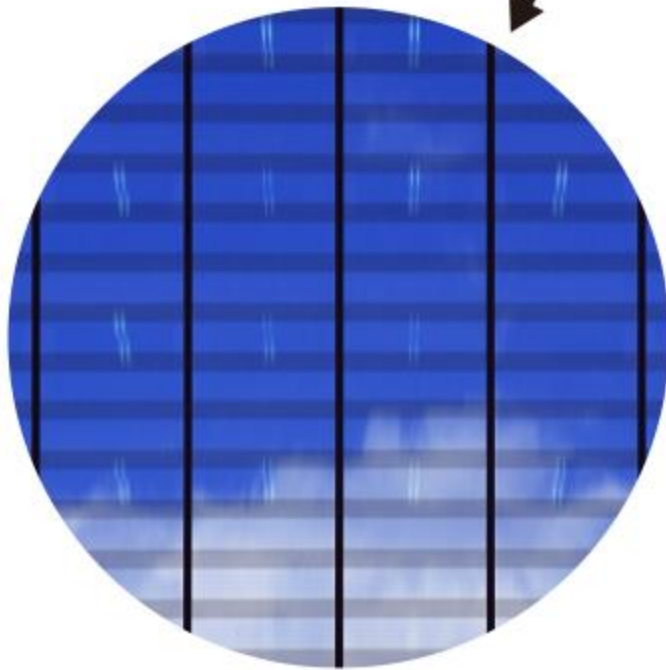
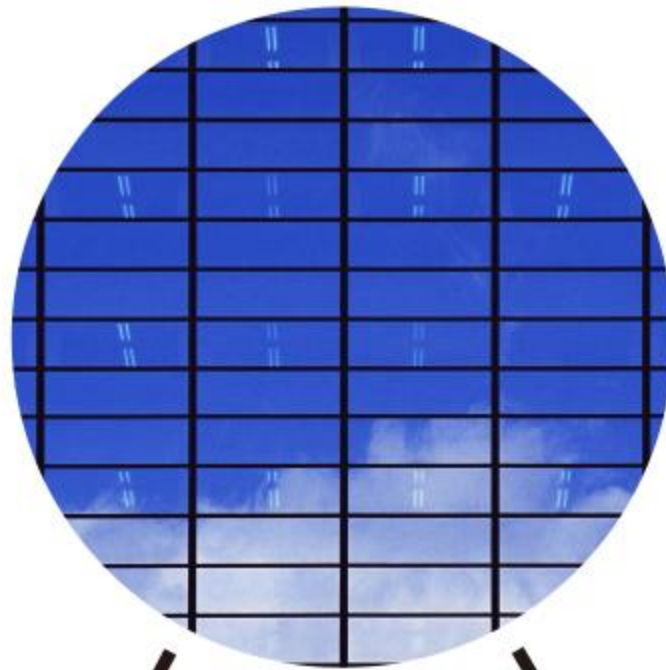


Optik Temeller

○ Astigmatizm

- Objektife gelen ışıklardan dar açı teşkil edenleri fotoğraf düzlemi üzerinde görüntü oluşturmaları yerde iki ayrı yüzeyde ayrı ayrı görüntü verirler Şekilde A ve B yüzeyleri bu duruma örnektir.
- Objektif sistemlerinde merceklerin uygun birleştirilmeleri ile görüntünün tek bir yüzeyde oluşması sağlanır. Ayrıca bu yüzeyin kamburluğunun ortadan kalkmasının sağlanmasına çalışılır





Original

aio

Compromise

aio

Horizontal Focus

aio

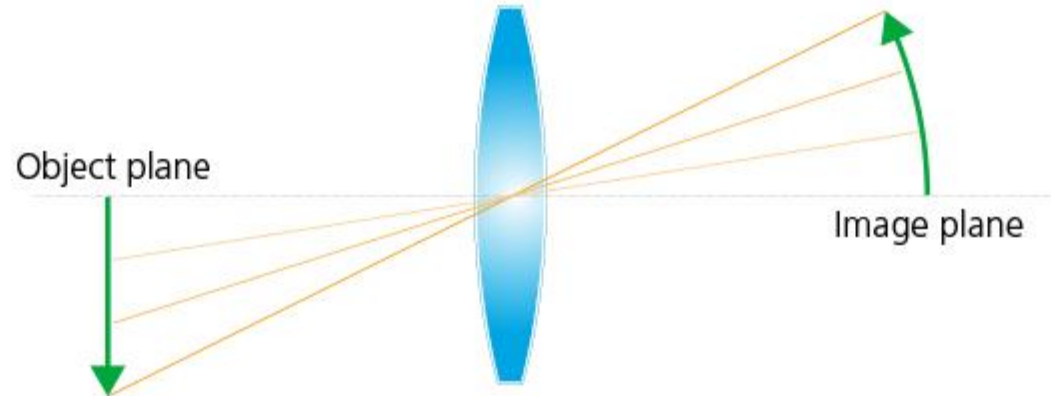
Vertical Focus

aio

Optik Temeller

○ Görüntü Alanının Eğriliği

- Astigmatizm hatası tek bir yüzeye çevrilsen bile bu yüzeyin kamburluğunun giderilmesi mümkün olmamakta bu da görüntü iz düşümünün eğri bir yüzeyde oluşmasına neden olmaktadır. Bu hata güçlü objektif sistemlerinde ortadan kaldırılabilir.



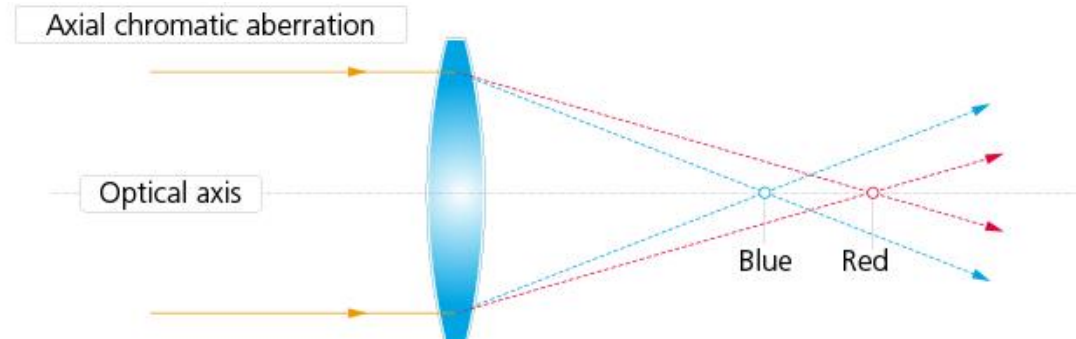




Optik Temeller

○ Renksel Aberasyon

- Muhtelif renkte olan, farklı dalga boyundaki, ışıktan oluşan güneş ışını merceğe rastladığı zaman bu farklı ışınlar farklı şekilde kırılmaya uğrayacaklardır ve bu durumda optik izdüşüm sonunda görüntülerin konumu odak düzleminde değil farklı iz düşüm düzlemleri ortaya çıkacaktır
- İz düşüm sonucunda oluşan görüntülerin tek bir fotoğraf düzlemi üzerinde bulunmayışı fotoğraf üzerinde bir bulanıklılık oluşturur
- Bu hatayı ortadan kaldırmak için fotoğraf çekimi sırasında objektifin önüne filtreler konulur



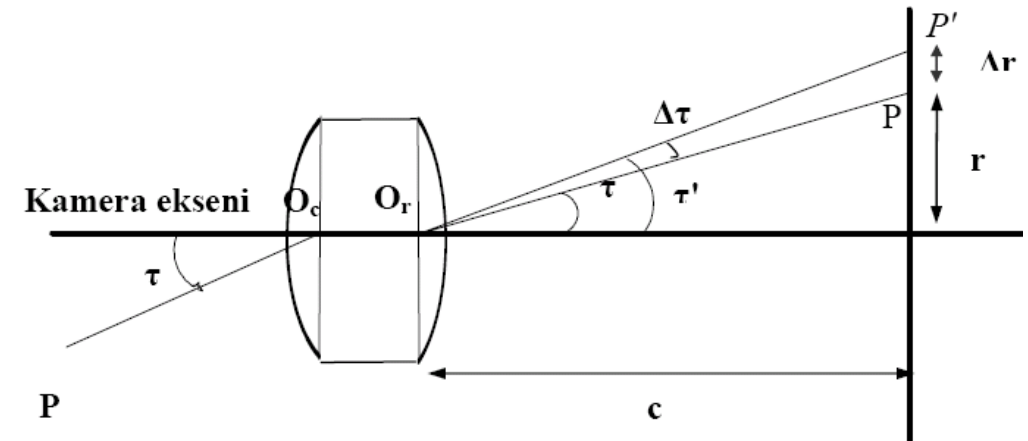




Optik Temeller

○ Distorsiyon

- Bir P noktasından gelen ışın kamera eksenini ile τ açısı yaparken kamera objektif sistemindeki kusurlardan dolayı fotoğraf uzayında τ' açısı yaparak çıkacaktır.
- Sonuç olarak P noktasının görüntüsü P noktası yerine olması gerekenden Δr kadar farklı bir konumda P' noktasında oluşacaktır
- Bu farka kamera distorsiyon hatası denir

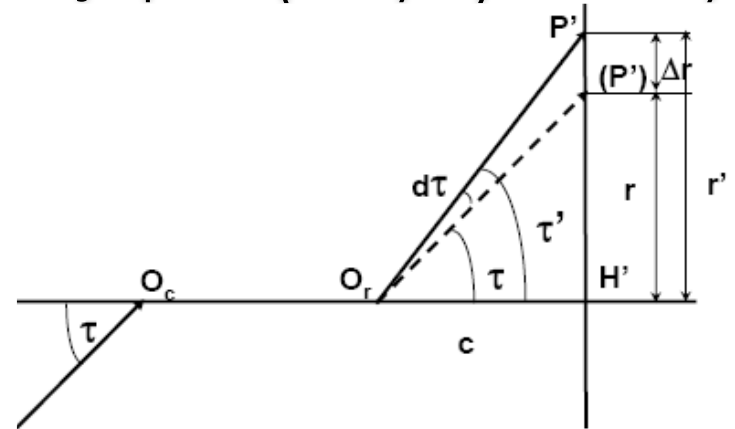
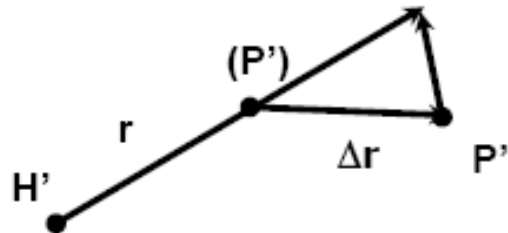


Optik Temeller

○ Distorsiyon

$$\Delta r = r' - r = r' - c \cdot \tan \tau = f(\tau) - c \cdot \tan \tau$$

- (P') ve P' noktasını birleştiren Δr doğru parçası verktörel hatadır. Bu çap ve teğet yönünde iki bileşene ayrılabilir
- Çap yönünde (r yönünde) olan bileşenine çapsal (radyal) distorsiyon, diğerine de teğetsel distorsiyon denir



Optik Temeller

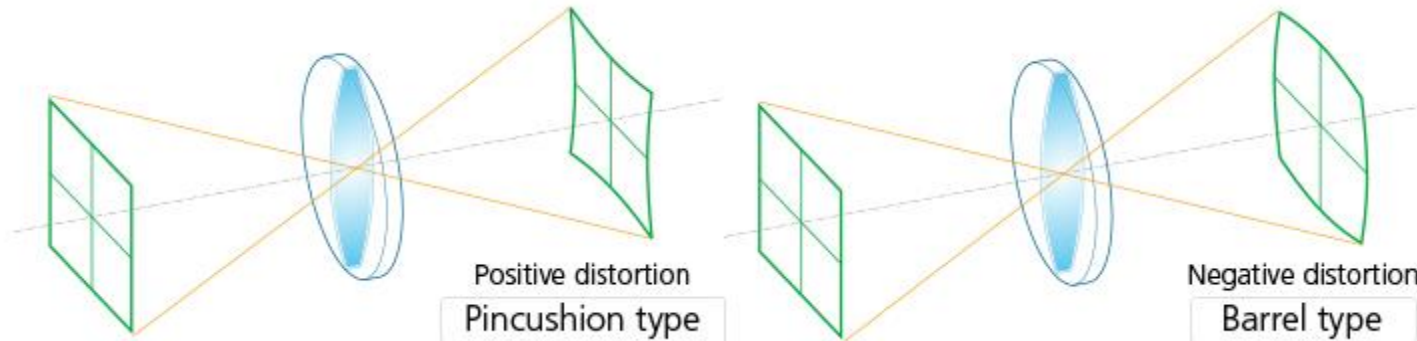
○ Distorsiyon

- Distorsiyon hatasının minimum olması için kameralar üretilirken gerekli önlemler alınır. Fakat yine de yukarıda açıklanan nedenlerin ortaya çıkmasını sağlayan hatalar oluşur
- Laboratuvar ortamında yapılan duyarlı ölçmeler sonunda kameranın belirli koşullara göre distorsiyonu hesaplanır. Bu durum bir raporla kullanıcılara verilir
- Daha önce bahsedilen diğer hata kaynakları optik sistem ile iz düşürülen görüntünün kalitesine etki etmektedir
- Distorsiyon ise görüntünün yer değiştirmesine neden olur ki, bu yer değiştirme fotoğraf düzleminde ölçek değişimine sebep olur

Optik Temeller

○ Distorsiyon

- Bu değişim iki biçimde olur. İlkinde ölçek izdüşüm düzleminin kenarlarına doğru artar. Bu durumda pozitif bir distorsiyondan söz edilir ve bir kare biçimindeki cismin izdüşümü yastık biçiminde olur
- Eğer izdüşüm ölçeği kenara doğru azalacak olursa, distorsiyon negatif olur aynı kare biçimindeki cismin izdüşümü fıçı şekline dönüşür





Optik Temeller

○ Distorsiyon

- $r=c. \tan \tau$ fonksiyonu ile elde edilecek izdüşüme distorsiyonsuz izdüşüm adı verilir ve $r=c. \tan \tau$ bağıntısına da görüntü fonksiyonu denilir
- Teorik ve teknik nedenlerden dolayı distorsiyonsuz objektiflerin yapımı olanak dışıdır ancak distorsiyon değeri ancak belirli bir değerin altında tutulabilir

Optik Temeller

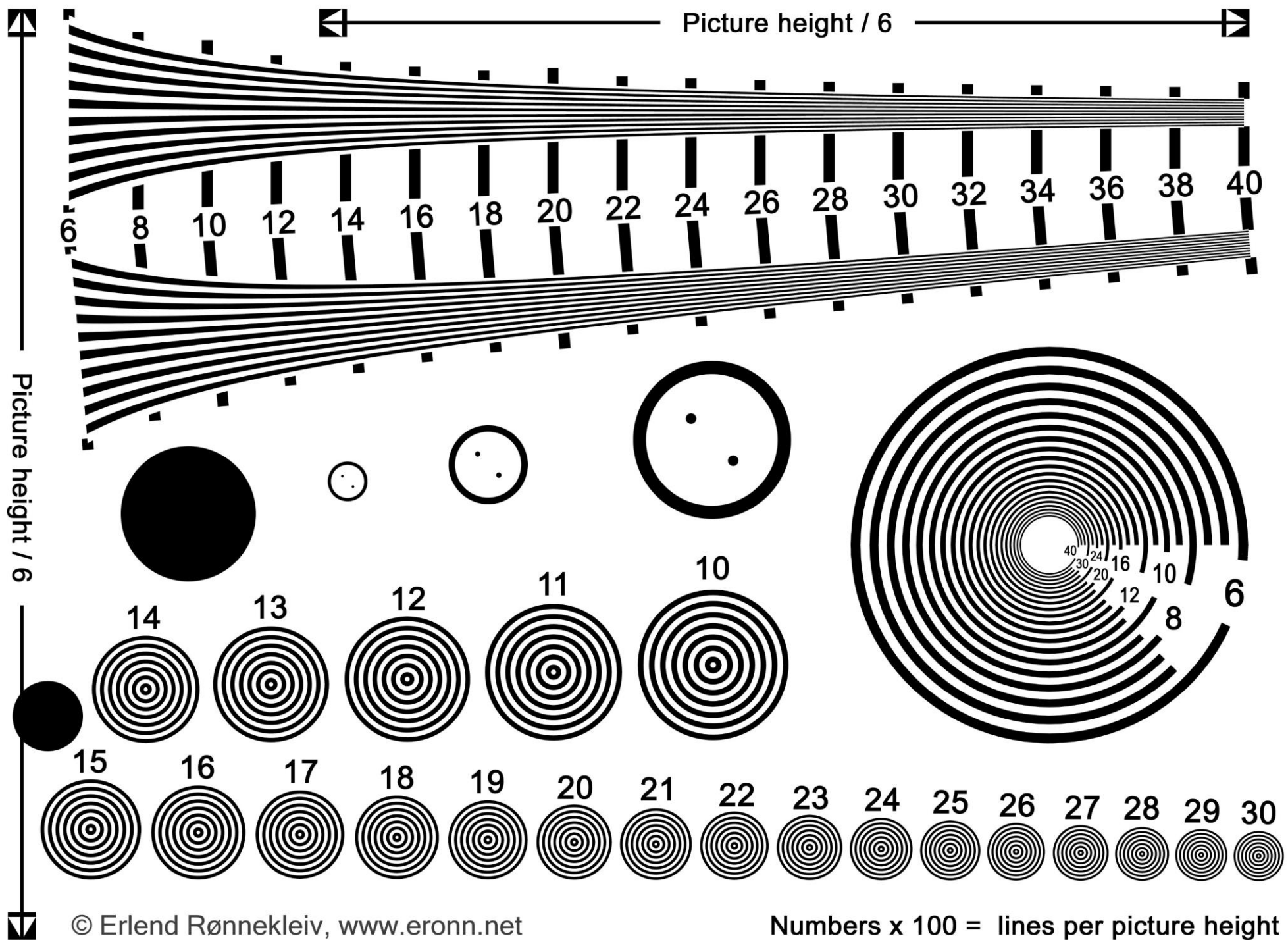
○ Kalibrasyon Raporları

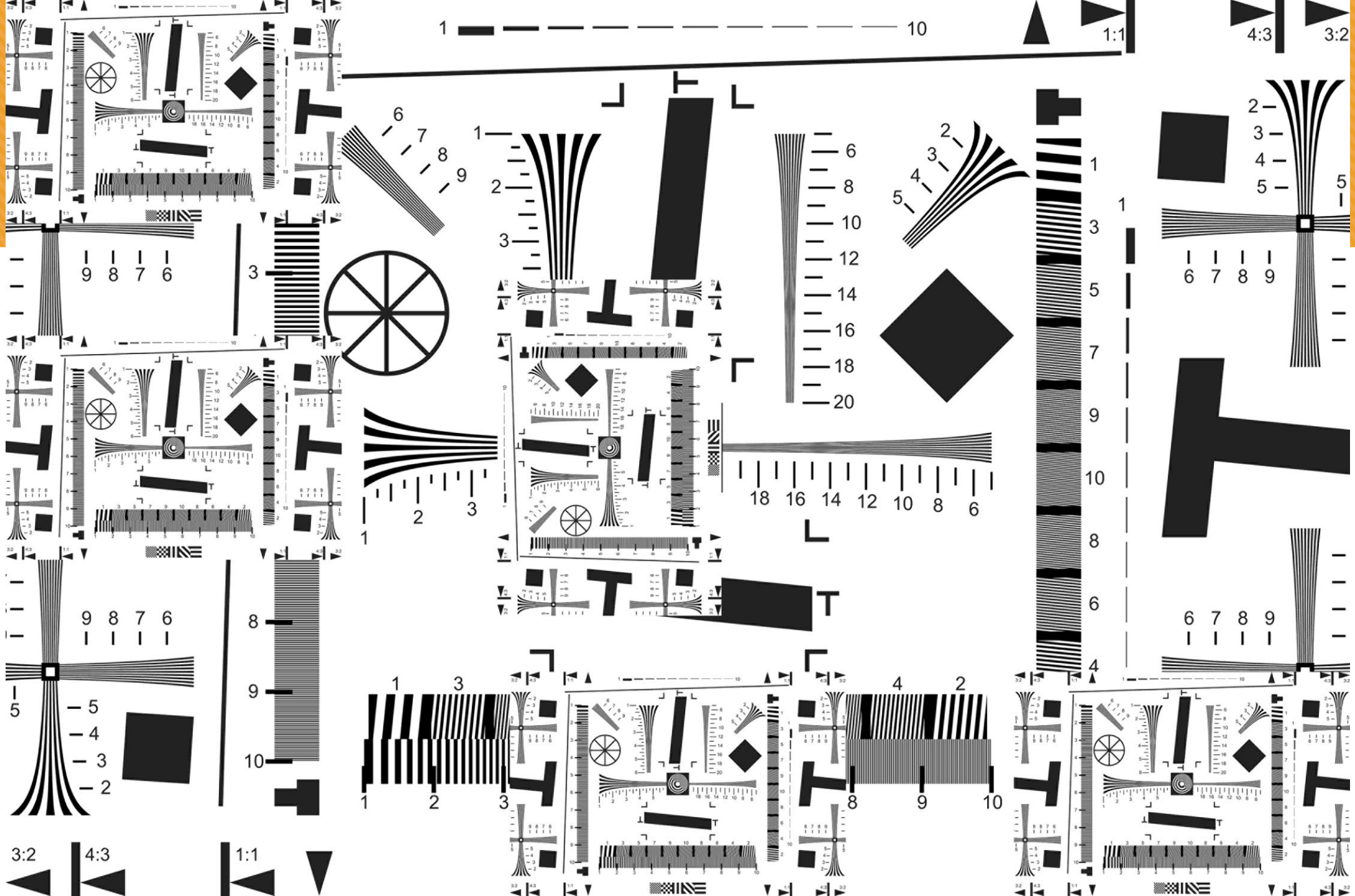
- Fotogrametrik kameraların teknik özelliklerini ve gerekli parametreleri içeren raporlara Kalibrasyon Raporları denir.
- Bu raporlar kamera üreten firma tarafından, ilk üretim sırasında hazırlanır ve kullanıcıya sunulur
- Bu raporlarda iç yöneltme elemanları, distorsiyon değerleri ve objektifin ayırma gücü değerleri bulunur
- Kalibrasyon raporlarında kamera objektifinin ayırma gücü değerleri de yer alır.

Optik Temeller

○ Kalibrasyon Raporları

- Bir mercek sisteminin ayırma gücü değerleri ayırt edilebilen çizgi sayısı ile belirtilir. Bu değerler de laboratuvar testleri ile saptanır.
- Çözünürlük ya da ayırma gücü değerleri τ açısına ya da r çapsal uzaklığa göre tablolar şeklinde ve mm deki ayırt edilebilen çift çizgi sayısı olarak verilir.

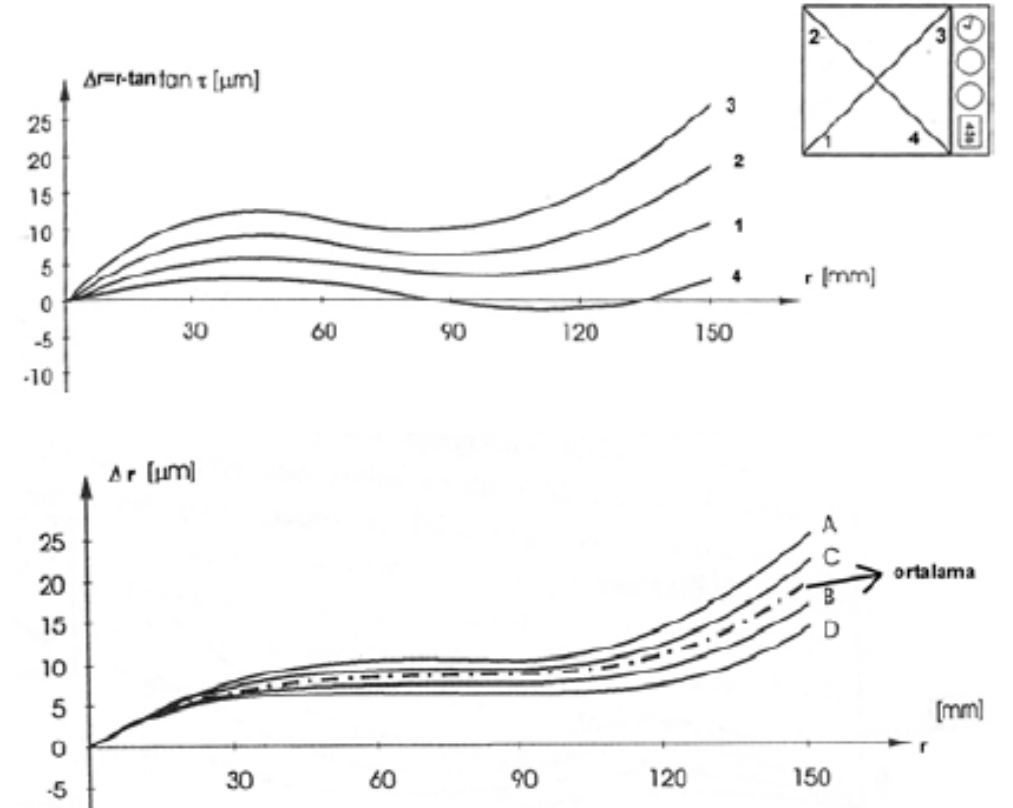




Optik Temeller

○ Distorsiyon

- Kalibrasyon raporlarında distorsiyon hataları dört yarı köşegen için verilir. Bu değerler grafikler biçiminde olabileceği gibi bir çizelge biçiminde sayısal değerler olarak da verilebilir.

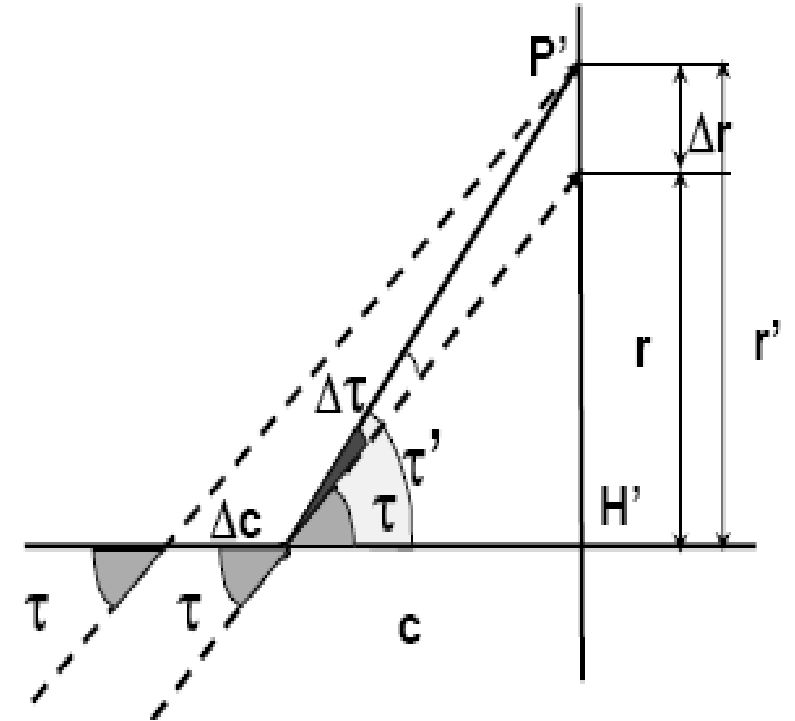


Optik Temeller

○ Distorsiyon hatalarının düzeltilmesi

- τ açısının $\Delta \tau$ kadar düzeltilmesi,
- c asal uzaklığının Δc kadar düzeltilmesi,
- r uzaklığının Δr kadar düzeltilmesi

$$r' = c \cdot \tan(\tau + \Delta \tau)$$
$$\Delta c = \Delta r \cdot \cot \tau = \frac{c}{r' - \Delta r} \Delta r$$

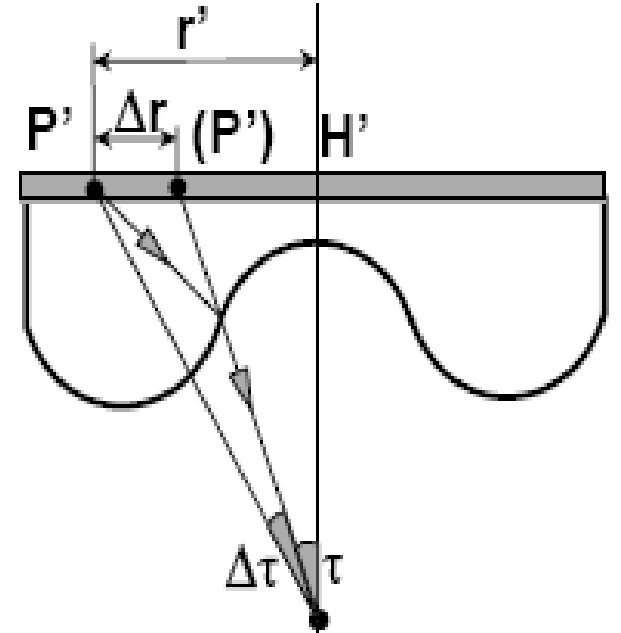


Optik Temeller

- τ açısının $\Delta \tau$ kadar düzeltilmesi

$$r' = c \cdot \tan(\tau + \Delta \tau) \quad \tau' = \tau + \Delta \tau$$

- pozitif baskıları sırasında ya da değerlendirme aletlerinin projektörlerinde, fotoğraf çekiminde kullanılan kameranın distorsiyonu ile aynı olan objektifler kullanılması (Optik izdüşümlü aletlerde)
- Düzeltme plakaları kullanılarak izdüşüm ışını $\Delta \tau$ kadar düzeltilerek hem kameranın hem de değerlendirme projektörün distorsiyon hatasını toptan giderilir



Optik Temeller

- c asal uzaklığının Δc kadar düzeltilmesi

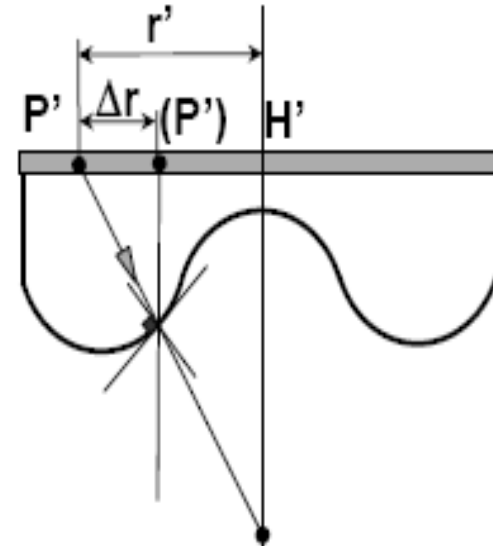
$$r' = c \cdot \tan(\tau + \Delta \tau)$$

$$\Delta c = \Delta r \cdot \cot \tau = \frac{c}{r' - \Delta r} \Delta r$$

- Her tür kamera için özel olarak üretilen, distorsiyon değişmesi ile uyumlu küçük madeni yuvarlaklar yardımı ile, stereo değerlendirme aletinde, her nokta için asal uzaklık uygun şekilde değiştirilir

Optik Temeller

- r uzaklığının Δr kadar düzeltilmesi
- Fotoğraf taşıyıcısının altına distorsiyon düzeltme plakalarının yerleştirilmesi ile P' noktası Δr kadar ötelenerek olması gereken (P') noktasında görülür



Optik Temeller

○ r uzaklığının Δr kadar düzeltilmesi

- Sayısal fotogrametri yönteminde distorsiyon düzeltilmesi, sayısal olarak yapılır
- çapsal uzaklık $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ hesaplanır
- Bu değere karşılık gelen distorsiyon hatası kalibrasyon raporundan, interpolasyon ile bulunur
- Düzeltilmiş x', y' fotoğraf koordinatları aşağıdaki formüllerle kolayca hesaplanır

$$x' = x \left(1 - \frac{\Delta r}{r} \right)$$

$$y' = y \left(1 - \frac{\Delta r}{r} \right)$$

- P_1 ve P_2 noktalarının düzeltilmiş fotoğraf koordinatlarını yukarıdaki tablo yardımıyla hesaplayınız,

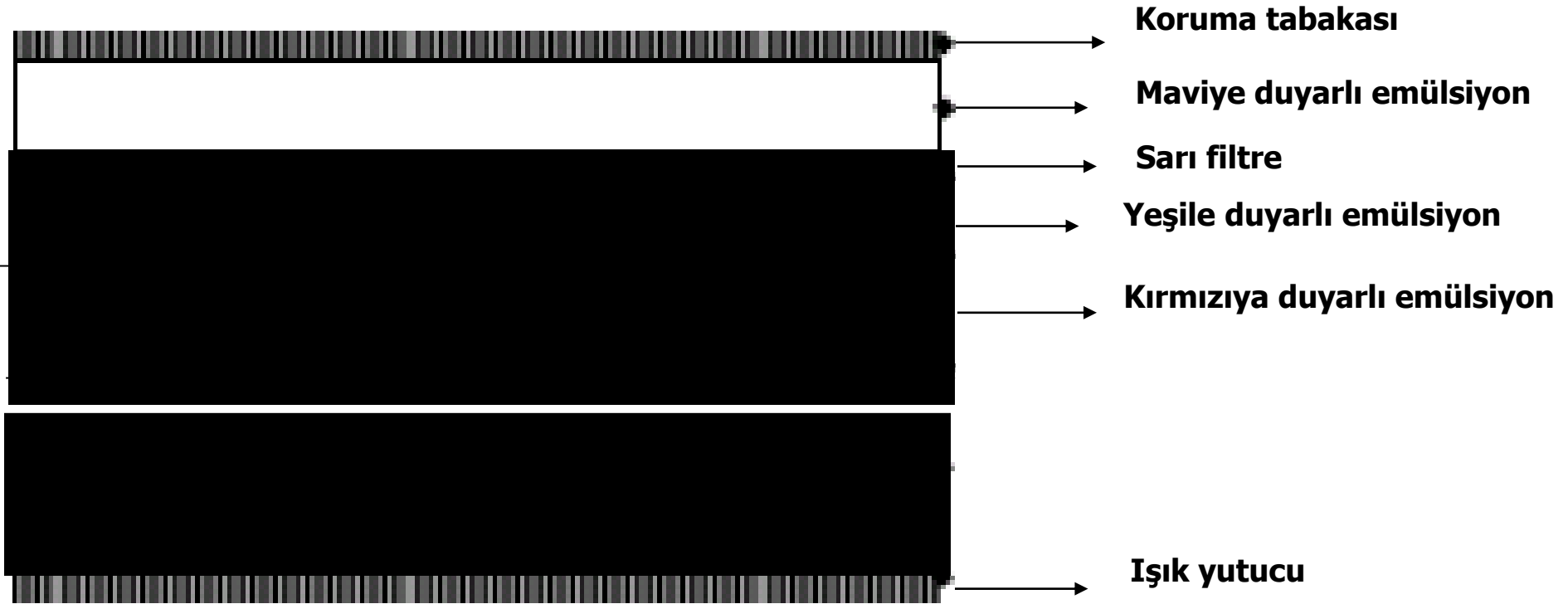
P_1 (2.245, 45.630) P_2 (67.941, 24.867)

r (mm)	0	20	40	60	80	100	120	140	156
Δr (μm)	0	5.1	7.3	3.4	-2.1	-5.7	-3	4.1	-7.8

ODERS SONU

Fotoğrafik Temeller

- Fotoğraf
 - Klasik Fotoğraf
 - Işığa duyarlı katman üzerine bir kamera ile kaydedilen görüntüdür
 - Pozitif, Negatif fotoğraf
 - Sayısal Fotoğraf
 - CCD
 - CMOS
 - Siyah/Beyaz fotoğraf, doğal renkli fotoğraf, yapay renkli fotoğraf



Fotoğrafik Temeller

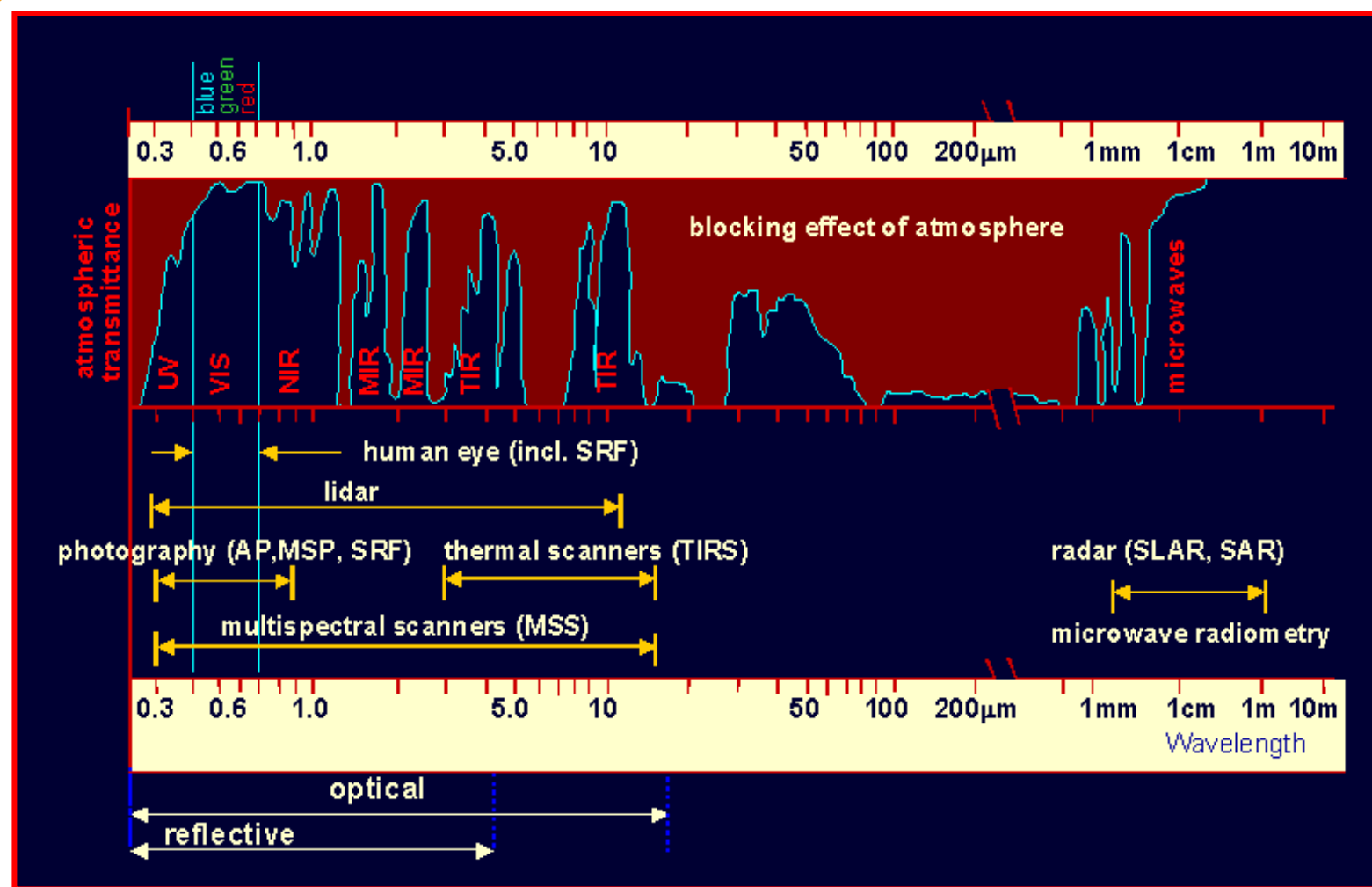
- Fotoğraf Koordinatı
- Arazi Koordinatı
- Gri değer

Fotoğrafik Temeller

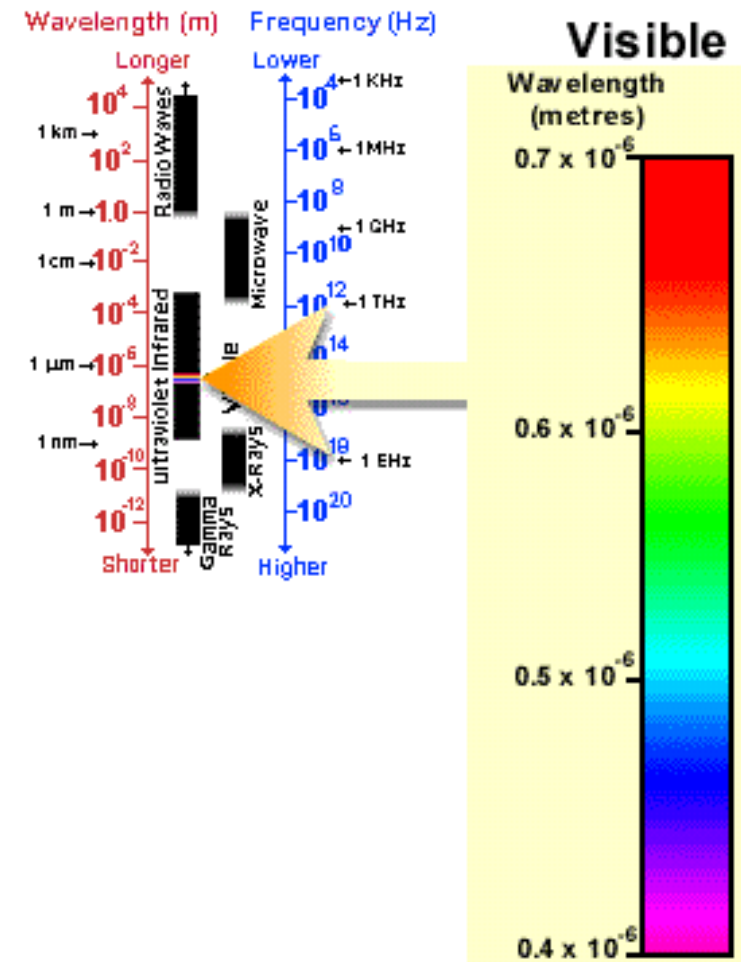
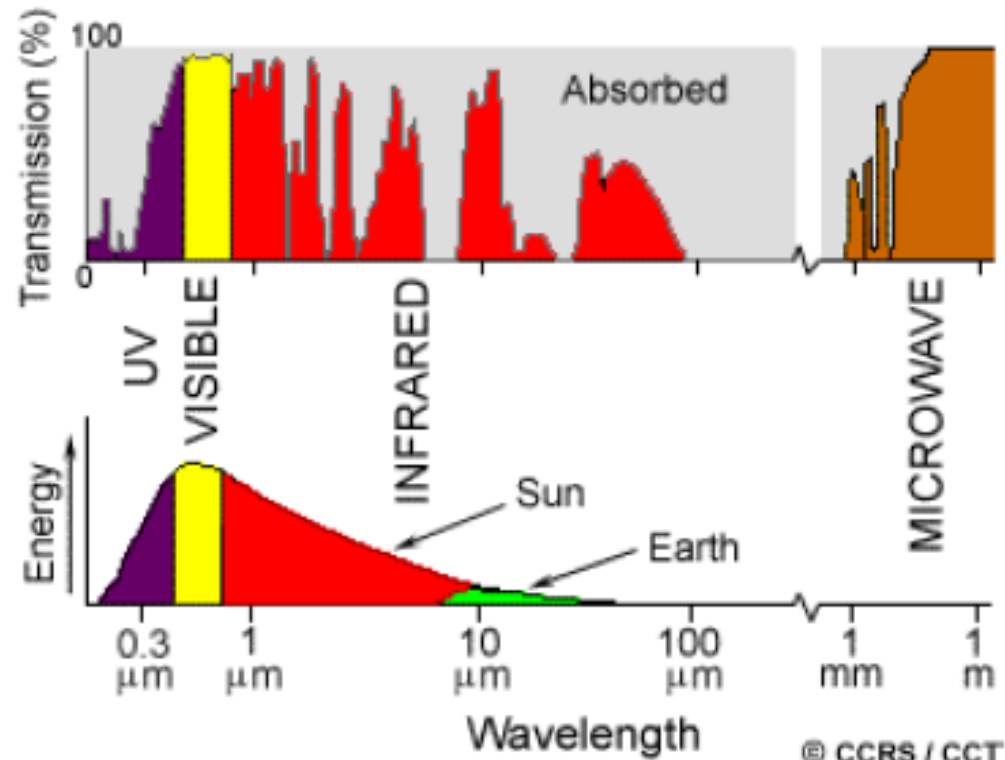
○ ÇÖZÜNÜRLÜK

- Geometrik
- Radyometrik
- Spectral
- Zamansal

Fotoğrafik Temeller



Fotoğrafik Temeller



Fotoğrafik Temeller



siyah beyaz görüntü

	362	363	364	365	366
123	124	100	92	89	87
124	137	130	117	88	78
125	142	146	131	76	51
126	145	138	89	43	32
127	119	79	43	34	31



renkli görüntü

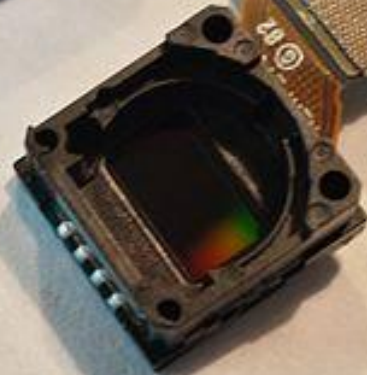
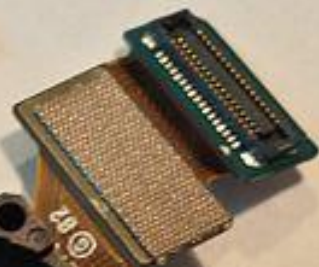
	362	363	364	365	366
123	118	90	76	69	62
124	129	123	109	75	57
125	131	135	123	64	34
126	136	129	78	27	13
127	113	71	30	16	12

	362	363	364	365	366
123	128	103	96	96	94
124	143	136	122	93	82
125	148	152	136	78	51
126	150	143	92	42	28
127	122	80	41	30	27

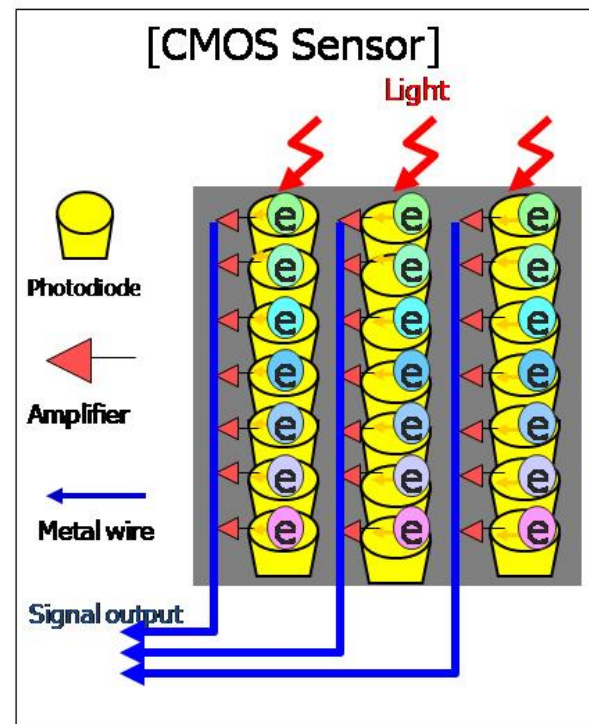
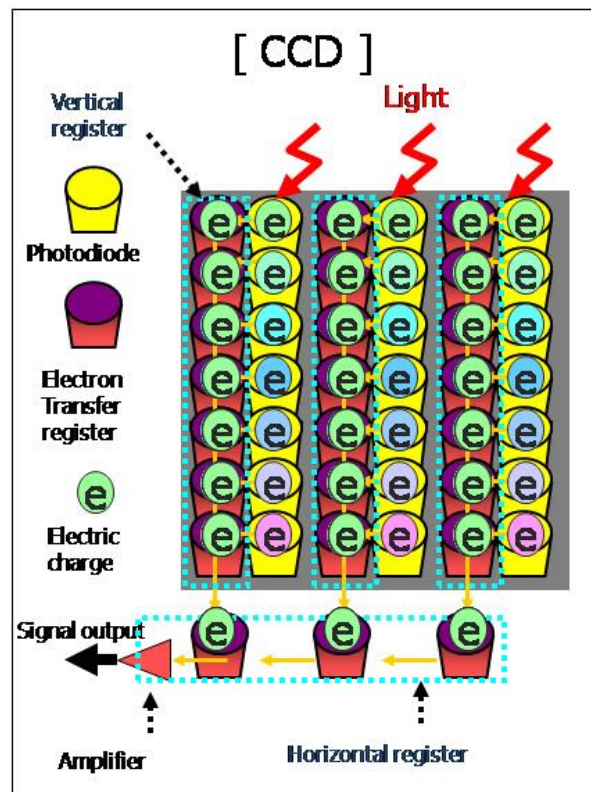
	362	363	364	365	366
123	111	86	73	67	65
124	119	108	93	64	58
125	125	127	112	63	43
126	129	120	79	39	33
127	105	67	39	34	36

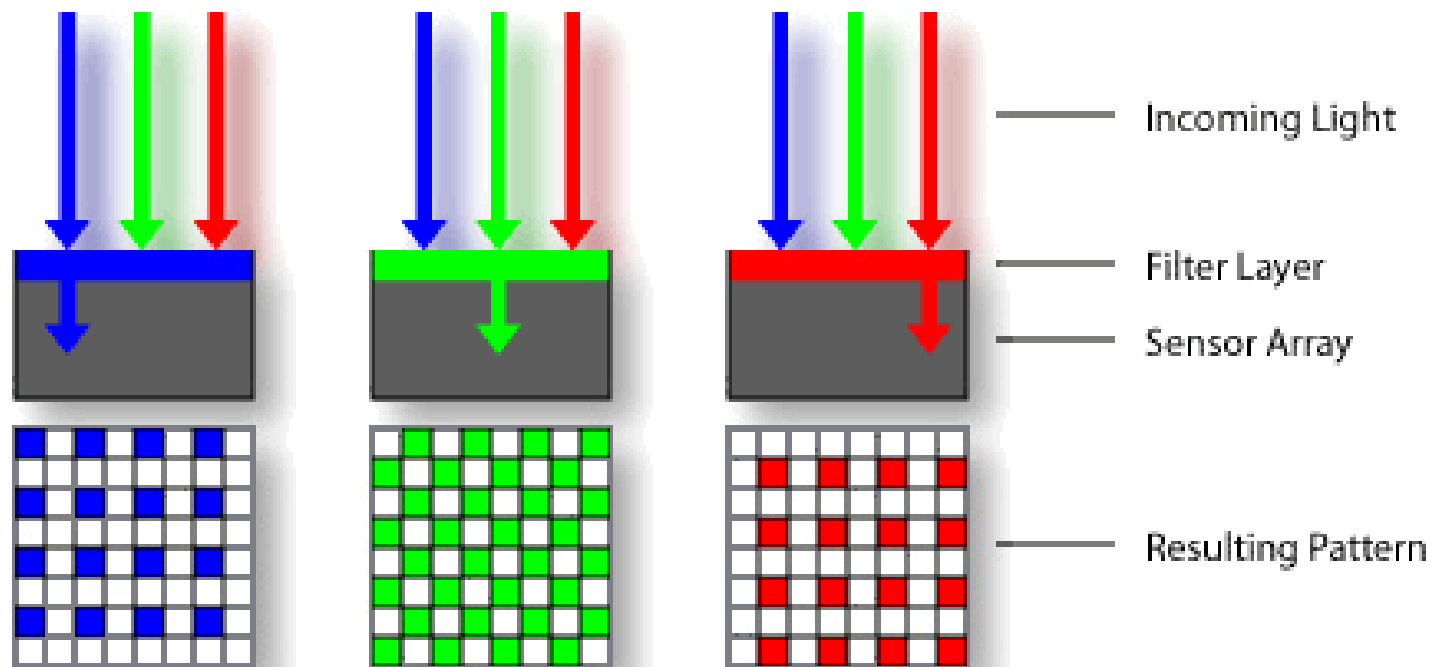
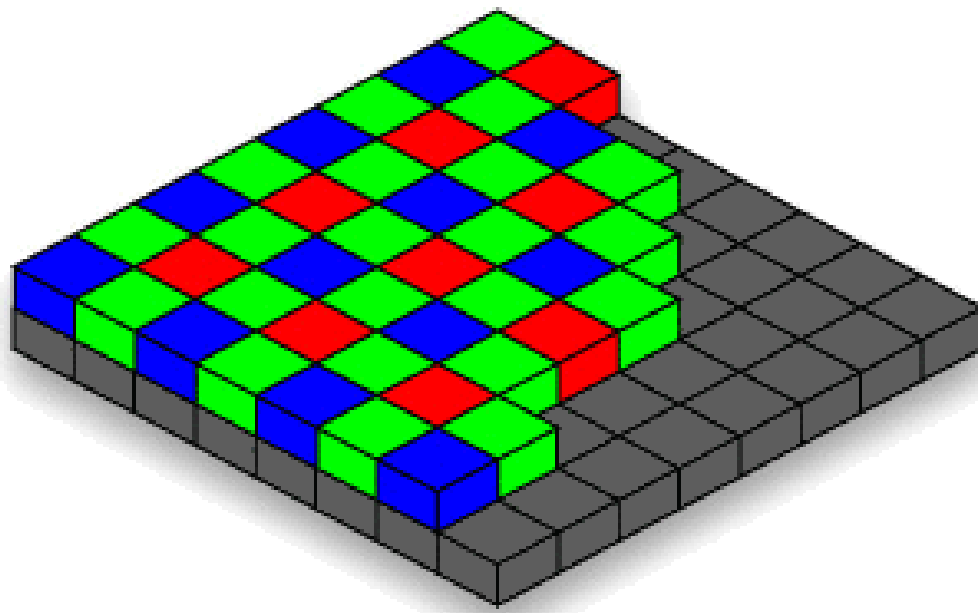
Fotoğrafik Temeller

- CCD
 - iyi ışık alır
 - pahalı
 - büyük sensörler
- CMOS
 - Düşük Güç Tüketimi
 - Düşük maliyet
 - Küçük
 - Parlak ışıktaki iyi
 - Kepenk etkisi sorunu
 - Hızlı görüntü işleme

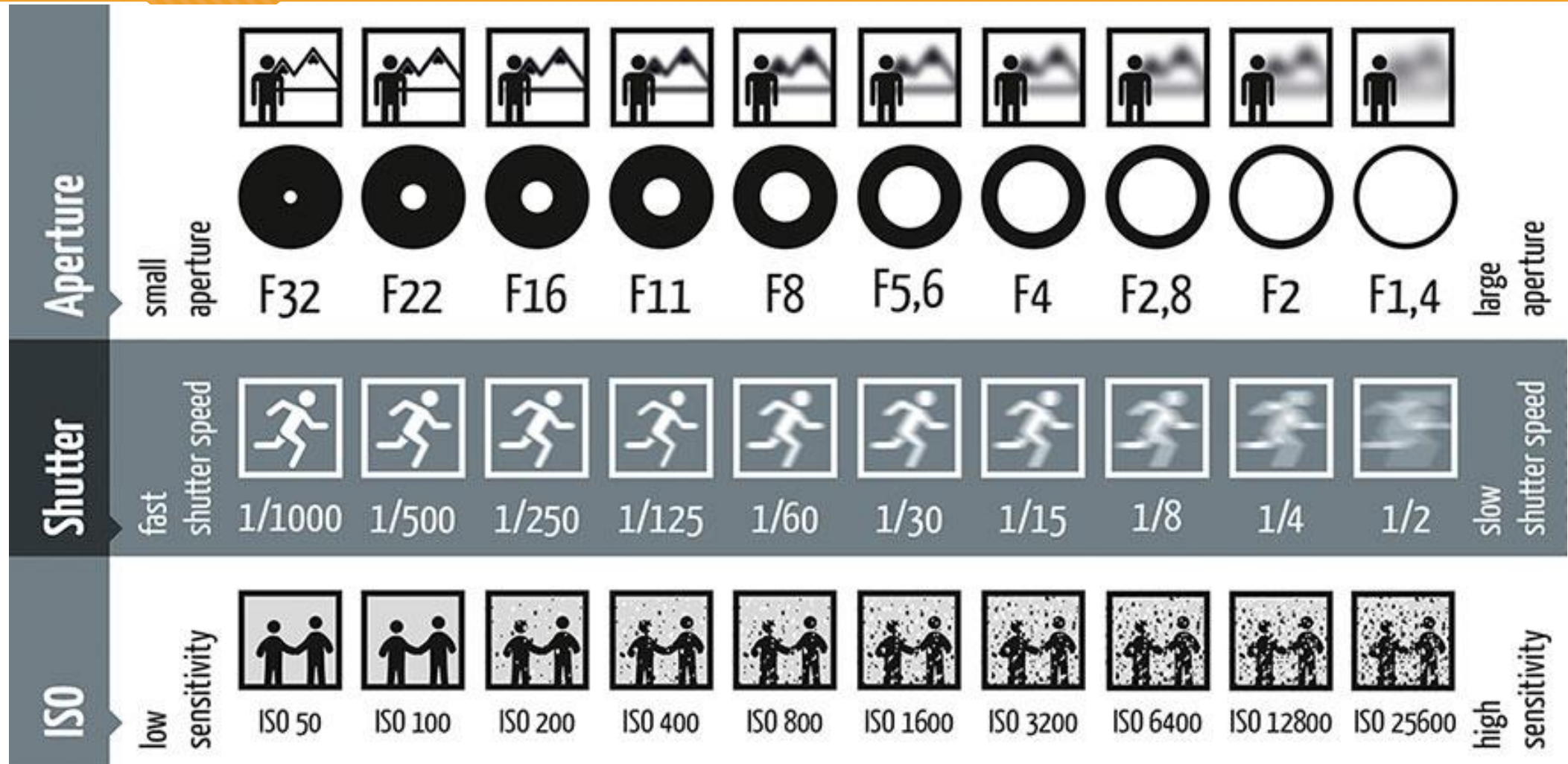


Fotoğrafik Temeller

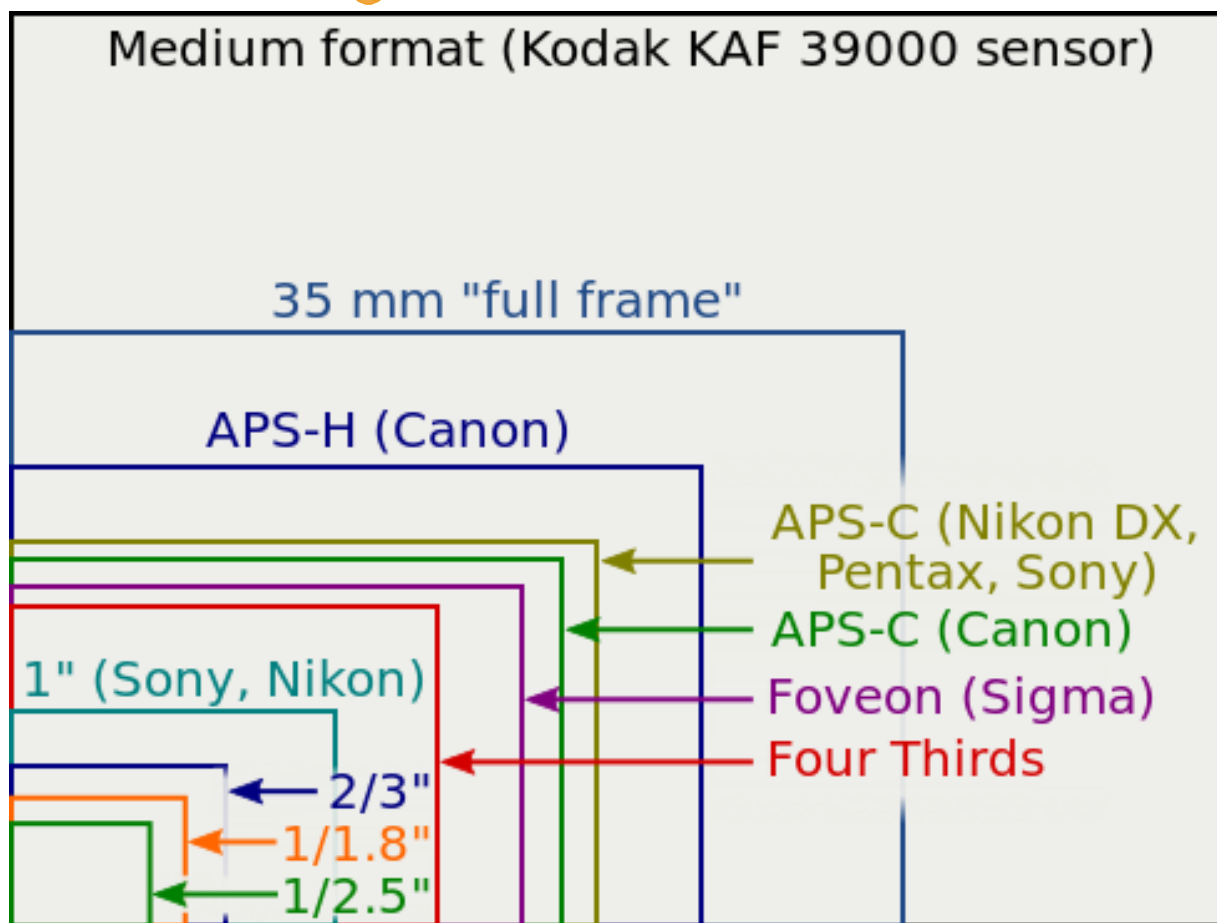




Fotoğrafik Temeller



Fotoğrafik Temeller



Fotoğrafik Temeller

ZI-Imaging RMK Top



Leica RC 30



	ZI-Imaging ¹⁾	Leica ²⁾
Kamera tipi	RMK Top	RC 30
Fotoğraf formatı [cm]	23 x 23	23 x 23
Lens	Pleogon A3	UAG-S
Odak uzaklığı [cm]	15	15
Kamera açıklığı [gon]	82	82
Diyafram	1:4 – 1:22	1:4 – 1:22
Poz süresi	1/50 – 1/1000	1/100 – 1/1000
Film uzunluğu [m]	150	120
Min. fotoğraf kayıt [s]	1.5	2
Ağırlık [kg]	~ 134	~ 130

Fotoğrafik Temeller



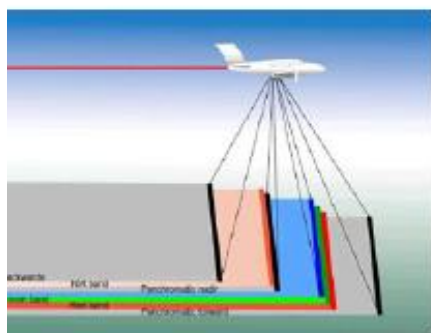
ADS40 – Leica



DMC – ZI-Imaging



UltraCam_D – Vexcel



Fotoğrafik Temeller

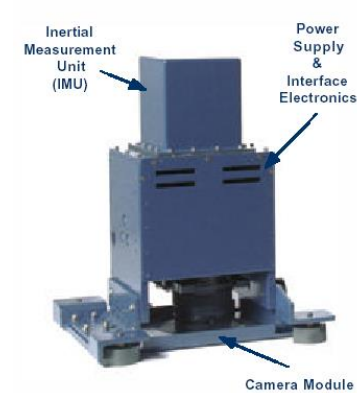
Sayısal çerçeve kameralar	Çözünürlük	Piksel büyüklüğü	Odak uzaklığı
Intergraph DMC	8000 x 14000 pan	12 μ m	120mm
Vexcel UltraCam _D	7500 x 11500 pan	9 μ m	100mm
Applanix DSS	4092 x 4077	9 μ m	55mm or 35mm
DIMAC	4080 x 5440	9 μ m	60mm – 150mm



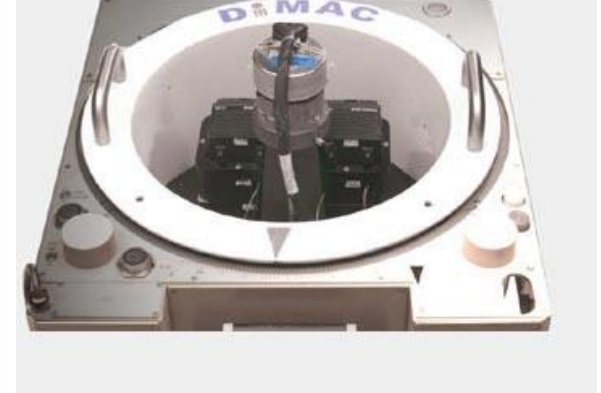
DMC



UltraCam_D

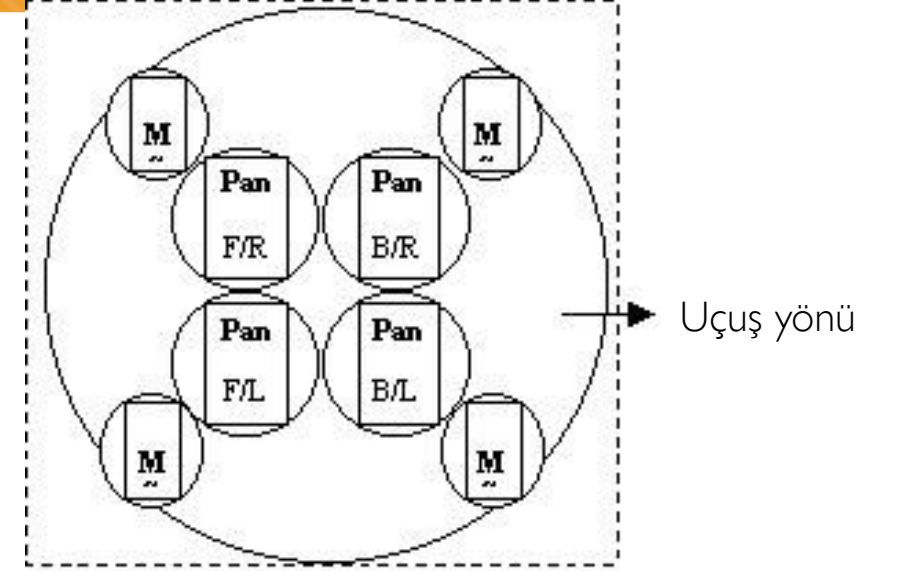
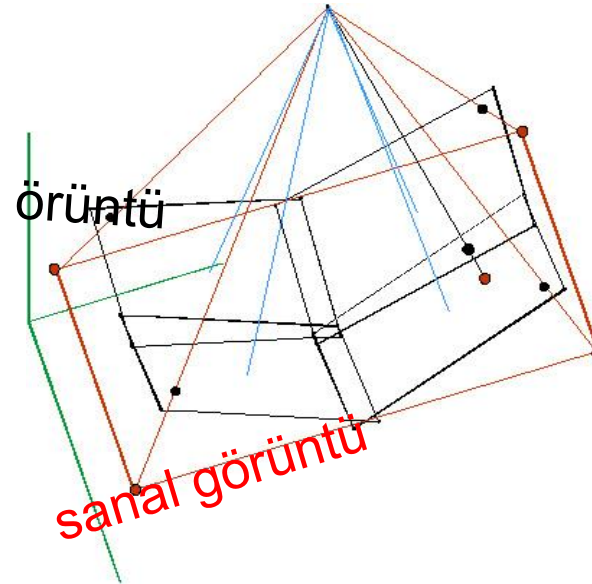
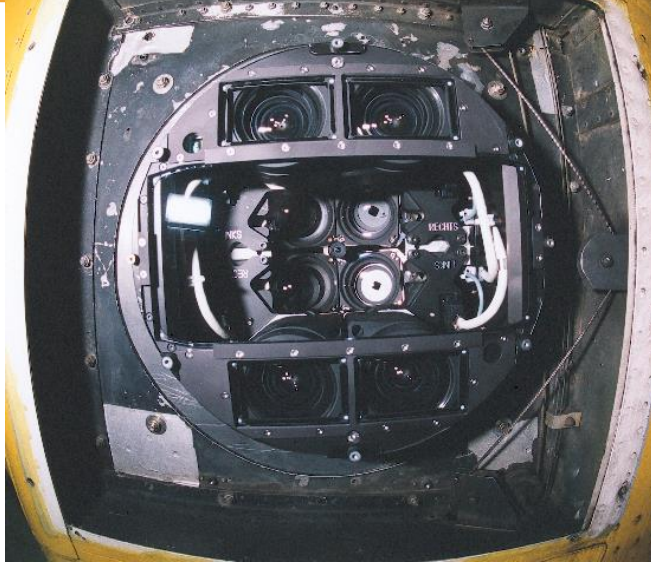


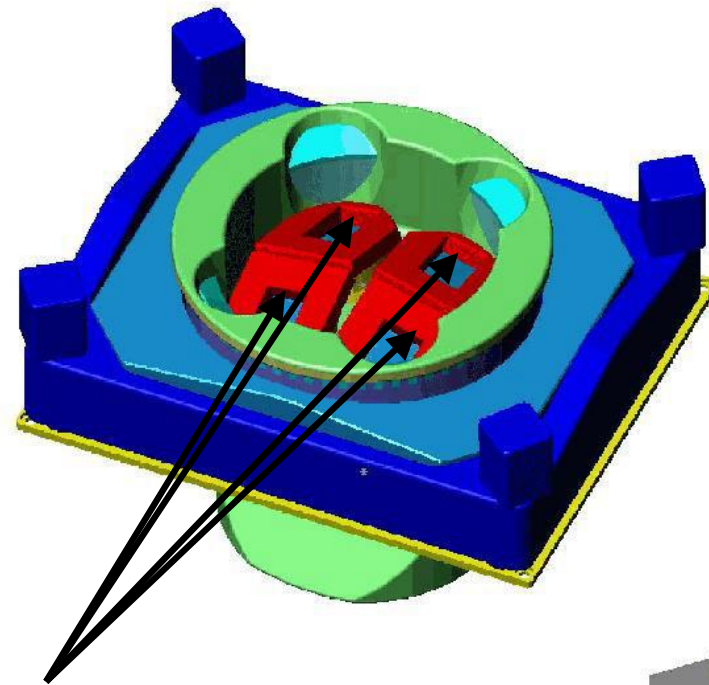
DSS



DIMAC

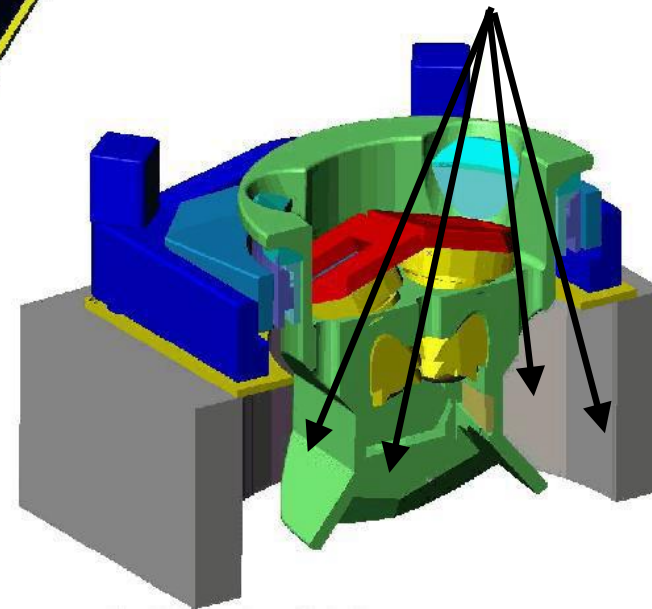
Fotoğrafik Temeller



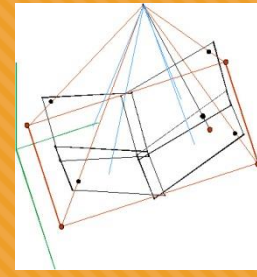


4 adet pankromatik kamera

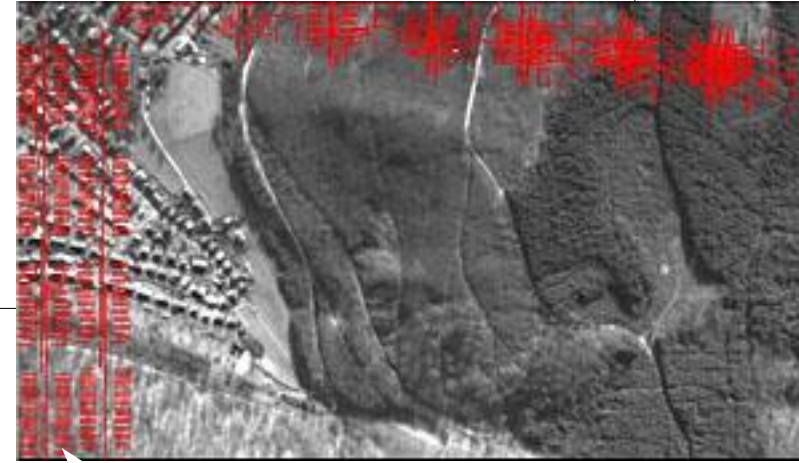
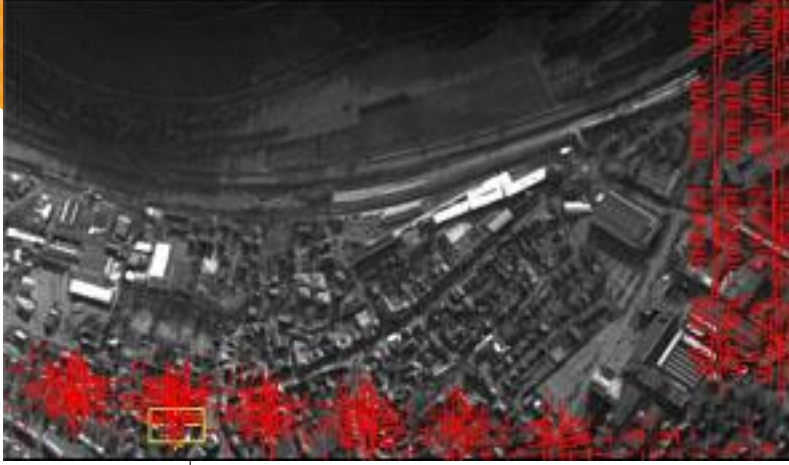
4 adet multispektral kamera



Z/I Digital modular Camera (DMC)



alt görüntüler

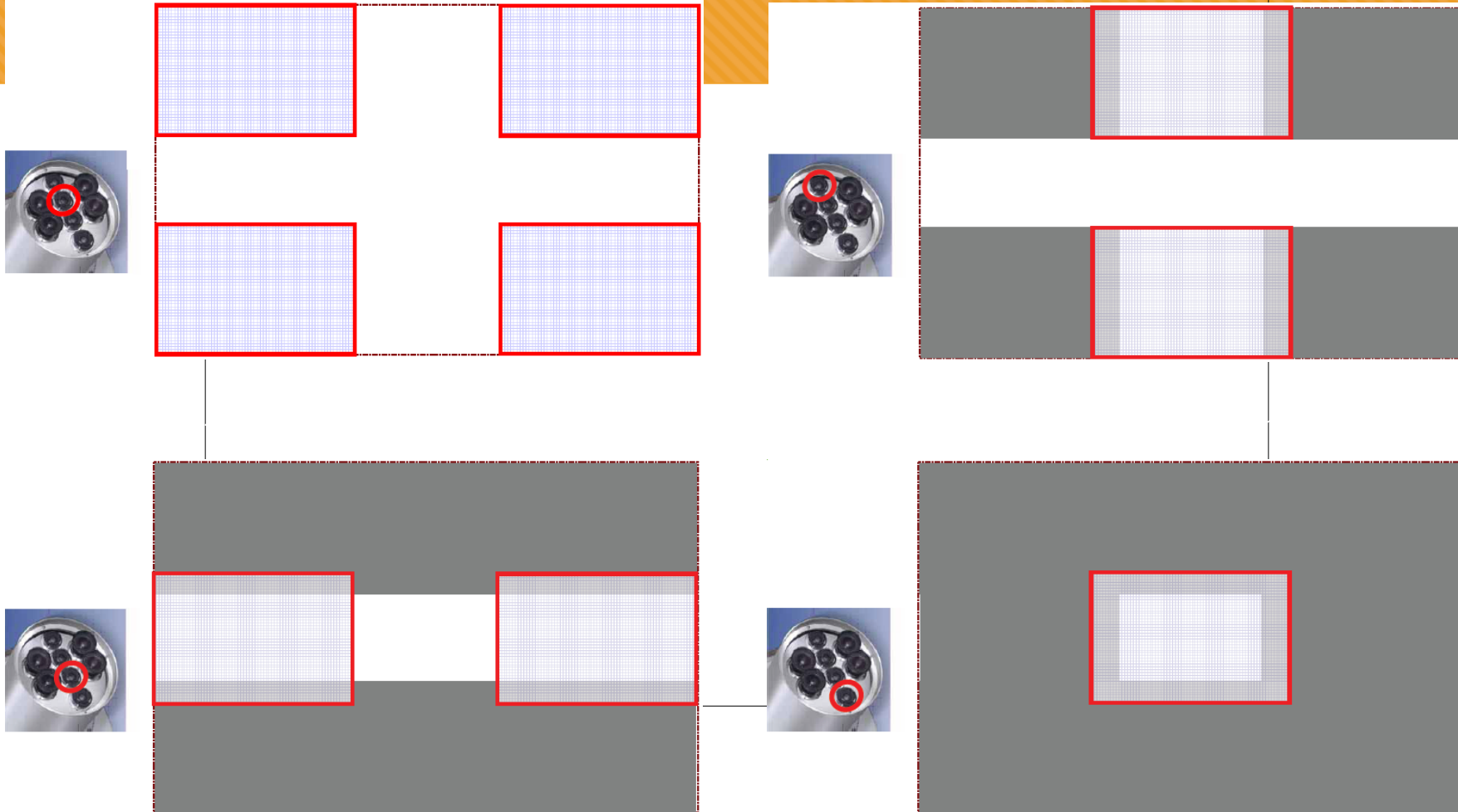


bağlama noktaları

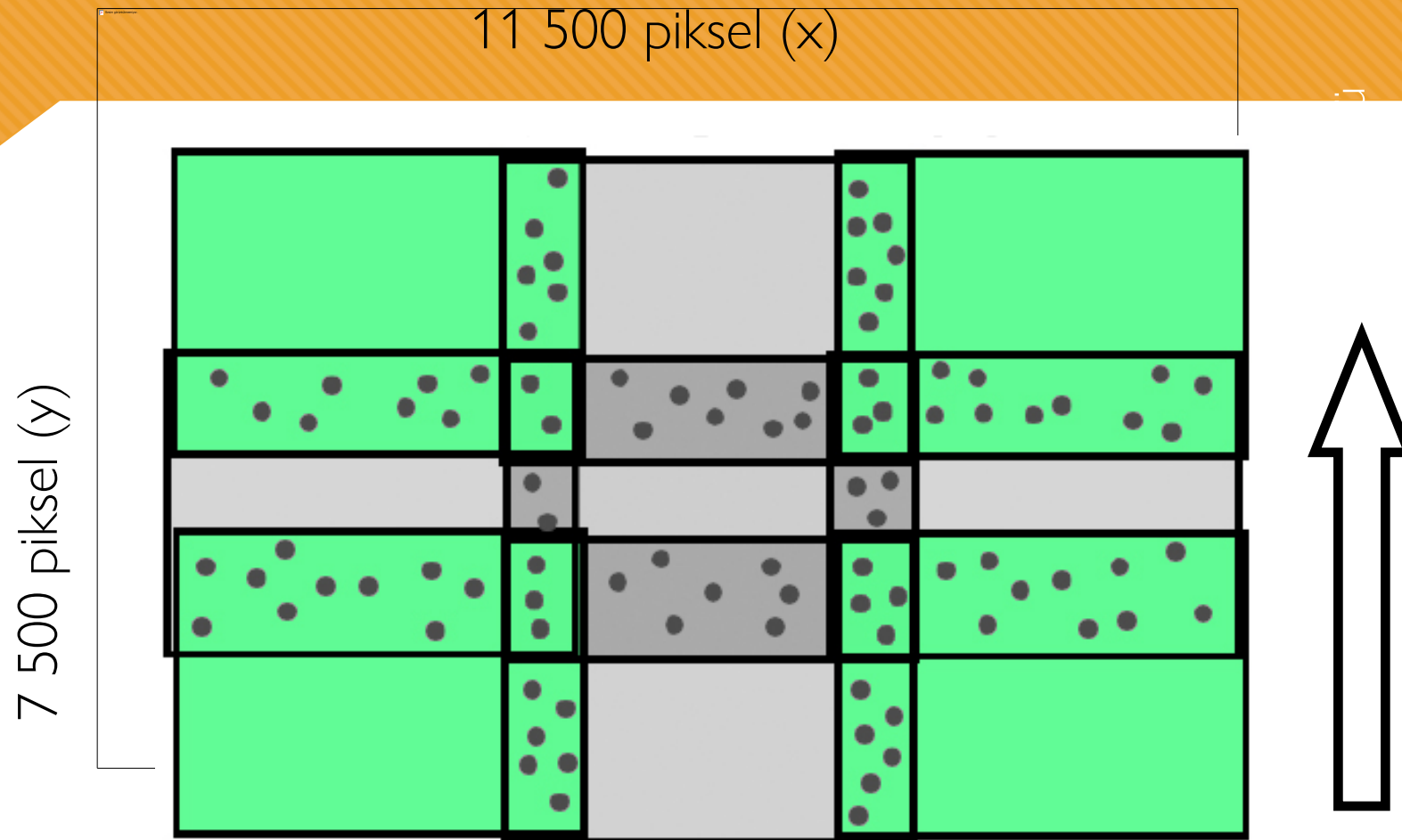
Vexcel UltraCam_D

Master objektif 4 alt CCD çerçeve kamera

1. objektif 2 alt CCD çerçeve kamera

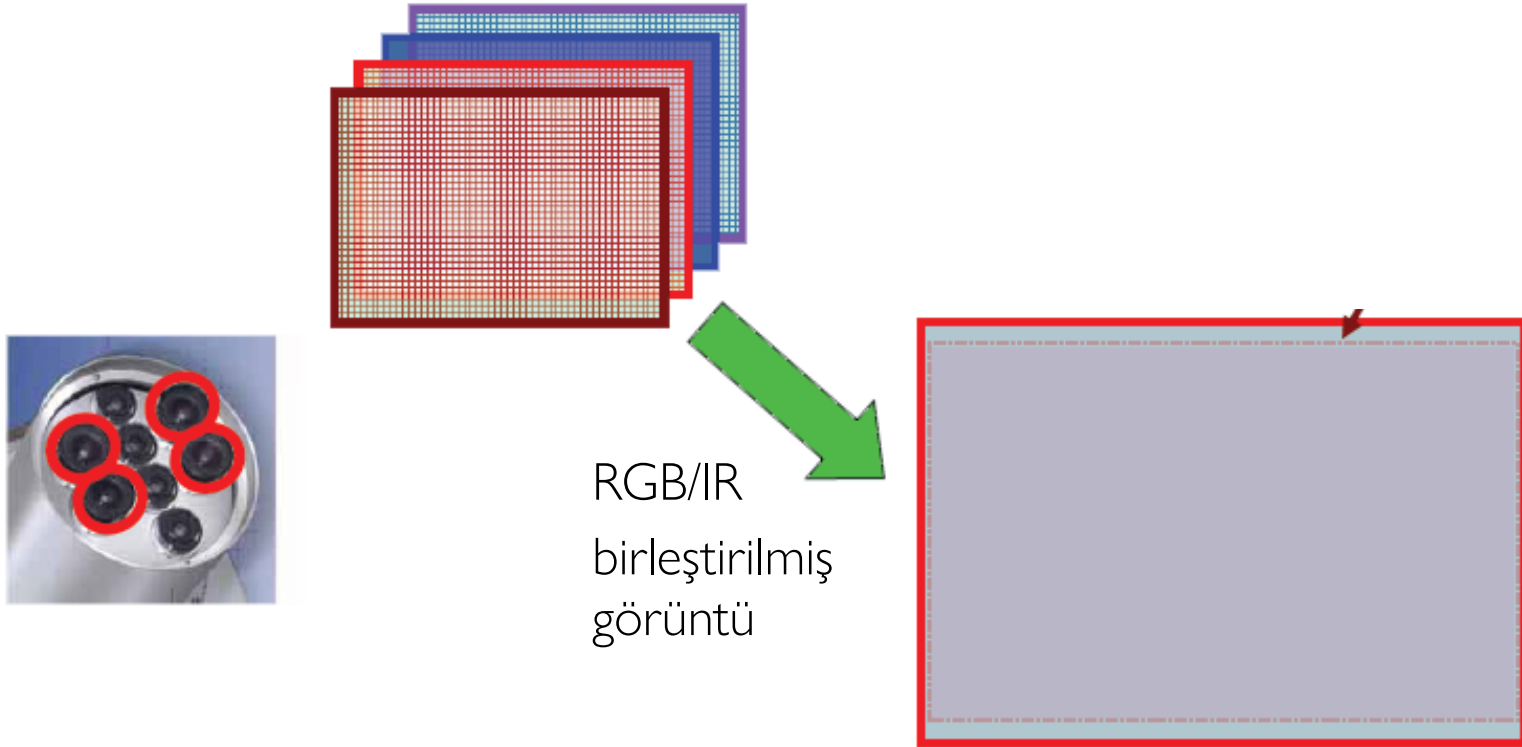


Vexcel UltraCam_D



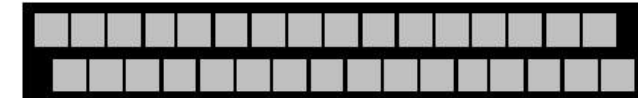
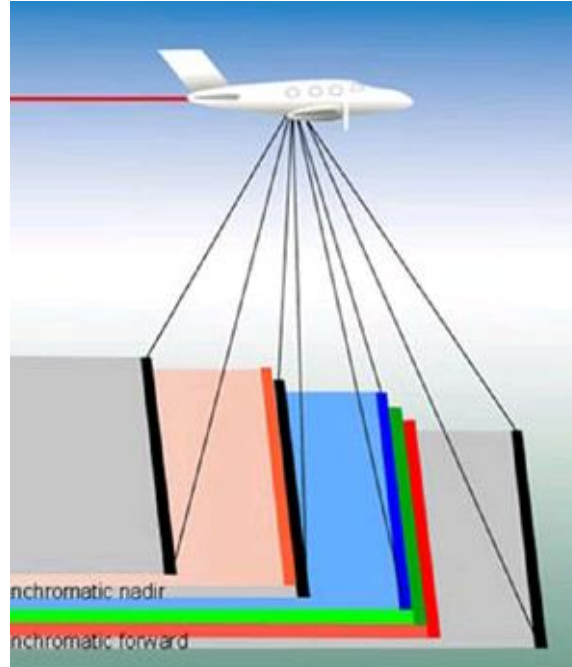
Vexcel UltraCam_D

5., 6., 7., 8. objektifler tek CCD çerçeve kamera



Sayısal Dizi Hava Kameraları

Sayısal dizi kameralar	çözünürlük	Piksel büyüklüğü	Uçuş yönündeki bakış açısı	Kamera açıklık açısı
Leica ADS40	2 x 12000 staggered	6.5µm	-16°, nadir, 26°	62°
Starlabo StarImager	14400	5µm	-23°, nadir, 17°	62°
JAS 150	12000	6.5µm	nadir, +/-12°, +/-20.5°	29°



staggered CCD

2 x 12 000 CCD-elemanı

Sayısal Dizi Hava Kameraları

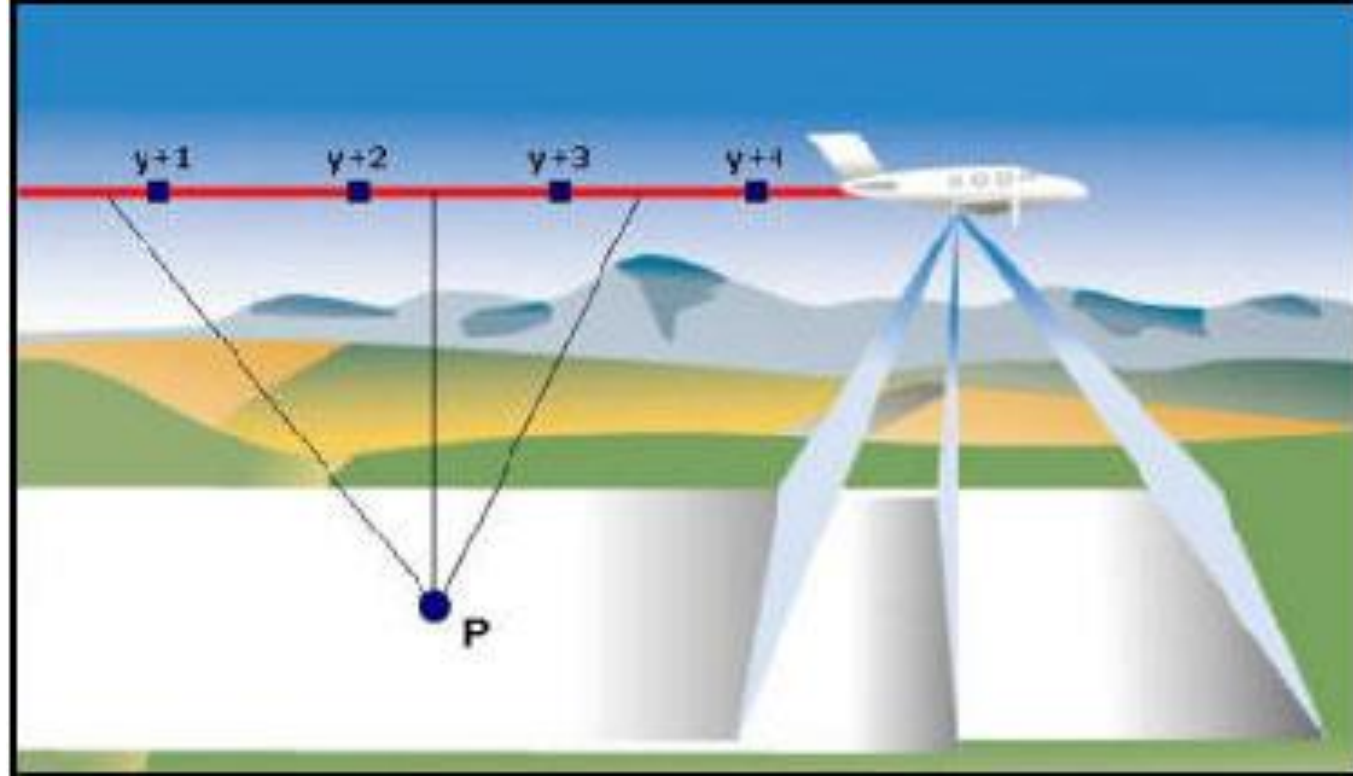


**Starlabo
Starlimgager**



DLR HRSC

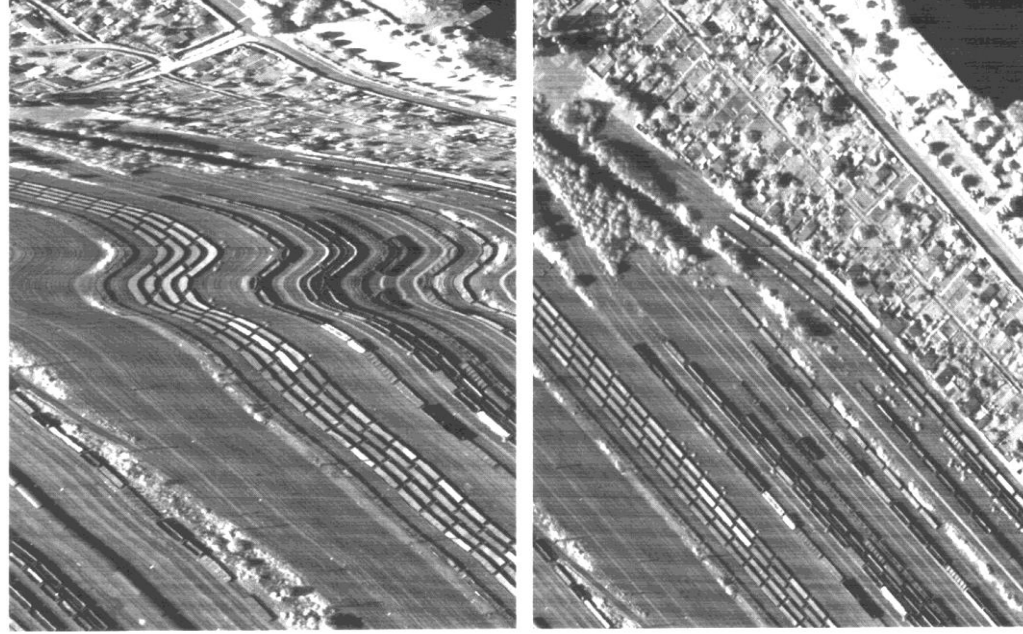
Sayısal Dizi Hava Kameraları



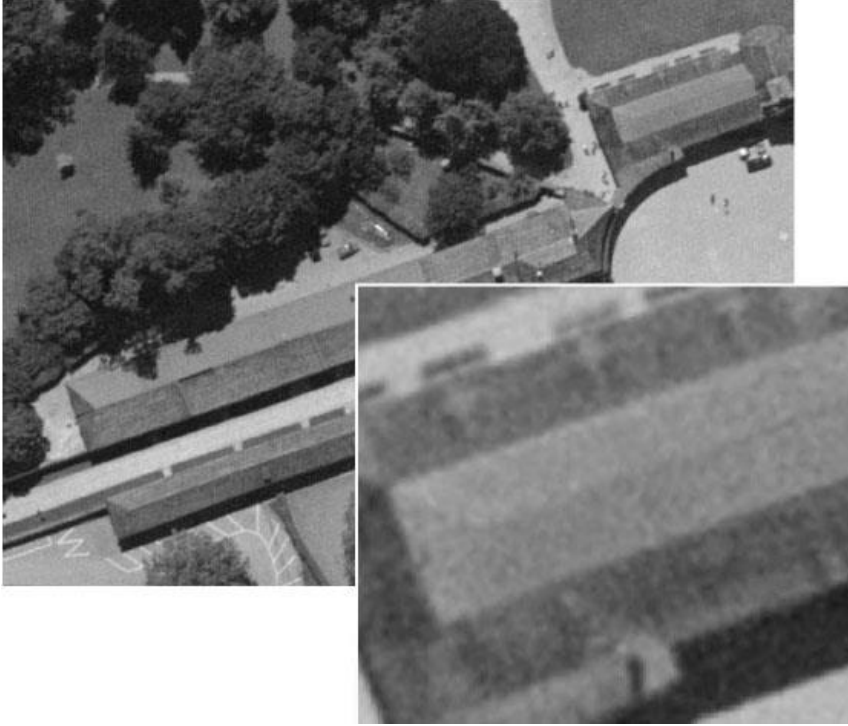
Her tarama dizisi için yöneltme elemanlarına
gereksinim var

GPS/IMU (Inertial Measurement Unit)

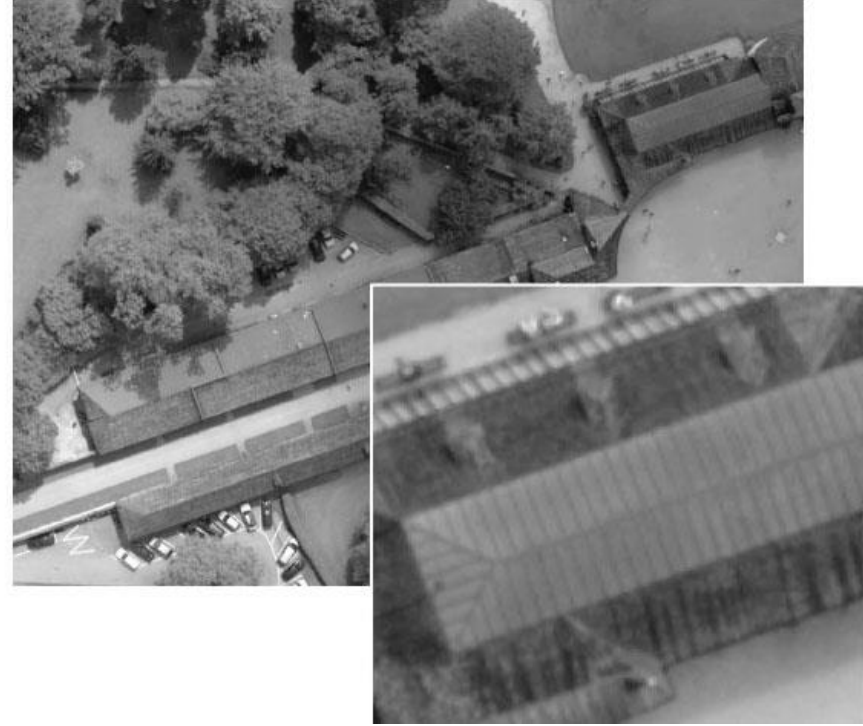
Sayısal Dizi Hava Kameraları



Sayısal Hava Kameraları



15 μ m ile taranmış yer ayırma ayırma gücü 15 cm
hava fotoğrafı



yer ayırma gücü 17 cm
sayısal kamera

Vexcel UltraCamD

Sayisal Hava Kameraları



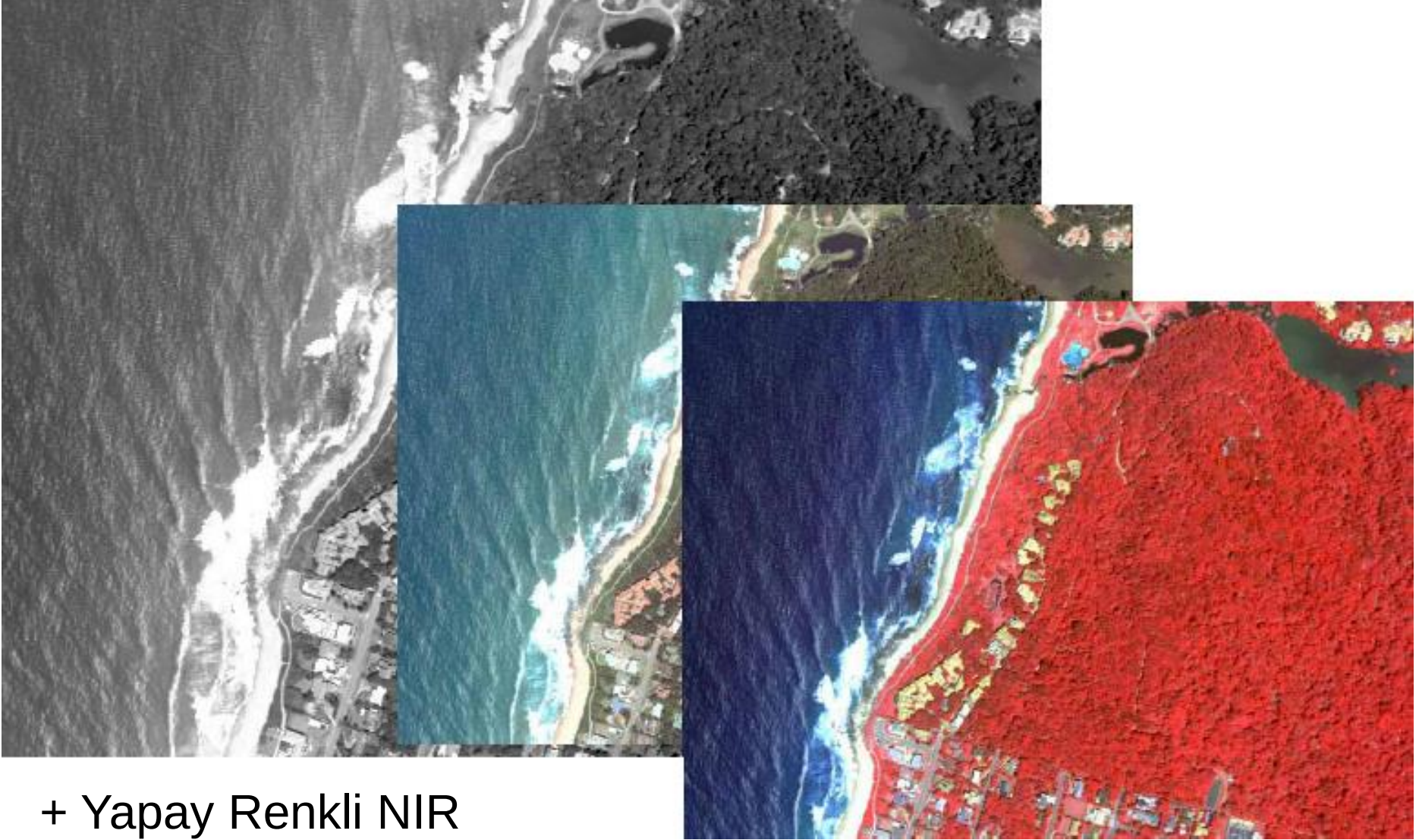
Vexcel UltraCamD

Sayisal Hava Kameraları



Vexcel UltraCamD

Sayisal Hava Kameraları



+ Yapay Renkli NIR

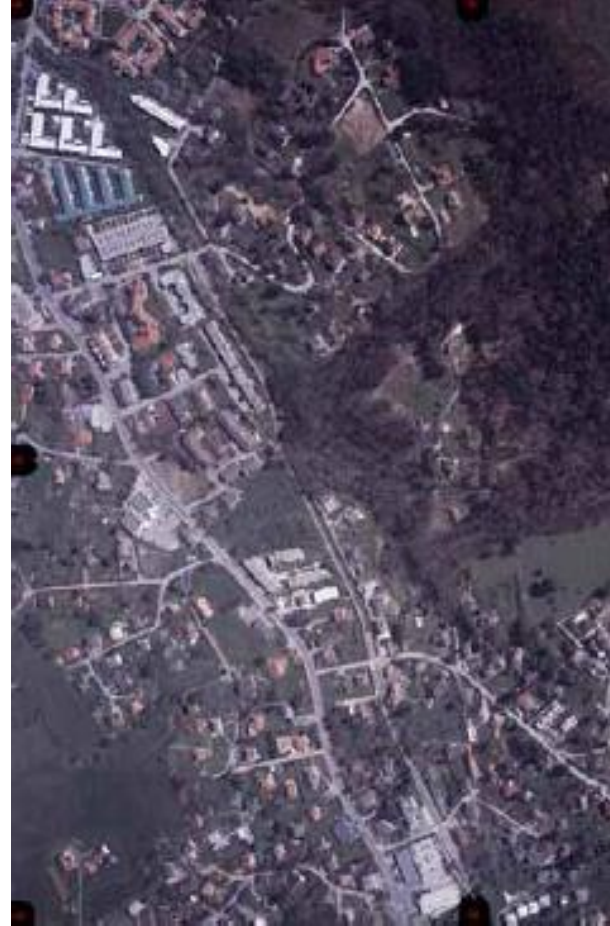
Vexcel UltraCamD





Sayısal Arazi Modelleri Doç. Dr. Naci
YASTIKLI

Analog Stereo Görüntü



Vexcel UltraCamD

Sayısal Stereo Görüntü



Vexcel UltraCamD

Analog fotoğraf



Sayısal fotoğraf



Vexcel UltraCamD

Analog fotoğraf

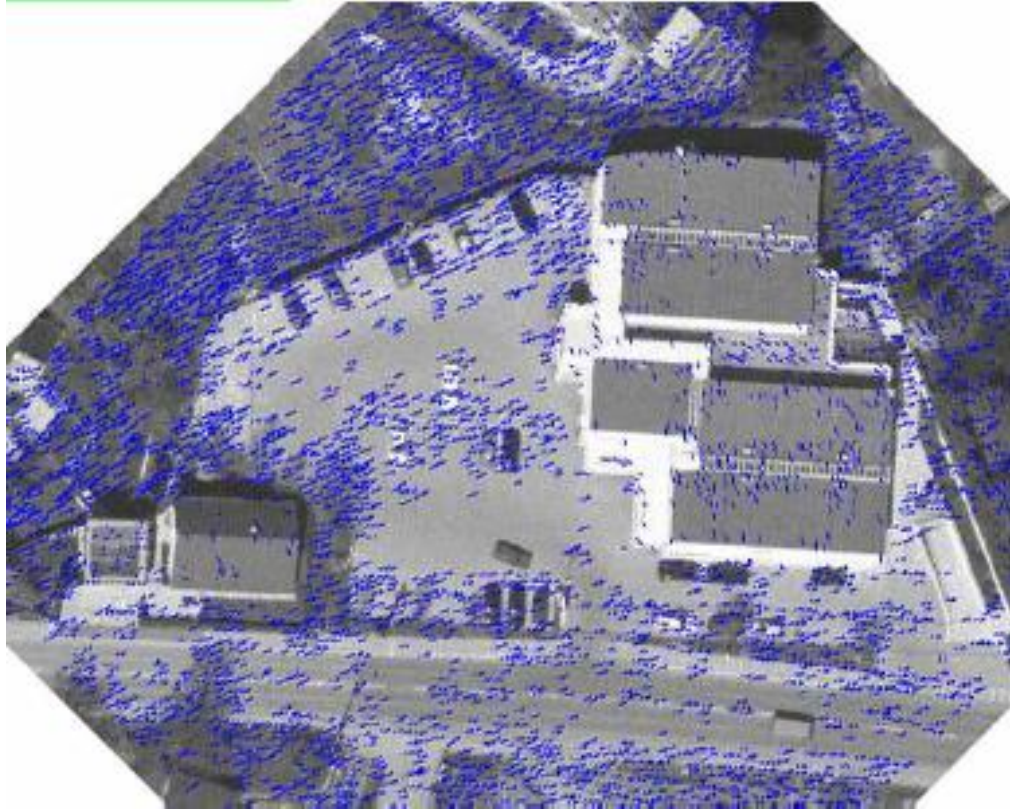


Sayısal fotoğraf

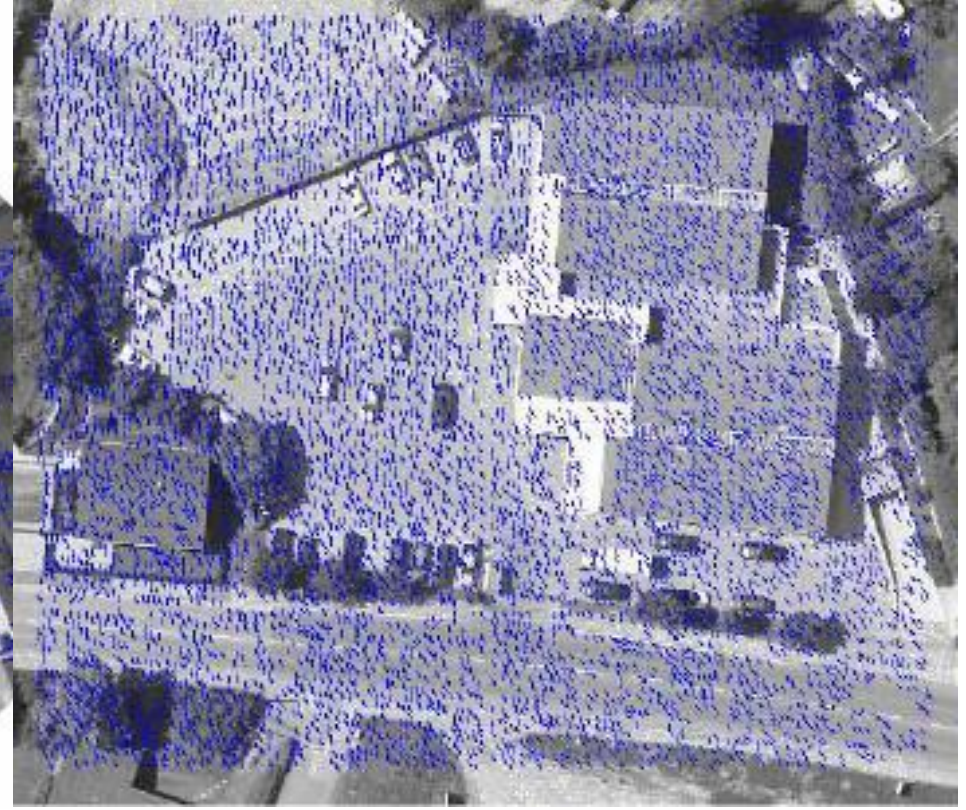


Görüntü Eşleme Sonuçları

Analog fotoğraf



Sayısal fotoğraf



Fotoğrafik Temeller

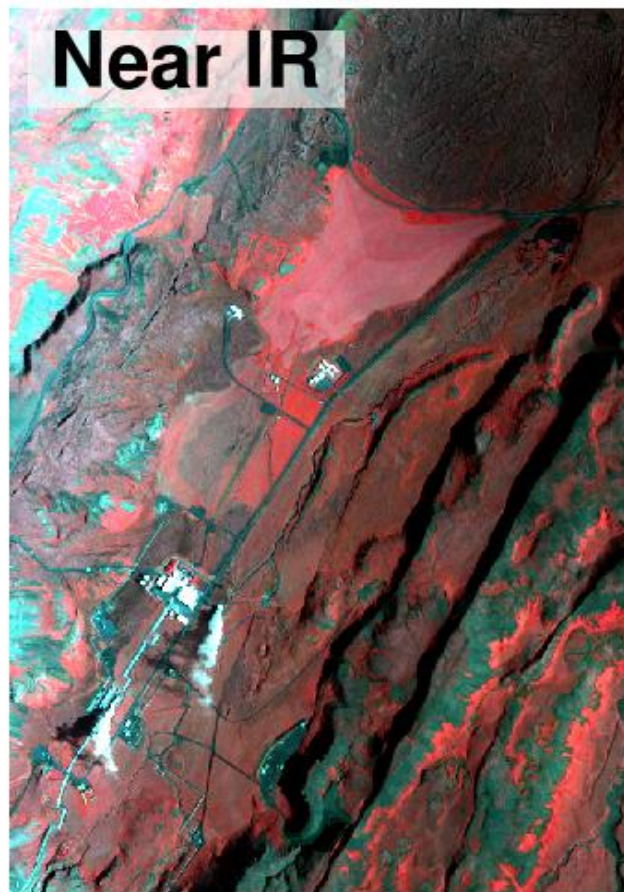
- ANALOG FOTOĞRAF
- SAYISAL FOTOĞRAF

Fotoğrafik Temeller

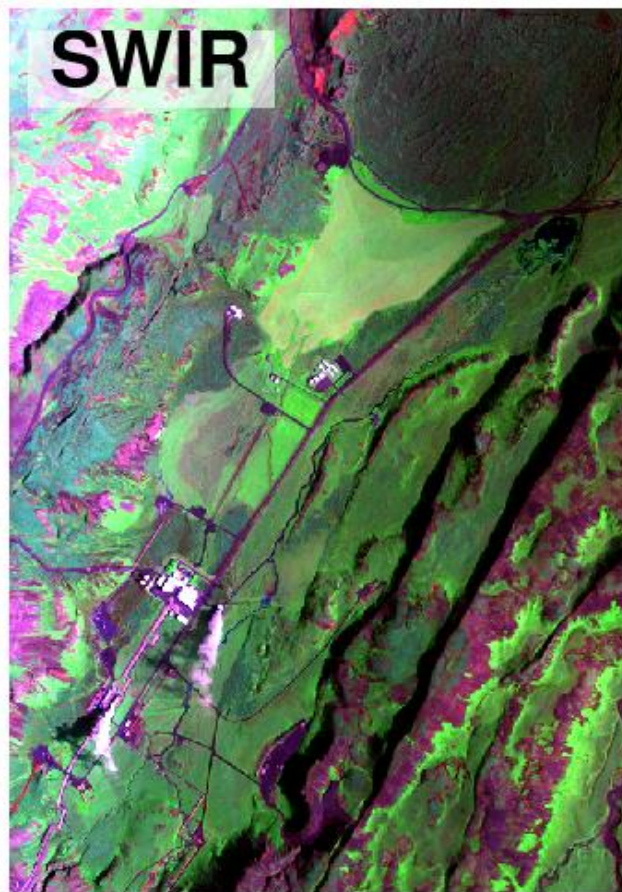
Visible



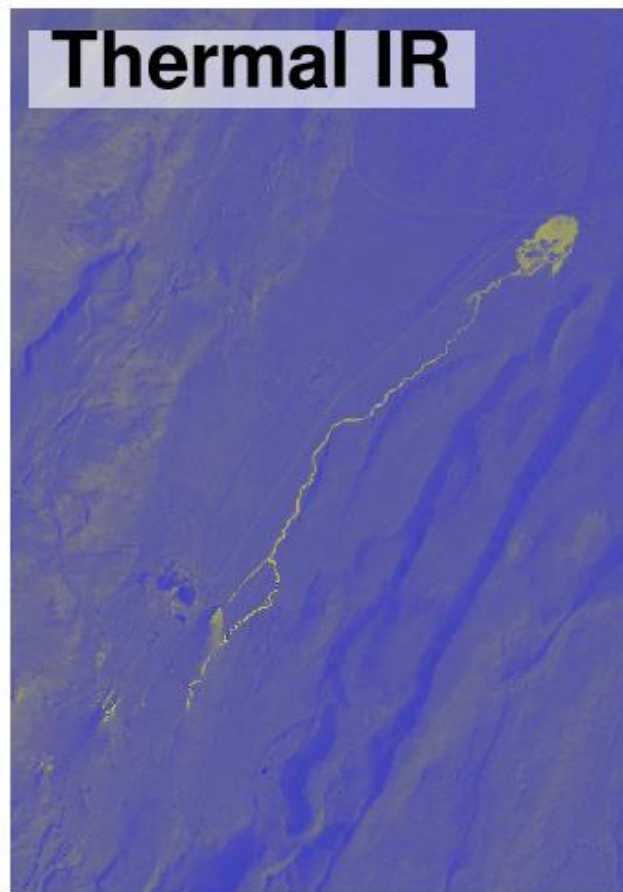
Near IR



SWIR



Thermal IR



Fotoğrafik Temeller

- Geçirgenlik/Saydamlık/Matlık
- Kararma/Optik Yoğunluk

Fotoğrafik Temeller

○ Pozlama:

- Işığa duyarlı malzeme tarafından toplanan enerji miktarına pozlama denir.



○ 117 sn



_Belial

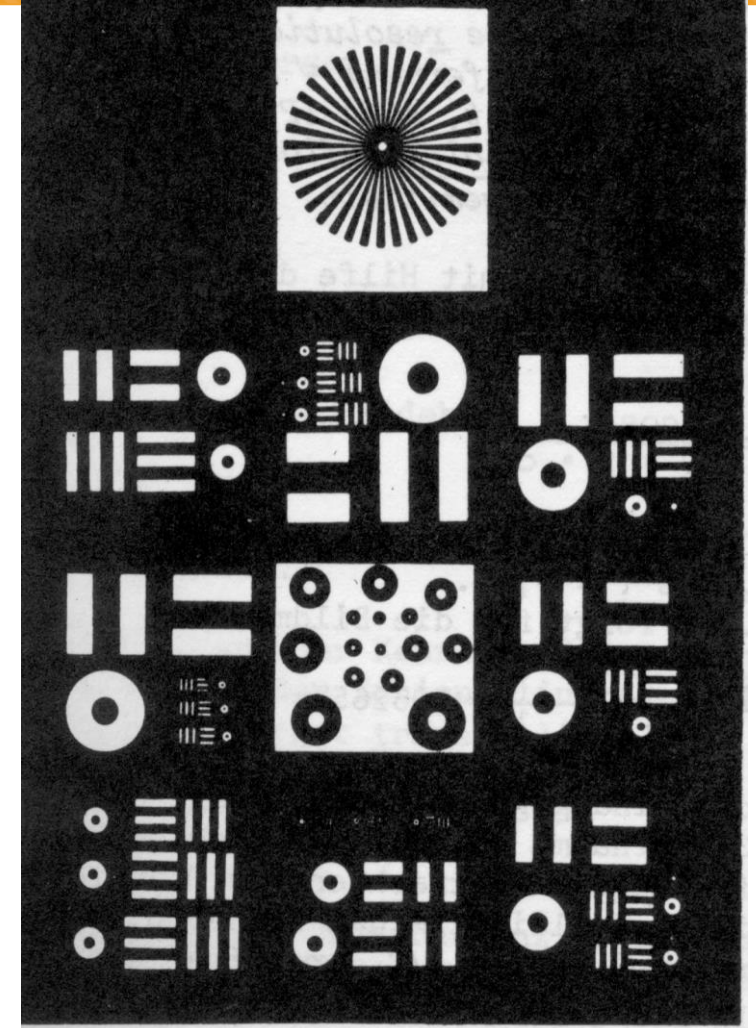
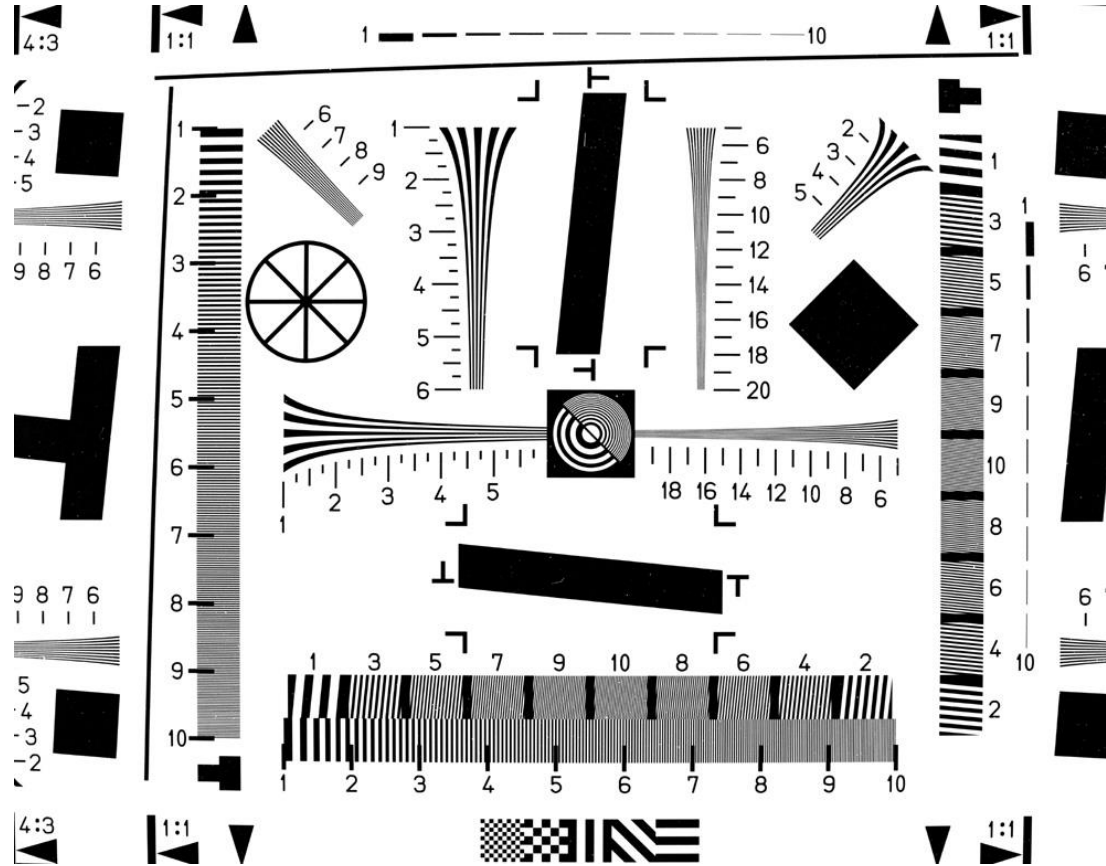
60 dk.



○ ^{123}Sn .

Fotoğrafik Temeller

○ Ayırma Gücü/Çözünürlük



Fotoğrafik Temeller

○ Ayırma Gücü/Çözünürlük

- Objektifin ayırma gücüne
- Poz süresine
- Netlik ayarına
- Banyo koşullarına
- Fotoğrafı çekilen objenin kontrastlık derecesine bağlıdır

Fotoğrafik Temeller

- Hız/Genel Duyarlık
- ASA/ISO

Fotoğrafik Temeller

○ ISO

- Ne kadar küçük ISO değeri = O kadar az gürültü (noise)
- Neden ISO yu yükseltiyoruz?

80

100

125

160

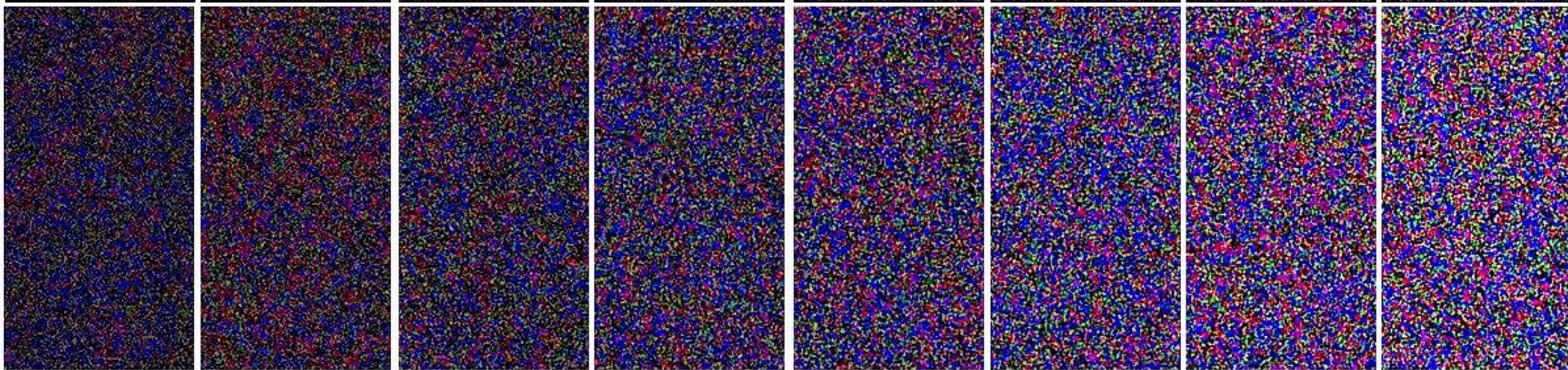
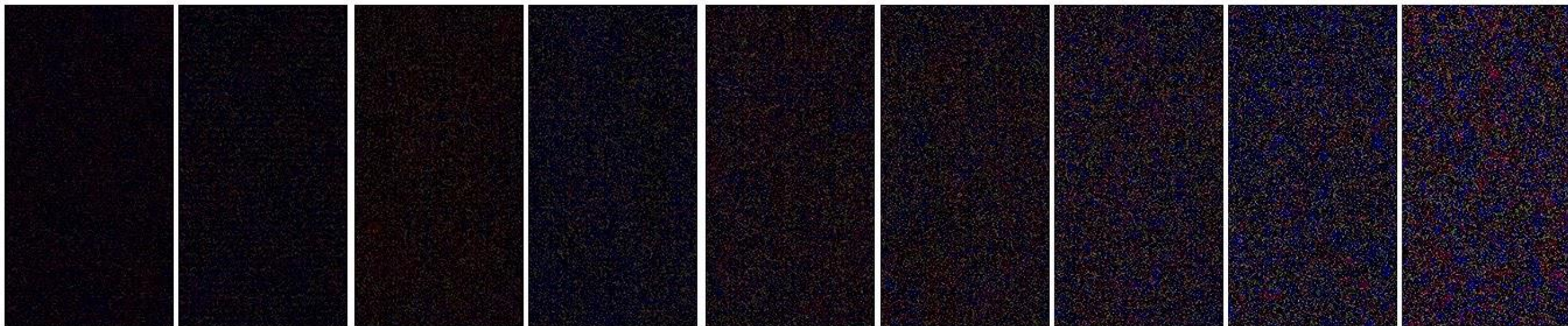
200

250

320

400

500



640

800

1000

1250

1600

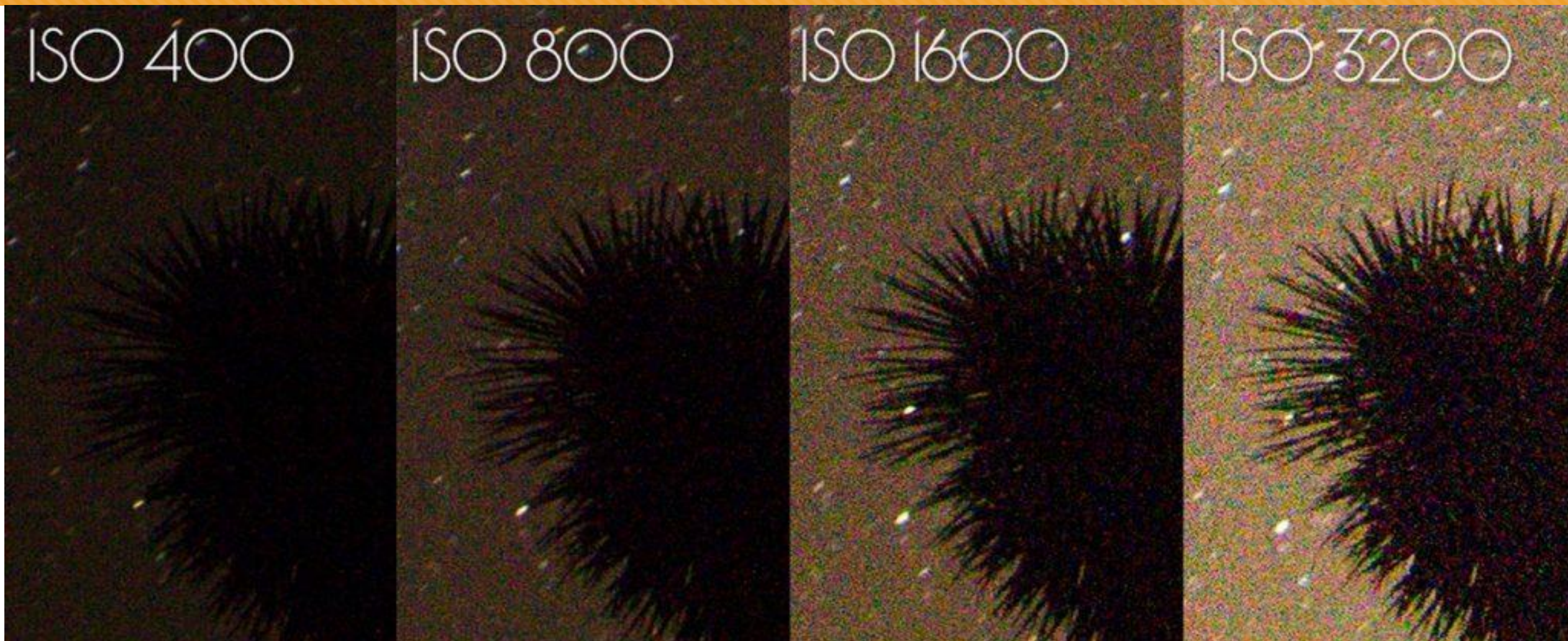
2000

2500

3200



Fotoğrafik Temeller



Fotoğrafik Temeller

- Bağlı Açıklık

- DİYAFRAM

- Objektifin bağlı açıklığı D/f ile tanımlanır. D, diyafram çapı, f ise objektifin odak uzaklığıdır.
- Söz gelimi 30 cm odak uzaklığı olan bir kamerada f/5.6 da etkili diyafram açıklığı $30/5.6 = 5.36$ cm dir.

Fo



$f/1.8$

$f/2.8$

$f/4.0$

$f/5.6$



$f/8$

$f/11$

$f/16$

$f/22$

Fotoğrafik Temeller

○ FİLTRELER

- Fotoğrafçılıkta filtreler sis ve pusun neden olduğu saçınmanın etkisini azaltmak, parıldamayı önlemek vb. amaçlar için kullanılır



Aperture

small
aperture



F32



F22



F16



F11



F8



F5,6



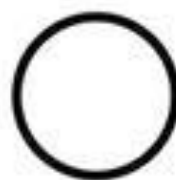
F4



F2,8



F2



F1,4

large
aperture

Shutter

fast
shutter speed



1/1000



1/500



1/250



1/125



1/60



1/30



1/15



1/8



1/4



1/2

slow
shutter speed

ISO

low
sensitivity



ISO 50



ISO 100



ISO 200



ISO 400



ISO 800



ISO 1600



ISO 3200



ISO 6400



ISO 12800



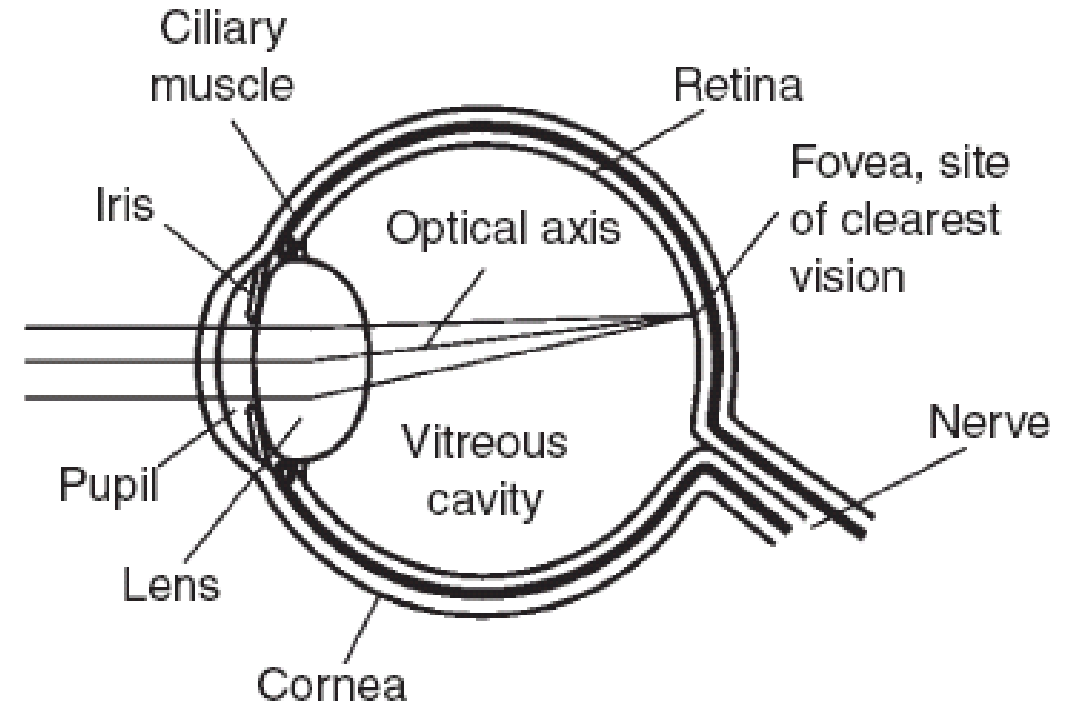
ISO 25600

high
sensitivity

Üç Boyutlu, Stereoskopik Görüş

○ Monoküler Görme

- Tek gözle görme olayına monoküler görme denir



Üç Boyutlu, Stereoskopik Görüş

○ KAMERA-İNSAN GÖZÜ

○ Net Fotoğraf

- Kamerada görüntü uzaklığı
- İnsanda mercek eğriliği

○ IŞIK

- Diyafram açıklığı insanda otomatik.

○ Görüş AÇISI

- Fotoğraf Işığa duyarlı yüzey düzlem
- İnsan Küresel yüzey



Üç Boyutlu, Stereoskopik Görüş

○ İNSAN GÖZÜ

- Fotoğraf makinesinden çok kamera
- Göz yuvarının çapı yaklaşık 21 mm dir. Göz - bakış eksenini doğrultusundaki genişliği yaklaşık 24 mm dir
- Göz merceğinin odak uzaklığı değişkendir. Gözün sonsuza uyum yaptığı durumdaki odak uzaklığı 22.4 mm dir
- Normal bir gözün en iyi uyum yapabildiği uzaklık 25 cm'dir. Bu uzaklığa net görüş uzaklığı denir
- Kameralardaki diyaframa benzer görev yapan iris'in çapı 2 – 8 mm arasında ışığa bağlı olarak, kendiliğinden otomatik olarak değişir. Bu değişiklikler kameralardaki f/11 ve f/2.8 'lik bağıl açıklıklara karşılık gelir
- Tek bir gözün görüş açısı yatayda 200° , düşeyde ise 115° dir. Ancak burun ve kaşlar bu görüş açısını sınırlar
- Normal bir gözün ayırma gücü, yuvarlak bir değer olarak 1' veya $2''$ dir. 25 cm'lik net görüş uzaklığında bu değerler 0.073 – 0.080 mm'ye karşılık gelir. Milimetredeki çizgi sayısı biriminde bu değerler 13.7 – 12.5 çizgi/mm'dir.

Üç Boyutlu, Stereoskopik Görüş

○ **Binoküler Görme / Derinliklerin Algılanması**

- İki gözle aynı anda görme olayına binoküler görme denir
- Çok uzak objelerde ve tek gözlü insanlarda da derinlik algısı vardır. NASIL?

Üç Boyutlu, Stereoskopik Görüş



Üç Boyutlu, Stereoskopik Görüş

- Yakınlık
- Objelerin birbirlerine göre durumları
- Parlaklık
- Beyin

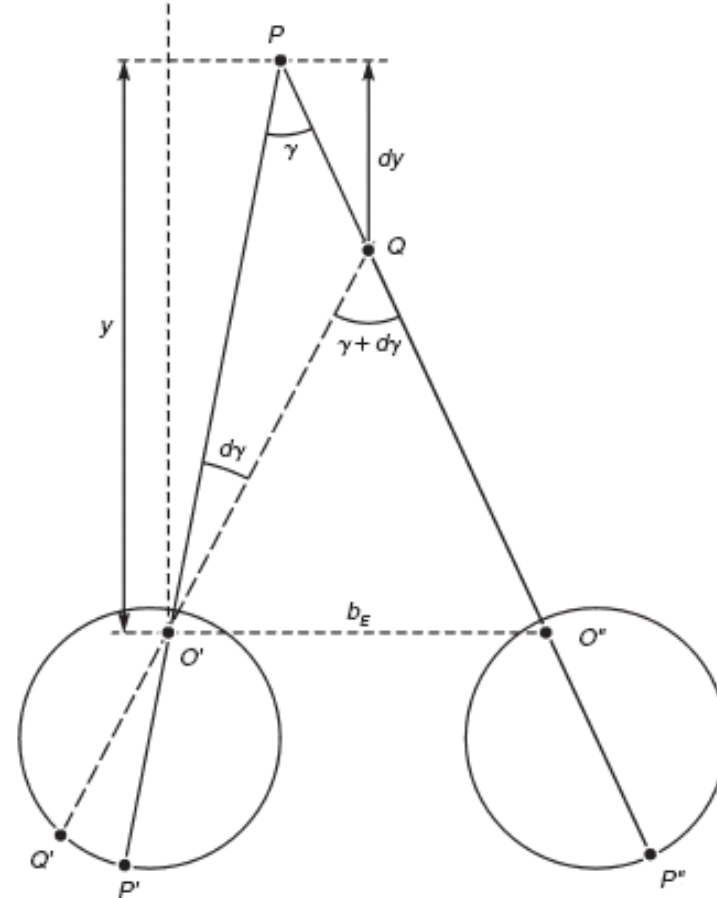


Üç Boyutlu, Stereoskopik Görüş

○ Video

Üç Boyutlu, Stereoskopik Görüş

- Göz bakış eksenlerinin nesne noktalarında oluşturdukları açılara yakınsama açısı γ denir



Üç Boyutlu, Stereoskopik Görüş

○ Yakınsama (konvergens).

- Yakınsama, 15 cm den sonsuza kadar yapılabilir.
- İki göz bebeği arasındaki uzaklığa **göz bazı** denir
- Göz bazı, kişiden kişiye değişir. Bu uzaklık normal olarak 65 mm varsayılır. Ancak göz bazı uzunluğu 52-78 mm arasında olabilir
- Yakınsaklık açısının değişimi ile derinlik değişimi arasında

$$\gamma = \frac{b}{D} \quad d\gamma = -\frac{b}{D^2} dD \quad dD = -\frac{D^2}{b} d\gamma$$

Üç Boyutlu, Stereoskopik Görüş

○ Total plastik

- Derinlik duyarlığının artmasını yapay olarak sağlayan n.v değerine total plastik denir

Üç Boyutlu, Stereoskopik Görüş

- Binoküler görüş şu şekilde oluşmaktadır:
 - Her iki göz aynı nesneye odaklanır.
 - Çok Uzak nesneler göz bakış eksenleri paralelleşir. SONUÇ?

Üç Boyutlu, Stereoskopik Görüş

○ Yapay Binoküler Görüş / Stereoskopik Görüş

- Gerçek görüntü yerine Fotoğraf

- Aynı koşulları sağlamak gerekir.

 - **FOTOĞRAF SAYISI ve NESNE**

 - **KAMERA EKSENLERİ**

 - **BİRBİRNE GÖRE UZAKLIKLAR**

 - **FOTOĞRAF ÖLÇEKLERİ**

Üç Boyutlu, Stereoskopik Görüş

○ Stereoskopik Görme Yöntemleri

- Anaglif Yöntem : Renkli süzgeçlerle ayırma
- Polarizasyon Yöntemi : Polaroid gözlüklerle ayırma
- Kırpma Yöntemi : Fotoğrafların sıra ile sunulması
- Stereoskopik Yöntemi : Işın yollarını ayırma

ODERS SONU

Üç Boyutlu, Stereoskopik Görüş

○ Stereoskopik Görme Yöntemleri

- Anaglif Yöntem : Renkli süzgeçlerle ayırma
- Polarizasyon Yöntemi : Polaroid gözlüklerle ayırma
- Kırpma Yöntemi : Fotoğrafların sıra ile sunulması
- Stereoskopik Yöntemi : Işın yollarını ayırma

Üç Boyutlu, Stereoskopik Görüş

○ Anaglif Yöntem

- Filtreler, spektrumun belirli bölgesindeki ışığı geçirir, geri kalan bölgedeki ışığı yutar.
- Söz gelimi mavi filtre (süzgeç) dalga boyu 0.5 mikrondan küçük alanları geçirirken, bundan daha büyük alanları yutar.
- Siyah – beyaz fotoğraflar kırmızı ve mavi süzgeçlerden geçirilerek bir ekrana izdüşürülür ve kırmızı – mavi süzgeçli bir gözlükle bakılırsa, bir fotoğrafın görüntüsü bir göze, diğer fotoğrafta diğer göze sunulmuş olur. Böylece her görüntü, karışmadan ilgili gözlere sunulmuş olur.
- Bu yöntem optik izdüşümlü stereo değerlendirme aletlerinde kullanılmıştır. Bu tür aletlerde, ortak alanı bulunan fotoğraflar projektörlere yerleştirilir.
- Renk olarak kırmızı – mavi, ya da kırmızı – yeşil kullanılır

Üç Boyutlu, Stereoskopik Görüş

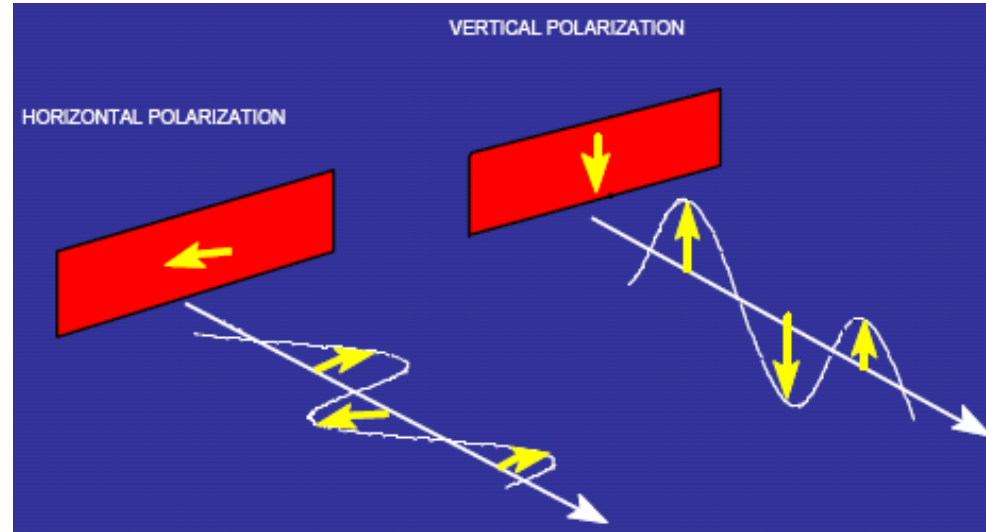
○ Anaglif Yöntem

- Bu yöntemde yalnız siyah – beyaz fotoğraflar kullanılabilir. Renkli fotoğraflar kullanmak mümkün değildir. Bu yöntemin diğer bir sakıncası, çok güçlü olan renk farkının gözler arasında bir yarışmaya neden olmasıdır. Bir süre kırmızı, bir süre mavi baskın çıkar.
- Bu yöntemde göre fotoğraflar basılabilir; yapay üç boyutlu görüntülerde bu şekilde oluşturulabilir. Bu basılı fotoğraflar, izdüşürülen görüntülerden farklıdır. Beyaz kağıda basılmış kırmızı renk, anaglif gözlüklerin kırmızı filtresinden görülmez. Ancak mavi (ya da yeşil) filtreden, yeşil ya da mavi fon üstünde siyah olarak görülür.

Üç Boyutlu, Stereoskopik Görüş

○ Polarizasyon Yöntemi

- Işığın dalga hareketiyle yayılımında dalgalar, yayılma doğrultusunu içeren tüm olası düzlemler içinde titreşir. Bu ışın destesi birbirine dik iki yönde yayılacak şekilde iki ışın demetine ayrılabilir. Bunun için polarize edici süzgeçler kullanılır
- Aynı doğrultulara göre polarize edebilen bir gözlükle bakılırsa fotoğraflar ilgili gözlere sunulmuş olur.



Üç Boyutlu, Stereoskopik Görüş

○ Polarizasyon Yöntemi

- Klasik fotogrametride bu yöntem, bir ikisinin dışında kullanılmamıştır. Çünkü bu yöntemde hem ışığın düzeyinde eksilmesi, hem de polarizasyon doğrultusunun duyarlı bir biçimde uygulanması zorunluluğu vardır.
- Son zamanlarda doğrusal polarizasyon yerine dairesel polarizasyon kullanılmaktadır. Bunun için, polarize gözlükle birlikte polarizasyon plakası çeyrek dalga boyu geciktirme yapılır. Böylece ışık destesi sağ ve sol dairesel desteklere ayrılmış olmaktadır.
- Bu yöntem son yıllarda fotogrametrik iş istasyonlarında, yani sayısal fotogrametri uygulamalarında kullanılmaktadır.

Üç Boyutlu, Stereoskopik Görüş

○ Kırpma Yöntemi

- Bu yöntem insan gözünün tembelliğinden yararlanır. Bir nesnenin görüntüsü yaklaşık 0.06 s sürer. Bir görüntünün arkasından hemen ikinci bir görüntü sunulur. Bunun için uygulanan frekans 16 – 24 Hz dir
- Fotogrametride bu özellikten yararlanılarak, görüntüyü açıp – kapatan dönel perdeler kullanılır
- Hem projektörlerin önünde ve hem de gözlerin önünde bulunan bu dönel perdeler eş zamanlı çalışır
- Sol projektördeki perde açıkken ekranda yalnız sol fotoğrafın görüntüsü vardır. Bu sırada da gözlüğün sol gözü açıktır; sol fotoğraf yalnız sol göze ulaşır
- Hemen arkasından sağ projektör ve sağ göz açılır. Bu hareketin -değişimin- hızı saniyede 50-200 kezdir. Yani frekans 50-200 Hz dir.
- Sayısal fotogrametride bugün en çok kullanılan yöntem bu kırpma yöntemidir.

Üç Boyutlu, Stereoskopik Görüş

Zeiss Sayisal Fotogrametri Sistemi



Zeiss Sayisal Fotogrametri Sistemi



Üç Boyutlu, Stereoskopik Görüş



Üç Boyutlu, Stereoskopik Görüş

○ Stereoskop Yöntemi

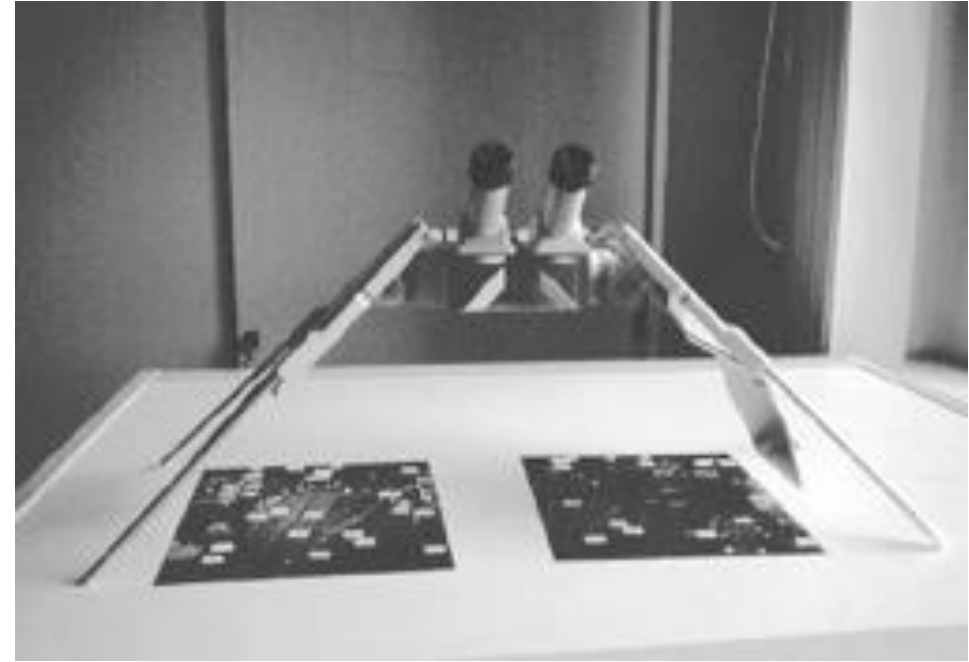
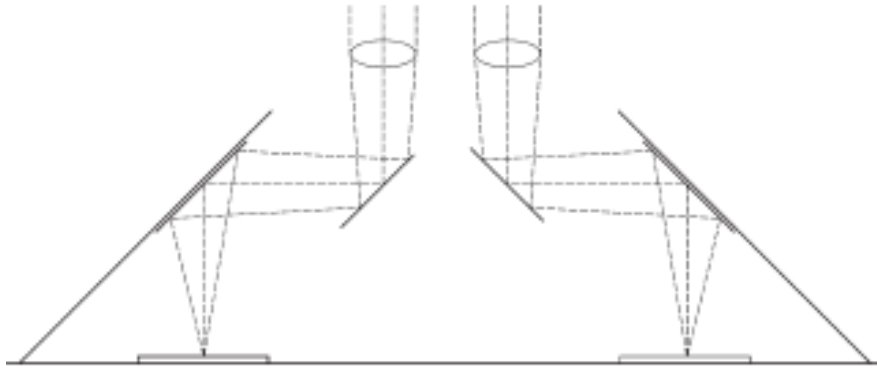
- Bu yöntemde fotoğraflar iki ayrı optik yolla ilgili gözlere sunulur.
- Optik yol mercekler, prizmalar ve aynalar ile oluşturulur. Gözetleme, genellikle bir çift okülerle yapılır. Bu nedenle göz – bakış eksenleri paralel olmak zorundadır.
- Bu yöntem klasik fotogrametride pek çok analog aletle, analitik aletlerin tamamında, sayısal fotogrametride de bir iş istasyonda kullanılmıştır.
- Bu yöntem, stereoskop aletlerinin incelenmesi sırasında ayrıntılı olarak ele alınacaktır

Üç Boyutlu, Stereoskopik Görüş

○ Psoydoskopik Görüş

- Fotoğraflar ilgili gözler yerine ters gözlere sunulursa, stereo görüşe benzer, yine derinlikleri olan bir görüş sağlanır. Ancak derinlikler işaret değiştirir. Yakın nesneler uzak, uzak nesneler de yakın olur. Bu yalancı üç boyutlu görüşe psoydoskopik görüş denir

Üç Boyutlu, Stereoskopik Görüş



Üç Boyutlu, Stereoskopik Görüş

○ Ölçü Markası Ve Paralaks

- Stereoskopik incelemeyi kolaylaştırmak ve stereoskopik ölçü yapabilmek için, bu tür aletlerde, fotoğraf ile gözetleme sistemi arasında uygun bir yerde özel işaretler bulunur
- Büyüklüğü 50-100 mikron olan, siyah bir benek, içi boş bir halka, ya da ışıklı bir nokta biçimindeki bu işaretlere ölçü markaları denir
- Stereoskopik görüş tam olarak sağlanınca iki ölçü markası, gözleyiciye tek bir ölçü markasıymış gibi görünür

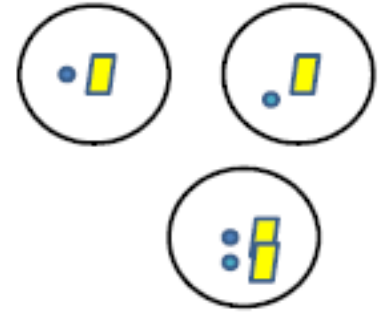
Üç Boyutlu, Stereoskopik Görüş

○ Ölçü Markası Ve Paralaks

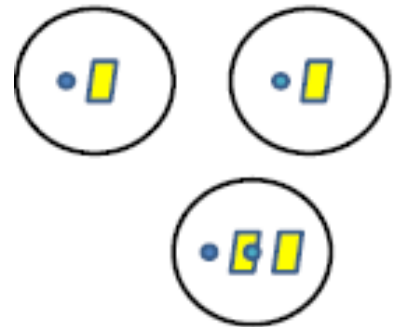
- Ölçü markalarında biri, göz bazına paralel doğrultuda biraz farklı konumda ise, üç boyutlu görüşte iki farklı durum söz konusu olabilir:
 - Ölçü markası yine tek bir marka olarak görünür ancak bir miktar ilgili nesnenin -önünde- yükseğindedir.
 - Ölçü markaları iki tane görünür. Bu da ölçü markası nesnenin bir miktar -arkasında- altındadır

Üç Boyutlu, Stereoskopik Görüş

- Ölçü Markası Ve Paralaks
 - Göz bazına paralel yöndeki bu farklılığa yatay paralaks denir. Bu yatay paralaks bir noktada giderildikten sonra, başka bir noktaya gidildiğinde olasılıkla yine bir yatay paralaks ile karşılaşılır. Çünkü yatay paralaks yükseklikler ile değişir
 - Göz bazına dik yöndeki ölçü markalarının farklılaşmasına da düşey paralaks denir. Bu paralaks görüntüler arasındaki farklılaşma olarak da düşünülebilir
 - Bu durum epipolar düzlem koşulunun olmamasından ileri gelir. Stereoskopta, alet h döndürülerek bu fark giderilir



Düşey paralaks



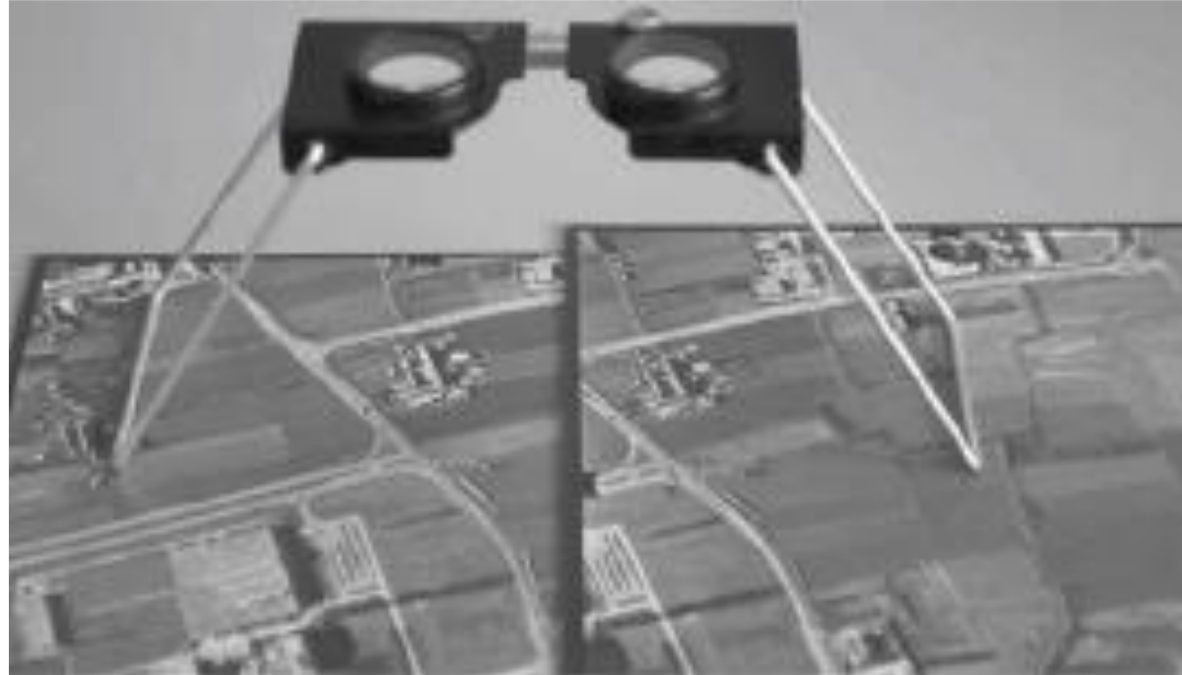
Yatay paralaks

Üç Boyutlu, Stereoskopik Görüş

- Stereo Görüş Veren Fotogrametri Aletleri
 - Yaklaşık Stereodeğerlendirme Aletleri
 - Stereokomparator
 - Analog Stereodeğerlendirme Aletleri
 - Analitik Stereodeğerlendirme Aletleri
 - Sayısal (Digital) Stereodeğerlendirme Aletleri

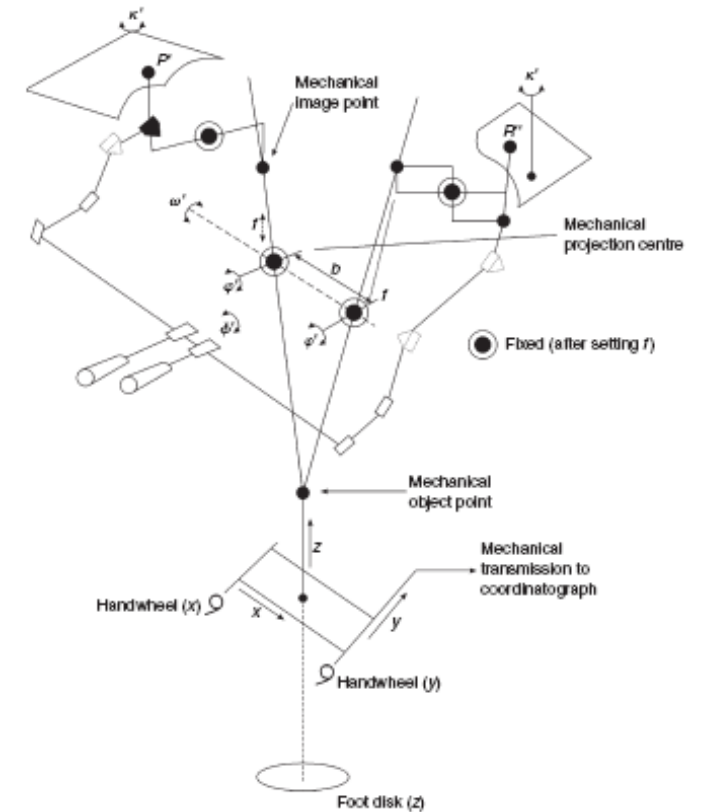
Üç Boyutlu, Stereoskopik Görüş

- Stereo Görüş Veren Fotogrametri Aletleri
 - Yaklaşık Stereodeğerlendirme Aletleri



Üç Boyutlu, Stereoskopik Görüş

- Stereo Görüş Veren Fotogrametri Aletleri
 - Analog Stereodeğerlendirme Aletleri



Üç Boyutlu, Stereoskopik Görüş

- Stereo Görüş Veren Fotogrametri Aletleri
 - Analitik Stereodeğerlendirme Aletleri

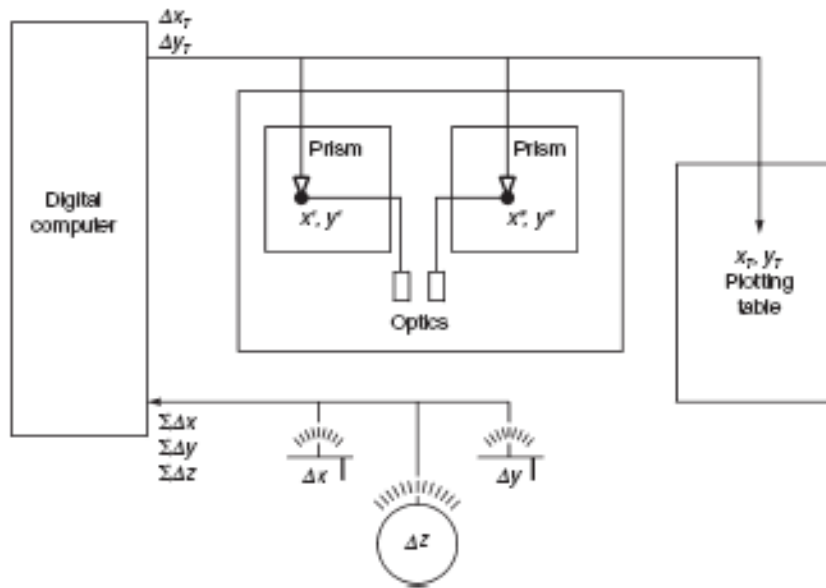


Figure 3.17 The Z/I Imaging Planicom P3.

Üç Boyutlu, Stereoskopik Görüş

- Stereo Görüş Veren Fotogrametri Aletleri
 - Sayısal (Digital) Stereodeğerlendirme Aletleri



Figure 3.20 The LH Systems SOCET-SET.

ODERS SONU