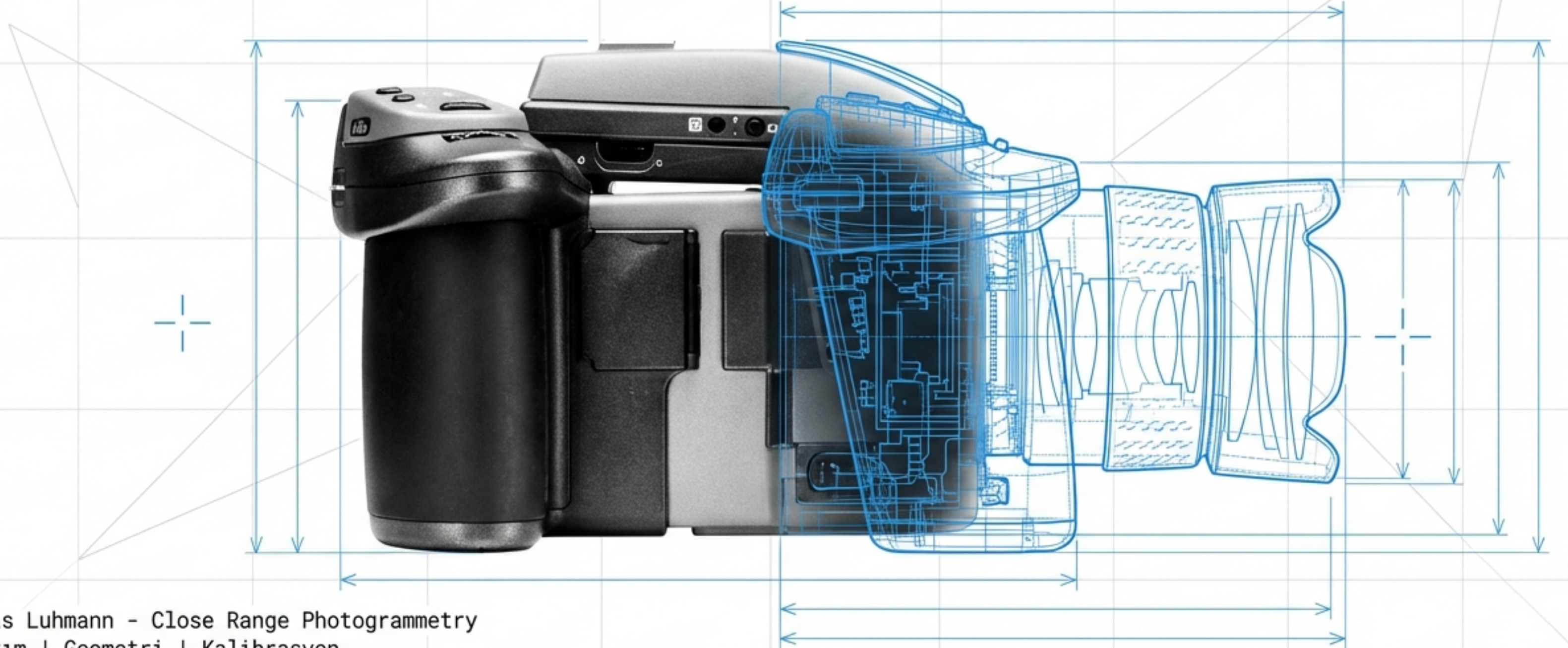


Hassasiyetin Anatomisi

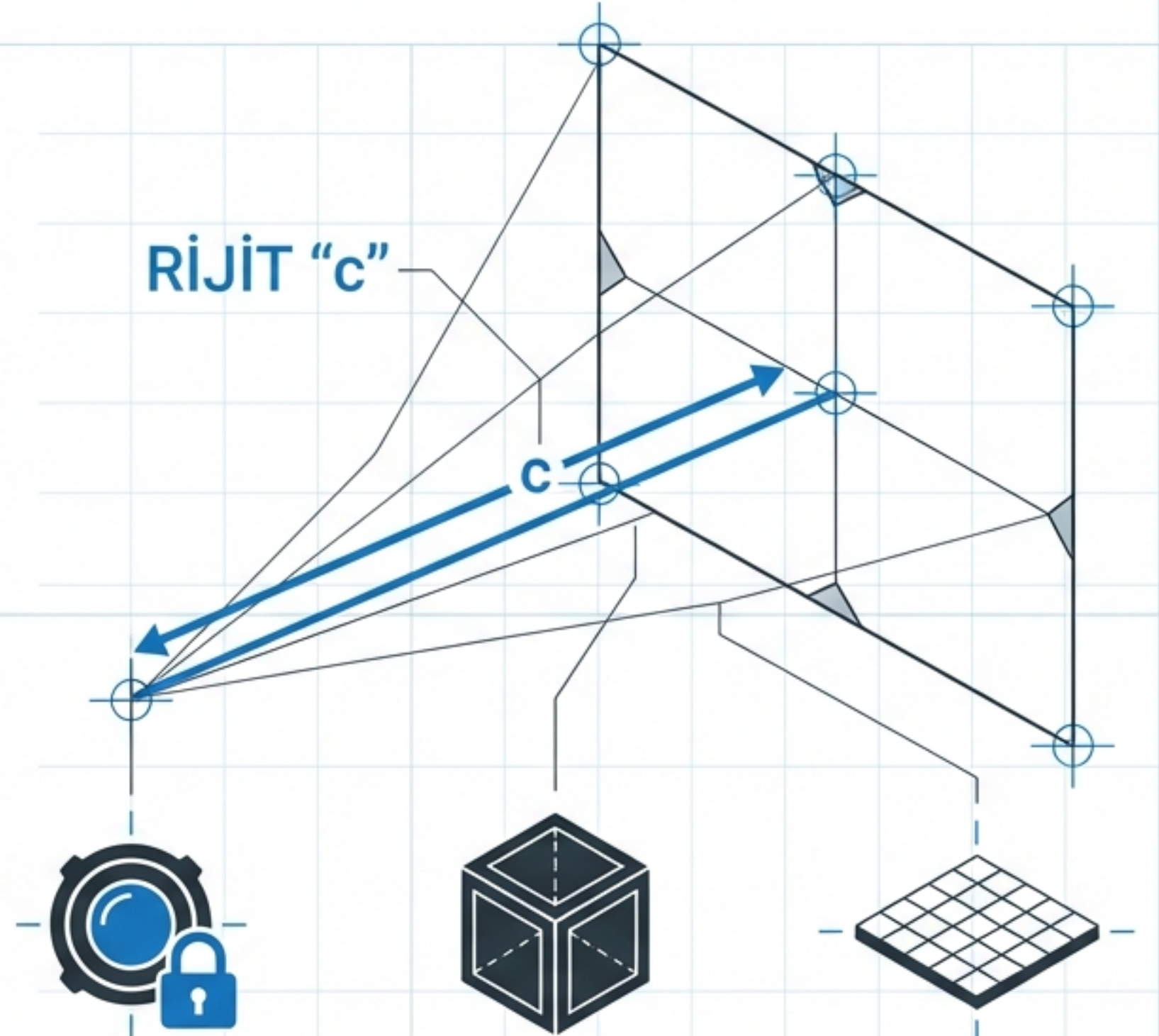
Yersel Fotogrametride Metrik Kameralar



Thomas Luhmann - Close Range Photogrammetry
Tasarım | Geometri | Kalibrasyon
İleri Düzey Fotogrametri Semineri

Metrik Kamera Paradigması

İç yöneltme parametreleri zamanla değişmeyen, optik ve mekanik stabilitesi bilinen ölçme sistemleri.



Sabit Odak (Fixed-Focus)

Mekanik olarak sabitlenmiş lens sistemi.

Rijit Gövde

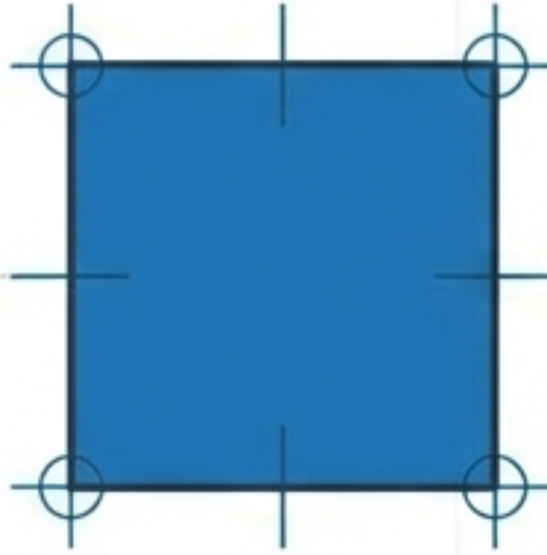
Bozulmaya karşı dirençli sağlam yapı.

Düzlemsel Yüzeyi

Kusursuz düzlemselliğe sahip sensör/film yüzeyi.

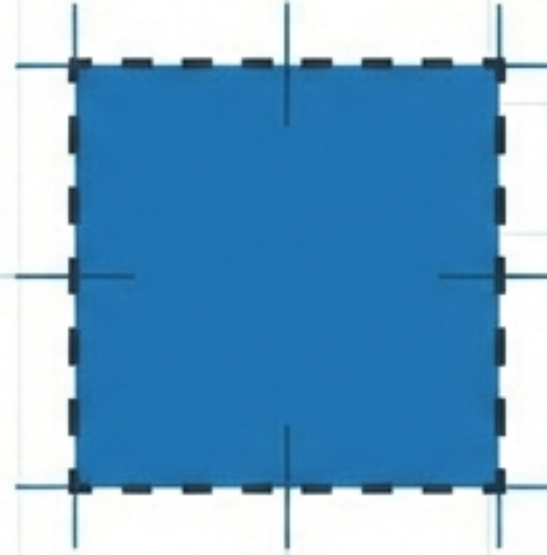
Hassasiyet Spektrumu

METRİK



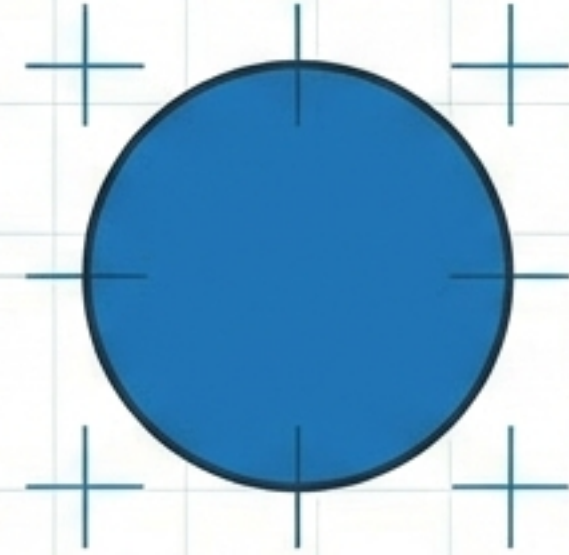
Fabrika kalibrasyonu
Rijit montaj
İhmal edilebilir değişim

YARI-METRİK



Kararlı sensör (CCD/CMOS)
Deęişken odak/lens
Ölçüm anında kalibrasyon şart

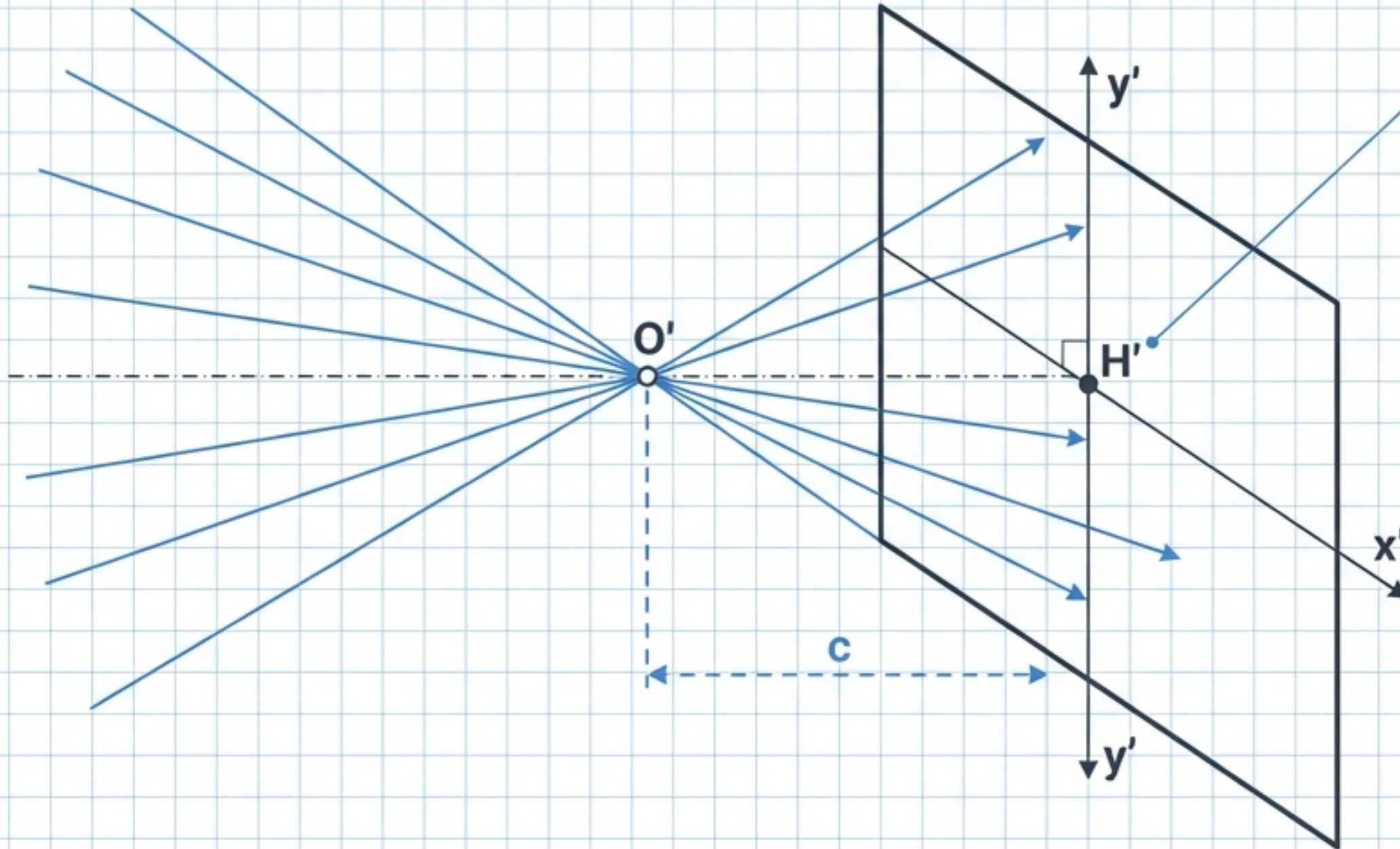
AMATÖR



Kararsız iç yönelme
Bilinmeyen distorsiyon
Referans sistemi yok

Modern sensör teknolojisi Metrik ve Yarı-Metrik ayrımını bulanıklaştırmaktadır.

İç Yönelme Parametreleri



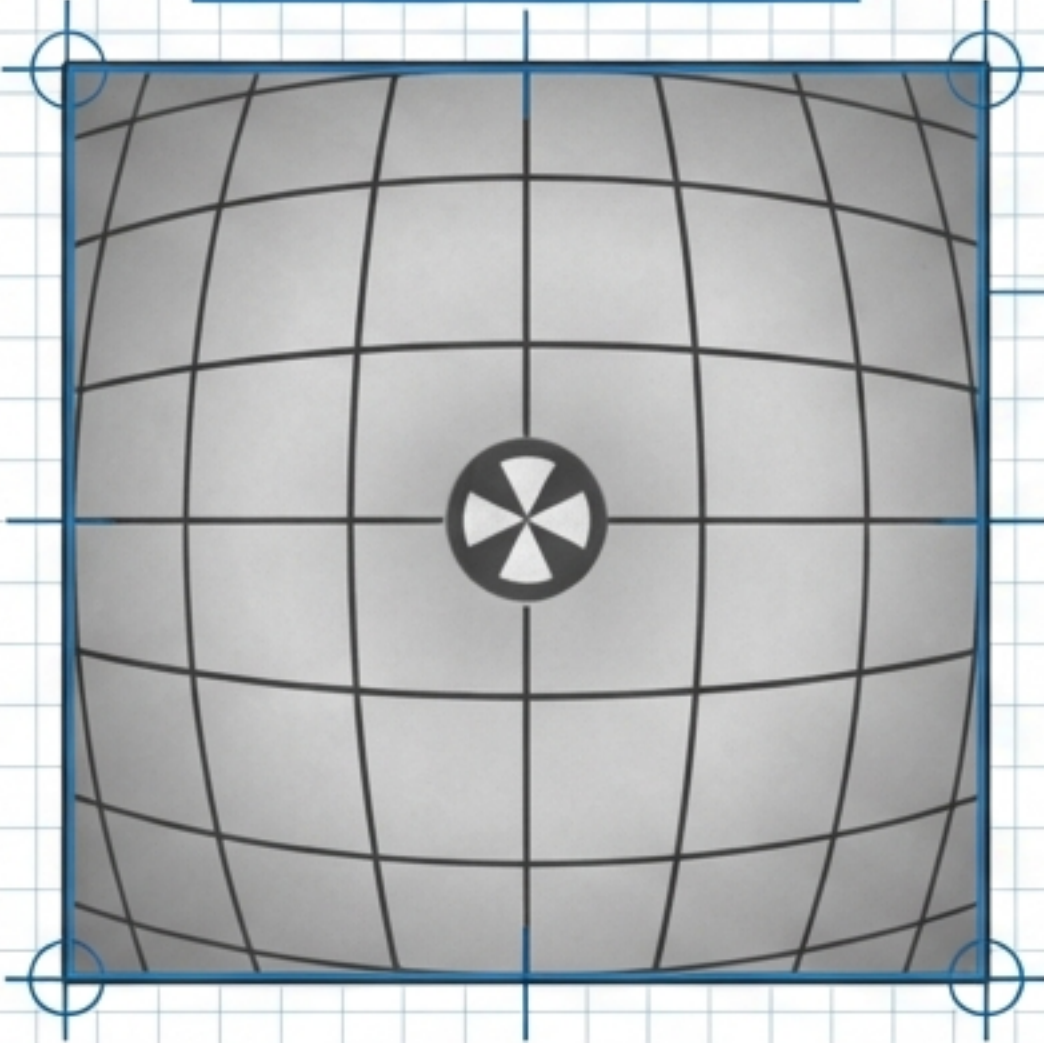
PARAMETRELER:

1. Asal Uzaklık (c): İzdüşüm merkezi ile görüntü düzlemi arasındaki dik mesafe.
2. Asal Nokta ($x'\theta, y'\theta$): Asal eksenin görüntü düzlemini kestiği nokta.

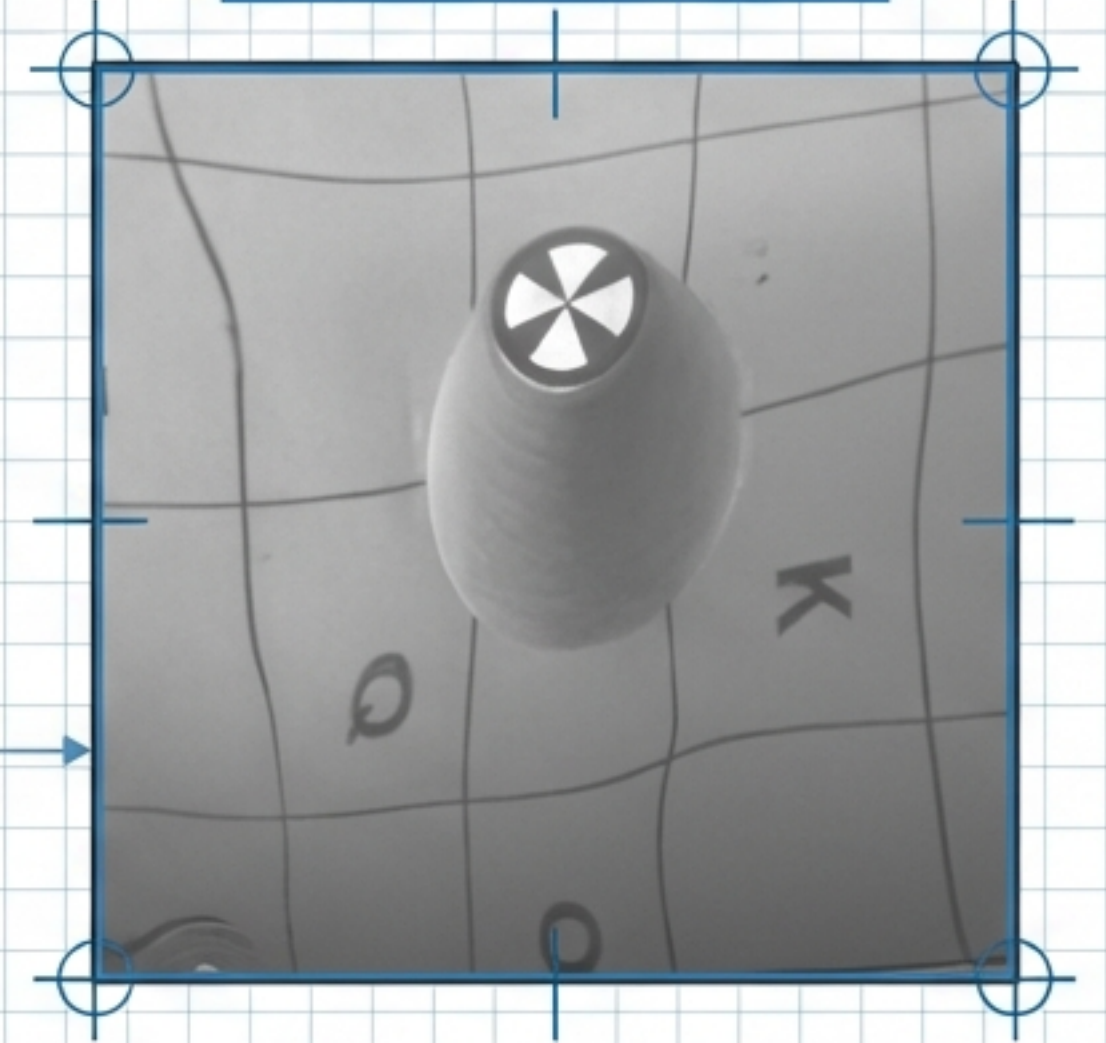
Not: Açısal değer içermez. Sadece mesafe ve koordinat kümesidir.

Matematiksel Modelleme: Distorsiyon

Radyal Distorsiyon



Teğetsel Distorsiyon



$$\Delta r' = A_1 r'^3 + A_2 r'^5 + A_3 r'^7 \dots$$

İdeal merkezi izdüşümden fiziksel sapmaların modellenmesi.

Yaklaşım Farkı

Bilgisayarlı Görü (CV) vs. Fotogrametri

Kalibrasyon Matrisi (K)

$$\begin{bmatrix} c & 0 & x_0 \\ 0 & c & y_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Doğrusal (Linear)
projektif dönüşüm.

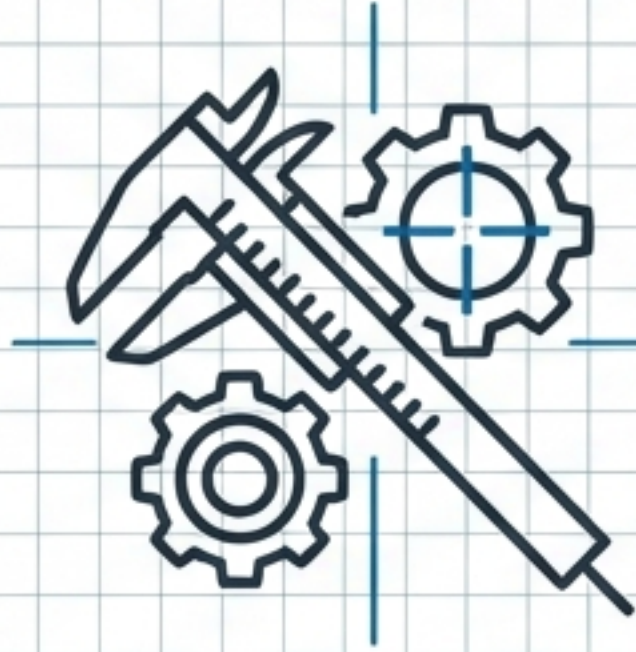
Brown Modeli (Fiziksel)

Lens distorsiyon matrisi
 $dK(x', y') +$
Fiziksel Modelleme

Yüksek geometrik doğruluk.

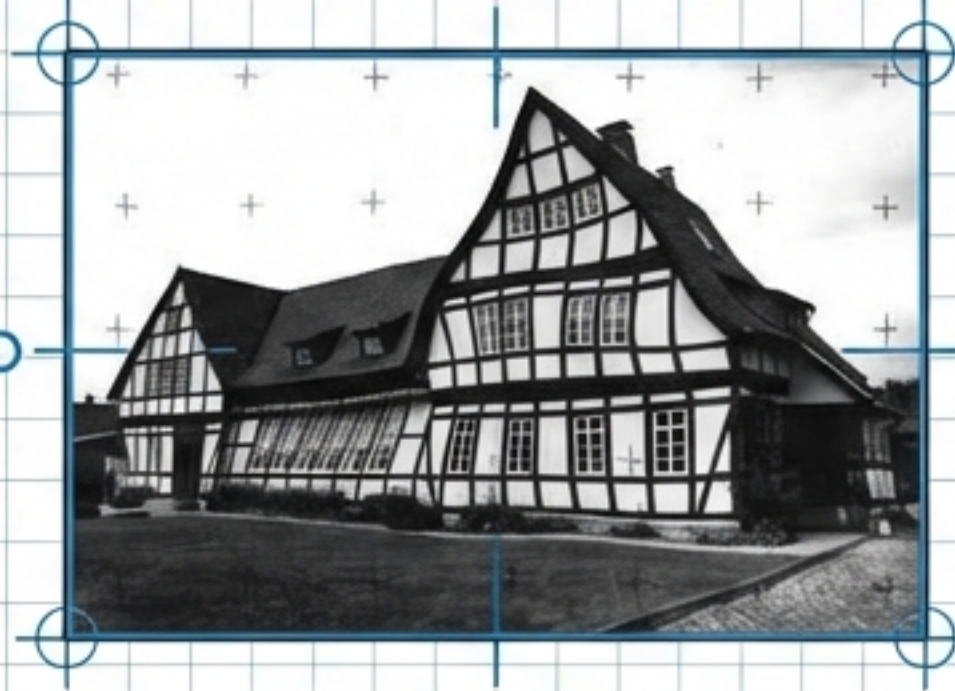
“Lens distorsiyonu doğrusal matris K'ya doğrudan entegre edilemez.” (Luhmann)

Kalibrasyon Stratejileri



Fabrika

Tek seferlik.
Gonyometre ile
üretim anı.



Test Alanı

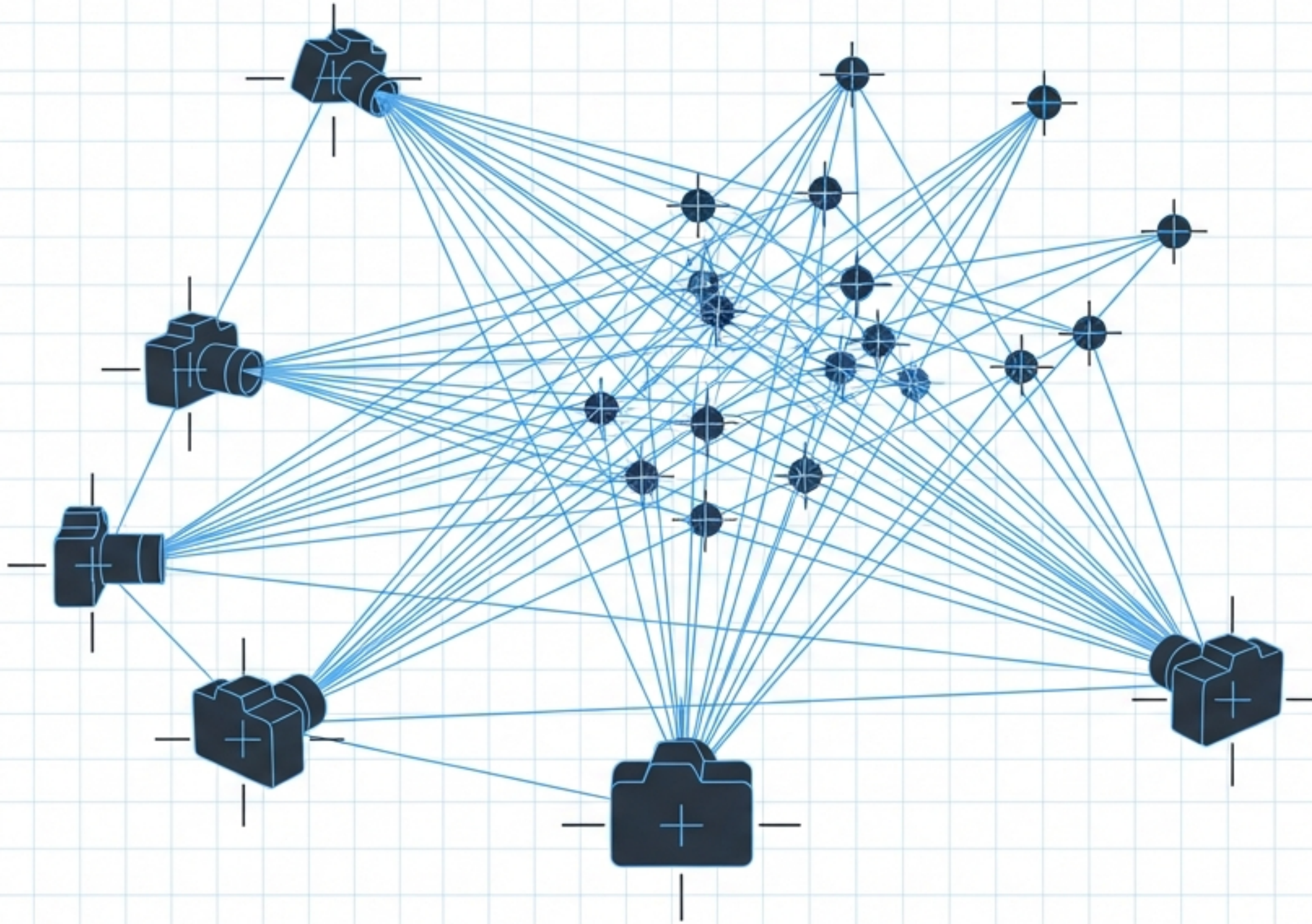
Periyodik
Laboratuvar
Kontrolü.



Ölçüm Anı

Self-Calibration /
On-the-job.

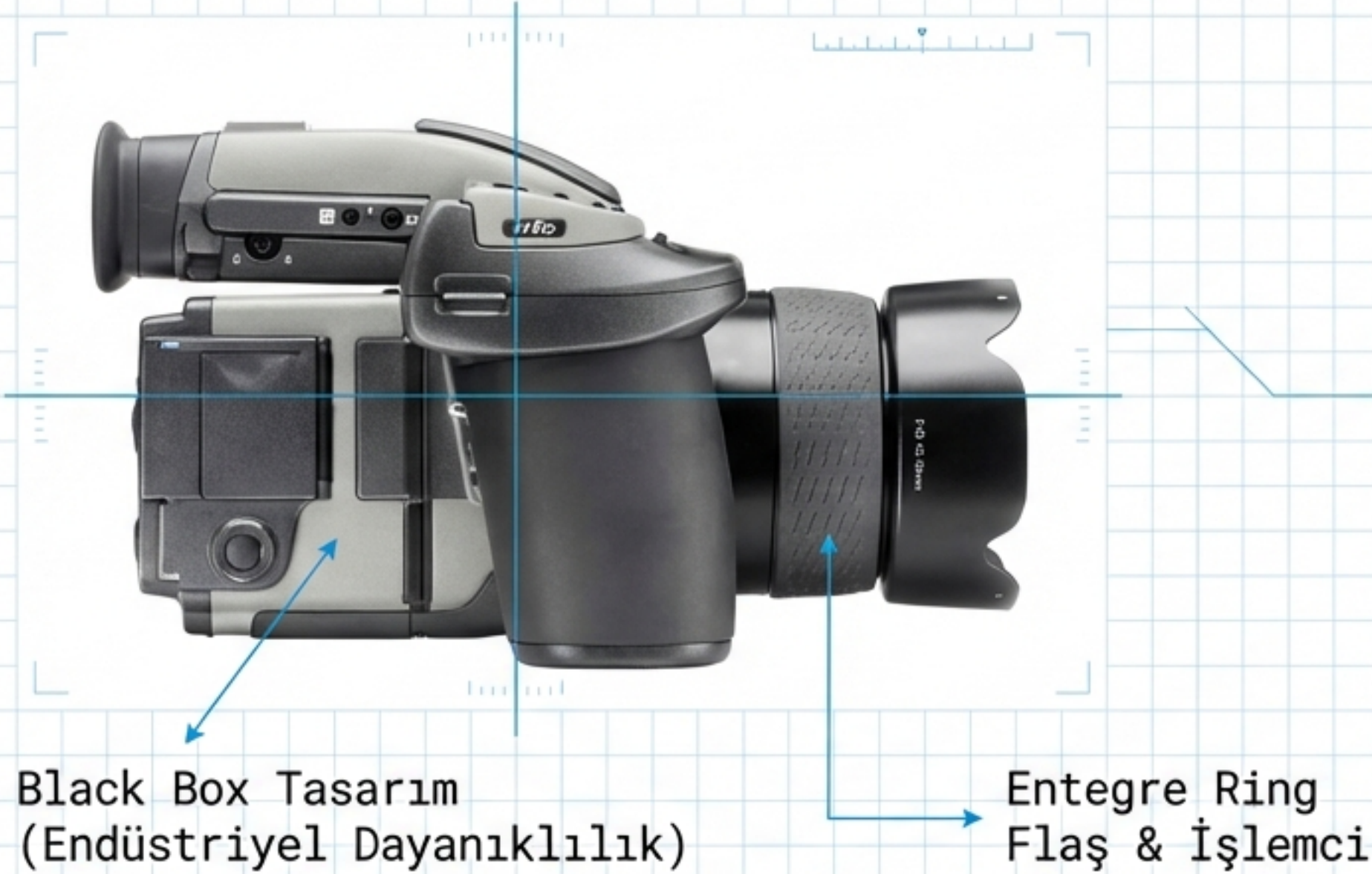
Kendi Kendine Kalibrasyon (Self-Calibration)



Demet Dengelemesi (Bundle Adjustment)

- İç yönelme parametreleri "bilinmeyen" olarak denkleme girer.
- Yarı-metrik kameralar için hayati önem taşır.
- Sıcaklık ve odak değişimlerini anlık kompanse eder.

Endüstriyel Standart: GSI INCA 3



- Zorlu koşullar için tamamen kapalı yapı.
- Yerleşik görüntü işleme ve hedef tanıma.
- Otomotiv ve havacılıkta parça kontrolü.

Modüler Yüksek Çözünürlük: Rollei A1C



SENSÖR:

PhaseOne (22 - 60 MPixel)

YAPI:

Modüler Rijit Entegrasyon

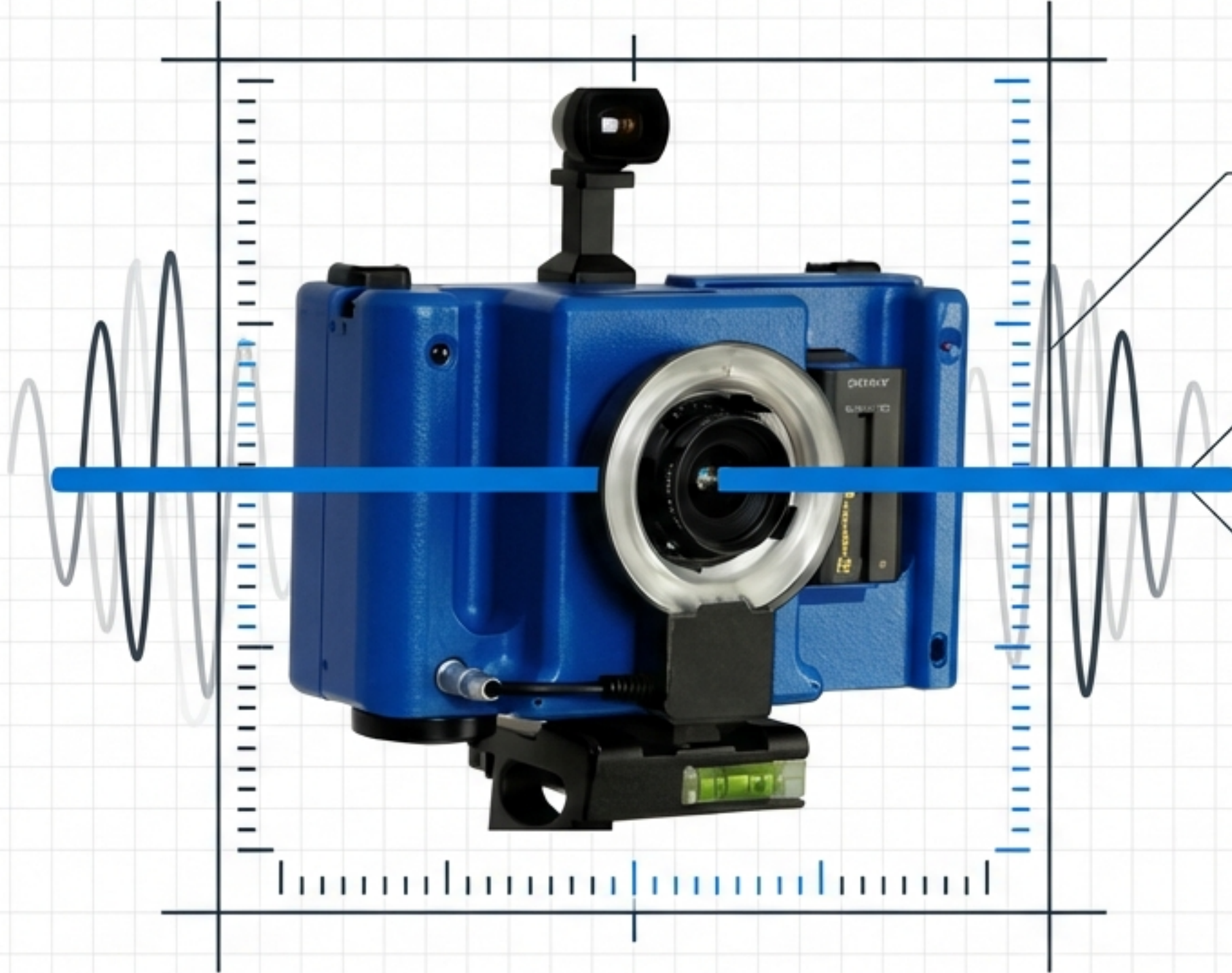
KULLANIM:

Havadan Haritalama & Yerel Ölçüm

KONFIGÜRASYON:

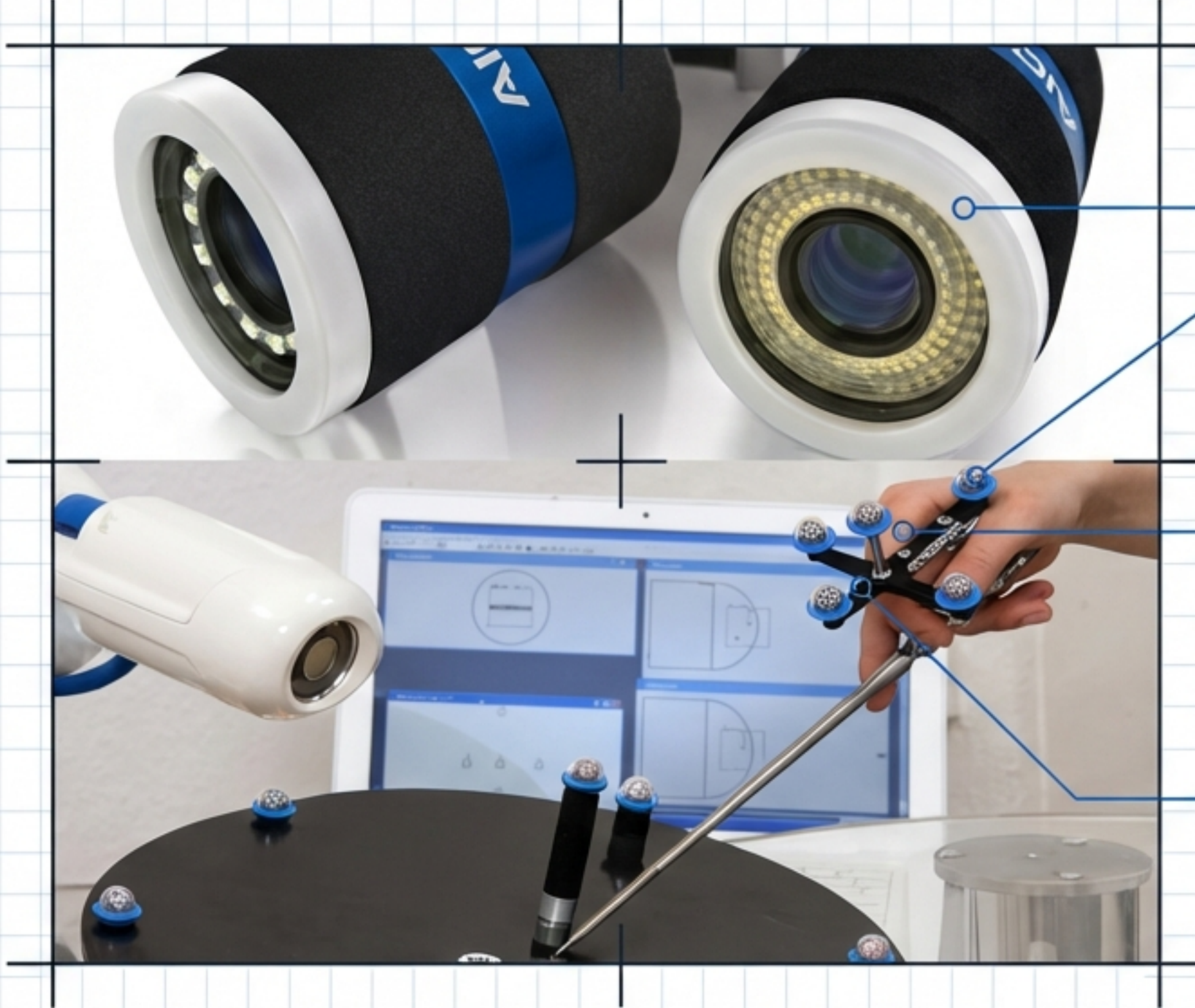
Çoklu kamera (array) uyumlu

Dinamik İzleme: AXIOS 3D SingleCam



- Video bazlı gerçek zamanlı ölçüm.
- 50g ivmeye kadar şok direnci.
- Tıbbi navigasyon ve Crash Test uygulamaları.
- Optimize edilmiş lens-sensör montajı.

Hedefleme ve Aydınlatma



Retro-reflektif Hedefler:

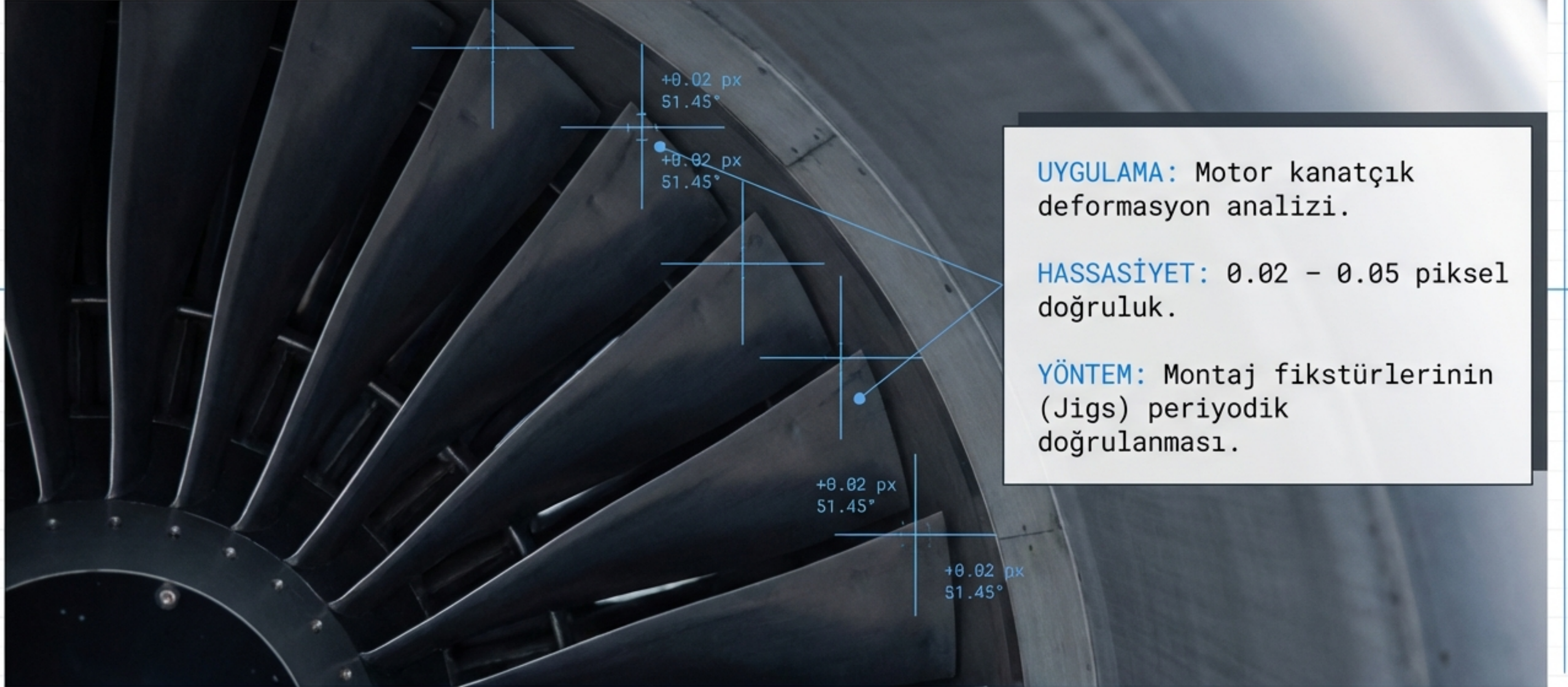
Yüksek kontrast ve sinyal gücü.

Kodlu Hedefler:

Otomatik nokta tanımlama.

Ring Flaş: Gölgesiz, aksenal aydınlatma.

Vaka Analizi: Havacılık



Vaka Analizi: Otomotiv ve Güvenlik



- **Çarpışma Testleri (Crash Tests):** 3B hareket takibi.
- **Kalite Kontrol:** CAD vs. Üretim geometrisi karşılaştırması.
- **Teknoloji:** Yüksek hızlı (High-speed) senkronizasyon.

Sonuç: Ölçülebilir Gerçeklik

$$\text{Donanım (Stabilite)} + \text{Matematik}^{/m} \text{ (Kalibrasyon)} = \text{METRİK HASSASİYET}$$

Bütünleşik Sistem

Kamera sadece bir kayıt cihazı değil, bir ölçüm enstrümanıdır.

Sürekli Kalibrasyon

Ölçüm sürecinin ayrılmaz parçasıdır.

Gelecek

Otonom, kendi kendini kalibre eden "Akıllı Sensörler".

Hassasiyet, tesadüf değil; tasarımın sonucudur.