基于深度学习的电子产品几何模型简化方法

龚新博　滕晓强　李海生*

北京工商大学计算机与人工智能学院，北京

问题描述

几何细节**多**	微小孔槽、圆角倒角 增加网格划分难度
简化决策**难**	尺寸不足以决定去留 还需评估仿真重要性
拓扑易破**坏**	直接删面可能产生缺陷 需要闭合与修复

识别哪些特征，决定如何简化，保证几何有效。

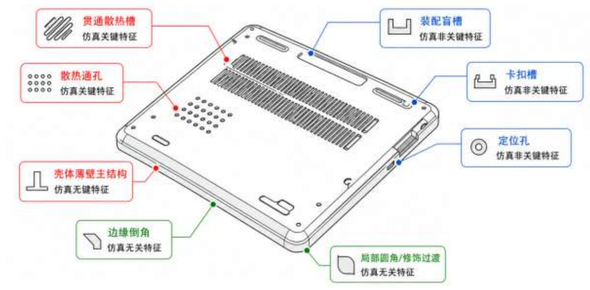
研究背景与动机

- 高精度CAD模型包含大量微小仿真弱相关细节
- 微小特征会增加有限元分析网格划分难度与时间
- 简化关键特征会降低有限元仿真计算精度

方法	特点	局限性
监督学习预测 节点平滑位置	可直接学习 节点调整策略	依赖高质量数据 难处理不同度节点
图神经网络 无监督损失函数	减少数据依赖 提升计算效率	引入未经验证的 先验，性能下降
强化学习 传统平滑方法	根据奖励实现高 质量平滑	独立性不足 过度依赖传统方法

需面向仿真的自动化几何简化方法
兼顾几何保真、拓扑完整性与计算效率

解决方案



特征识别
面级语义
→
全局排序
确定次序
→
拓扑修复
输出 STEP

特征等级	面向仿真的处理原则
关键特征	保留主体与边界相关结构
非关键特征	评估影响后再决定简化
无关特征	优先处理细小修饰结构

保留主要结构，按仿真需求选择性简化。

致谢

基金项目：

北京市自然科学基金-小米创新联合基金项目，几何模型清理和带缺陷模型的体网格生成技术研究（No. L233026）

通信作者：

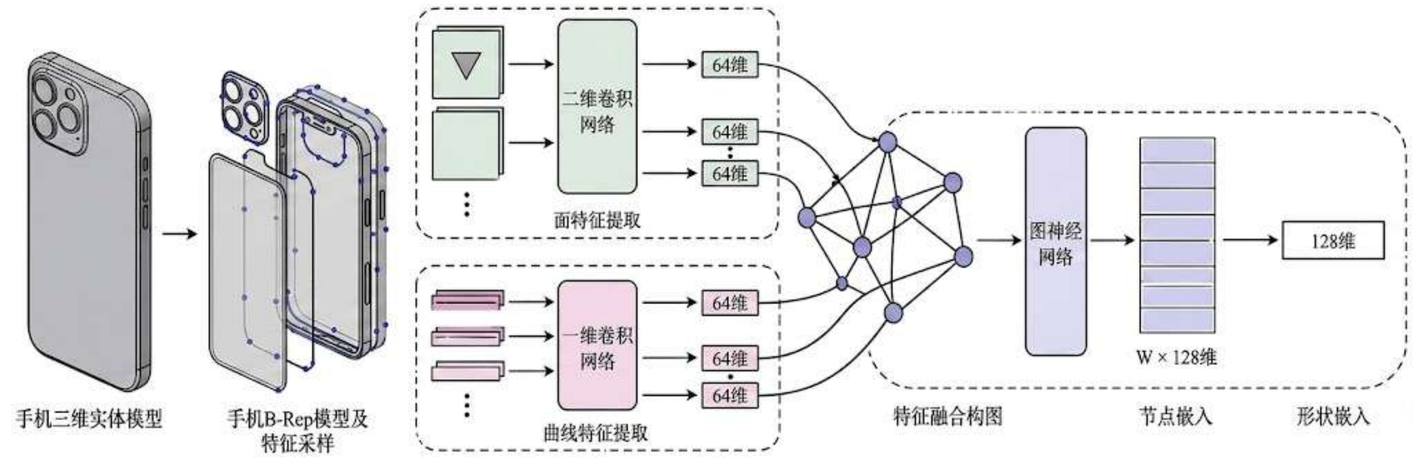
李海生，男，教授，博士。主要研究方向为计算机图形学、网格生成、数字几何处理等。

E-mail：lihsh@th.btbu.edu.cn

方法

1. 几何特征识别：联合几何编码与拓扑上下文

参数域采样经卷积编码，面邻接图聚合拓扑信息，获得面级语义。



2. 多因素全局排序：优先处理低重要性特征

几何尺度
面积、曲率与尺寸

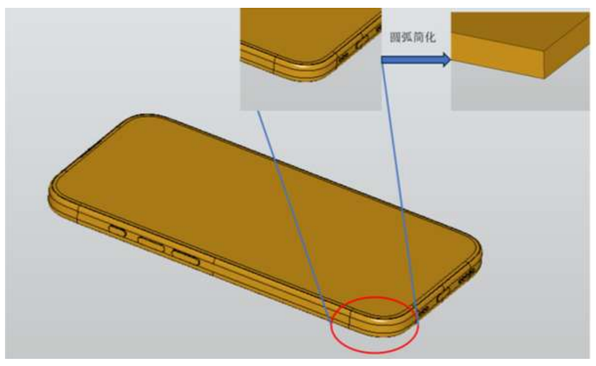
空间与拓扑
位置、邻接与连通

仿真影响
物理意义与权重

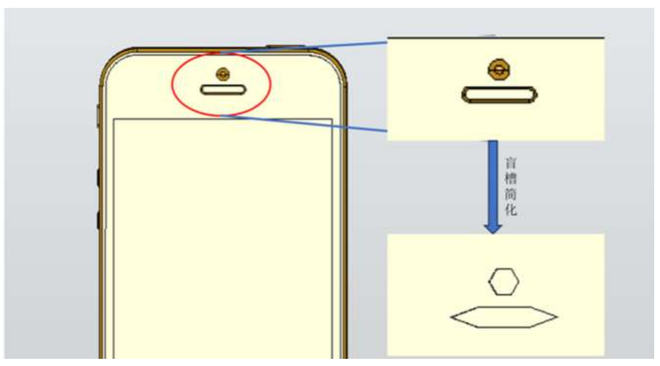
→ 候选特征重要性融合及全局排序（由低到高）

满足简化约束后执行特征移除，并更新邻接关系、检测拓扑缺陷。

3. 局部特征简化与拓扑修复



倒角 / 圆角去除

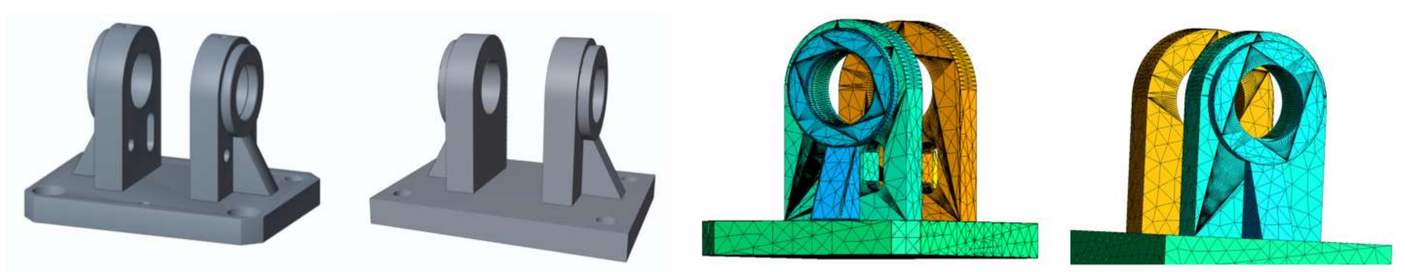


非关键槽结构简化

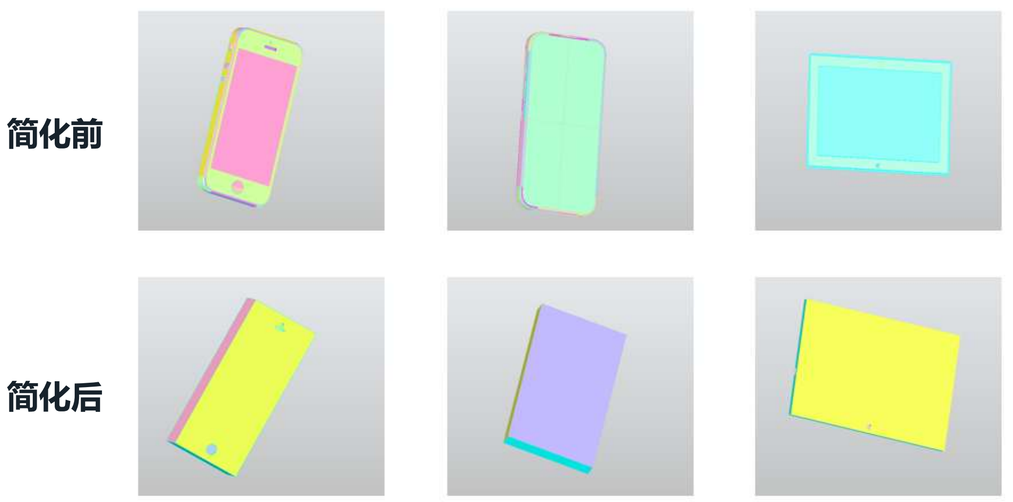
特征移除 → 缺陷检测 → 几何重构 → 输出 B-Rep

简化效果展示

CAD 简化与网格单元数量变化示例



原始 CAD　简化后 CAD　92,954 个单元　32,697 个单元



电子产品
模型简化示例

观察内容
主体结构保留
局部细节简化