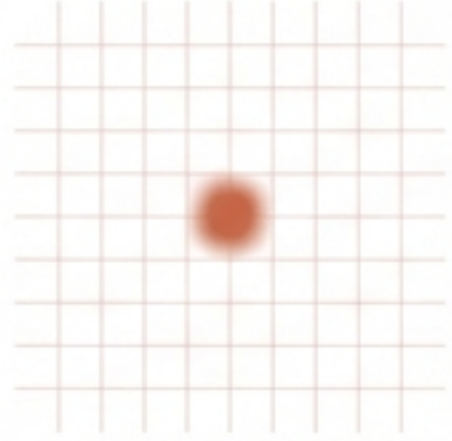


Geometrik Görüntü Dönüşümleri ve Yeniden Örnekleme

Uzamsal Bilginin Dönüştürülmesi ve İşlenmesi

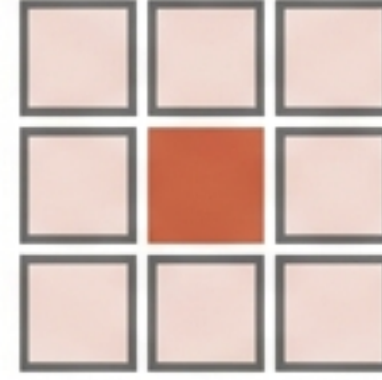
Görüntü Operasyonlarının Anatomisi ve Sınırları

Standart operasyonlar piksel değerlerini (yoğunluk/renk) değiştirir, ancak piksellerin uzamsal konumlarına müdahale etmez:



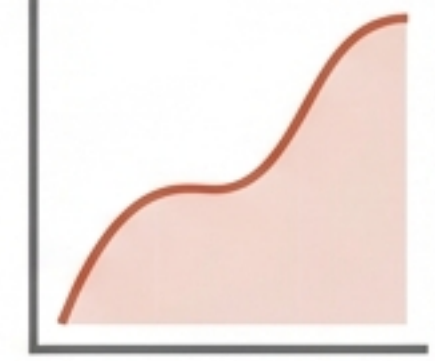
Piksel Operasyonları:

Yalnızca o pikselin girdisine bağlıdır (ör. eşikleme/thresholding).



Yerel (Local) Operasyonlar:

Bir pikselin komşuluk değerlerine bağlıdır (ör. yumuşatma ve kenar bulma filtreleri).



Küresel (Global) Operasyonlar:

Görüntüdeki tüm piksellerin istatistiksel dağılımına bağlıdır (ör. histogram eşitleme).

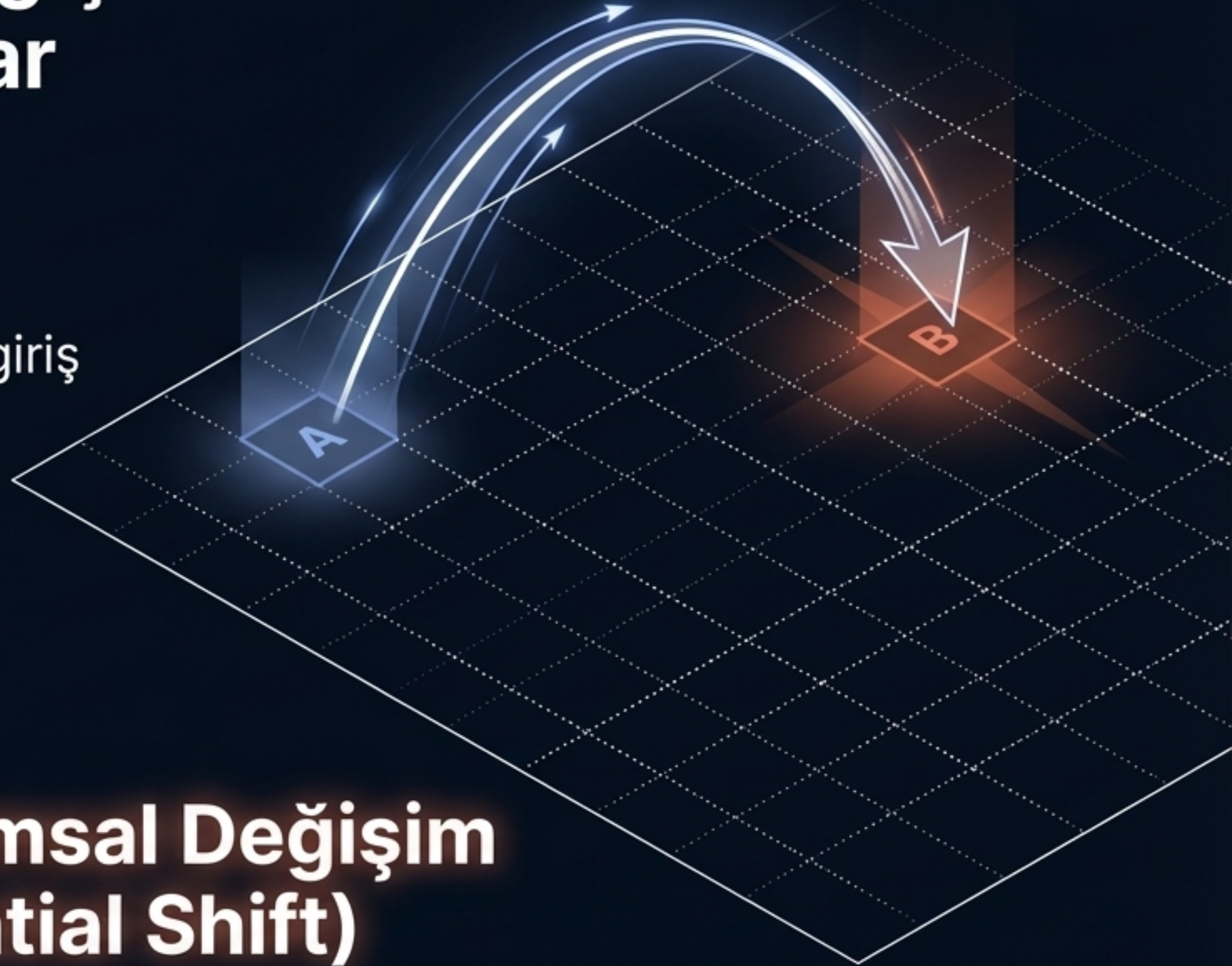
Değer (Value) değişir, Uzay (Space) sabit kalır.

Uzamsal Paradigma Deęiřimi: Geometrik Operasyonlar

Geometrik operasyonlarda bir pikselin ıkış değeri, geometrik donuşumlerle tanımlanan farklı uzamsal konumlardaki giriş piksellerine bağlıdır.

Butnssel bir işlem gerektirmez; yalnızca uzamsal kuralın işaret ettiği belirli piksellerden girdi alır.

Değer Deęiřimi → **Uzamsal Değişim
(Spatial Shift)**



Koordinatların Eşlenmesi: Görüntü Bükme (Image Warping)

Piksellerin kaynak uzaydan hedef uzaya eşlenmesi işlemidir. İzole edilmiş piksellerin değil, uzayın kendisinin deforme edilmesidir. Geometrik kurallar, tüm ızgara (grid) yapısını elastik bir düzlem gibi yeniden şekillendirir.

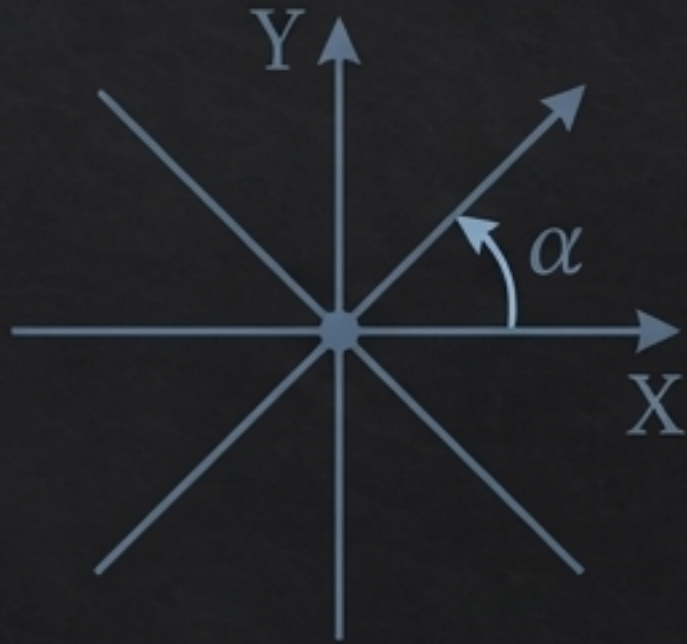


Dönüşümün Matematiği: Ölçekleme ve Döndürme Matrisleri

Geometrik manipülasyonun çekirdeği:

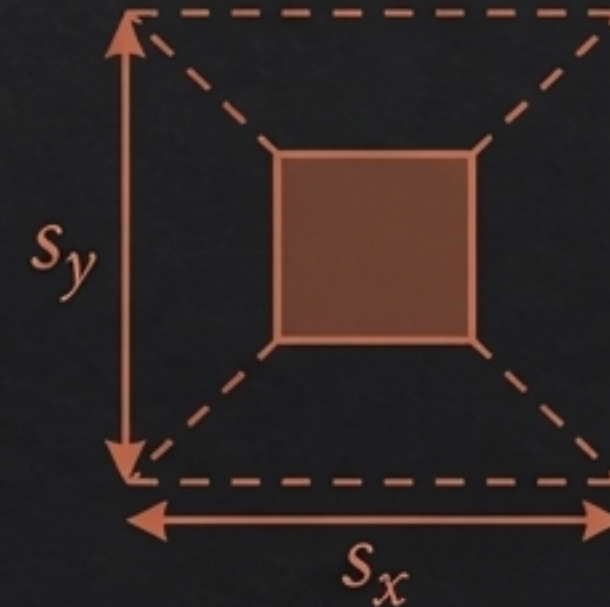
Döndürme (Rotation) Matrisi - $R(\alpha)$:

$$\begin{bmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix}$$



Ölçekleme (Scaling) Matrisi - $S(\alpha)$:

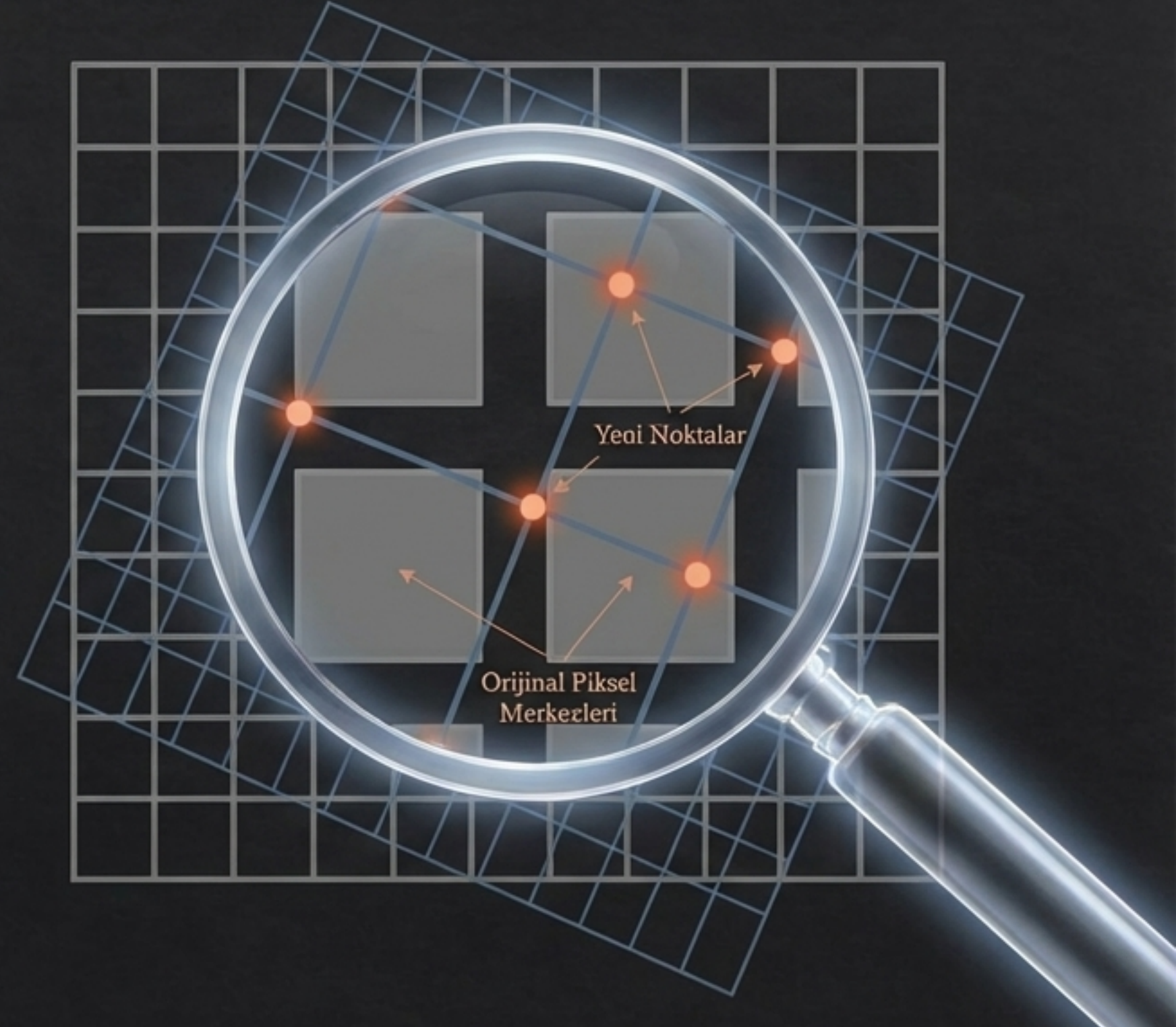
$$\begin{bmatrix} s_x & 0 \\ 0 & s_y \end{bmatrix}$$



Bu matrisler, uzamsal deformasyonların deterministik ve hesaplanabilir doğasını oluşturur.

Izgara Problemi ve Hedef Uzaydaki Boşluklar

- ◆ Geometrik dönüşüm (bükme veya döndürme) uygulandığında, kaynak pikseller hedef uzayda her zaman tam sayı koordinatlara (integer coordinates) düşmez.
- ◆ Örtüşmeyen ızgara yapısı, pikseller arasında boşluklar veya veri çakışmaları yaratır.
- ◆ Bu uzamsal uyumsuzluk, enterpolasyon ve Yeniden Örnekleme (Resampling) ihtiyacını doğurur.

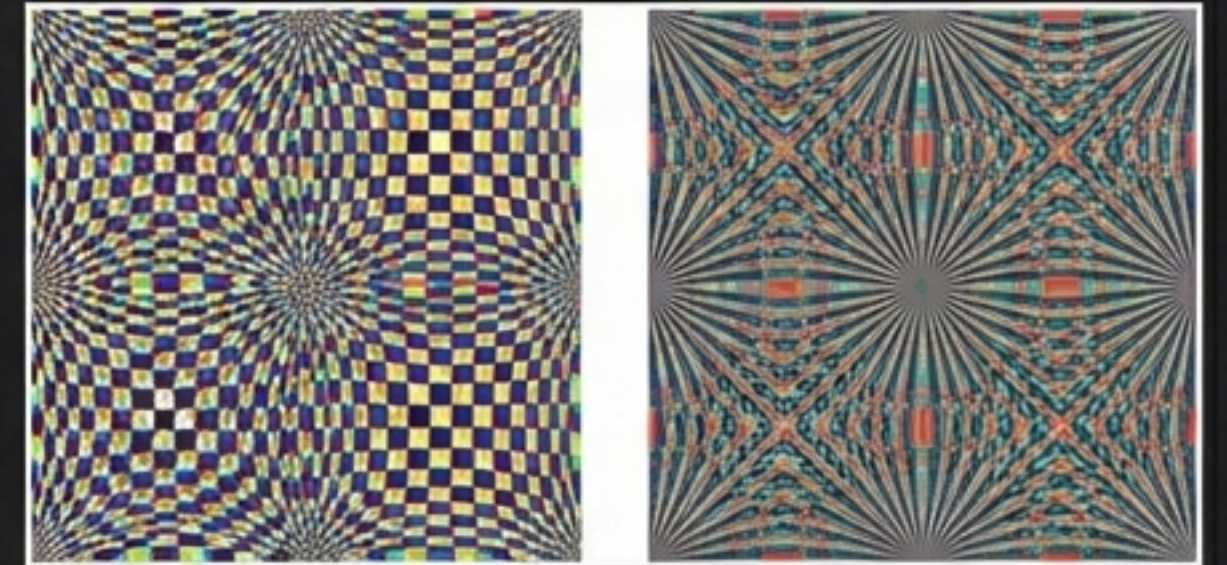


Teorik Sınır ve Bilgi Korunumu: Nyquist Kuralı

$$N_2 = \left(\frac{s_1}{s_2} \right) N_1$$

N_1, N_2 : s_1 ve s_2 ölçeklerindeki örnek sayıları ($s_2 > s_1$).

Daha yüksek ölçeklerde (daha düşük frekanslarda), örnek sayısı azaltılabilir. Bu kural, orijinal sinyalin ayırık bir örnek setinden yeniden oluşturulmasına izin veren minimum örnekleme oranını belirler. Yanlış örnekleme oranları **Aliasing** (Örtüşme) hatalarına yol açar.

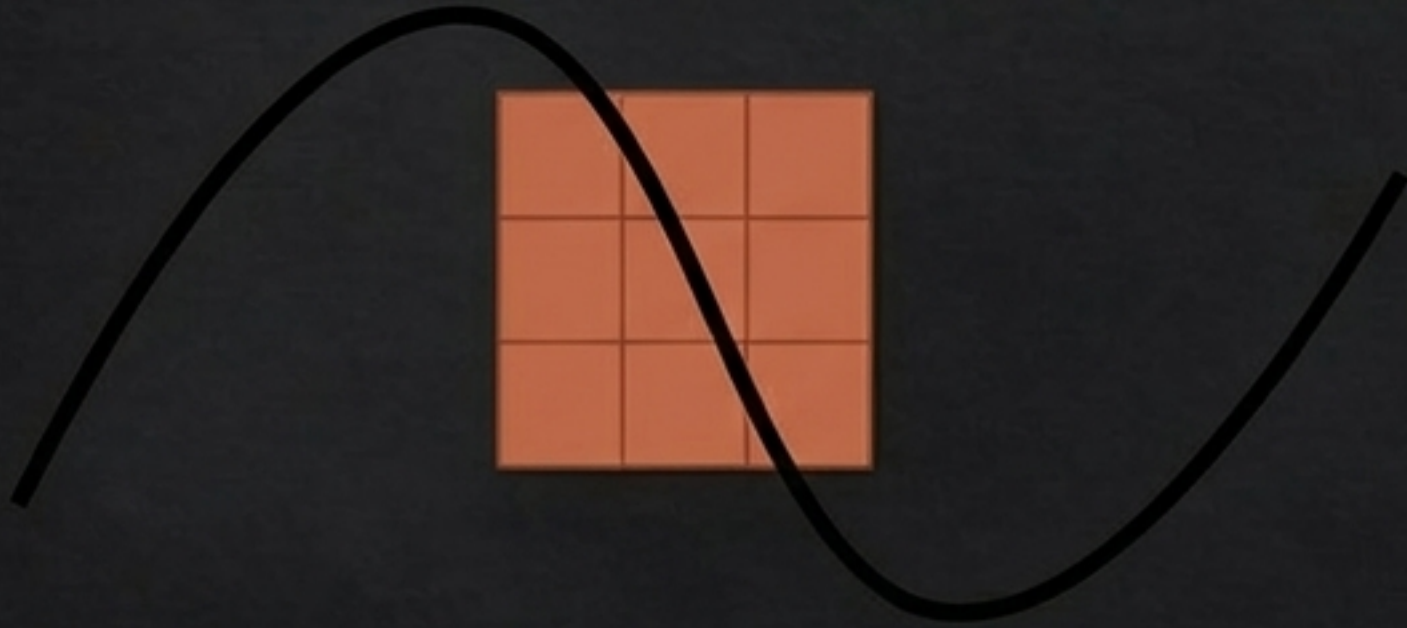


Before

After

Geometri ve Morfolojinin Kesişimi

Klasik matematiksel morfoloji (Genişletme/Dilation, Aşındırma/Erosion) sabit şekilli ve boyutlu yapı elemanlarına (structuring elements) dayanır. Örneğin: Sabit 3x3 kare matris.



Problem: Karmaşık nesnelere ve değişen eğimleri analiz ederken statik sınırlar yetersiz kalır. Çözüm, yapı elemanını yerel topolojiye göre esnetmekte yatar.

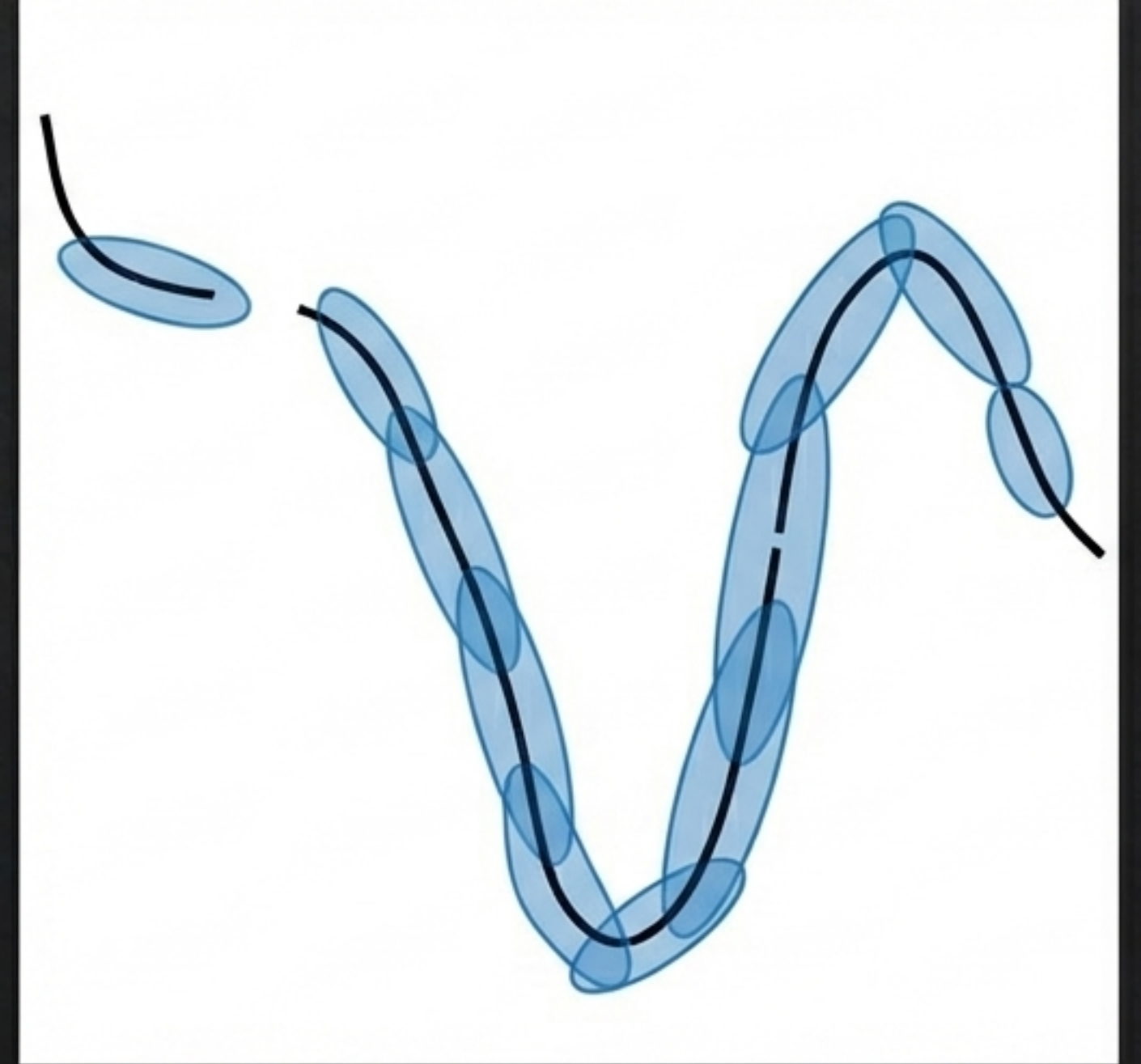


Dinamik ve Adaptif Morfoloji: Matrislerin Pratik Uygulaması

Yapı elemanları (B), her pikselde yerel eğime (slope) göre R ve S matrisleriyle modifiye edilir:

$$\hat{B} = [R(\alpha) \quad S(\alpha) \quad \partial B]^+$$

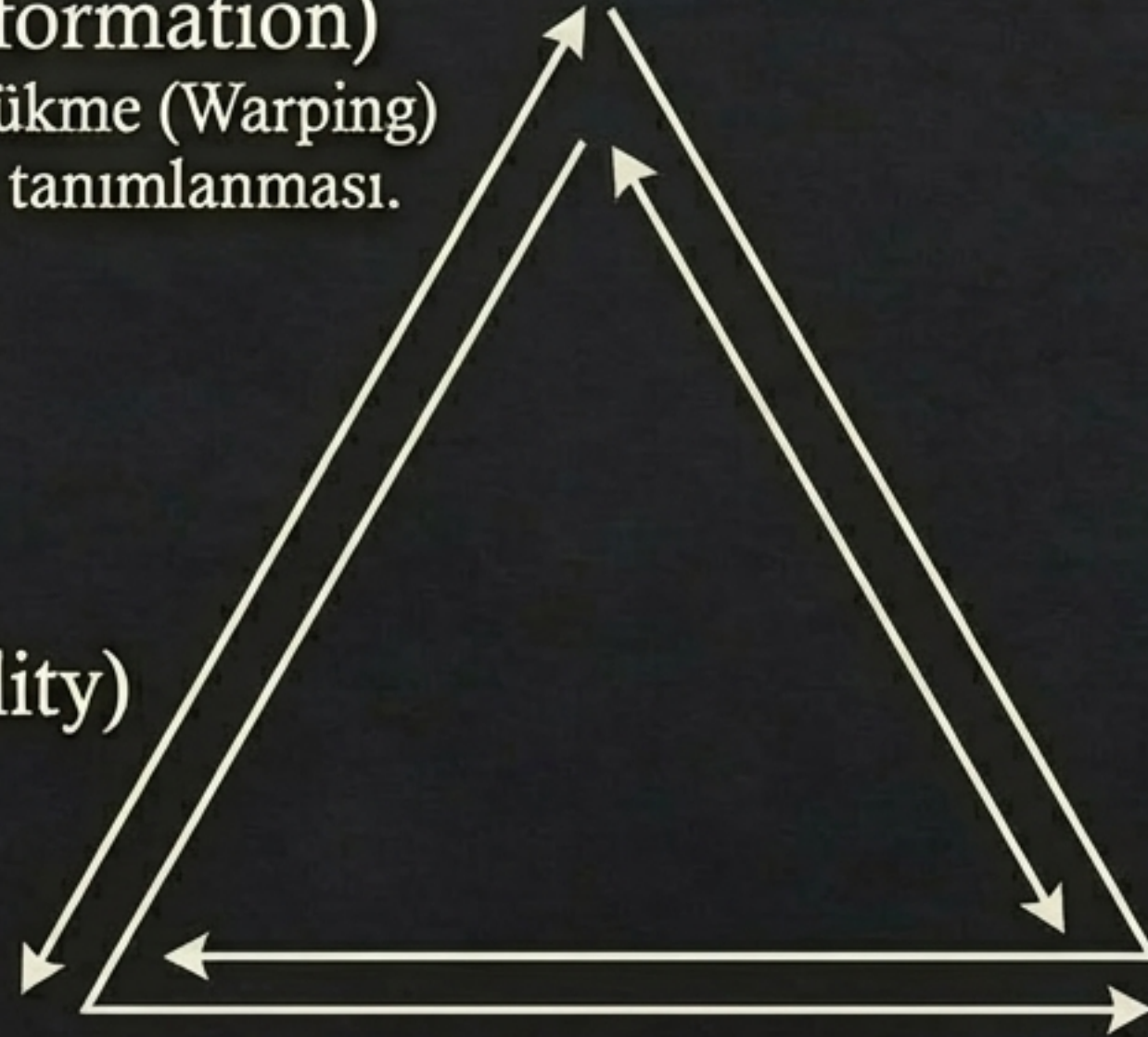
Burada yapı elemanının sınırları (∂B), rotasyon ve ölçekleme matrisleriyle dönüştürülür ve içi pozitif olarak doldurulur (+). Uygulama: Kırık kenar birleştirme (Edge linking) ve yörünge planlama. Yönelimli eliptik yapı elemanları ile boşluklar pürüzsüzce kapatılır.



Sentez: Uzamsal Değişimden Adaptif Çözümlere

Uzamsal Değişim (Deformation)
Geometrik operasyonlar ve Bükme (Warping) ile veri konumlarının yeniden tanımlanması.

Bilgi Korunumu (Fidelity)
Nyquist teoremi ve Yeniden Örnekleme ile ızgara uyuşmazlıklarının ve kayıpların matematiksel olarak çözülmesi.



Adaptif Çözümler (Intelligence)
R ve S matrislerinin dinamik morfolojiye entegre edilerek, durağan piksellerin şekil ve bağlam farkındalığına sahip yapı elemanlarına dönüştürülmesi.