基本功能实现2 ：几何变换

**2.1 透视变换**：

原理：a31,a32是关键的透视参数，除法运算创造了透视效果

z > 1 时，坐标被压缩，物体看起来更远

z < 1 时， 坐标被放大，物体看起来更近

模拟不同视角观察的结果

**2.2 径向变换**

径向变换基于 极坐标系统 ，以图像中心为原点，通过改变像素点到中心的距离来实现变换

基本公式：

r' = f(r)

θ' = θ

其中：

- r = √((x-cx)² + (y-cy)²) // 到中心的距离

- θ = atan2(y-cy, x-cx) // 角度

- (cx, cy) 为变换中心点

分为桶形畸变校正 ：r' = r × (1 + k₁×r² + k₂×r⁴ + k₃×r⁶)

枕形畸变校正：r' = r × (1 - k₁×r² - k₂×r⁴)

**2.3 漩涡变换**

基本公式：

r = √((x-cx)² + (y-cy)²) // 到中心的距离

θ = atan2(y-cy, x-cx) // 原始角度

θ' = θ + f(r) // 新角度（加上与距离相关的角度偏移）

其中 f(r) 是距离函数，常用形式：

f(r) = strength × (1 - r/radius) // 线性衰减

f(r) = strength × sin(π×r/(2×radius)) // 正弦衰减

基本功能实现2 ：图像滤波

**1. 双边滤波（平滑线性滤波器）**

**差异**：**对比均值滤波**无差别平滑 ，边缘会被模糊，而双边滤波智能平滑 ，相似像素才参与平均，边缘得到保护

对比**高斯滤波**（只有空间权重（距离越近权重越大））：双边滤波空间权重 + 颜色权重 （距离近且颜色相似的权重才大）

**双边滤波是唯一能在有效去噪的同时很好保持边缘和细节的线性滤波方法**

**效果**：在保持边缘的同时进行平滑，效果显著

**场景**：需要平滑图像但保持边缘清晰时

**参数说明**：

- sigmaSpace : 空间域标准差（控制邻域大小，建议5-10）

- sigmaColor : 颜色域标准差（控制颜色相似性，建议20-50）

**参数效果：**

- 较小的sigmaColor值：保持更多边缘，去噪效果弱

- 较大的sigmaColor值：更强的平滑效果，但可能模糊边缘

**优势：边缘保护+自适应平滑+参数控制**

**自适应平滑：**

- 平坦区域 ：像素值相似 → 颜色权重大 → 强平滑效果

- 边缘区域 ：像素值差异大 → 颜色权重小 → 保持边缘

- 纹理区域 ：部分像素相似 → 选择性平滑 → 保持重要纹理

2. 形态学滤波

**效果**：完全不同的处理思路，基于形状而非像素值

**处理对象**：图像中的形状结构，通过结构元素与图像的集合运算修改图像的形状特征、提取结构信息

**场景**：在二值图像处理中应用广泛

腐蚀：结构元素与图像的交集，效果：缩小白色区域，去除小的白色噪点

膨胀：结构元素与图像的并集，效果：扩大白色区域，填补小的黑色空洞

先腐蚀后膨胀：实现平滑轮廓，断开狭窄连接，去除小的突出部分

先膨胀后腐蚀：平滑轮廓，，连接狭窄间隙，填充小的空洞

3. 自适应中值滤波

**对已有中值滤波的智能升级，能够根据图像局部特性自动调整窗口大小**