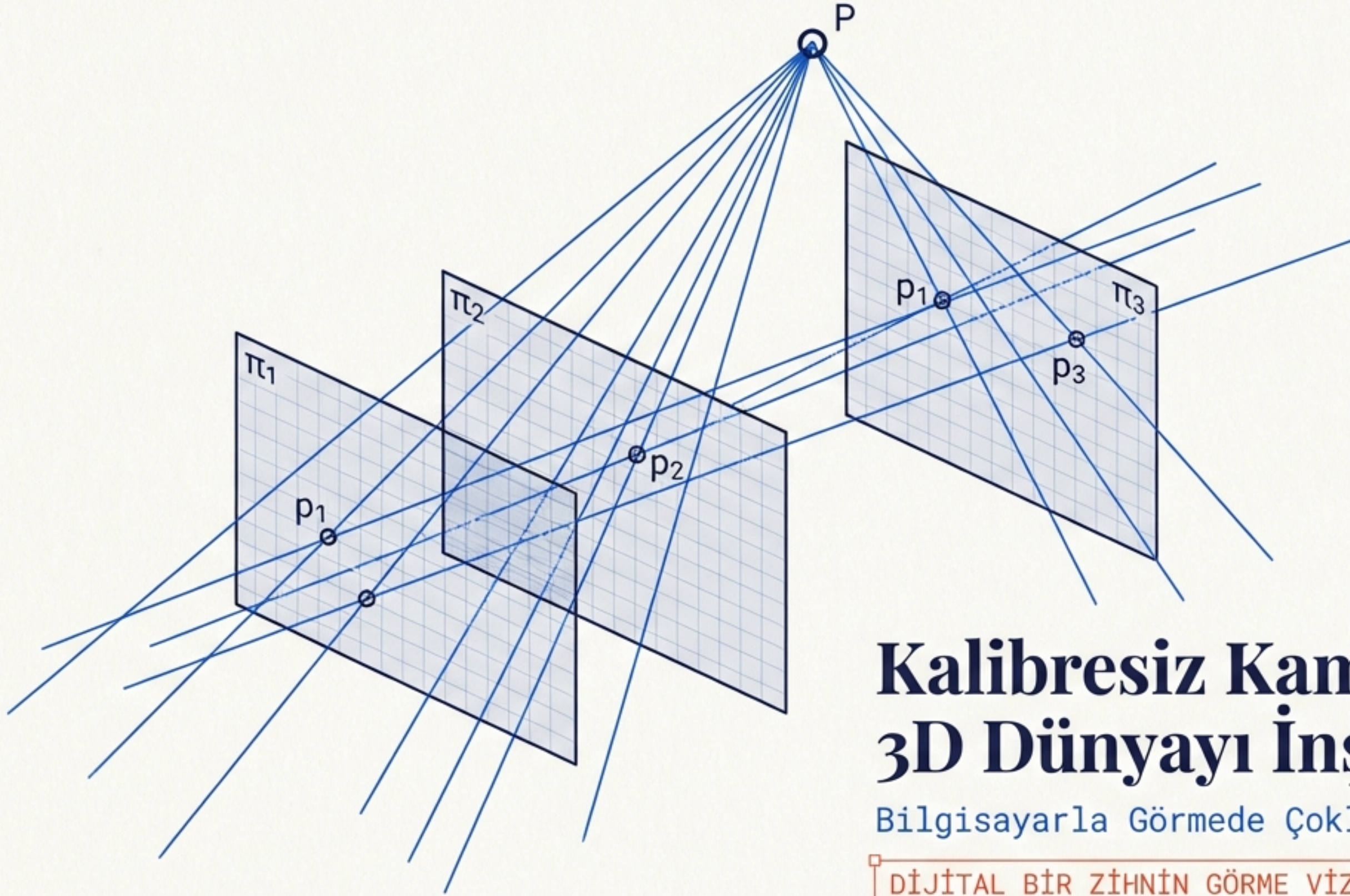


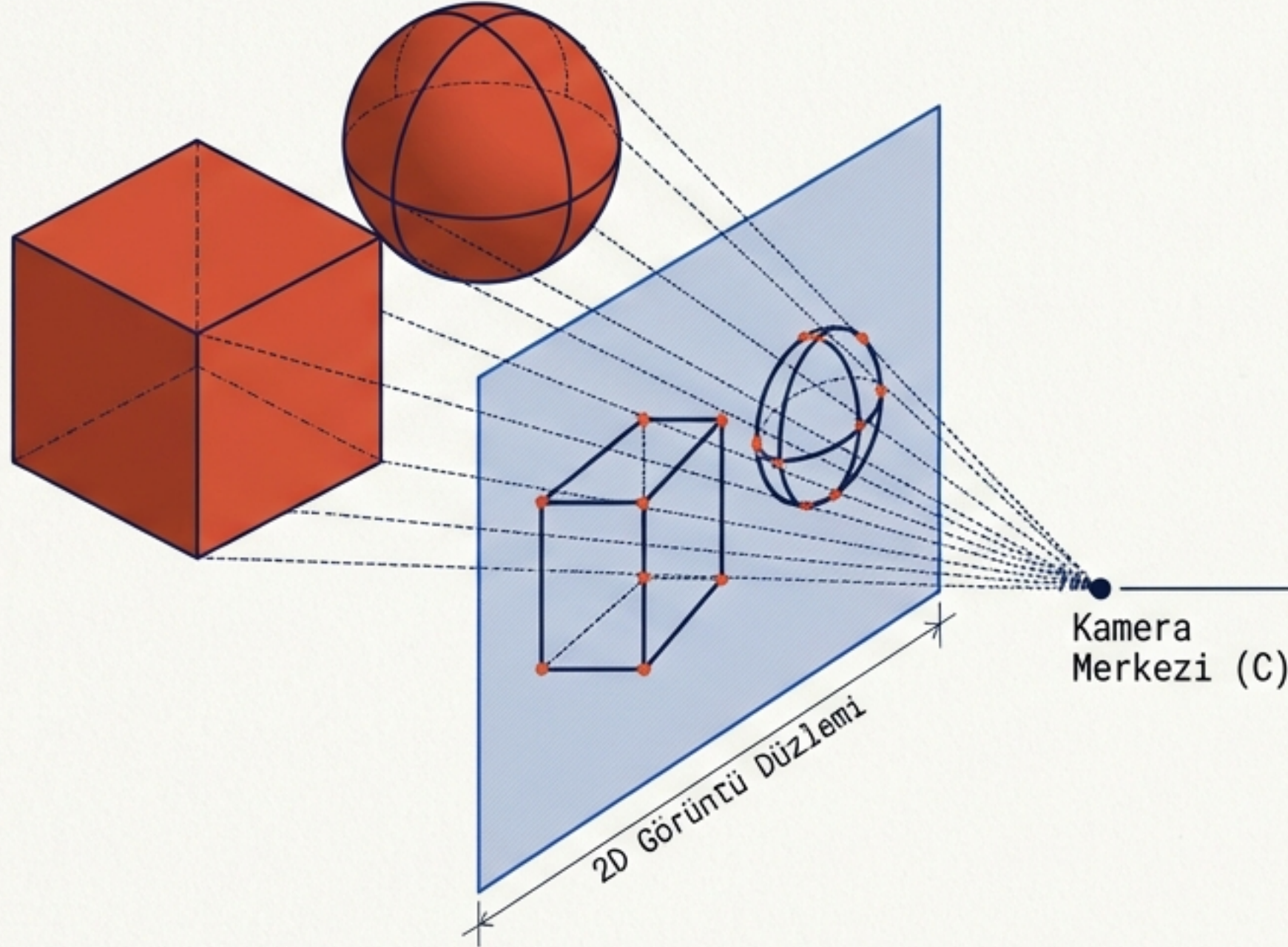


Kalibresiz Kameralarla 3D Dünyayı İnşa Etmek

Bilgisayarla Görmede Çoklu Bakış Geometrisi

DİJİTAL BİR ZİHNİN GÖRME VİZYONU TASLAĞI

3D Uzay



Boyut Kaybı ve Kamera Merkezinin Gücü

01

Sorun: 3D dünyadan 2D fotoğrafa geçiş, bir boyutun (derinlik) kalıcı olarak yitirildiği bir projeksiyon sürecidir.

02

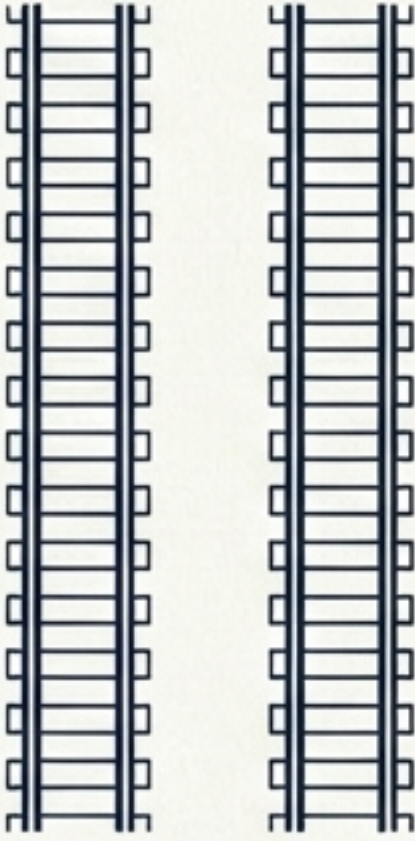
Kamera Merkezi Modeli: Görüntüdeki her piksel, aslında uzaydaki bir ışının kesişim noktasıdır.

03

Kritik Kural: Kameranın görüş açısı ne olursa olsun, aynı kamera merkezinden çekilen tüm görüntüler birbirine projektif olarak dönüştürülebilir. Derinlik bilgisi, ancak merkez hareket ettiğinde ortaya çıkar.

Çözüm Motoru: Projektif Geometri

Öklid Geometrisi

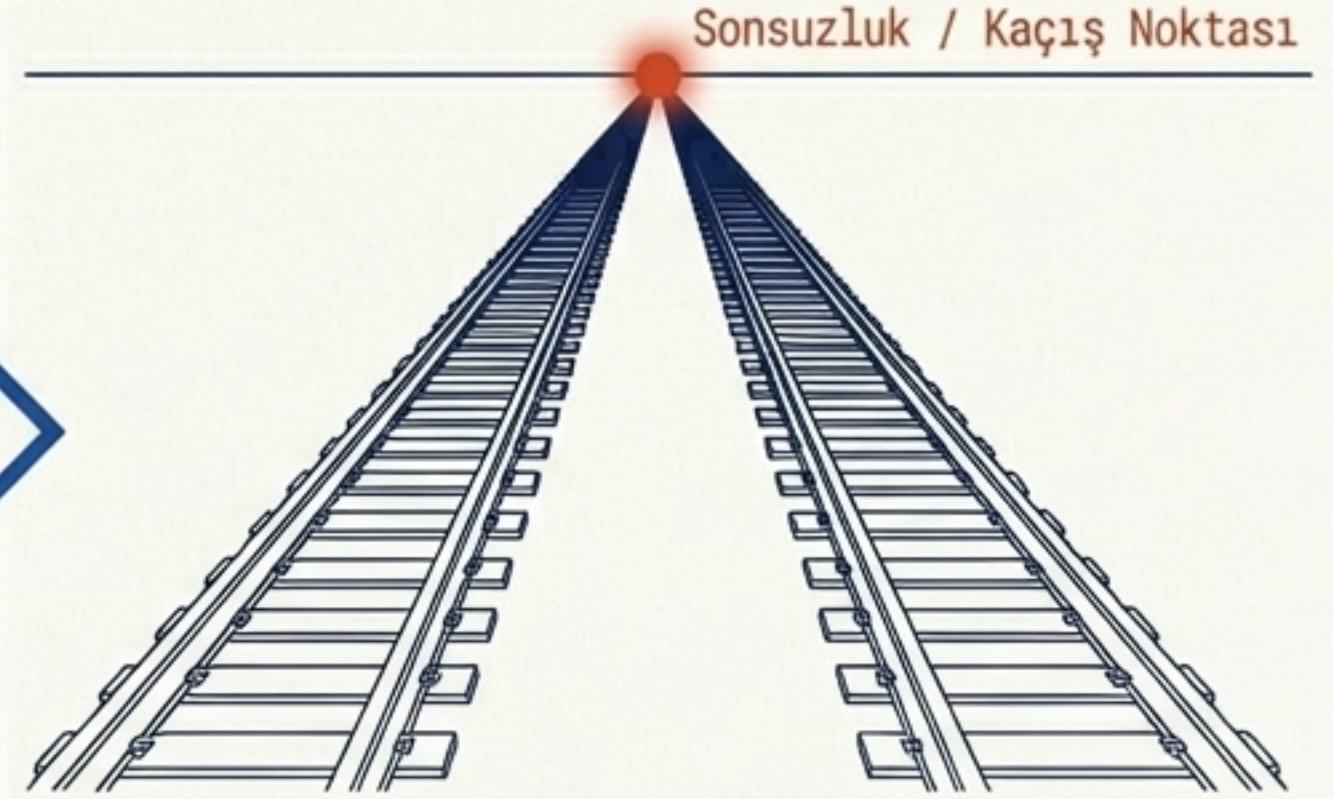


Neden Öklid Geometrisi Yetmez?

Öklid dünyasında paralel çizgiler kesişmez. Ancak kameralar dünyayı böyle görmez.

Homojen Koordinatlar:
 $(x, y) \rightarrow (x, y, 1)$

Projektif Geometri



Sonsuzluk Artık Bir Sayı

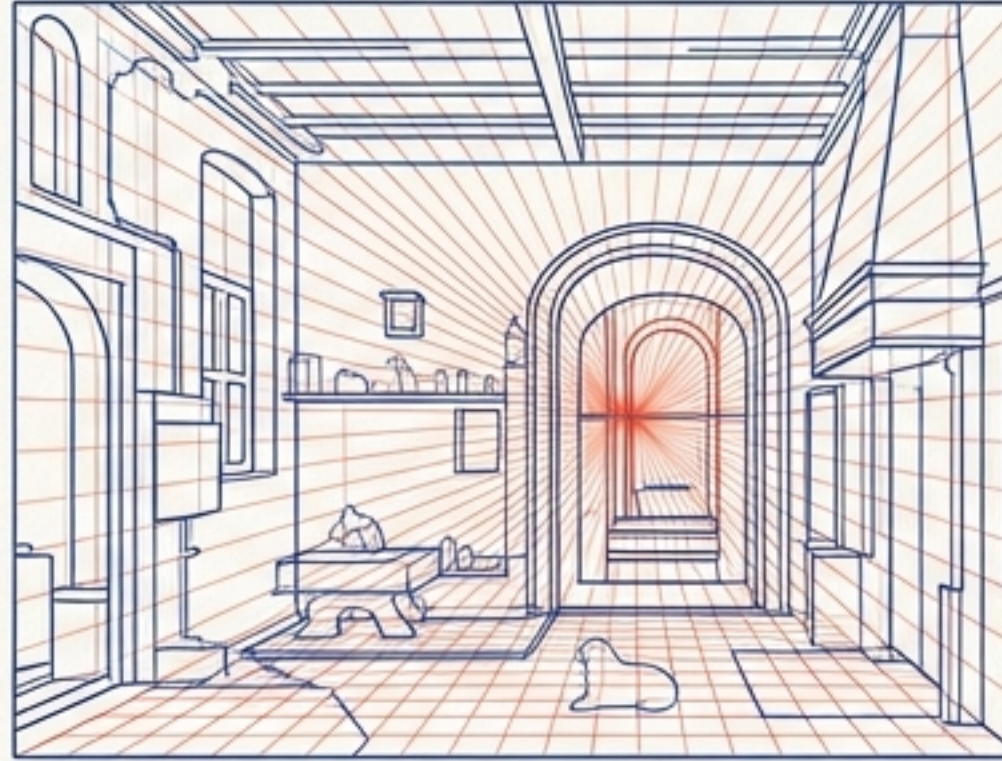
Bu sistemde sonsuzdaki noktalar (ufuk çizgisi) matematiksel bir gerçekliğe kavuşur. Sonsuzluk, ulaşılamaz bir kavramdan, hesaplanabilir bir koordinata dönüşür.

Tek Bir Fotoğrafın İçindeki Gizli Derinlik (1-Bakış)

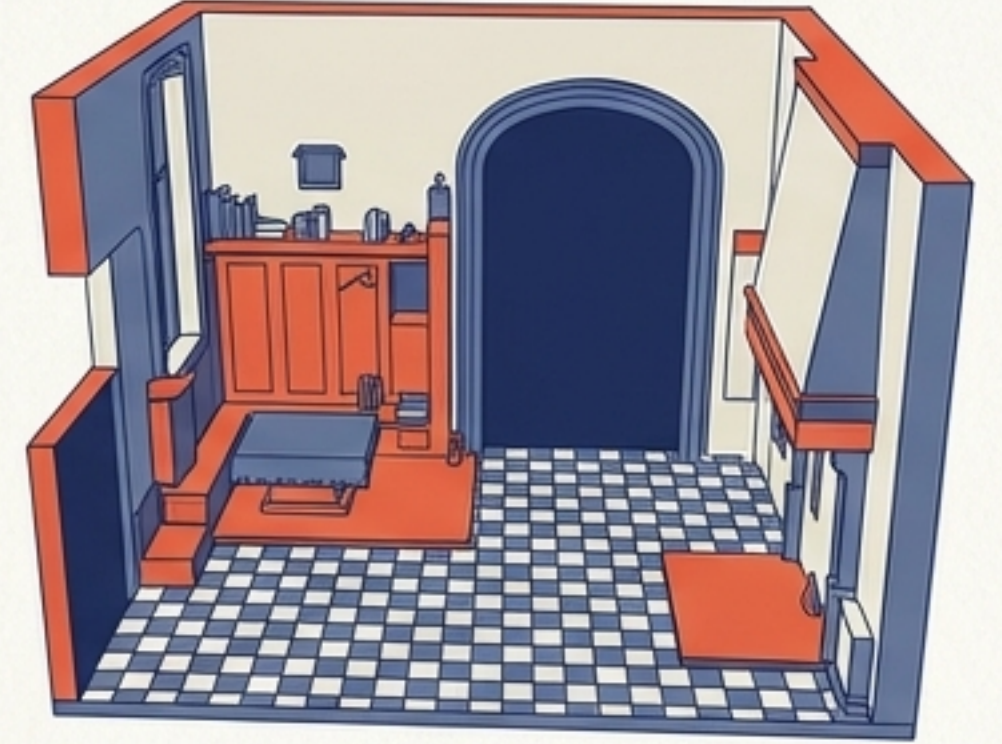
Rönesans'ın Sırrı



Geometrik Çıkarım



3D Yapı



Geometrik Çıkarım:

Geometrik Çıkarım: Sahnede birbirine dik olduğu bilinen çizgiler veya düzlemler kullanılarak, kameranın konumu ve mekanın yapısı tek bir 2D görüntüden tersine mühendislikle çözülür.

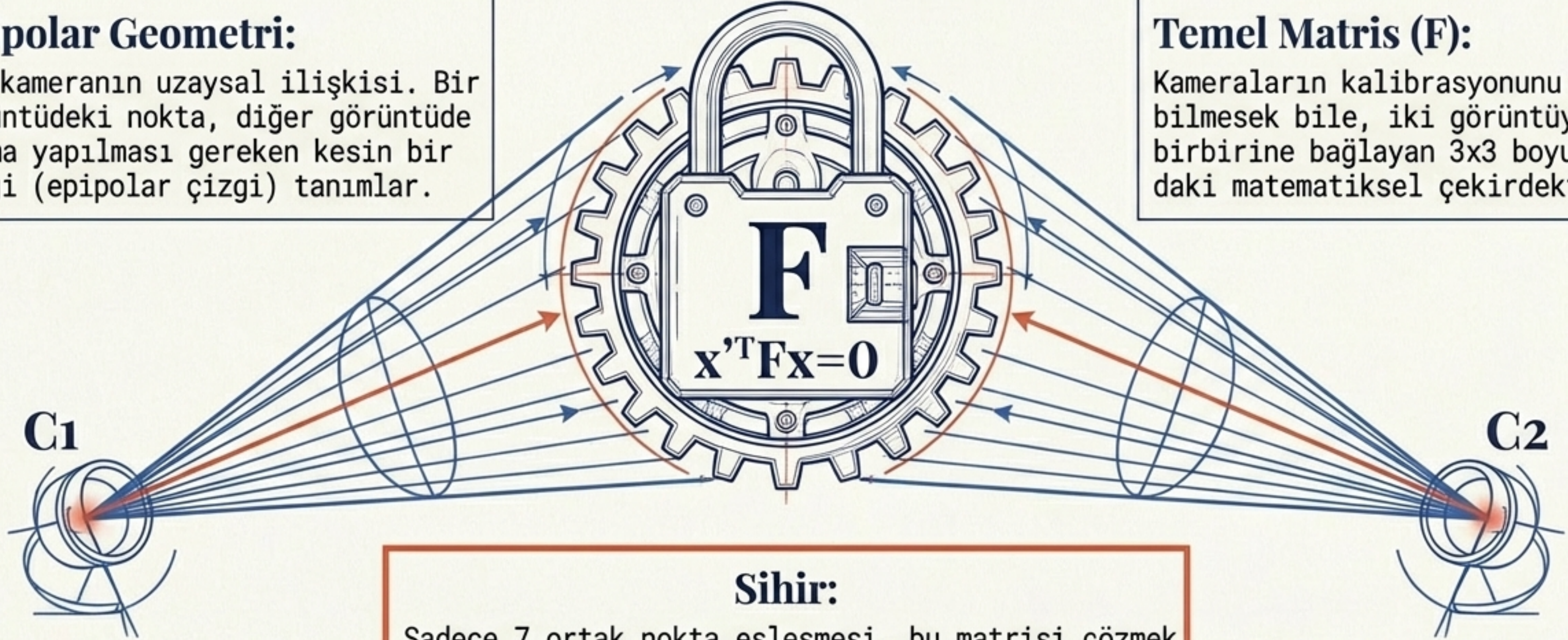
Kameraları Birbirine Kilitlemek: İki Bakış ve Temel Matris

Epipolar Geometri:

İki kameranın uzaysal ilişkisi. Bir görüntüdeki nokta, diğer görüntüde arama yapılması gereken kesin bir çizgi (epipolar çizgi) tanımlar.

Temel Matris (F):

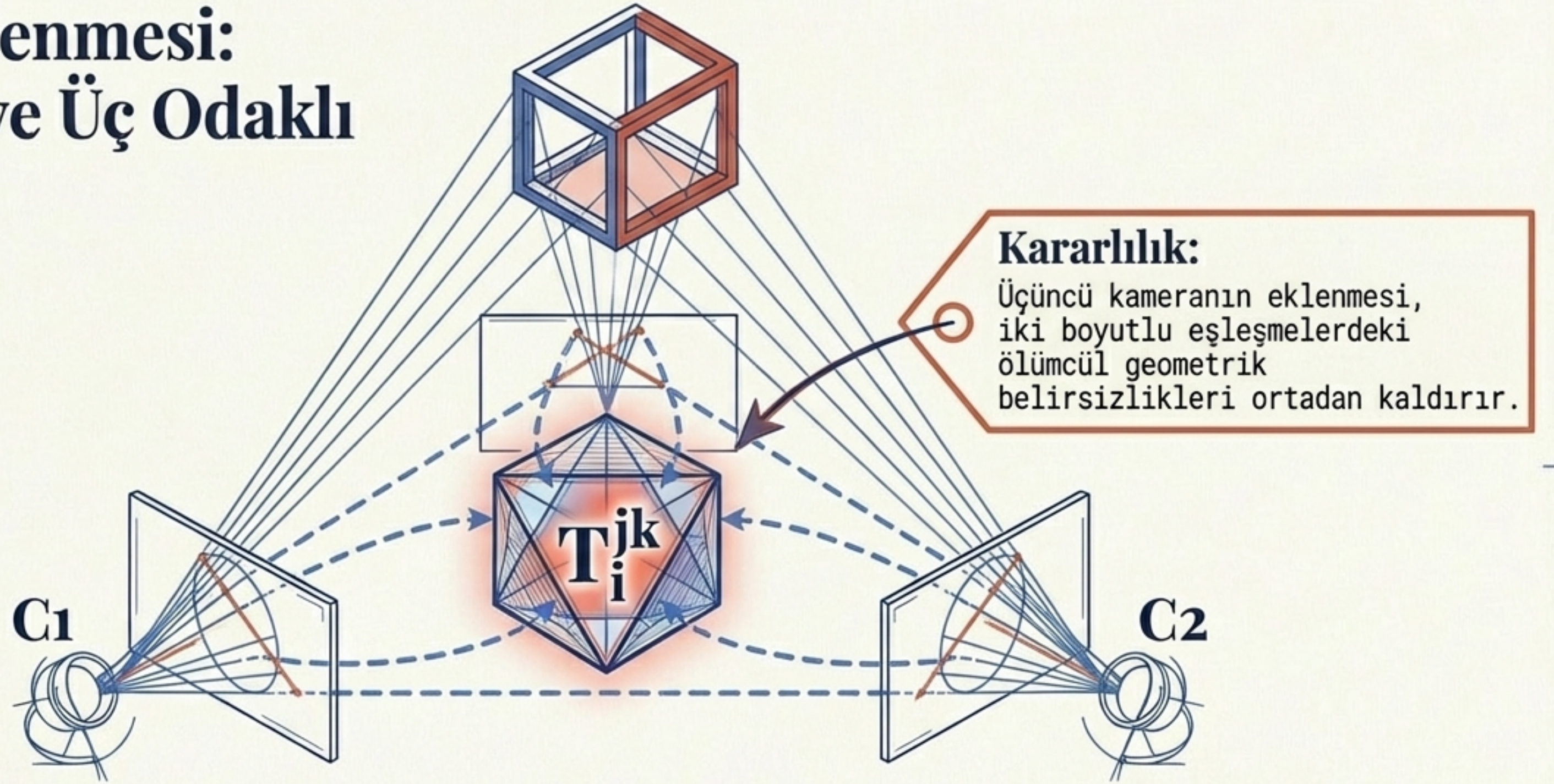
Kameraların kalibrasyonunu bilmesek bile, iki görüntüyü birbirine bağlayan 3x3 boyutundaki matematiksel çekirdektir.



Sihir:

Sadece 7 ortak nokta eşleşmesi, bu matrisi çözmek ve 3D dünyanın iskeletini kurmak için yeterlidir.

Ağın Güçlenmesi: Üç Bakış ve Üç Odaklı Tensör



Noktalar ve Çizgilerin Dansı:

İki bakışta sadece noktalar eşleştirilebilirken, üç bakışta çizgi ve nokta eşleşmeleri birlikte kullanılır.

Üç Odaklı Tensör (Trifocal Tensor):

Üç kameranın birbiriyle olan tüm projektif ilişkisini kapsülleyen $3 \times 3 \times 3$ boyutunda devasa bir veri düğümüdür.

Kitlesel Optimizasyon: N-Bakış ve Demet Dengelemesi

1

Yüzlerce Karenin Senfonisi

Kameralar ve 3D noktalar art arda eklendiğinde hatalar birikir. Çözüm, tüm veriyi aynı anda optimize etmektir.

2

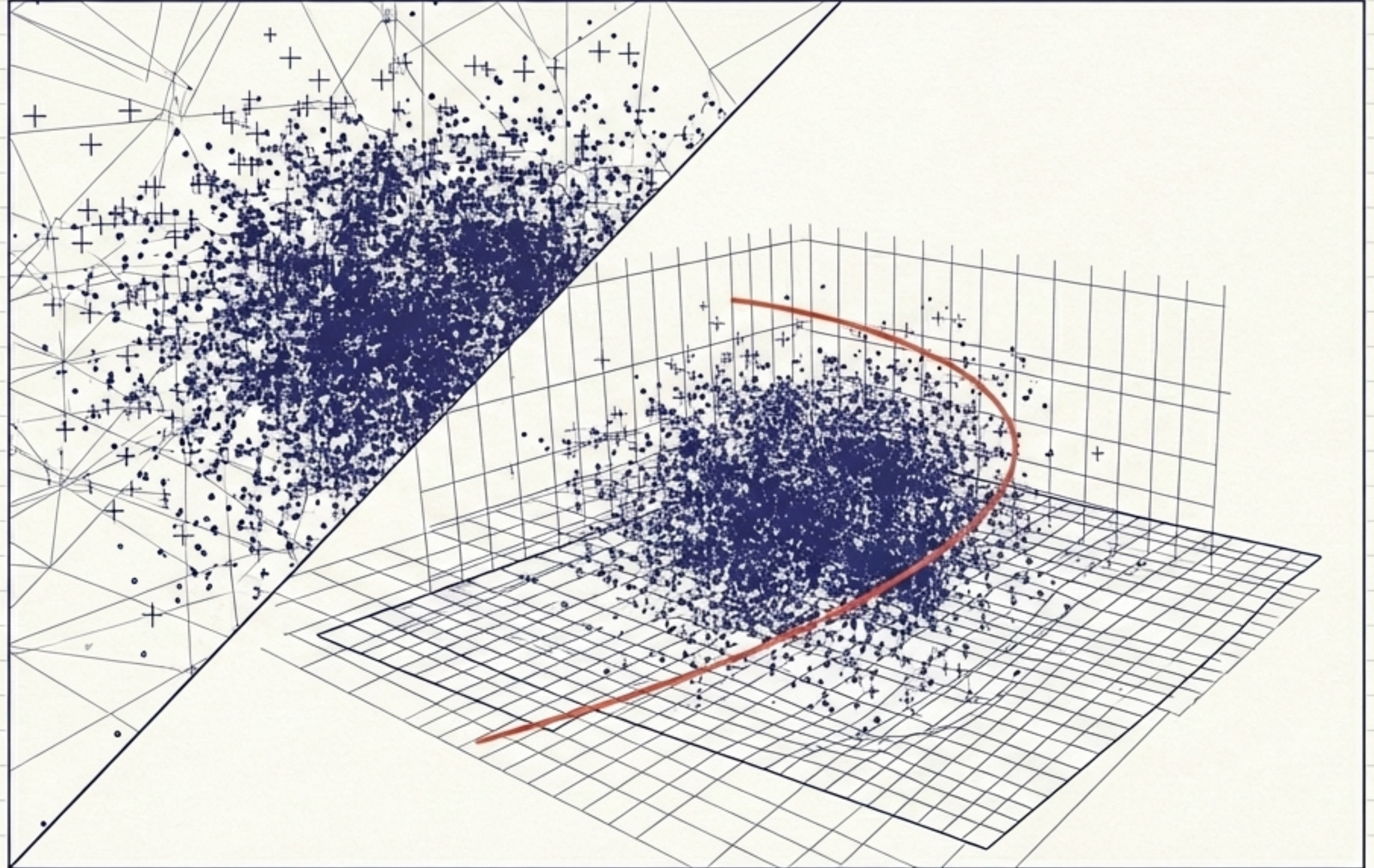
Demet Dengelemesi (Bundle Adjustment)

Milyonlarca piksel eşleşmesinin, kameraların konumlarını ve 3D yapıyı aynı anda kusursuzlaştırdığı devasa bir doğrusal olmayan optimizasyon sürecidir.

3

Sonuç

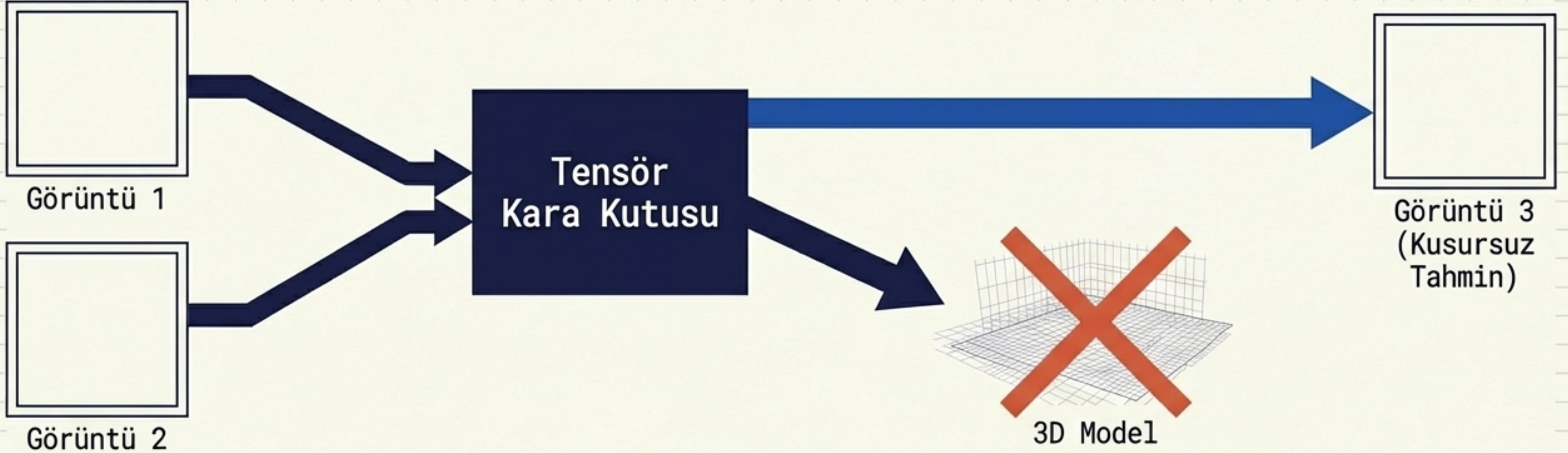
Sadece 2D piksellerden yola çıkarak, fiziksel dünyanın yüksek hassasiyetli bir topolojisi elde edilir.



Görüntü Geometrisi Karşılaştırma Matrisi

Bakış Sayısı	Matematiksel Çekirdek	Gerekli Minimum Nokta	Sağladığı Ana Avantaj
1-Bakış	Camera Matrix (P)	N/A (Geometrik varsayım)	2D'den 3D çıkarım.
2-Bakış	Fundamental Matrix (F)	7 Nokta	Derinlik algısının başlaması.
3-Bakış	Trifocal Tensor (T)	6 Nokta	Çizgi eşleşmesi ve yüksek kararlılık.
N-Bakış	Bundle Adjustment	Değişken	Küresel hata minimizasyonu ve devasa ölçek.

Transfer Kavramı: 3D İnşa Etmeden Geleceği Görmek



• 01 / Matematiksel Kısa Yol

Bir noktanın 1. ve 2. görüntüdeki yerini biliyorsak, 3. görüntüde tam olarak nereye düşeceğini hesaplayabiliriz.

• 02 / Tensörlerin Gücü

Üç Odaklı Tensör (Trifocal Tensor) sayesinde, aradaki 3D modeli hiç inşa etmeden, pikseller doğrudan görüntüler arası transfer edilebilir.

• 03 / Pratik Anlamı

Sistem, kameranın yeni bir açıdan ne göreceğini 3D işleme yükü olmadan matematiksel olarak tahmin eder.

Başarının İçindeki Tuzak: Projektif Belirsizlik



Şekiller Yalan Söyleyebilir

Kalibresiz kameralarla yapılan rekonstrüksiyon, pikselleri mükemmel eşleştirir ancak dünyanın gerçek şeklini garanti etmez. Fincan bir modele dönüşmüştür, ancak bu model bir uzaylıya ait gibi görünür.

Esnek Uzay

Açıların, uzunlukların ve oranların korunduğu Öklid uzayı yerine, nesnelerin eğilip bükülebileceği esnek bir Projektif Uzay elde ederiz.

Kurtarıcı Algoritma: Oto-Kalibrasyon (Auto-Calibration)

Kameraları Kendi Kendine Öğrenmek

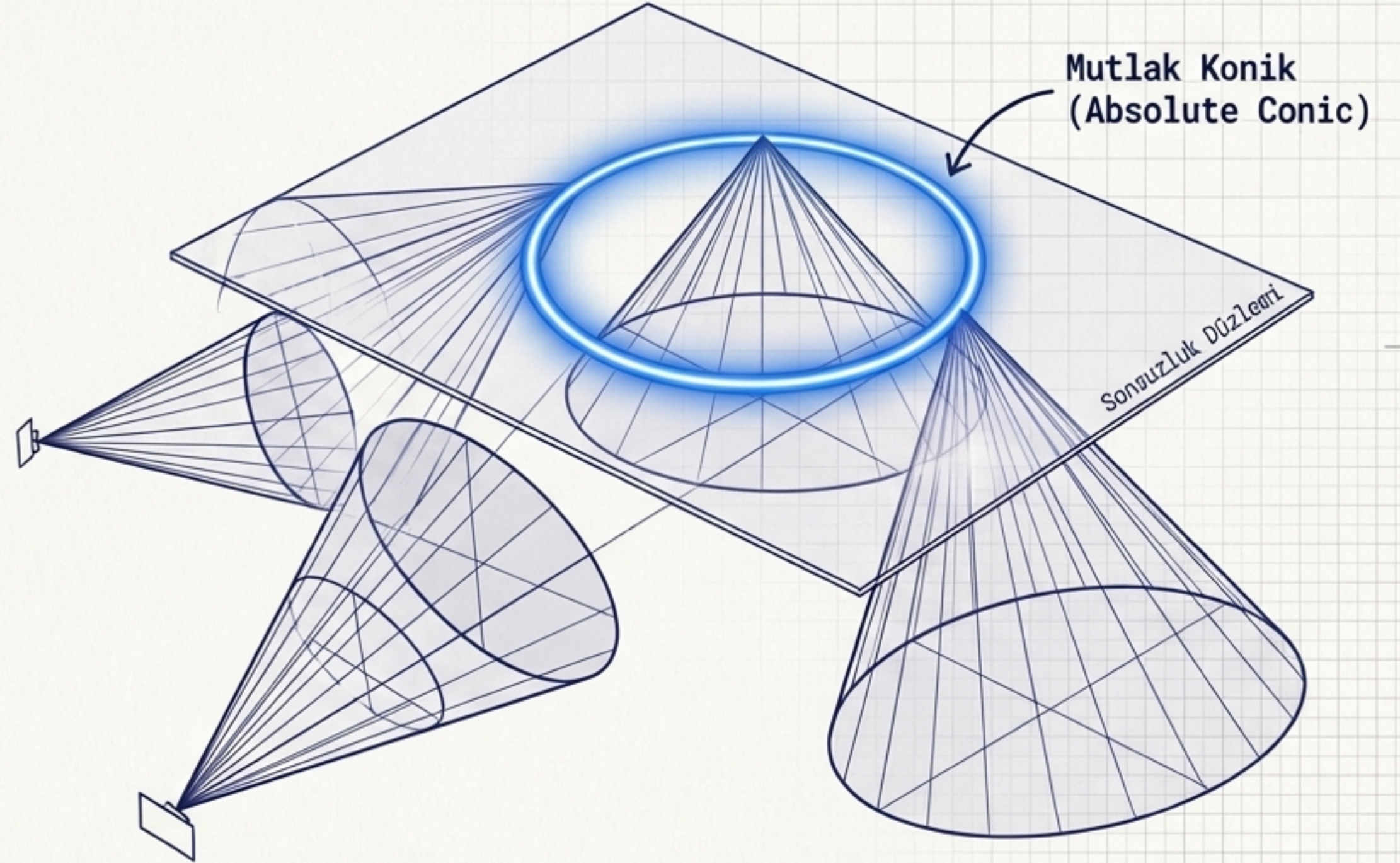
Eğer kameraların teknik özelliklerini (fokal uzunluk vb.) bilmiyorsak, bozuk şekilleri nasıl düzeltiriz?

Mutlak Konik (Absolute Conic)

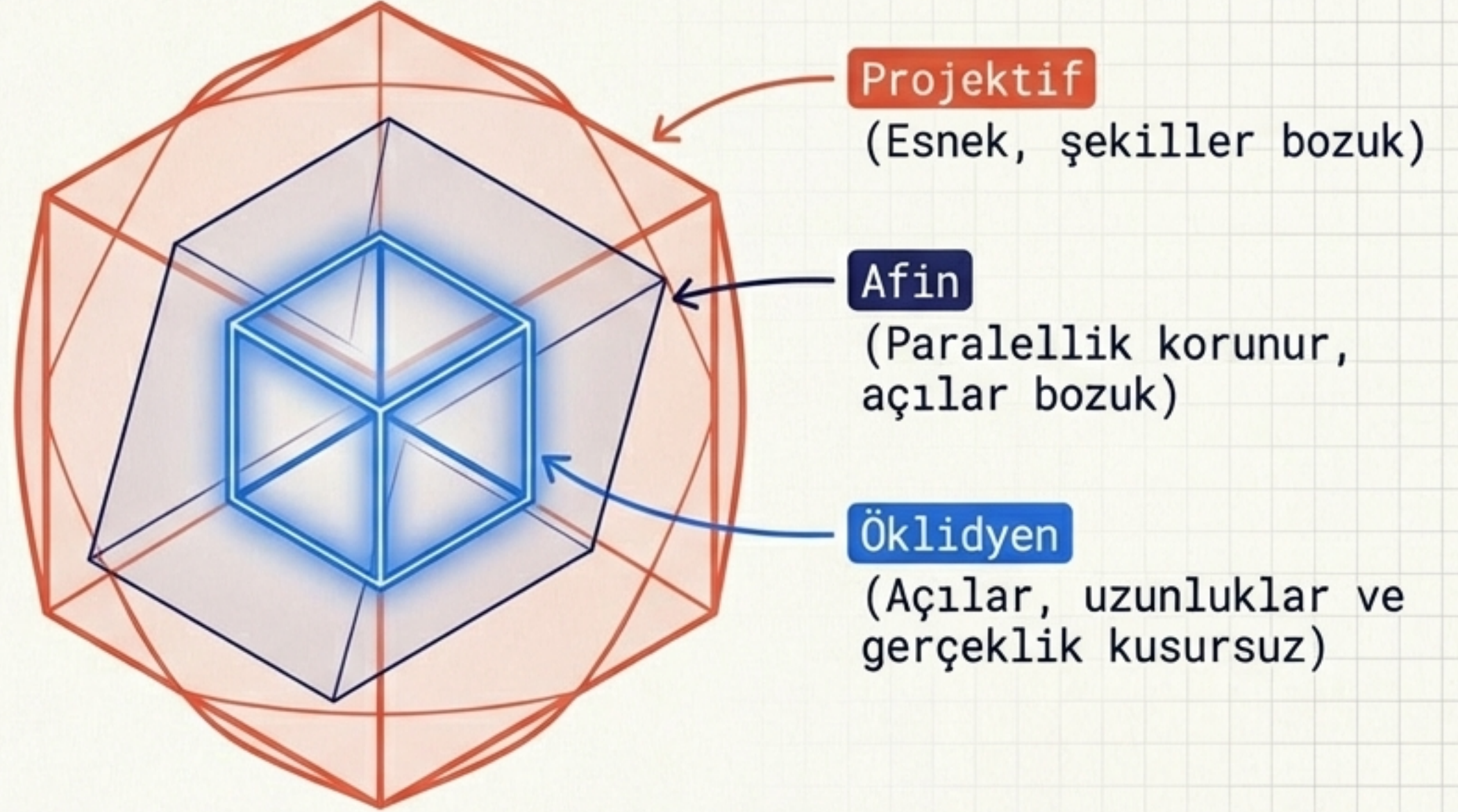
Dünyanın sonsuzluk düzleminde yer alan, Öklid geometrisinin tüm sırlarını barındıran sanal bir matematiksel halka.

Kesişim

Kameralar, görüntü dizisindeki değişmezleri analiz ederek bu halkanın yerini tahmin eder. Halka bulunduğunda, kameralar kendi kendini kalibre etmiş olur.



Öklidyen Yükseltme: Gerçekliğin Katılaşması



Geometrinin Katmanları: Oto-kalibrasyon tamamlandığında, uzay hiyerarşik bir yükseltme yaşar. Bozuk ve esnek projektif yapı, matematiksel bir dönüşümle gerçek dünyadaki kusursuz dik açılara ve doğru oranlara kiltlenir. Sistem artık sadece pikselleri değil, fiziksel dünyanın kendisinin geometrisini anlamıştır.

Birinci Ödül: Kusursuz 3D Grafik Modelleri



Teorinin Meyvesi

Sadece etrafta yürüyerek çekilen sıradan fotoğraflar, oto-kalibrasyon ve yoğun nokta eşleştirme ile birleşir.

Fotogerçekçilik

Çıkarılan kusursuz Öklidyen iskeletin üzerine, orijinal fotoğraflardaki dokular giydirilir.

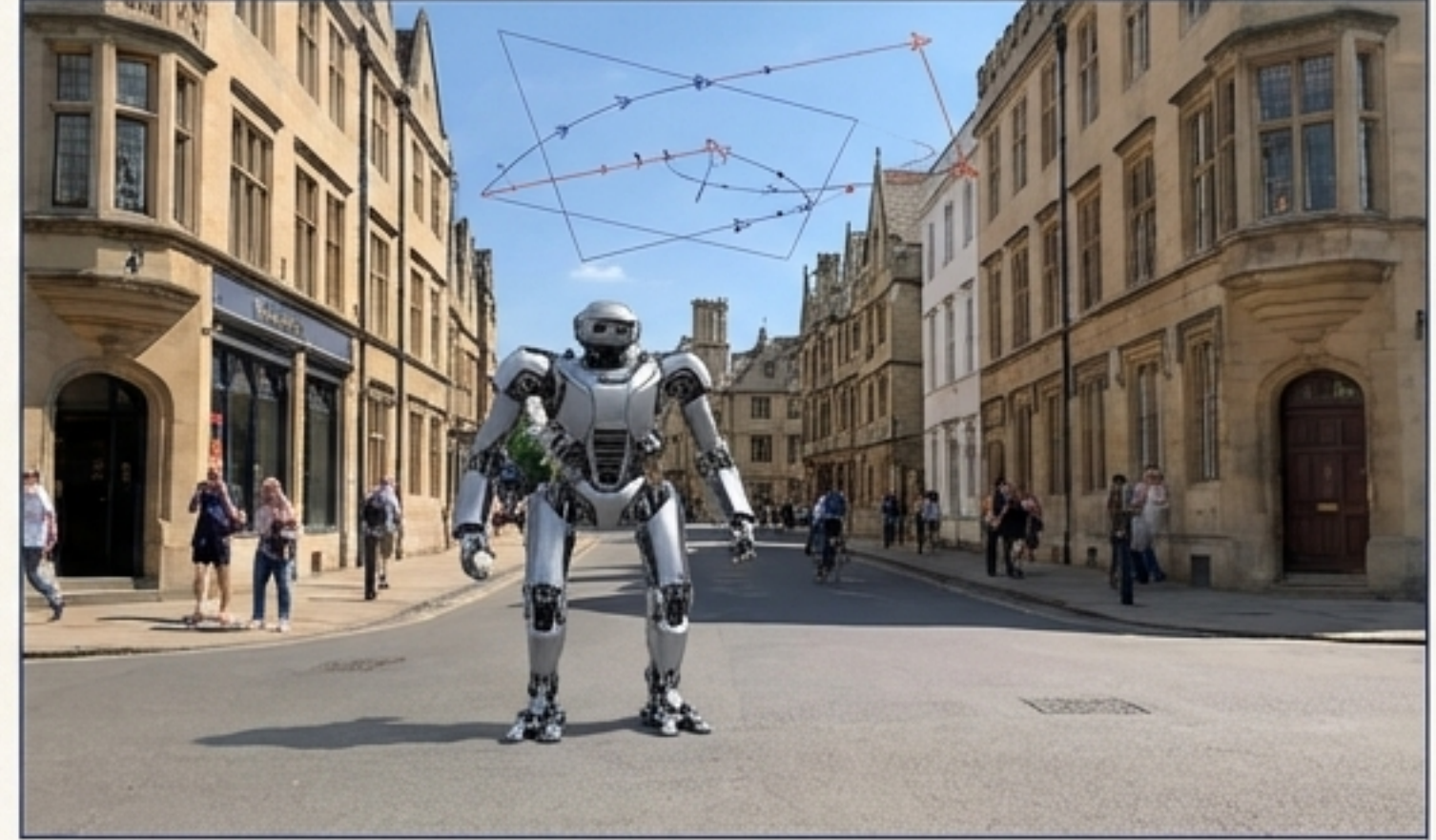
Sanal Dünyalar

Sonuç, bilgisayar grafiklerinde veya sanal gerçeklikte kullanılabilecek tam teşekküllü bir 3D klondur.

İkinci Ödül: Gerçekliğe Dokunmak (Video Augmentation)



Ham Video (Orijinal Kare)



Video Augmentation (CGI Entegrasyonu)

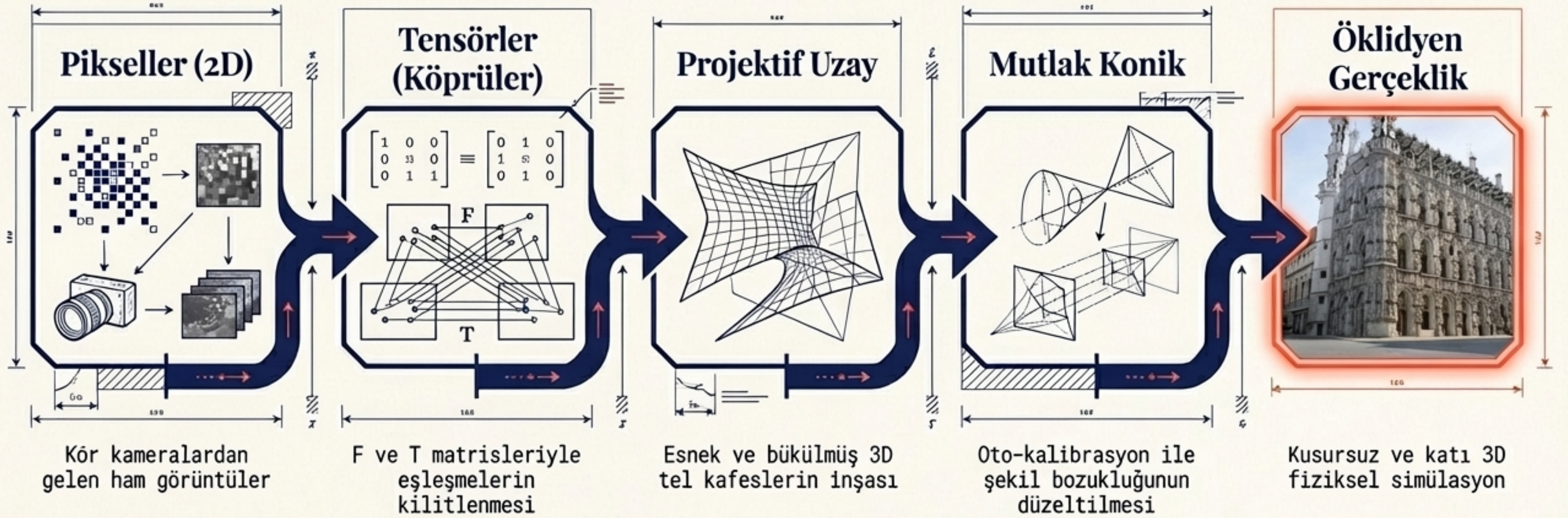
CGI ve Gerçekliğin Evliliği

Eğer bir videodaki kameranın uzayda nasıl hareket ettiğini (rotasyon, konum, zoom) matematiksel olarak tam çözerseniz, o sahneye her şeyi ekleyebilirsiniz.

Kusursuz İllüzyon

Algoritmalar kameranın Öklidyen Çerçevesini kilitler. Eklenen sanal karakter, kameranın titremesi ve açısıyla %100 uyumlu şekilde sahneye tutunur.

Büyük Birleştirici İşlem Hattı (The Pipeline of Vision)



Multiple View Geometry, makinelere sadece dünyayı görmeyi değil, hiçlikten kusursuz fiziksel dünyalar inşa etmeyi öğretir.