



数据驱动的智能化微创手术质量控制方法研究 (72201085)

主持人：王浩



合肥工业大学

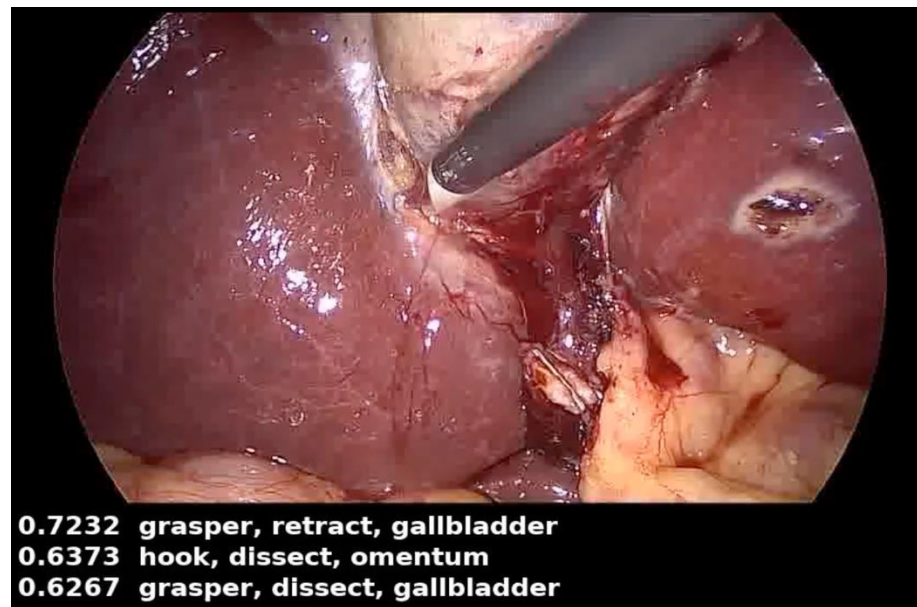
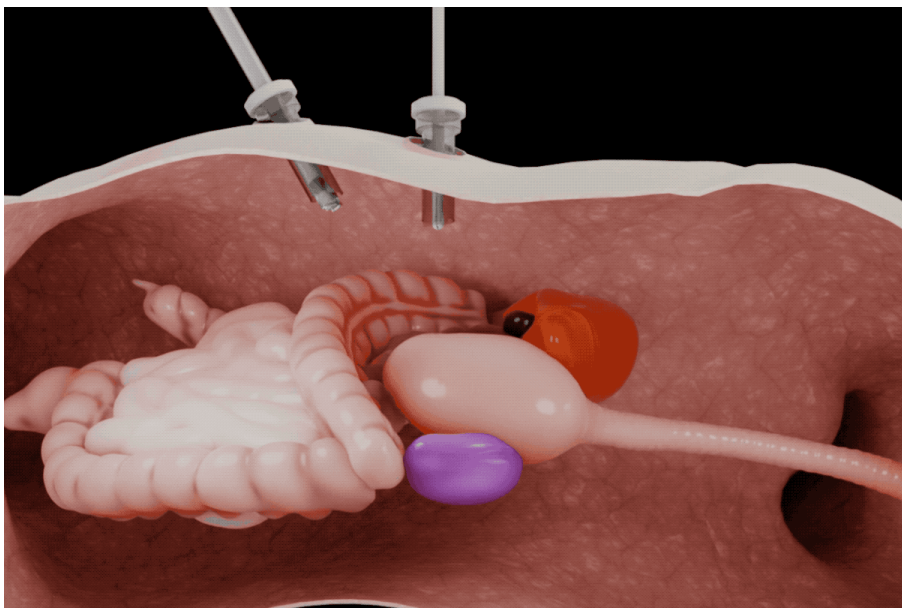
— 研究背景与现状

微创手术是普外科、心胸外科等二十余个科室的重要诊疗手段，在超过60%的县乡级医院和超过80%的二级及以上公立医院得到了应用，全国年微创手术量超 1180 万人次，是我国医疗卫生服务体系的重要组成。



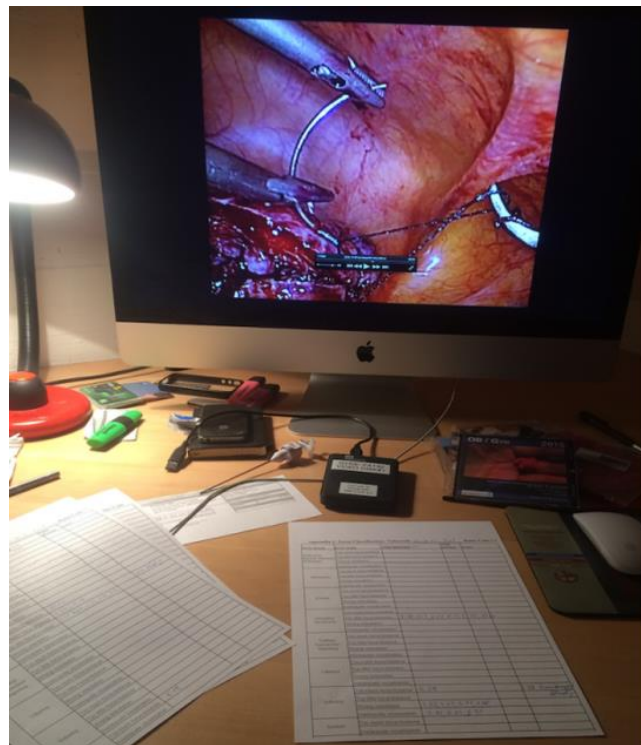
一 研究背景与现状

手术质量控制是指按照手术质量形成的规律和有关法律法规的要求，运用现代科学管理方法，对微创手术服务的要素、过程和结果进行管理与控制，以实现手术质量的系统性持续改进的过程。



一 研究背景与现状

传统基于人工复审等策略的微创手术质量控制方法在实际应用中长期面临着严峻的科学挑战：



Appendix 1: Error Classification: Videocode 45-08-15 401 Rater Code HH

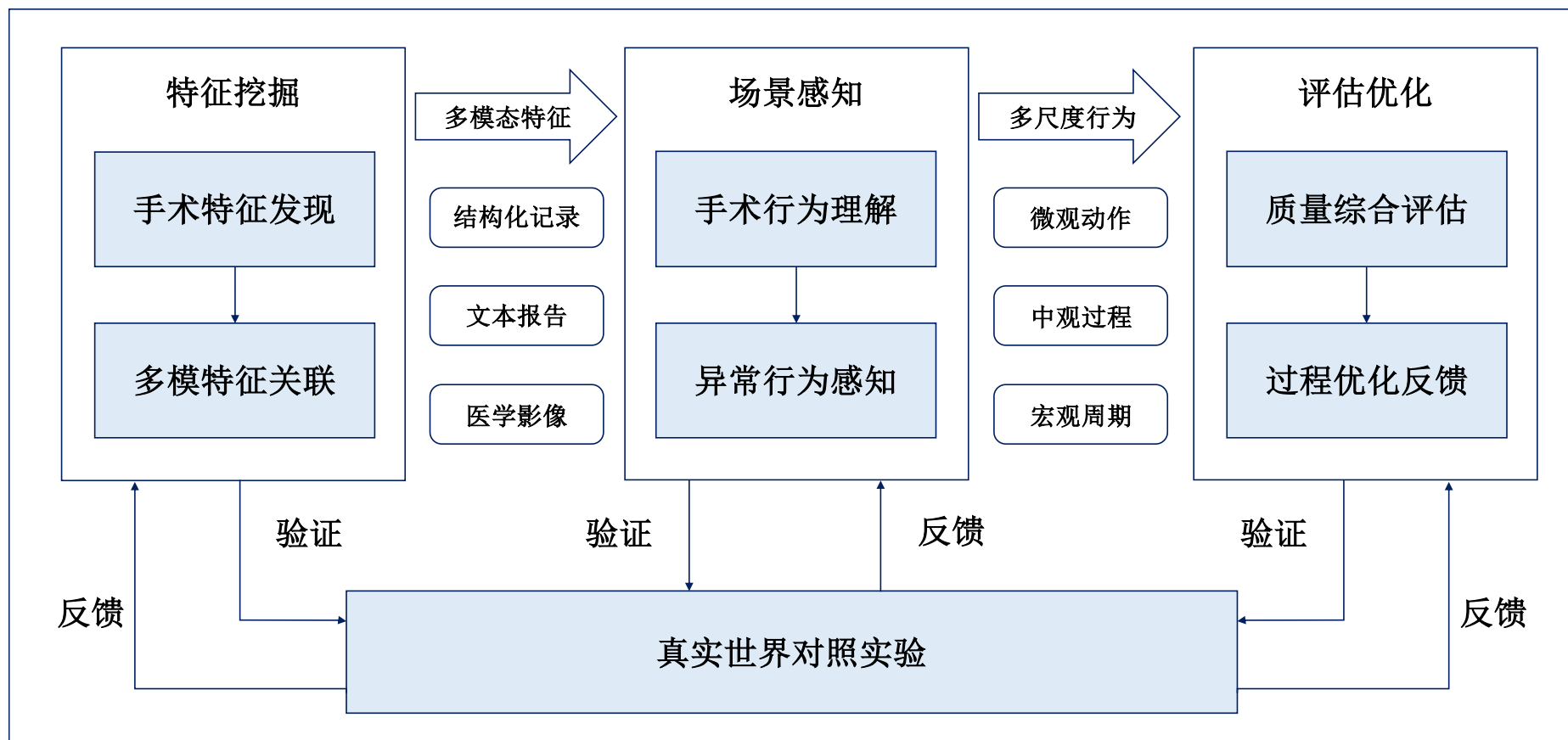
Error Group	Error mode	Time observed	Total Number	Event
Abdominal Access: Removal of trochars	Too much force/distance			
	Too little force/distance			
	Wrong orientation			
	Inadequate visualization			
Retractors	Too much force/distance			
	Too little force/distance			
	Wrong orientation			
	Inadequate visualization			
Energy	Too much force/distance			
	Too little force/distance			
	Wrong orientation			
	Inadequate visualization			
Grasping/ Dissection	Too much force/distance			
	Too little force/distance	2:39, 2:47, 6:01, 8:27, 8:29, 10:40		
	Wrong orientation			
	Inadequate visualization			
Cutting/ Transection/ Stapeling	Too much force/distance			
	Too little force/distance			
	Wrong orientation			
	Inadequate visualization			
Clipping	Too much force/distance			
	Too little force/distance			
	Wrong orientation			
	Inadequate visualization			
Suturing	Too much force/distance	5:38		5:38 hand down? (hand?)
	Too little force/distance			
	Wrong orientation	4:02, 4:21, 5:17, 1:08		
	Inadequate visualization	4:10, 6:24, 6:52		
Suction	Too much force/distance			
	Inadequate visualization			

主要挑战

- ① 精确响应困难。
- ② 数据处理瓶颈。
- ③ 质控过程复杂。

二 研究内容与目标

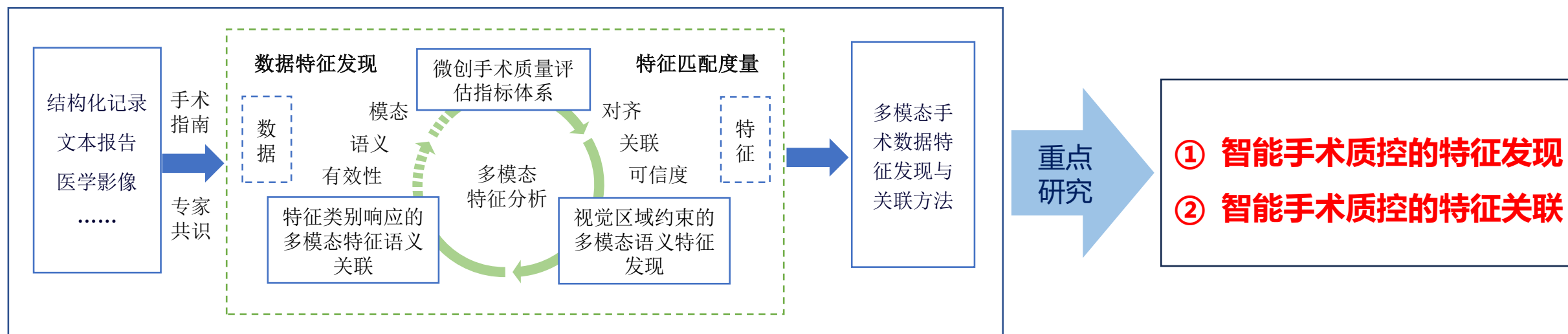
数据驱动的智能微创手术质量控制方法研究



二 研究内容与目标

1. 智能手术质控的多模态数据特征发现与关联方法

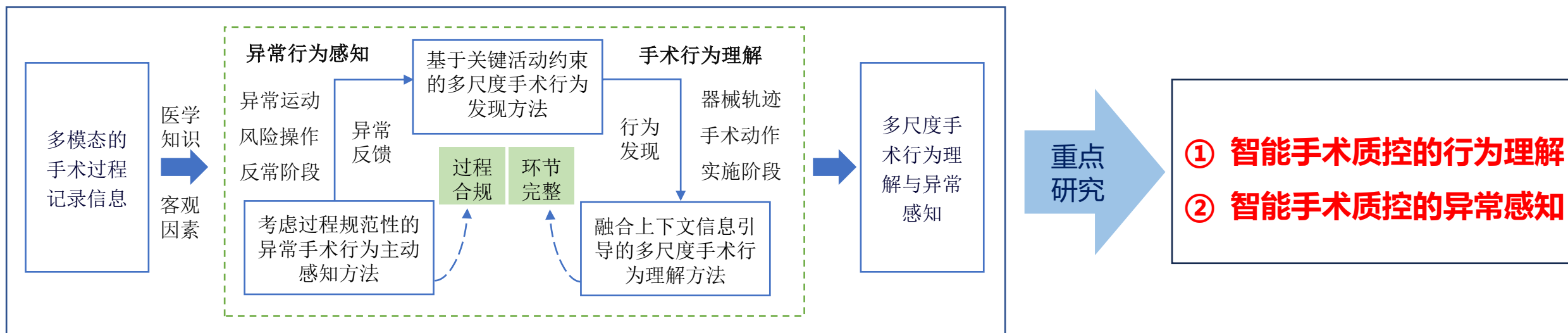
微创手术汇聚了结构化记录、文本报告、医学影像等多模态数据，现有方法对于特征的提取集中于单模态的数据分析，不同模态数据特征的关联关系难以明确，针对特征匹配度度量的手术质量控制研究长期缺失。



二 研究内容与目标

2. 智能手术质控的多尺度行为理解与异常感知方法

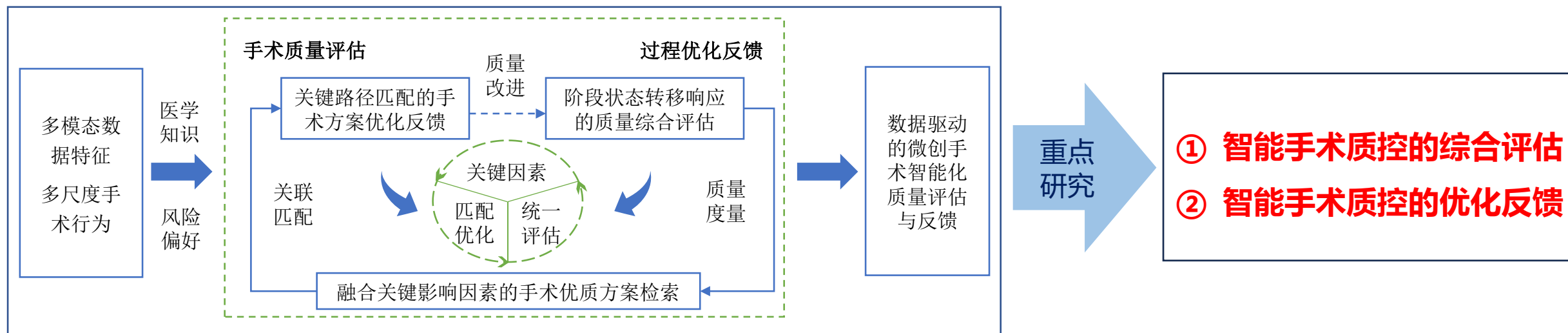
过程规范性、记录一致性、环节完整性等行为要素直接关乎手术的质量。基于阶段识别的手术行为分析方法尚不能从微观和宏观等多个尺度理解手术具体行为，难以阐明行为要素对手术质量的影响机制，导致不同尺度下的手术异常行为无法有效感知。



二 研究内容与目标

3. 数据驱动的微创手术智能化质量评估与反馈方法

手术质量需要评估者基于临床指南进行评估，但其主观经验和风险偏好会直接影响手术评估结果，手术的质量需要给出过程可回溯的评估依据，进而支持手术实施过程的优化反馈。

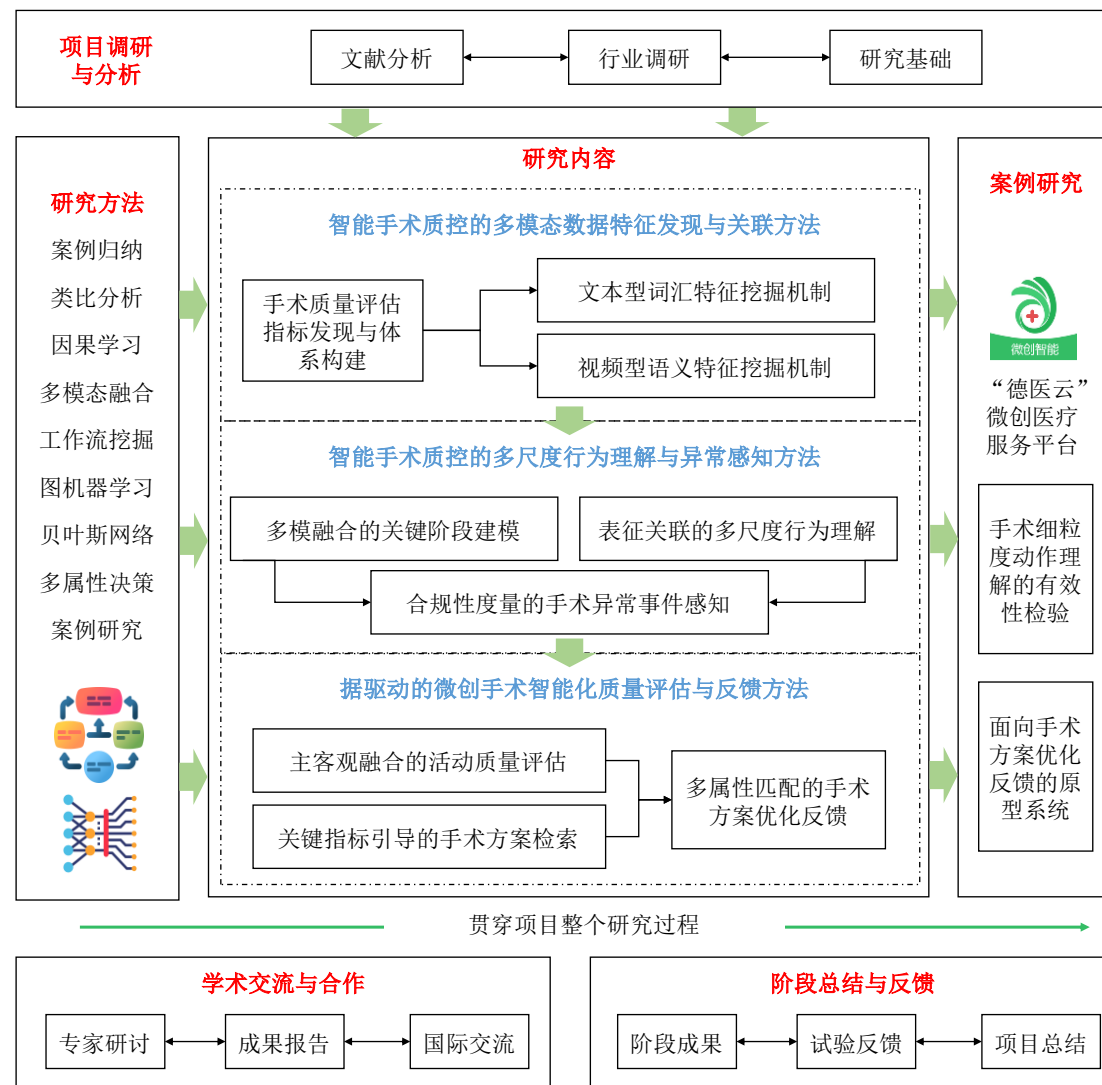


二 研究内容与目标

研究目标

采取数据驱动与行为建模相结合的研究思路，系统探索数据驱动的智能化微创手术质量控制方法及其关键科学问题，逐步实现以下目标：

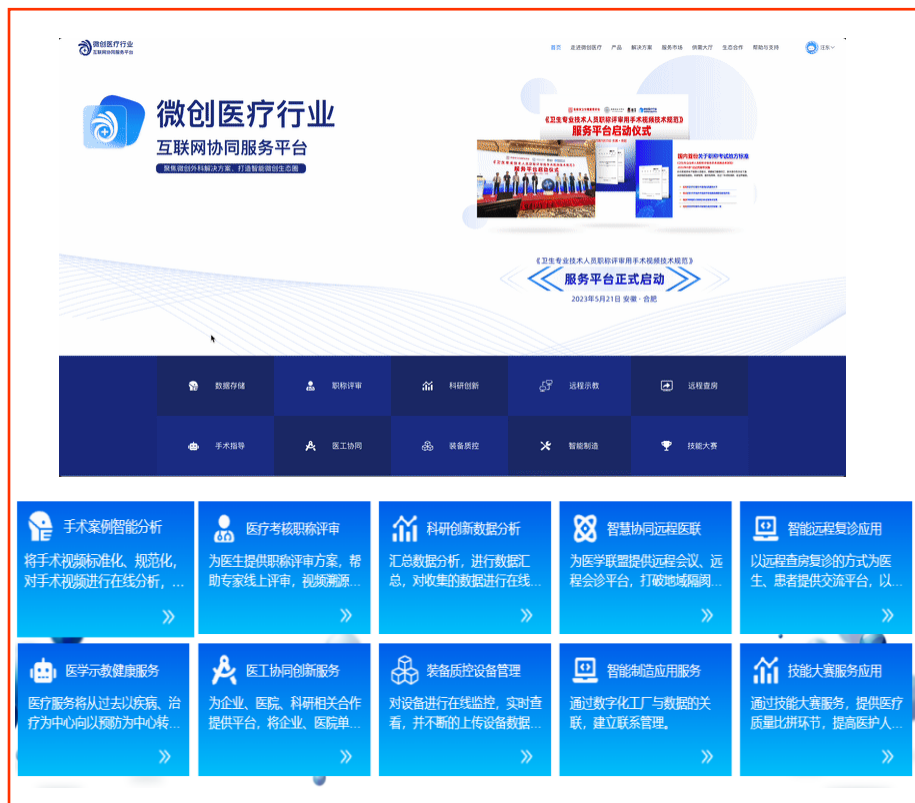
- (1) 手术多模态特征对齐关联模式；
- (2) 考虑过程规范性的异常行为感知；
- (3) 关键路径匹配的手术质量评估反馈；
- (4) 开展案例应用研究以持续优化设计。



三 研究进展与成果

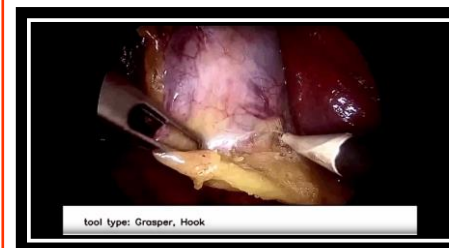
数据
治理

作为主要完成人联合企业构建了微创医疗行业互联网协同服务平台。



- 远程移动示教**100**余场
- 入驻医疗机构**20**家
- 服务次数超**1000**次
- 覆盖**14**个科室
- 汇聚**3TB**术后分析数据

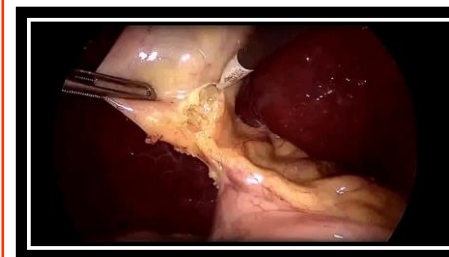
项目研究的相关技术应用



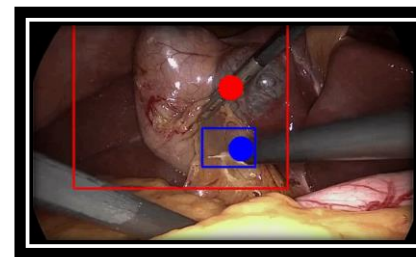
手术器械识别



行为三元组识别



手术视频摘要



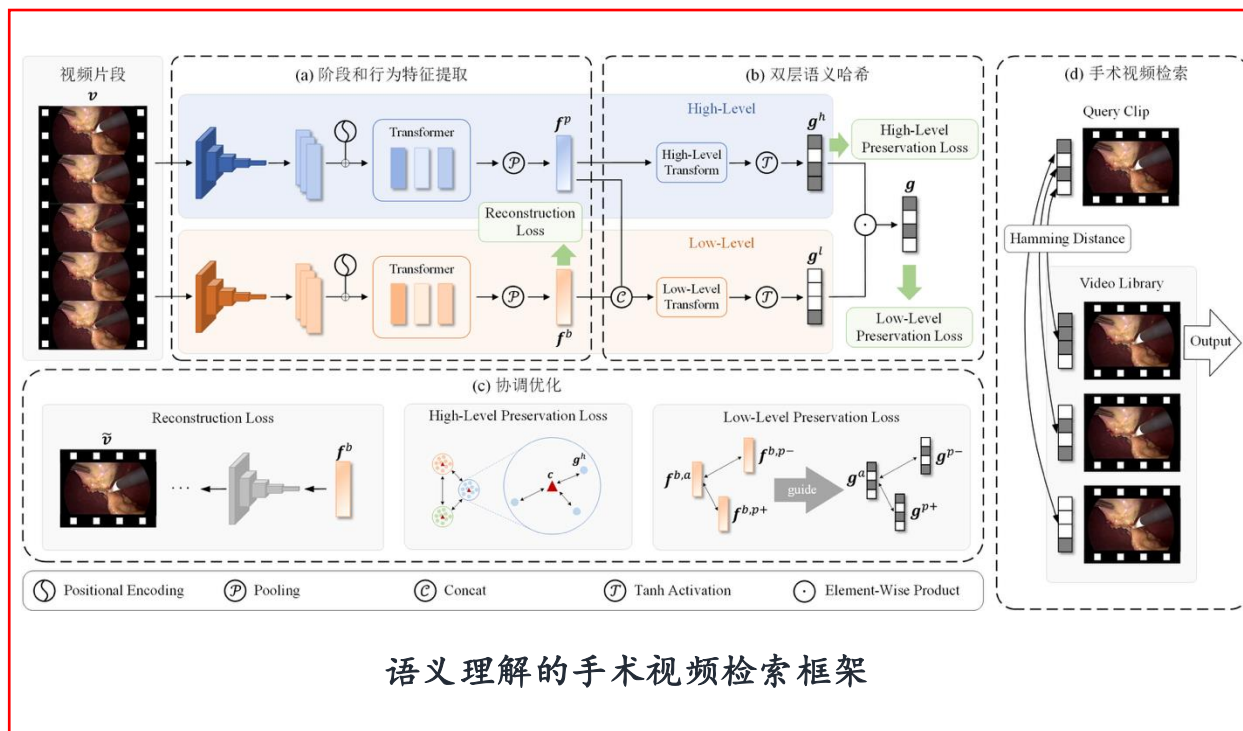
手术器械定位

三 研究进展与成果

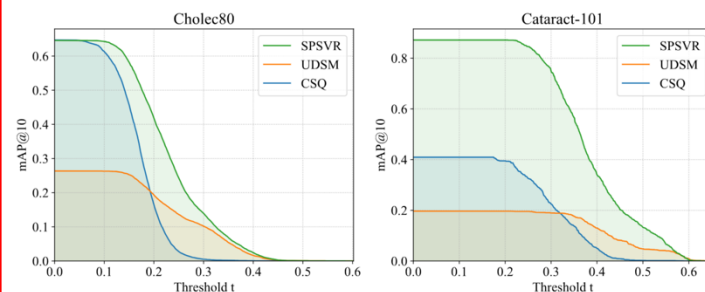
学术
论文

手术案例数据多层级语义理解与相似检索方法

针对大规模手术案例特征发现与关联问题，提出基于阶段和行为语义理解的哈希编码，设计了多层级语义相似性约束的协调优化策略，跨术式数据实验表明方法的准确性和鲁棒性。



跨术式数据集验证 { Cholec80: 80例胆囊切除术
Cataract-101: 101例白内障手术



专家验证结果：胆囊切除术检索准确率得分4.060/5.0，白内障手术检索准确率得分3.850/5.0



Yuxuan Yang, **Hao Wang***, Jizhou Wang, Kai Dong, Shuai Ding*. Semantic-Preserving Surgical Video Retrieval with Phase and Behavior Coordinated Hashing[J]. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 2023, DOI: 10.1109/TMI.2023.3321382.

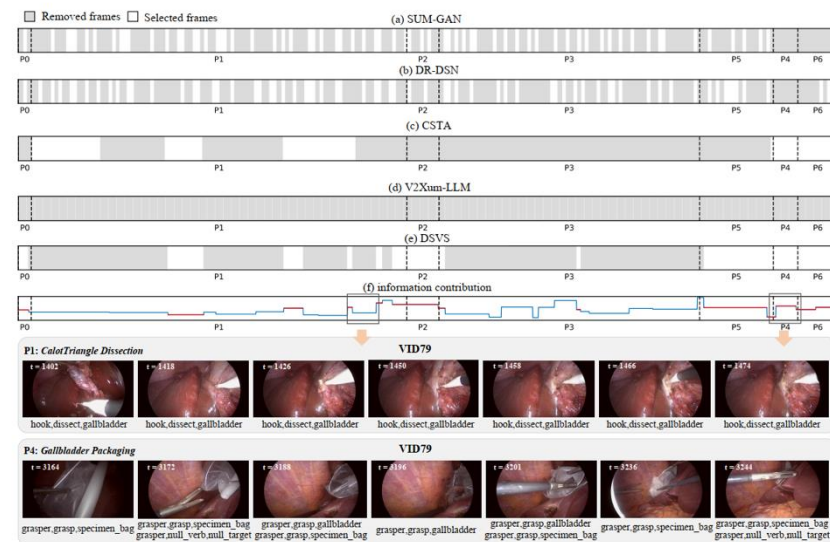
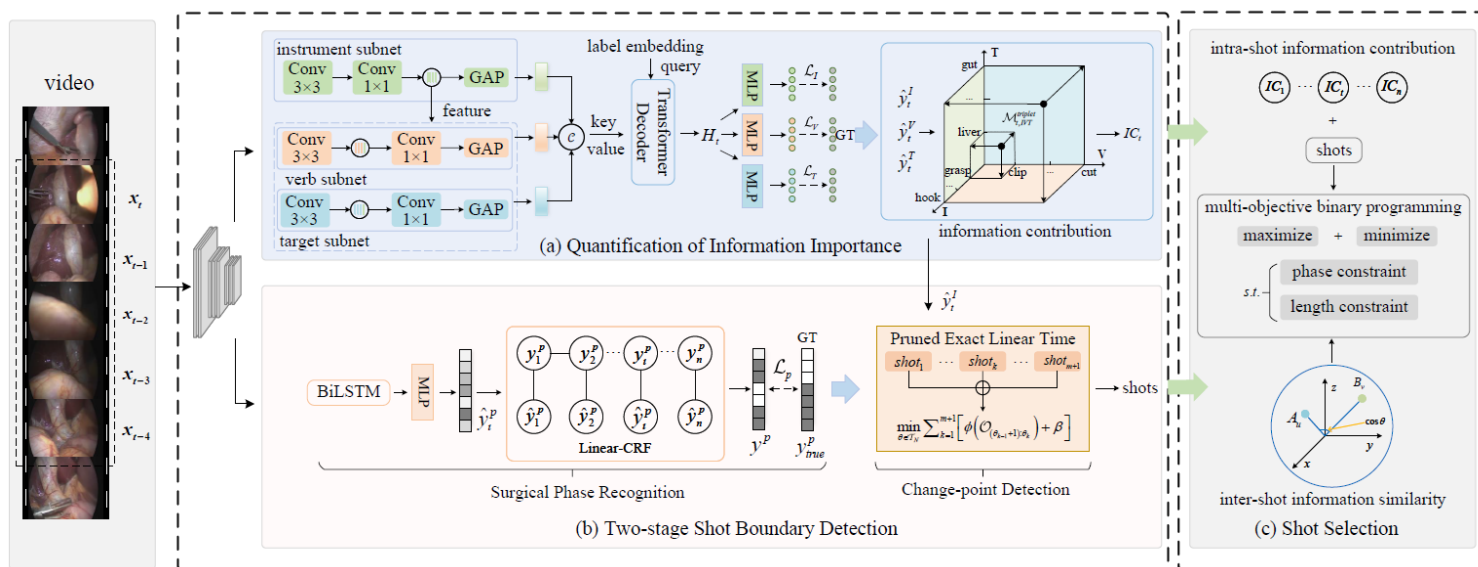
三 研究进展与成果

学术论文

平衡信息性和多样性的微创手术视频摘要方法

本工作提出了一个动态手术视频摘要(DSVS)框架, 通过对手术行为的理解, 以平衡信息和多样性:

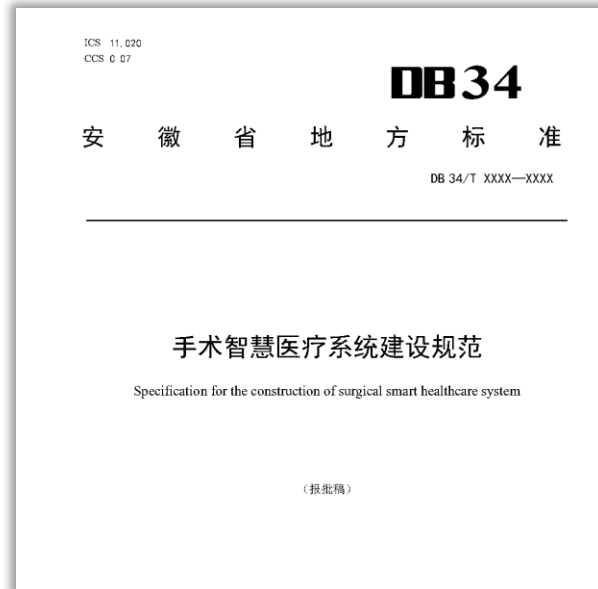
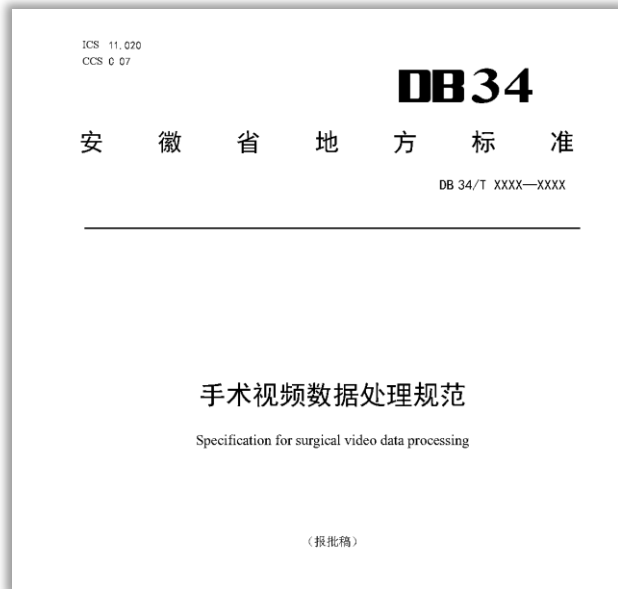
- 采用多任务学习网络来提取细粒度的手术信息, 进一步提出信息贡献模块量化帧级信息的重要性。
- 由于镜头转换与器械使用存在很强的相关性, 采用变化点检测算法, 动态检测每个手术阶段的镜头边界。
- 设计多目标0-1规划模型, 在平衡信息性和多样性的同时选择一个镜头子集, 形成动态摘要



三 研究进展与成果

地方
标准

作为主要编制人完成两项手术智慧管理地方标准制定（已批准，2024年发布）



参与单位：**合肥工业大学**、安徽省卫生健康委员会、中国科学技术大学附属第一医院、安徽医科大学第一附属医院、安徽理工大学、浙江大学医学院附属邵逸夫医院、上海交通大学医学院附属瑞金医院、安徽医科大学第二附属医院、上海市第一人民医院蚌埠医院、安徽省医工协同创新学会、合肥德铭电子有限公司、合肥德易电子有限公司、卫宁健康科技集团股份有限公司。

参与人：丁帅、**王浩**、朱源波、孙萍、陈玉俊、梁朝朝、鲁超、林辉、朱立峰、李传辉、傅强、黄智勇、苏伊阳、李诗惠、杨宇轩、柯水洲、王继洲、姜东兴、邵胜、杨诚、涂俊、汪家欣、孙俊忠、朱冠兰、廖翔、许建国、张健、杨子亮。

三 研究进展与成果

专利
成果

形成发明专利5项，授权发明专利3项



序号	专利名称	专利类型	专利号或申请号	发明人	专利状态	授权/申请日
1	微创手术智能服务方法及系统	发明专利	CN116630846A	李诗惠、丁帅、王浩、朱源波、杨宇轩、苏伊阳	授权	2023/5/5
2	基于 SMIL 的胆囊切除术 CVS 评估系统、方法及设备	发明专利	CN120894734A	王浩、张宇涛、杨宇轩、朱源波	授权	2025/12/5
3	基于视频理解的手术器械、操作和组织智能识别方法	发明专利	CN116563759A	杨宇轩、王浩、丁帅、苏伊阳、李诗惠	授权	2026/1/15
4	微创手术视频摘要生成方法	发明专利	CN116567348A	苏伊阳、王浩、丁帅、李诗惠、朱源波	实审	2023/5/5
5	医用内窥镜系统视频失真智能自检方法设备及装置	发明专利	CN117877703A	朱源波、丁帅、王浩、苏伊阳、李诗惠	实审	2024/1/10

Q&A