



西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

欢迎各位老师莅临指导

彭子洋博士论文答辩会

基于精准医疗的微创外科智能分析与 手术图文报告生成系统

答辩人：彭子洋

导师：吕毅 教授

西安交通大学未来技术学院

交通大学

JIAOTONG
UNIVERSITY

主要内容

01

研究背景

02

目的与技术
路线

03

研究结果

04

结论与展望

01 研究背景

• 经验传承 • 图文报告 • 人工智能

研究缘起：初入临床轮转想法萌芽



西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

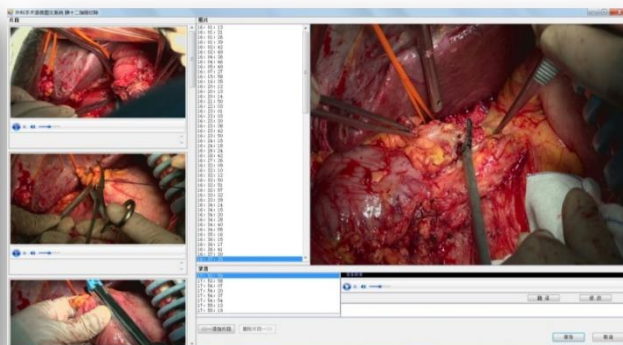
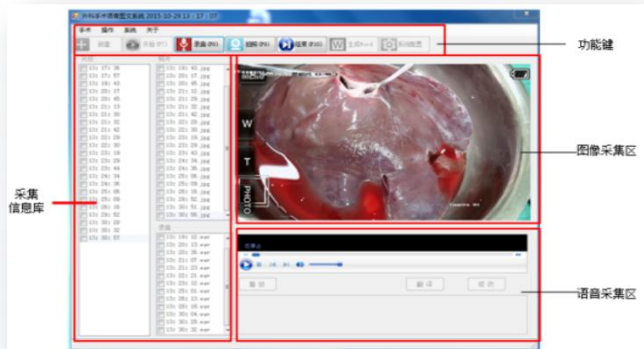


看不懂腹腔镜影像 → 有一个助手能帮我看懂

图文探索：外科梦工场既往研究



西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY



开放手术图文软件V1.0版本界面

2013年

开放手术图文软件V2.0版本

2014年

倡用图文手术记录专家共识
(西安)

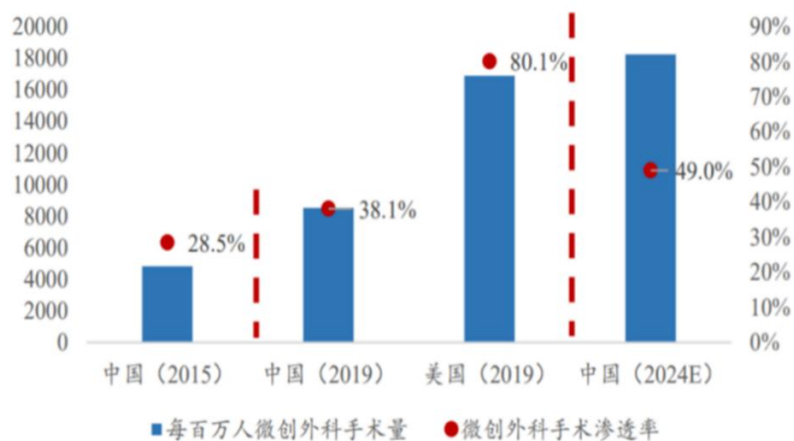
2015年

“手术语音图文记录系统研发及应用”
陕西省科技进步二等奖

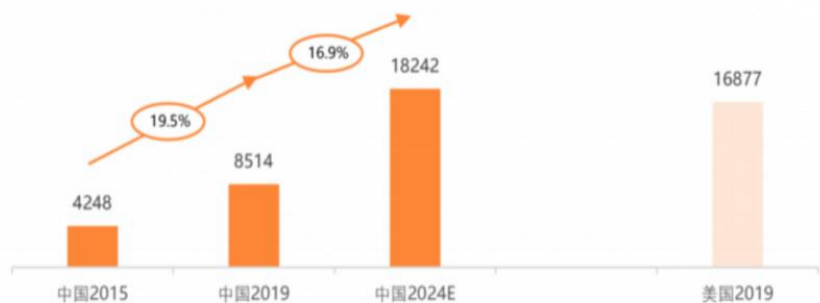
2016年

手术图文记录具有重要临床意义

新时代、新技术：微创化 + AI数智化



中国与发达国家MIS手术渗透率对比与增长趋势^[1]



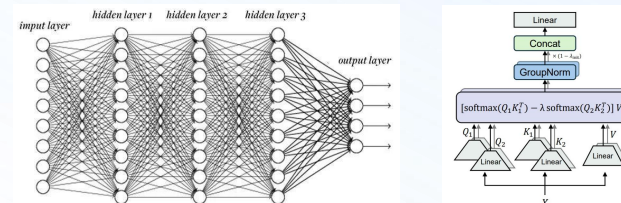
中美每百万人口MIS手术量差距分析^[1]

微创化比例、手术数量逐年攀升

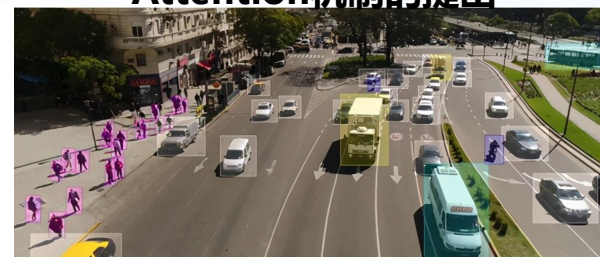


HDMI、DVI、SDI等设备接口

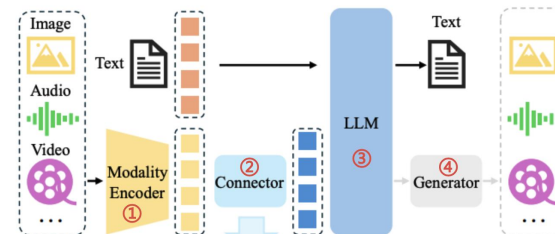
微创影像自带数字化采集



基础：神经网络架构、Transformer算法、Attention机制的提出



理解：计算机视觉-识别、分割方案成熟



交互：多模态大语言模型的兴起

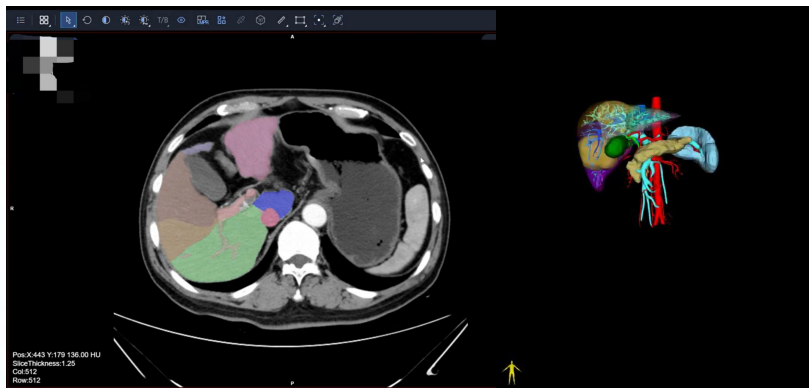
人工智能智能化理解输出

[1]郑民华, 马君俊, 洪希周, 等. 4K腹腔镜手术技术中国专家共识 (2019版) [J]. 中国实用外科杂志, 2019, 39(11): 1142-1144.

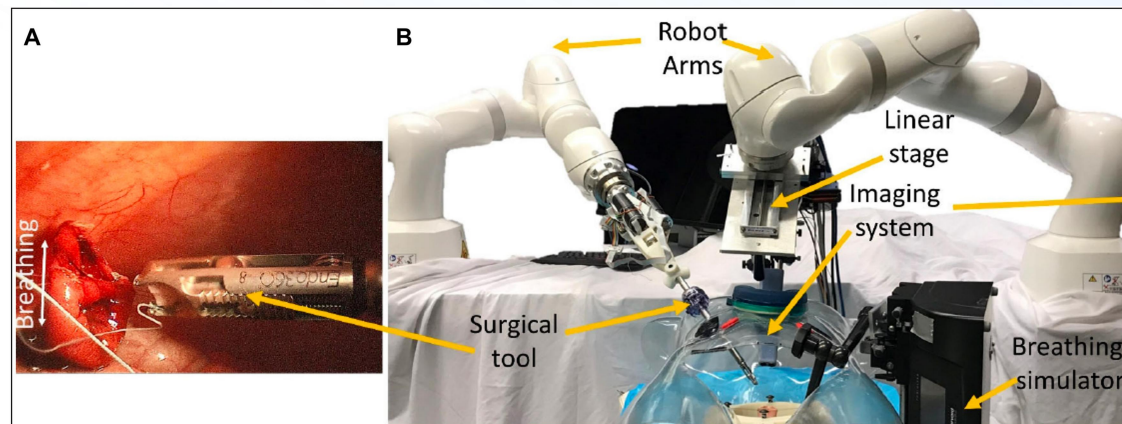
AI在临床领域应用蓬勃发展



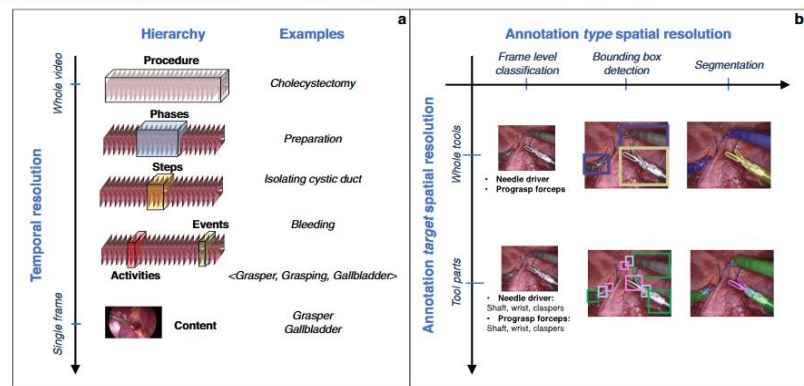
西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY



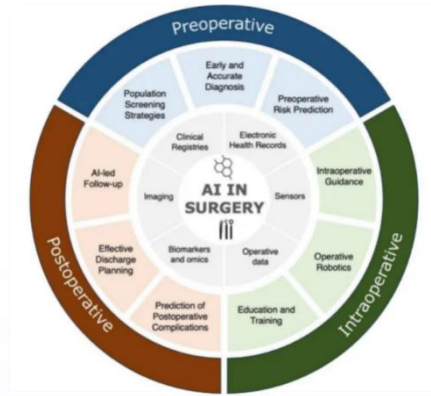
CT医疗影像肿瘤、多脏器自动分割、重建



自动缝合机器人[3]



手术视频分析的时空多粒度感知框架：从全流程到单一帧[1]
计算机视觉 CT影像、手术器械、手术动作识别



外科手术围术期管理[2]、医疗健康对话大模型
多模态大模型 自动手术操作、手术管理、医疗问答

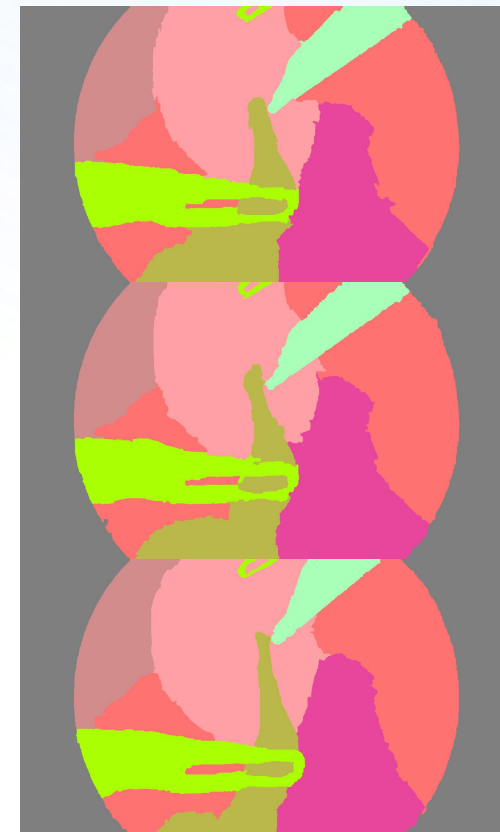
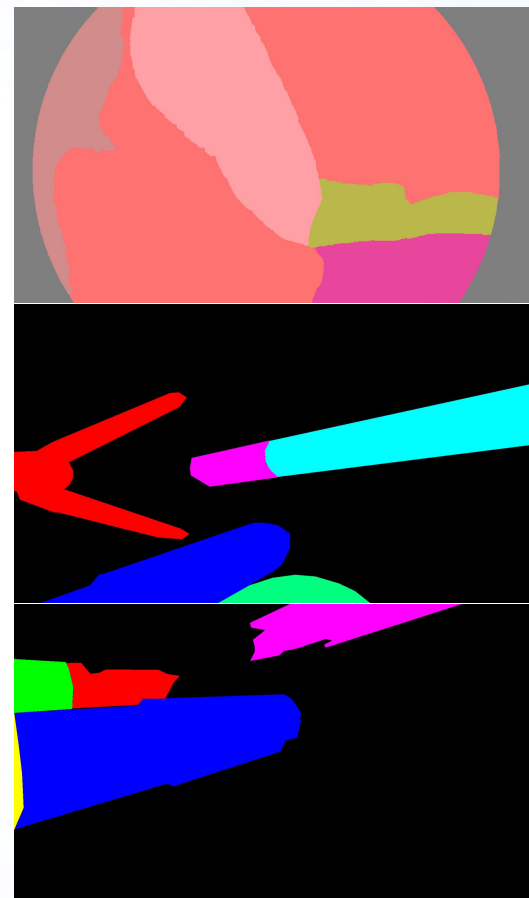
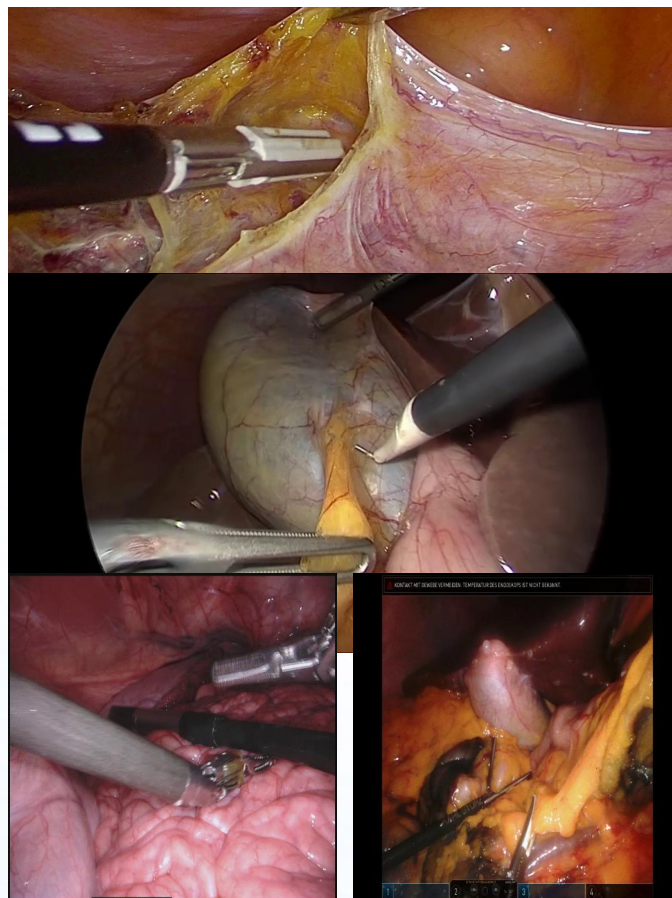
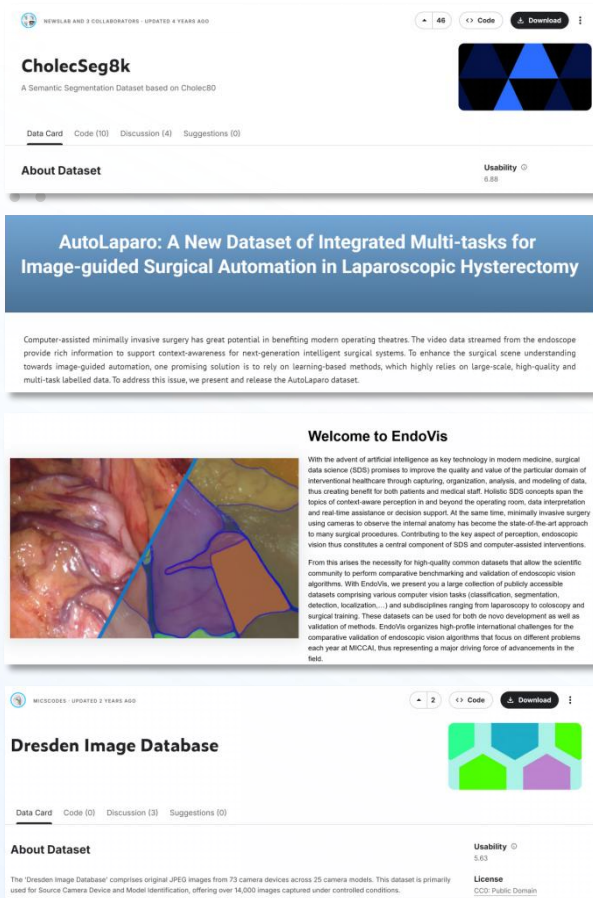
微创智能图文手术记录 应势而启

[1] Hussain, I., Cosar, M., Kirmaz, S., et al. (2020). Evolving Navigation, Robotics, and Augmented Reality in Minimally Invasive Spine Surgery. *Global Spine Journal*, 10, 22S - 33S.
[2] KIYASSEH D, MA R, HAQUE T F, et al. A vision transformer for decoding surgeon activity from surgical videos[J/OL]. *Nature Biomedical Engineering*, 2023, 7(6): 780-796.
[3] Elena De Momi, Alice Segato ,Autonomous robotic surgery makes light work of anastomosis.Sci. Robot.7,eabn6522(2022).DOI:10.1126/scirobotics.abn6522

核心难点：公开数据集的局限性



西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY



肝胆胰外科微创腹腔镜
公开医疗影像数据集稀少
且均来源于境外医疗机构

集中于胆囊切除术单个术式
器械、腹腔镜品牌不同 影像差异大

标注种类少、边缘标注差

采样时间间隔短
有效信息重复

公开数据无法满足我们的需要!

核心难点：微创腔镜下复杂环境



① 探查腹腔



⑦ 分离肝实质



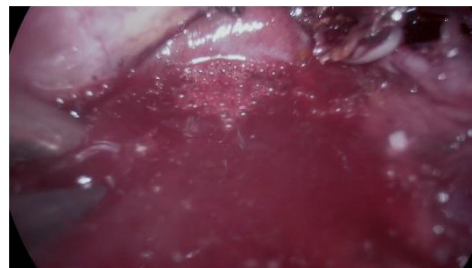
器械遮挡



③ 局部解剖离断



⑩ 出血及止血



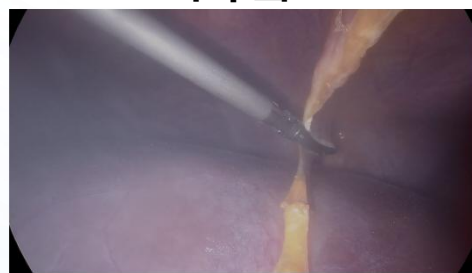
术中出血



⑤ 暴露第一肝门 阻断带



⑬ 装标本袋



电刀、超声刀雾气

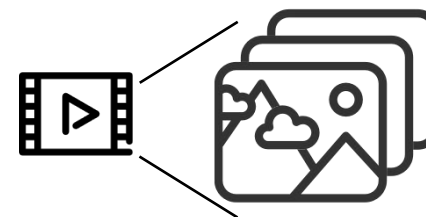
手术关键步骤多，不同环节差异大

术中特殊状况导致视野受限



所受限制

- ① 空间：手术室空间宝贵，大型服务器部署不现实
- ② 时间：实时性要求高，处理环节耗时顺序叠加
- ③ 成本：更高的算力 → 更高的成本花费



视频速率 $\geq 60\text{HZ}$
处理速率 $\approx 5\text{ HZ}$
视觉流畅 $\geq 25\text{HZ}$

- ④ 处理速率瓶颈 和 流畅视觉感受的应用需求

多种情况导致长时间手术视频
流畅识别困难

核心难点：整合1+1+N全流程

1. 基础设施建设 (“1”)：存储 + 算力 + 算法

插槽	接口	设备	运行状况	容量	状态
3.5" 1	SATA	HDD	良好	14.55 TB	就绪
3.5" 2	SATA	HDD	良好	14.55 TB	就绪
3.5" 3	SATA	HDD	良好	14.55 TB	就绪
3.5" 4	SATA	HDD	良好	14.55 TB	就绪
3.5" 5	SATA	HDD	良好	14.55 TB	就绪
3.5" 6	SATA	HDD	良好	14.55 TB	就绪
QM2 M2 2-1	PCIe	SSD	良好	465.76 GB	就绪

NAS主机 192.168.3.3	3.5" SATA HDD 6
制造商: Seagate	容量: 14.55 TB (16.000 TB)
状态: 就绪	当前速度: 6 Gbps
温度: 40°C / 104°F	序列号: ZRS1M4NB

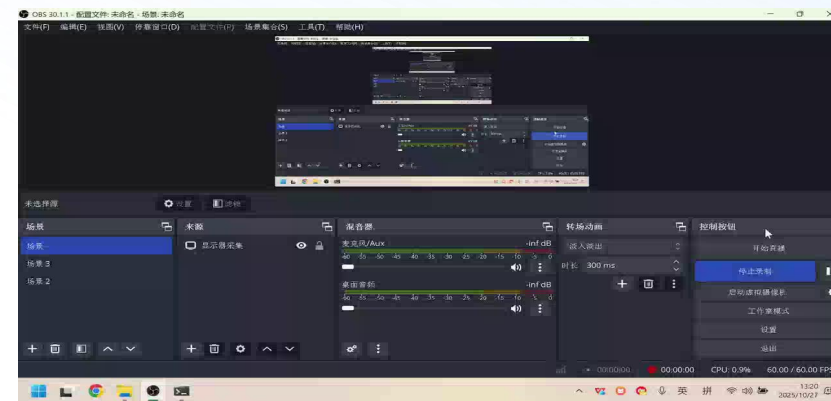


```
(SMP) wkmgc@wkmgc:~/Desktop$ nvidia-smi
Sat Oct 11 09:38:36 2025

+-----+
| NVIDIA-SMI 575.64.03              Driver Version: 575.64.03   CUDA Version: 12.9     |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| GPU   | GPU Name           | Persistence-M | Bus-Id  | Disp.A | Volatile Uncorr. ECC |
| Fan   | Temp               | Perf          | Par:Usage/Cap | Memory-Usage | GPU-Util  Compute M. |
| Temp  |                    |                |              |             |           MIG M.     |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 0     | NVIDIA GeForce RTX 3090 | On           | 00000000:04:00:0 | Off      | N/A       |
| 87%   | 76C               | P2           | 286W / 350W     | 17002MiB / 24576MiB | 100%     Default |
|                               |                               |                               |               |             |                   |
| 1     | NVIDIA GeForce RTX 3090 | On           | 00000000:04:02:0 | Off      | N/A       |
| 100%  | 83C               | P2           | 315W / 350W     | 12081MiB / 24576MiB | 100%     Default |
|                               |                               |                               |               |             |                   |
| 2     | NVIDIA GeForce RTX 3090 | On           | 00000000:04:04:0 | Off      | N/A       |
| 100%  | 84C               | P2           | 287W / 350W     | 8366MiB / 24576MiB  | 65%      Default |
|                               |                               |                               |               |             |                   |
| 3     | NVIDIA GeForce RTX 3090 | On           | 00000000:04:06:0 | Off      | N/A       |
| 95%   | 79C               | P2           | 241W / 250W     | 8569MiB / 24576MiB  | 99%      Default |
|                               |                               |                               |               |             |                   |
| 4     | NVIDIA GeForce RTX 3090 | On           | 00000000:05:00:0 | Off      | N/A       |
| 92%   | 65C               | P2           | 213W / 350W     | 19066MiB / 24576MiB | 95%      Default |
|                               |                               |                               |               |             |                   |
| 5     | NVIDIA GeForce RTX 3090 | On           | 00000000:05:02:0 | Off      | N/A       |
| 84%   | 71C               | P2           | 242W / 250W     | 11639MiB / 24576MiB | 98%      Default |
|                               |                               |                               |               |             |                   |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+

```

3. 算法应用 (“N”)：大模型+多应用

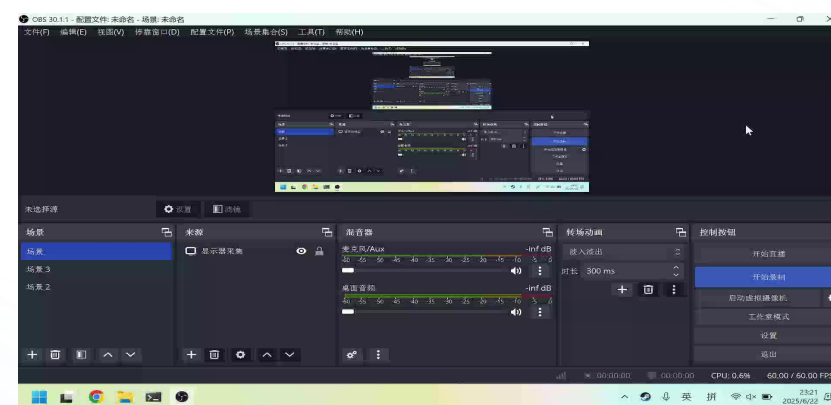


手术阶段识别模块儿 (分割+大模型)

2. 数据治理流通 (“1”)：临床采集+半自动标注+数据管理



Name	Date modified
1 探查腹腔	9/5/2024 3:56 PM
2 离断初带	9/5/2024 4:18 PM
3 分离胆囊三角	11/5/2024 2:18 PM
4 额外分离右前肝带	9/5/2024 4:25 PM
5 暴露第一肝门 放置肝门阻断带	9/5/2024 4:27 PM
6 标记切除线	9/5/2024 4:27 PM
7 分离肝实质 (肝中静脉侧)	9/5/2024 4:34 PM
8 寻找肝中静脉	11/5/2024 2:16 PM
9 右前肝带	9/5/2024 4:35 PM
10 分离肝实质	9/5/2024 4:06 PM
11 出血 止血	9/5/2024 4:35 PM
12 清除阻断带	9/5/2024 4:13 PM
13 标本装袋	9/5/2024 4:14 PM
14 切除后创面冲洗 止血	9/5/2024 4:16 PM
15 清理视野 观察肝脏	9/5/2024 4:17 PM



图文报告生成模块儿 (多模态大模型)

将以上 分散模块儿 整合为 可用的智慧图文报告系统

02

目的与技术路线

• 技术路线

• 临床场景

目的与方法 实验室验证与临床应用



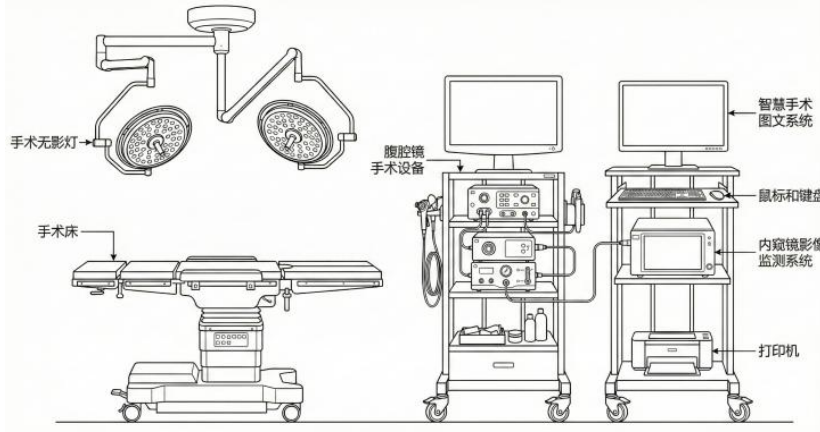
西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY



① 术中实时采集



② 术中结构识别辅助



手术图文病历系统构建模式图



③ 术中图像增强 (去雾+追踪)

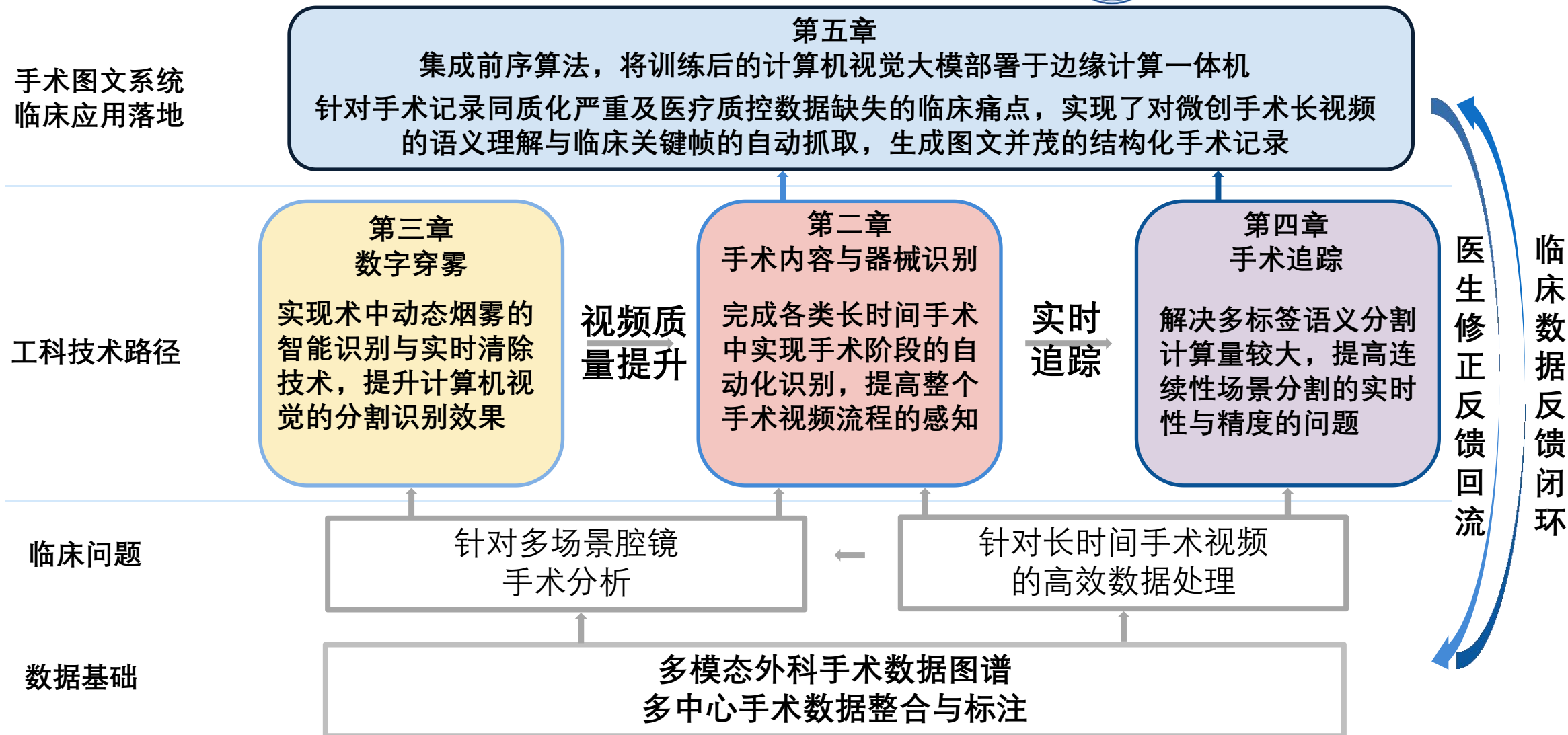
④ 术后图文报告生成

手术图文病历系统实际应用图

目的与方法 技术路线



西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY



03 研究成果

- 腹腔镜手术的大规模腹腔镜影像数据集构建及术中场景识别训练
- 腹腔镜影像自适应去雾网络构建
- 腹腔镜视频中的特征匹配与表面形变跟踪
- 基于多模态大模型的临床图文病历 报告生成及管理系统

研究结果 1 面向多场景腹腔镜手术的改进Transformer多任务感知网络与大规模腹腔镜影像数据集构建及术中场景识别训练



西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

多术式数据集构建信息统计及特征汇总

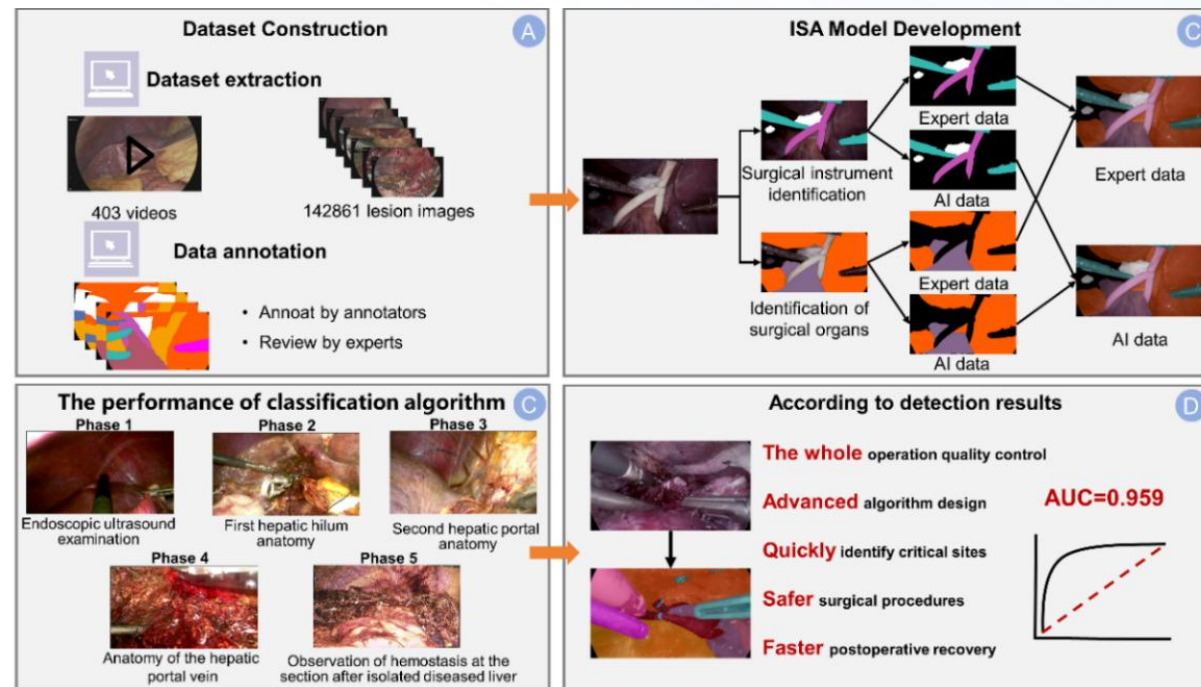
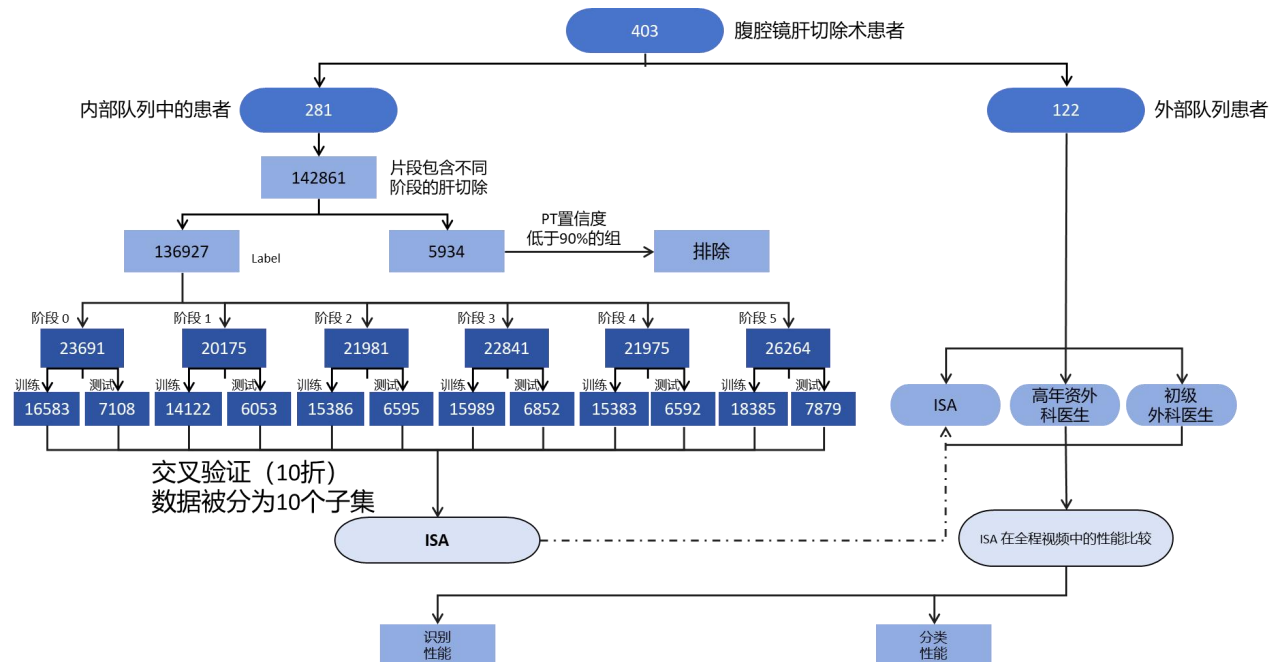
数据模块	术式类型	病例数(n)	关键帧总量	核心分割类别
模块 A	腹腔镜肝脏切除术(LLR)	403	142,861	1. 肝实质：肝脏表面及断面 2. 关键脉管：门静脉、肝静脉、IVC 3. 胆道结构：胆囊管、胆总管及肝内胆管 4. 手术器械：超声刀、施夹器等 5. 辅助与背景：纱布、阻断带等
模块 B	腹腔镜胆囊切除术(LC)	128	45,600	1. 胆囊与肝床：界定剥离平面 2. 胆囊三角：胆囊管、胆囊动脉 (CVS关键) 3. 胆总管：需避开的解剖禁区 4. 手术器械：电钩、抓钳等 5. 环境干扰：烟雾、高反光组织
模块 C	腹腔镜甲状腺切除术 (LT)	65	21,500	1. 甲状腺腺体：左右叶及峡部 2. 喉返神经 (RLN)：核心保护对象 3. 甲状旁腺：需识别细微纹理差异 4. 关键血管：甲状腺上/下动脉 5. 背景组织：气管、肌肉
模块 D	腹腔镜胃癌根治术(LG)	96	33,800	1. 胃周血管：胃左/胃网膜血管根部 2. 淋巴结区域：需清扫的脂肪组织块 3. 标志脏器：胰腺、脾脏 4. 网膜与系膜：切除与保留的界限 5. 手术器械：吻合器、超声刀等
总计	多中心混合数据集	692	243,761	全解剖域覆盖

研究结果 1 面向多场景腹腔镜手术的改进Transformer多任务感知网络与大规模腹腔镜影像数据集构建及术中场景识别训练



西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

构建算法架构及临床工作路线（以模块A腹腔镜肝脏切除术为例）

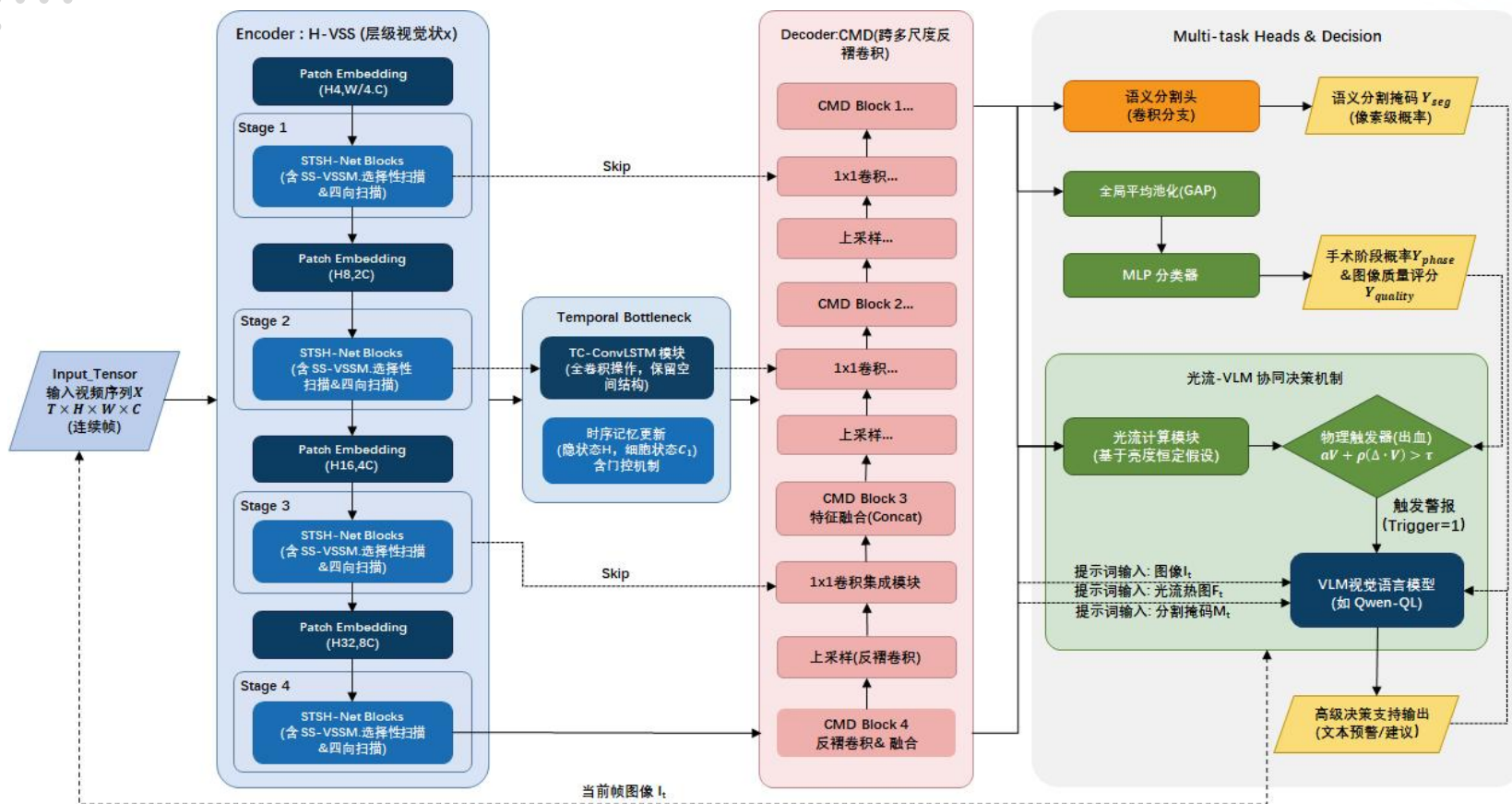


研究结果 1 面向多场景腔镜手术的改进Transformer多任务感知网络与大规模腔镜影像数据集构建及术中场景识别训练



西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

构建改进Transformer的多任务感知网络算法



选择性视觉状态空间模块 (selective visual state space module, SS-VSSM)

$$\begin{aligned} h'(t) &= Ah(t) + Bx(t) \\ y(t) &= Ch(t) \end{aligned}$$

引入了 Mamba 的选择性扫描机制, 使得模型能够根据当前的视觉特征 (如手术烟雾或器械遮挡), 自适应地“遗忘”无关信息或“记忆”关键解剖结构, 保持了高效的并行训练能力。

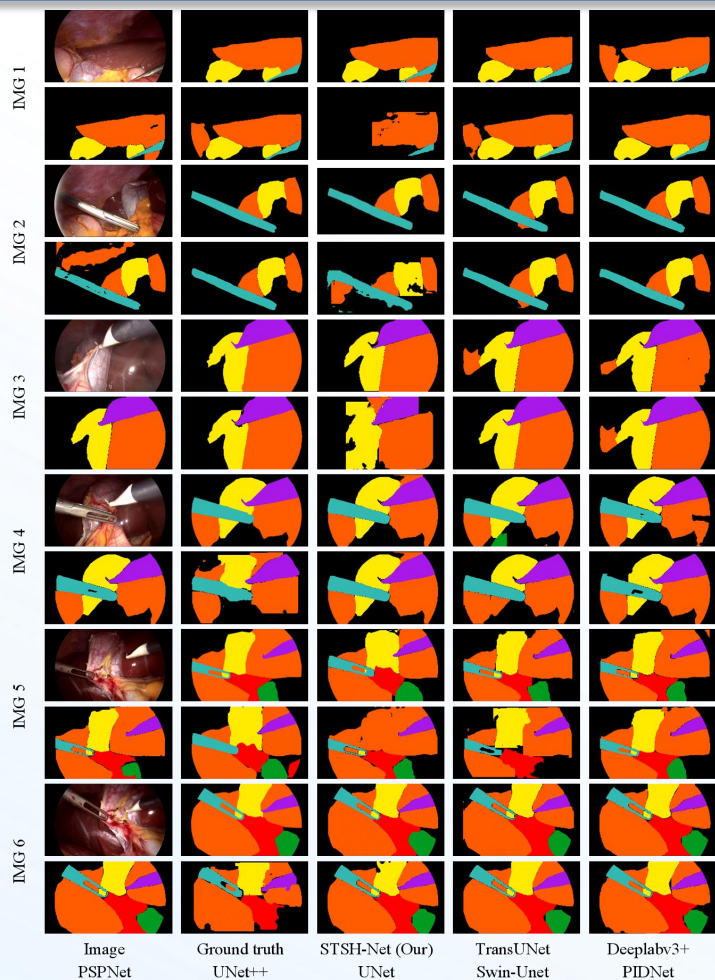
$$\begin{aligned} B_t &= \text{Linear}(x_t) \\ C_t &= \text{Linear}(x_t) \\ \Delta_t &= \text{Softplus}(\text{Parameter} + \text{Linear}(x_t)) \end{aligned}$$

研究结果 1 面向多场景腹腔镜手术的改进Transformer多任务感知网络与大规模腹腔镜影像数据集构建及术中场景识别训练



西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

性能评估



Method	Index	肝脏	胆囊	胆囊三角	胆囊管	电刀	抓钳	Mean
TransUNet	mIoU	89.42	76.55	84.2	91.23	83.67	72.51	82.93
	mDice	94.56	86.69	91.35	95.69	91.4	84.29	90.66
Deeplabv3+	mIoU	90.18	77.26	83.55	91.84	86.5	73.15	83.75
	mDice	94.86	87.11	91.21	95.82	92.71	84.59	91.05
PSPNet	mIoU	85.64	70.13	75.42	88.2	79.36	66.21	77.49
	mDice	92.5	82.43	85.96	93.7	88.51	79.78	87.15
UNet++	mIoU	81.5	64.21	69.55	84.12	74.05	59.8	72.2
	mDice	89.73	78.45	82.18	91.56	85	75.13	83.68
UNet	mIoU	82.15	65.42	70.28	85.33	75.1	60.54	73.14
	mDice	90.25	79.38	82.74	92.22	85.74	75.38	84.29
Swin-Unet	mIoU	86.25	71.58	76.8	89.04	80.12	68.45	78.71
	mDice	92.69	83.45	87.02	94.16	88.98	81.32	87.94
PIDNet	mIoU	87.1	72.84	77.51	89.55	81.43	69.1	79.59
	mDice	93.19	84.5	87.31	94.59	89.9	81.65	88.52
STSH-Net (Our)	mIoU	92.55	79.82	83.9	93.15	85.88	76.4	85.28
	mDice	96.04	89.04	91.25	96.62	92.43	86.73	92.02

mIoU 关注的是“覆盖得准不准”（对错误更严苛）

mDice 关注的是“像素重合得够不够”（等同于 F1 分数，是医学领域的行业标准）

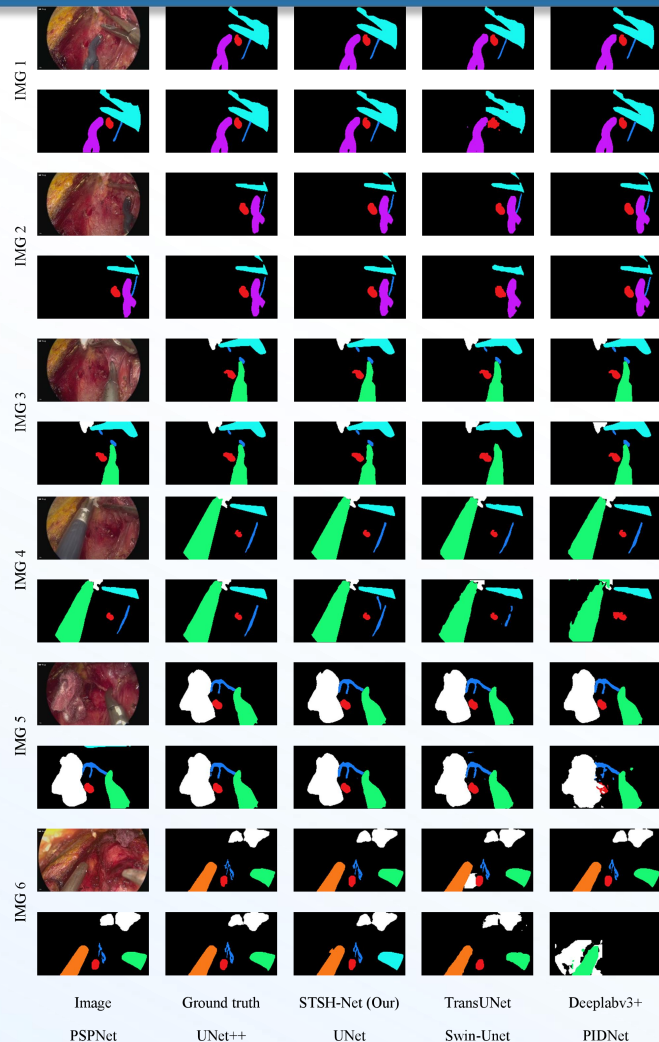
模块B 腹腔镜胆囊切除整体流程分割结果可视化及量化统计

研究结果 1 面向多场景腹腔镜手术的改进Transformer多任务感知网络与大规模腹腔镜影像数据集构建及术中场景识别训练



西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

性能评估



Method	Index	甲状腺腺	喉返神经	双极电凝	抓钳	超声刀	Mean
TransUNet	mIoU	72.15	48.6	64.12	70.85	64.2	59.39
	mDice	84.22	66.15	78.55	83.1	78.56	74.43
Deeplabv3+	mIoU	73.5	50.25	62.8	71.4	65.1	60.77
	mDice	85.1	67.4	77.5	83.55	79.15	75.46
PSPNet	mIoU	69.8	45.5	60.2	68.5	61.8	57.8
	mDice	82.5	62.85	75.4	81.6	76.7	73
UNet++	mIoU	64.2	38.4	52.6	62.1	55.4	50.66
	mDice	78.5	55.8	69.2	76.9	71.5	66.84
UNet	mIoU	65.5	40.15	54.3	63.4	56.25	51.96
	mDice	79.45	57.5	70.6	77.85	72.2	67.98
Swin-Unet	mIoU	70.1	47.8	59.5	69.2	63.4	57.73
	mDice	82.65	65.1	74.8	82.05	77.9	72.96
PIDNet	mIoU	71.4	49.1	61.1	70.5	64.8	59.04
	mDice	83.5	66.2	76.15	82.9	78.9	74.01
STSH-Net (Our)	mIoU	76.85	53.4	61.5	74.2	68.9	62.44
	mDice	87.15	69.8	76.45	85.4	81.85	76.68

模块C 腹腔镜甲状腺切除术识别分割结果可视化及量化统计

研究结果 1 面向多场景腹腔镜手术的改进Transformer多任务感知网络与大规模腹腔镜影像数据集构建及术中场景识别训练



性能评估

Method	Index	超声刀	吸引器	抓钳	纱布	血管阻断	血管夹	胃短动脉	胃网膜右动脉	肝脏	脂肪	Mean
TransUNet	mIoU	80.15	65.22	74.55	82.1	58.45	74.12	61.55	57.9	74.95	71	80.15
	mDice	89.55	79.65	86.12	90.88	72.33	85.75	76.8	74.1	86.15	82.37	89.55
Deeplabv3+	mIoU	81.85	66.55	73.45	82.55	60.12	72.45	61.35	56.95	72.1	69.71	81.85
	mDice	90.15	80.45	85.4	91.1	73.55	83.95	76.35	72.95	87.55	82.38	90.15
PSPNet	mIoU	77.25	60.85	64.95	79.25	54.1	69.65	55.75	51.1	71.35	64.92	77.25
	mDice	87.85	76.1	79.55	88.75	68.45	82.45	72.35	68.25	84.15	78.66	87.85
UNet++	mIoU	72.85	54.45	60.65	74.85	48.95	65.35	50.25	44.55	65.85	59.75	72.85
	mDice	84.45	71.35	76.1	85.95	62.55	79.55	67.45	61.95	79.85	74.36	84.45
UNet	mIoU	73.35	54.95	60.15	76.35	50.15	64.85	50.85	45.55	66.65	60.32	73.35
	mDice	84.85	71.65	75.95	87.45	63.85	78.95	67.65	63.35	80.35	74.89	84.85
Swin-Unet	mIoU	78.45	61.65	66.75	78.55	56.45	70.65	58.55	53.35	72.95	66.37	78.45
	mDice	88.45	77.1	80.45	88.25	70.15	83.25	74.35	69.75	85.1	79.65	88.45
PIDNet	mIoU	79.65	62.95	67.55	80.45	57.85	71.25	58.55	53.85	74.15	67.36	79.65
	mDice	89.45	78.05	81.35	89.95	71.55	83.55	74.55	70.45	85.55	80.49	89.45
STSH-Net (Our)	mIoU	83.55	68.15	72.45	83.35	61.95	76.35	64.85	59.15	77.85	71.96	83.55

模块D 腹腔镜胃癌根治术识别分割结果可视化及量化统计

研究结果 1 面向多场景腹腔镜手术的改进Transformer多任务感知网络与大规模腹腔镜影像数据集构建及术中场景识别训练



西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

性能评估



Method	Index	肝脏	肝总管	胆囊管	止血纱布	纱布	抓钳	Mean
TransUNet	mIoU	89.6	69.14	83.46	90.67	81.65	72.52	81.17
	mDice	94.82	82.28	91.54	95.36	90.47	84.35	89.8
Deeplabv3+	mIoU	88.62	69.73	82.95	90.91	82.19	75.54	81.66
	mDice	94.45	82.4	91.16	95.52	90.75	86.36	90.11
PSPNet	mIoU	86.02	67.46	81.9	89.67	82.43	70.65	79.69
	mDice	92.94	80.89	90.32	95.08	90.84	83.02	88.85
UNet++	mIoU	81.79	61.45	73.7	85.11	73.44	62.65	73.02
	mDice	90.54	76.57	85.38	92.36	84.95	77.26	84.51
UNet	mIoU	83.1	61.81	75.74	85.28	74.89	63.61	74.07
	mDice	91.23	76.78	86.48	92.42	85.86	78.3	85.18
Swin-Unet	mIoU	87.27	71.1	80.21	88.96	79.49	69.5	79.42
	mDice	93.69	83.6	89.51	94.63	88.89	82.26	88.76
PIDNet	mIoU	87.83	72.85	80.47	90.05	81.03	70.59	80.47
	mDice	94.03	84.84	89.72	95.16	89.73	83.16	89.44
STSH-Net (Our)	mIoU	91.09	72.73	84.42	92.18	84.02	74.99	83.24
	mDice	95.93	84.77	91.87	96.16	91.57	85.97	91.04

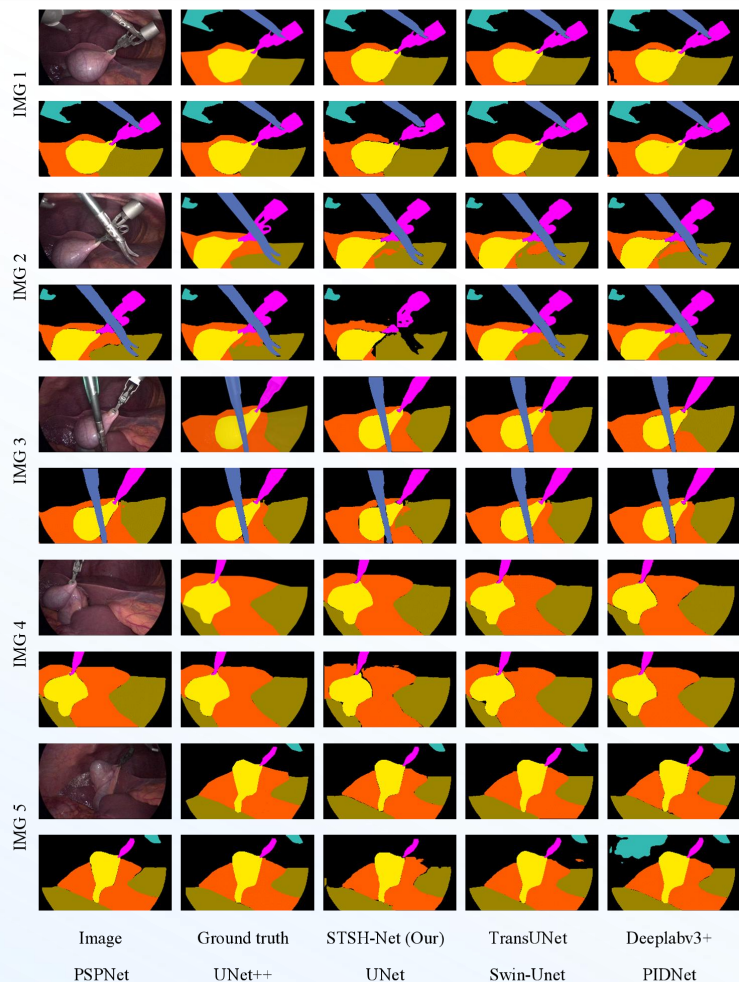
模块B 腹腔镜胆囊切除术术后期的止血检查与纱布填塞阶段分割结果可视化及量化统计

研究结果 1 面向多场景腹腔镜手术的改进Transformer多任务感知网络与大规模腹腔镜影像数据集构建及术中场景识别训练



西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

性能评估



Method	Index	肝脏	胆囊	脂肪	分离钳	抓钳	磁牵拉器械	Mean
TransUNet	mIoU	89.21	68.85	83.1	90.25	81.33	72.18	80.82
	mDice	94.55	82.01	91.22	95.12	90.15	84.1	89.53
Deeplabv3+	mIoU	88.95	69.95	82.66	90.54	82.45	75.88	81.74
	mDice	94.18	82.66	90.89	95.3	90.44	86.55	90
PSPNet	mIoU	85.74	67.12	81.55	89.33	82.11	70.28	79.36
	mDice	92.65	80.54	90.01	94.85	90.56	82.74	88.56
UNet++	mIoU	81.44	61.22	73.35	84.85	73.1	62.4	72.73
	mDice	90.22	76.25	85.11	92.05	84.62	76.95	84.2
UNet	mIoU	82.88	61.55	75.4	85.02	74.55	63.35	73.79
	mDice	90.95	76.44	86.15	92.11	85.55	78.02	84.87
Swin-Unet	mIoU	87.55	70.88	80.45	88.64	79.2	69.85	79.43
	mDice	93.42	83.25	89.22	94.33	88.58	82	88.47
PIDNet	mIoU	88.1	73.12	80.15	89.88	80.85	70.22	80.39
	mDice	93.88	85.05	89.44	94.95	89.44	82.88	89.27
STSH-Net (Our)	mIoU	91.35	72.95	84.75	92.44	84.33	75.21	83.51
	mDice	96.12	84.99	92.05	96.35	91.85	86.12	91.25

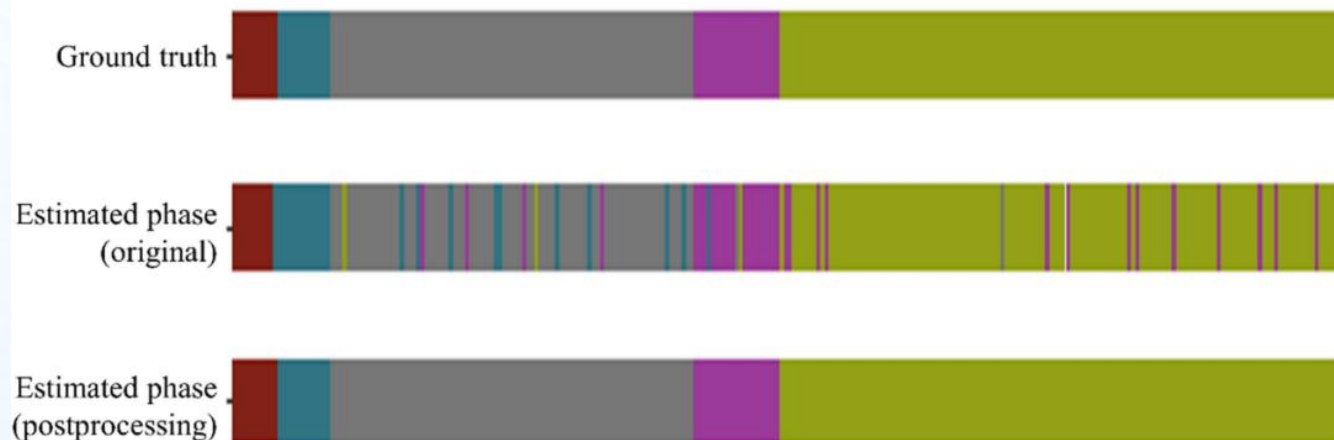
研究结果 1 面向多场景腹腔镜手术的改进Transformer多任务感知网络与大规模腹腔镜影像数据集构建及术中场景识别训练



西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

模型手术阶段识别性能

Ground truth & Estimated phase(original)



精确阶段\预测阶段	Phase 0	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5
Phase 0	96.10%	1.00%	0.60%	0.60%	0.80%	0.90%
Phase 1	6.50%	89.00%	2.00%	1.00%	1.00%	0.50%
Phase 2	8.20%	1.50%	87.50%	1.50%	0.80%	0.50%
Phase 3	11.40%	0.80%	1.80%	83.50%	1.50%	1.00%
Phase 4	7.20%	0.50%	0.60%	1.20%	88.00%	2.50%
Phase 5	6.00%	0.50%	0.50%	0.50%	2.00%	90.50%

模块A 腹腔肝切除术阶段识别结果及量化统计

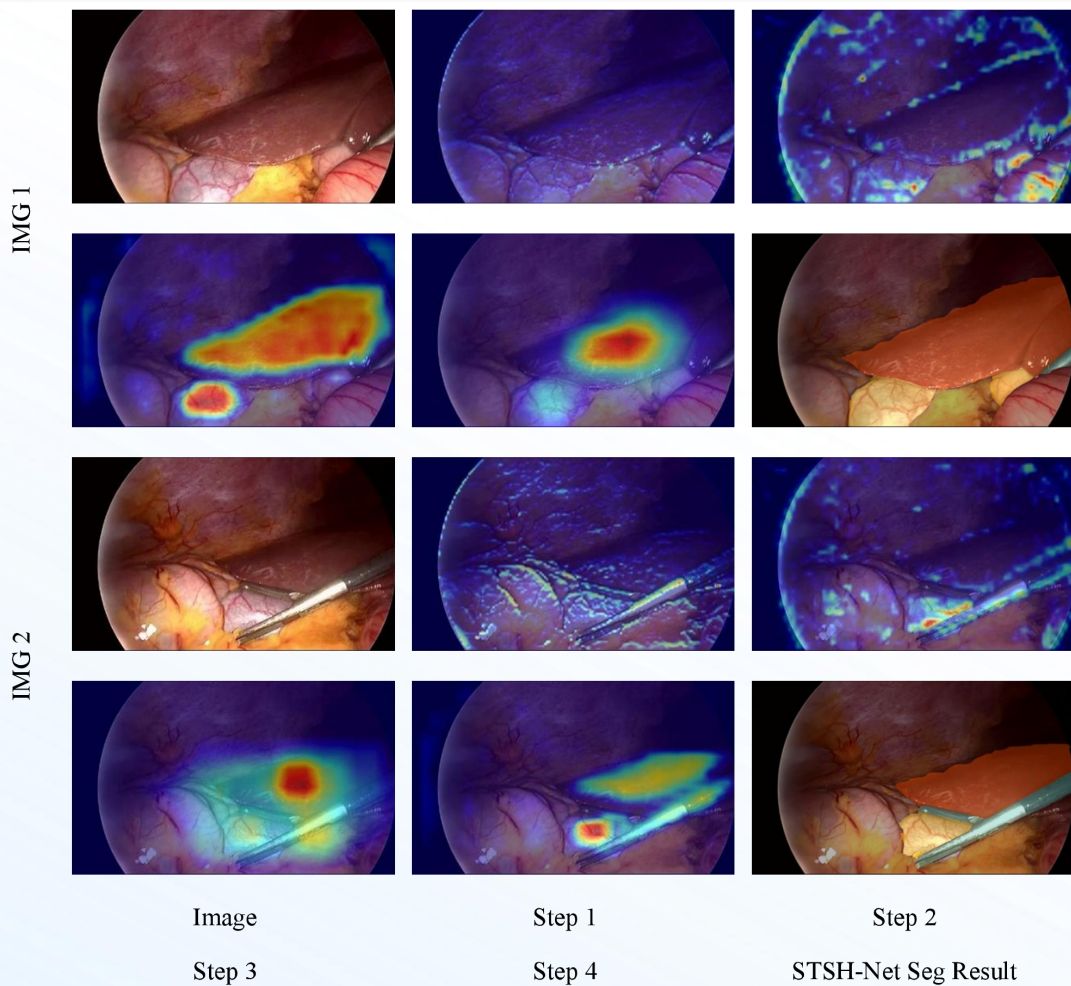
手术阶段预测混淆矩阵 (百分比)

研究结果 1 面向多场景腹腔镜手术的改进Transformer多任务感知网络与大规模腹腔镜影像数据集构建及术中场景识别训练

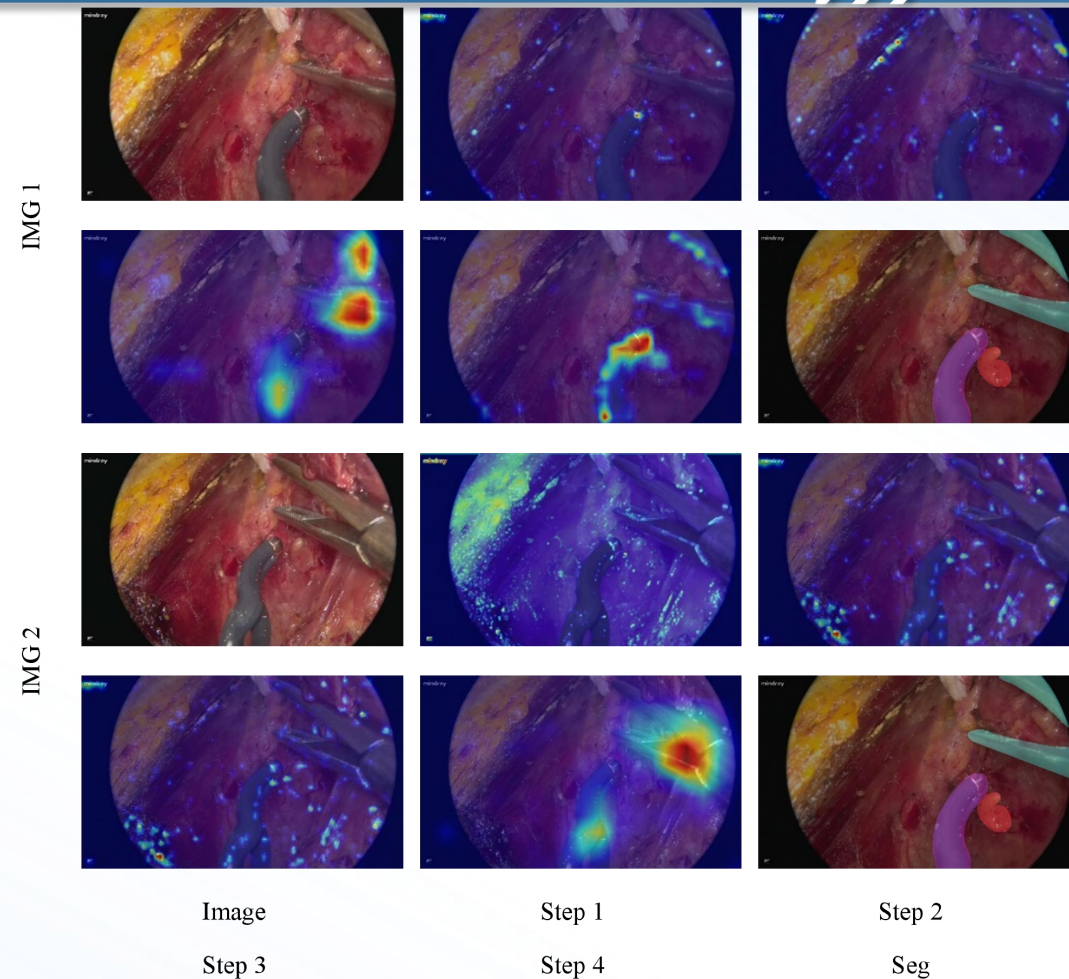


西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

算法可解释性能评估



腹腔镜胆囊切除不同阶段的特征响应热图可视化



手术器械轮廓聚焦机制演化过程热图可视化



第二 章节

针对腹腔镜手术中长时间手术识别、特殊事件评估及实时性要求高等核心痛点
提出了一种基于时空协同理念的改进 Transformer 多任务感知网络
—— STSH-Net

在技术层面上，创新性地构建了 H-VSS 与 TC-ConvLSTM 的混合架构，实现了对长时间手术过程中的有效识别。

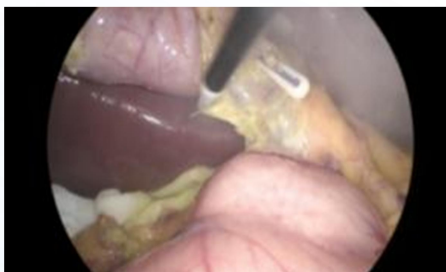
1) 在数据生态方面：本研究整理了包含 692 例患者、逾 20 万帧精细标注的大规模 MIS 语义分割数据集，填补了 MIS 领域在高质量、多病种及全时序标注数据方面的空白；

2) 初步的临床验证进一步表明：基于 STSH-Net 的智能手术系统在各类手术场景识别中展现出较高的识别精度。

雾气等级划分及原理分析

03

轻度雾



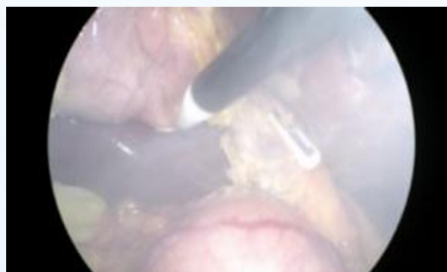
轻中度雾



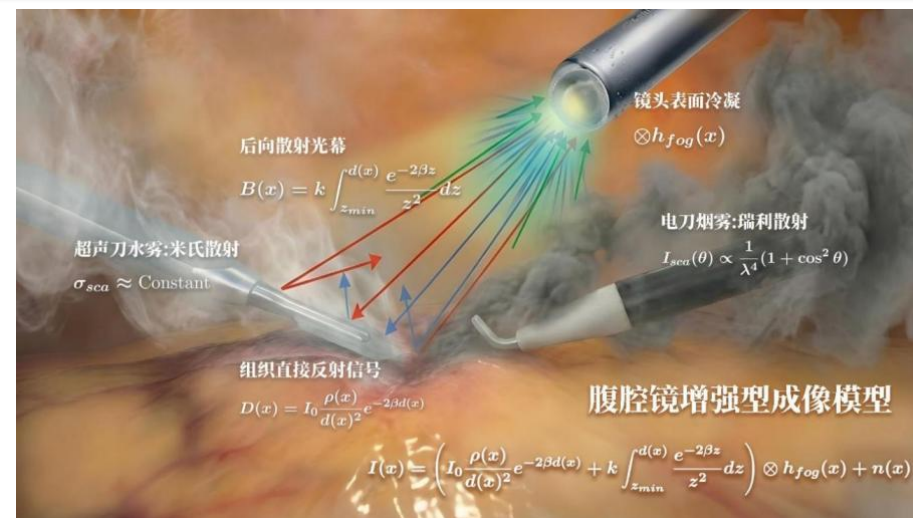
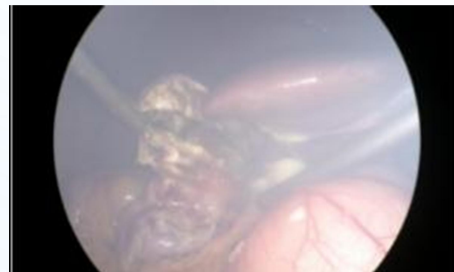
中度雾



中重度雾



重度雾



腹腔镜手术雾气散射模型图示

气溶胶来源	物理机制	主要成分	典型粒径 (r)	尺寸参数	散射类型	视觉特征
高频电刀	组织高温热解、碳化	碳颗粒、细胞碎片	0.07 μ m - 0.4 μ m	X < 1 (可见光波段)	瑞利散射	烟雾呈蓝灰色, 波长依赖性强
超声刀	机械振动、低温空化	液态水珠、细胞内液	1.0 μ m - 5.0 μ m	X \geq 1	米氏散射	烟雾呈乳白色, 散射无明显波长选择性
镜头冷凝	热力学相变	附着镜头表面的水滴	> 10 μ m	X \rightarrow ∞	几何光学折射	图像模糊, 出现光斑和焦散

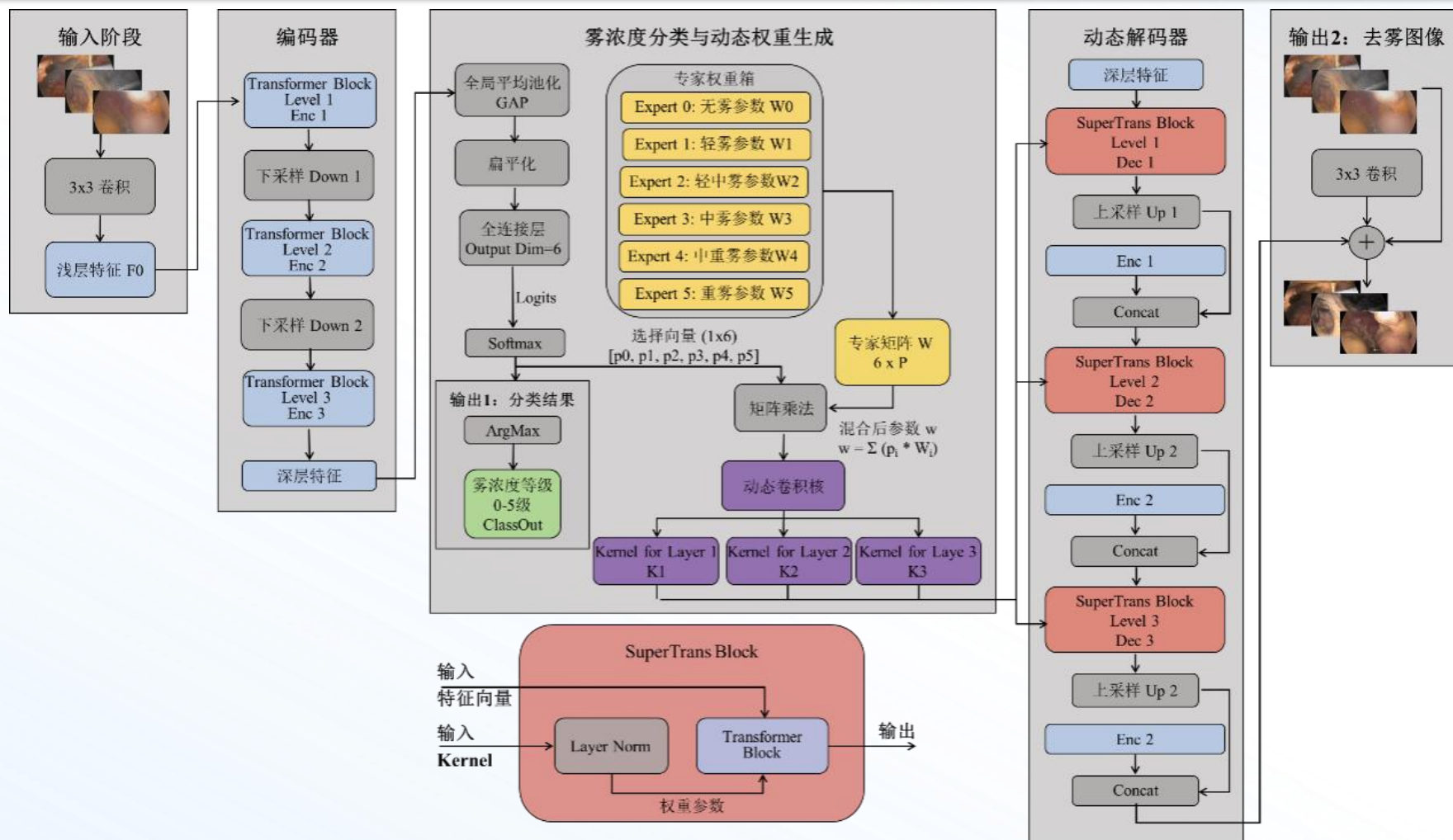
腹腔镜手术气溶胶来源及其光学特性对照

研究结果2 基于动态专家机制的腹腔镜影像自适应去雾网络构建



基于动态专家机制的腹腔镜影像自适应去雾 Yun-Trans 网络设计

03



研究结果2 基于动态专家机制的腹腔镜影像自适应去雾网络构建



轻度雾图像去雾算法效果

03

轻度雾



有雾图像

原始图像

Our

DCP

DehazeNet

AOD-Net

EPDN

FFA-Net

MSBDN

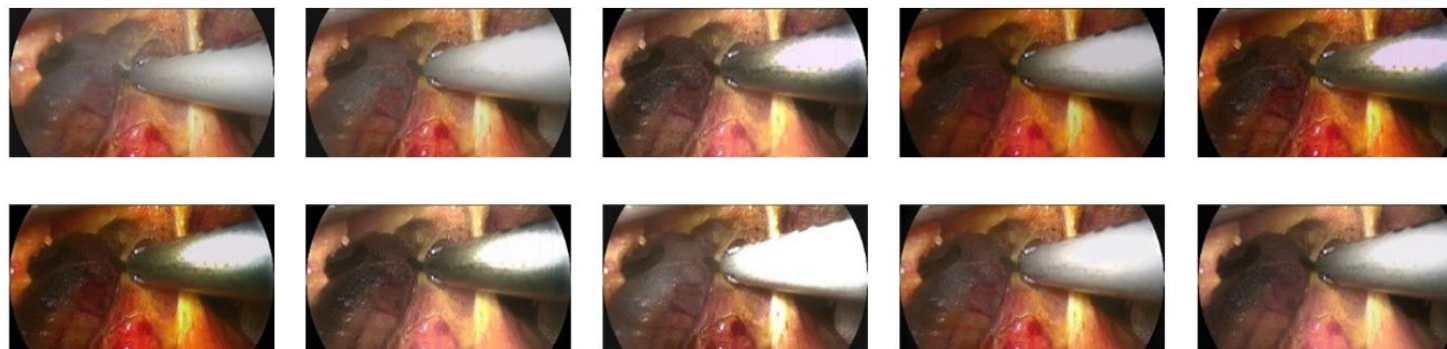
RIDCP

Methods	PSNR \uparrow	SSIM \uparrow	NIQE \downarrow	RI \uparrow	VI \uparrow
DCP (CVPR 2009)	18.45	0.762	3.512	0.921	0.754
DehazeNet (TIP 2016)	22.18	0.824	3.105	0.935	0.789
AOD-Net (ICCV 2017)	20.55	0.813	3.224	0.93	0.762
EPDN (CVPR 2019)	23.46	0.865	2.956	0.941	0.815
FFA-Net (AAAI 2020)	27.85	0.942	2.518	0.962	0.882
MSBDN (CVPR 2020)	26.98	0.935	2.645	0.958	0.872
RIDCP (CVPR 2023)	28.15	0.945	2.412	0.955	0.875
MixDehazeNet (CVPR 2024)	28.56	0.952	2.385	0.959	0.878
Yun-Trans (Proposed)	28.92	0.846	2.305	0.931	0.885

轻中度雾图像去雾算法效果

03

轻中度雾



有雾图像

原始图像

Our

DCP

DehazeNet

AOD-Net

EPDN

FFA-Net

MSBDN

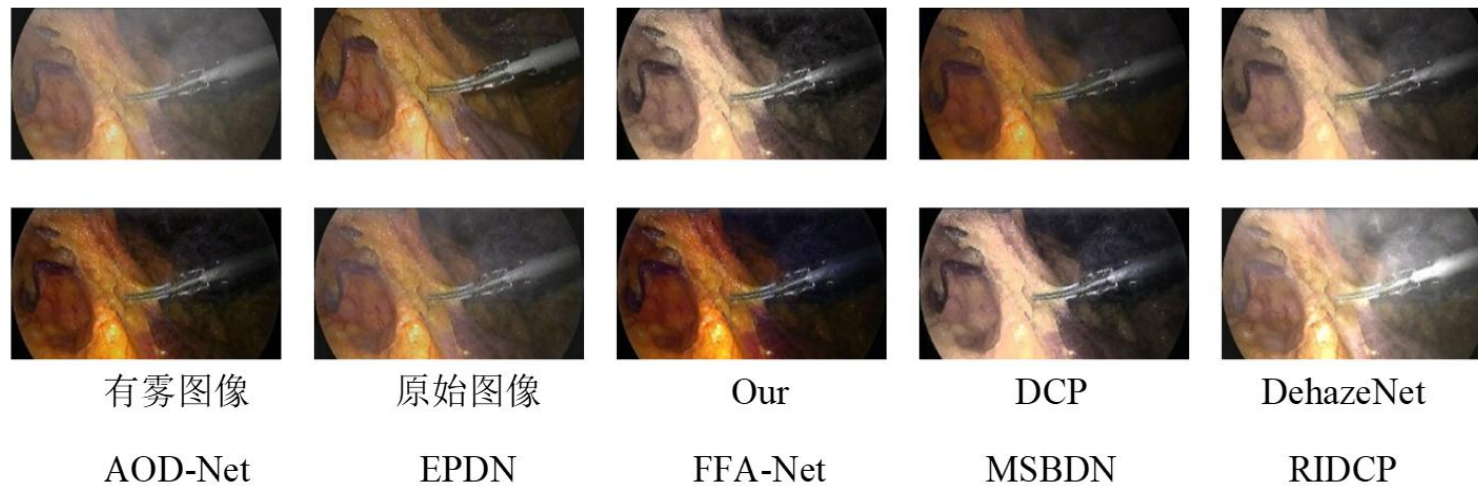
RIDCP

Methods	PSNR \uparrow	SSIM \uparrow	NIQE \downarrow	RI \uparrow	VI \uparrow
DCP (CVPR 2009)	16.83	0.709	3.807	0.908	0.733
DehazeNet (TIP 2016)	20.76	0.785	3.479	0.924	0.767
AOD-Net (ICCV 2017)	19.34	0.762	3.574	0.918	0.745
EPDN (CVPR 2019)	21.81	0.829	3.186	0.933	0.798
FFA-Net (AAAI 2020)	26.18	0.919	2.705	0.953	0.859
MSBDN (CVPR 2020)	25.43	0.909	2.829	0.949	0.848
RIDCP (CVPR 2023)	26.70	0.925	2.614	0.945	0.86
MixDehazeNet (CVPR 2024)	27.36	0.885	2.571	0.954	0.868
Yun-Trans (Proposed)	27.52	0.935	2.485	0.935	0.878

中度雾图像去雾算法效果

03

中度雾



Methods	PSNR \uparrow	SSIM \uparrow	NIQE \downarrow	RI \uparrow	VI \uparrow
DCP (CVPR 2009)	15.2	0.655	4.102	0.895	0.712
DehazeNet (TIP 2016)	19.34	0.745	3.853	0.912	0.745
AOD-Net (ICCV 2017)	18.12	0.71	3.923	0.905	0.728
EPDN (CVPR 2019)	20.15	0.792	3.415	0.925	0.78
FFA-Net (AAAI 2020)	24.5	0.895	2.892	0.945	0.835
MSBDN (CVPR 2020)	23.88	0.882	3.012	0.94	0.823
RIDCP (CVPR 2023)	25.25	0.905	2.815	0.935	0.845
MixDehazeNet (CVPR 2024)	26.15	0.918	2.756	0.948	0.858
Yun-Trans (Proposed)	25.80	0.925	3.032	0.938	0.868

研究结果2 基于动态专家机制的腹腔镜影像自适应去雾网络构建



西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY



中重度雾图像去雾算法效果

03

中重度雾



有雾图像

原始图像

Our

DCP

DehazeNet

AOD-Net

EPDN

FFA-Net

MSBDN

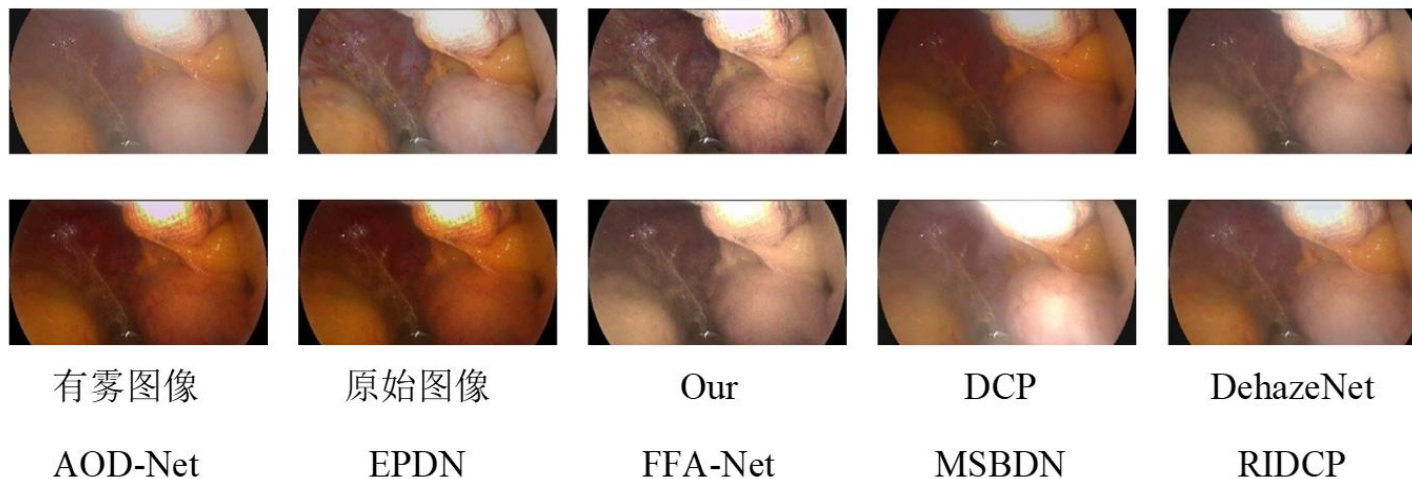
RIDCP

Methods	PSNR \uparrow	SSIM \uparrow	NIQE \downarrow	RI \uparrow	VI \uparrow
DCP (CVPR 2009)	13.67	0.584	4.654	0.874	0.668
DehazeNet (TIP 2016)	17.85	0.686	4.303	0.898	0.715
AOD-Net (ICCV 2017)	16.78	0.653	4.418	0.889	0.693
EPDN (CVPR 2019)	19.30	0.739	3.773	0.914	0.748
FFA-Net (AAAI 2020)	22.31	0.842	3.228	0.934	0.835
MSBDN (CVPR 2020)	21.77	0.859	3.369	0.928	0.784
RIDCP (CVPR 2023)	23.22	0.874	3.013	0.932	0.815
MixDehazeNet (CVPR 2024)	24.00	0.879	3.003	0.942	0.828
Yun-Trans (Proposed)	24.18	0.862	3.012	0.945	0.845

重度雾图像去雾算法效果

03

重度雾



有雾图像

原始图像

Our

DCP

DehazeNet

AOD-Net

EPDN

FFA-Net

MSBDN

RIDCP

Methods	PSNR \uparrow	SSIM \uparrow	NIQE \downarrow	RI \uparrow	VI \uparrow
DCP (CVPR 2009)	12.13	0.512	5.205	0.853	0.623
DehazeNet (TIP 2016)	16.25	0.626	4.753	0.883	0.685
AOD-Net (ICCV 2017)	15.43	0.595	4.913	0.872	0.651
EPDN (CVPR 2019)	17.85	0.685	4.125	0.895	0.715
FFA-Net (AAAI 2020)	20.12	0.785	3.564	0.915	0.764
MSBDN (CVPR 2020)	19.65	0.835	3.725	0.916	0.745
RIDCP (CVPR 2023)	21.15	0.842	3.210	0.928	0.785
MixDehazeNet (CVPR 2024)	21.85	0.840	3.250	0.935	0.798
Yun-Trans (Proposed)	22.45	0.768	3.157	0.948	0.815

研究结果2 基于动态专家机制的腹腔镜影像自适应去雾网络构建

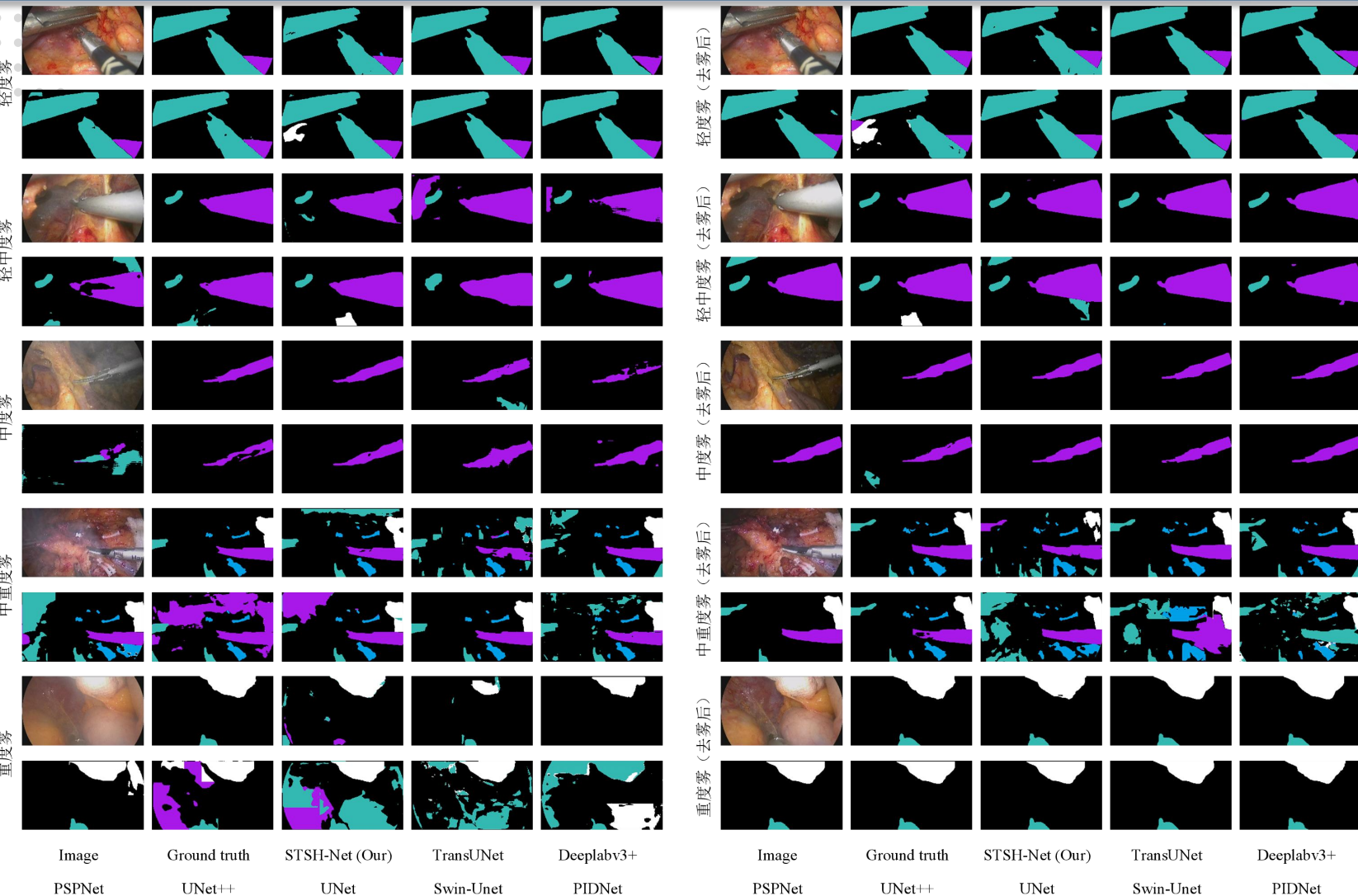


西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY



去雾算法对影像分割效果的提升与分析

03



Scene	Index	Original Image	DCP	DehazeNet	AOD-Net	EPDN	FFA-Net	MSBDN	RIDCP	Mix-DehazeNet	Our-Dehaze
轻度雾	mIo	78.5	72.1	81.23	80.	82.4	83.1	82.9	85.8	86.12	86.35
	U	8	5	89.58	55	5	4	5	3	92.85	92.95
	mDice	88.8	84.2	89.58	14	5	5	5	6	92.85	92.95
轻中度雾	mIo	68.2	75.4	76.89	75.	78.5	81.2	80.9	82.5	83.85	83.10
	U	4	3	76.89	25	4	7	8	8	91.25	90.80
	mDice	79.5	85.6	86.44	85.	87.8	89.5	89.2	90.4	91.25	90.80
中度雾	mIo	52.4	66.8	68.52	67.	70.4	75.6	74.8	78.2	79.55	80.43
	U	5	7	68.52	23	5	2	3	5	88.52	89.16
	mDice	66.8	79.5	80.66	79.	82.1	85.4	84.9	87.6	88.52	89.16
中重度雾	mIo	44.0	60.5	62.71	61.	65.0	70.7	69.6	74.3	76.65	76.50
	U	6	6	62.71	34	1	3	9	4	86.23	87.20
	mDice	59.0	74.7	76.13	75.	77.9	81.8	81.2	85.0	86.23	87.20
重度雾	mIo	35.6	54.2	56.89	55.	59.5	65.8	64.5	70.5	72.84	74.15
	U	6	5	56.89	45	7	3	4	8	83.94	84.88
	mDice	51.2	69.8	71.53	70.	73.6	78.2	77.5	82.4	83.94	84.88

不同去雾算法在分割网络下的结果 35



临床效能评估指标 (clinical metrics)	常规对照组 (物理排烟/擦拭)	实验组 (Yun-Trans智能去雾)	临床获益分析	P值 (显著性)
视觉受阻/烟雾 干扰总时长	8 ~ 17 min (中位数 13 min)	< 0.05 min (近乎即时清除)	消除“盲操”风险，提升 术中安全性	< 0.001
镜头拔出擦拭/ 除雾频率	3 ~ 11 次 (中位数 6 次)	0 次 (完全替代物理擦拭)	维持气腹稳定，降低感染 与气肿风险	-
非手术操作耗时 (无效时间)	69 ~ 230 s (中位数 141 s)	约 1.2 s	缩短麻醉时长，提升手术 室周转率	< 0.05
手眼协调延迟感	无 (物理光学)	< 10 ms (实时反馈)	低于人眼30ms感知阈值， 无操作滞后感	-

数字系统对手术效率及操作流程的临床对照数据



第三章 第三节

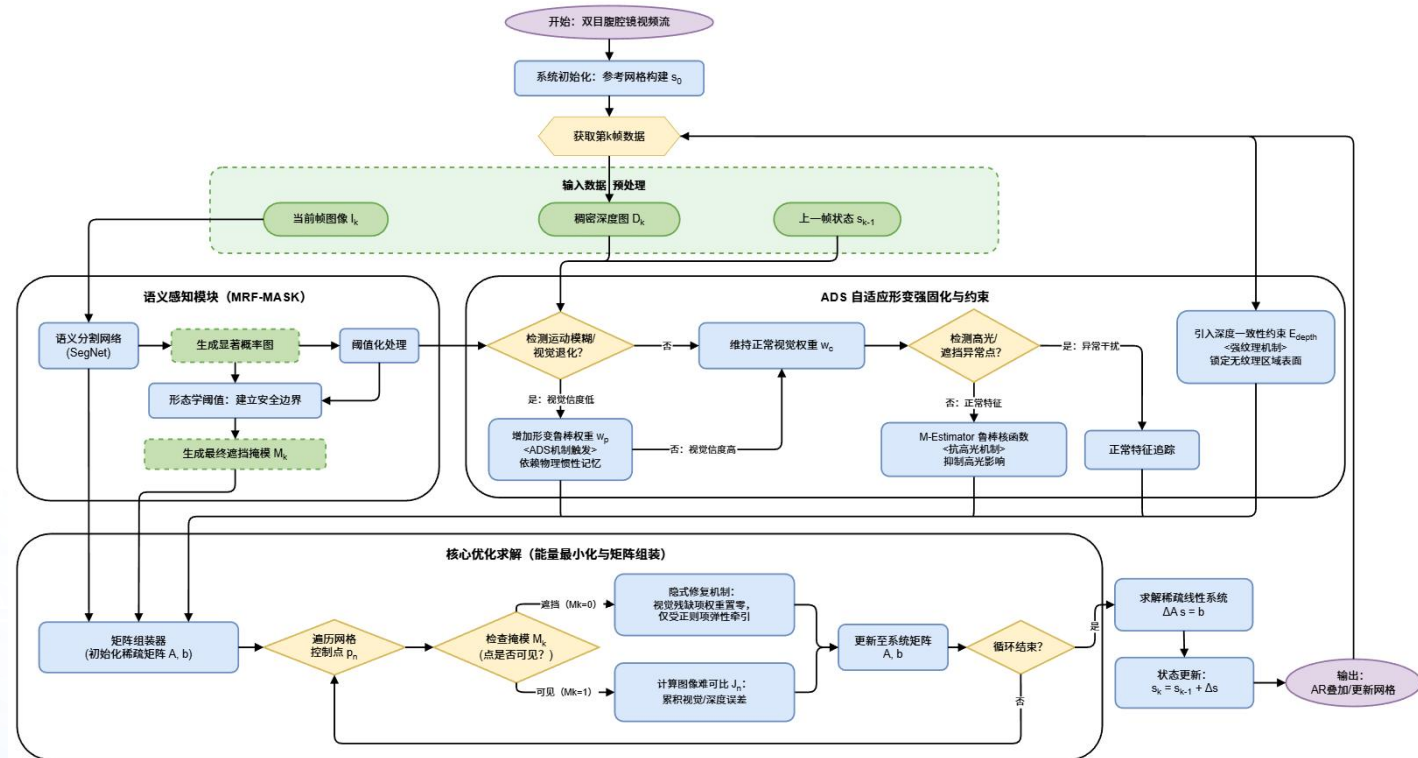
针对复杂的手术场景下术中出现雾气这一临床问题

提出Yun-Transformer算法高效清除视线范围内烟雾与噪声，并保留图像像素特征与色彩饱和度，显著提升了图像识别精度

- 1) **效率层面，它通过消除术中物理擦拭、缩短无效等待时间，显著提升了手术流畅度与时间效益；**
- 2) **在未来拓展层面，它大幅提升了计算机视觉的识别精度，为构建自动智能手术系统提供了可靠的视觉保障与理论依据。**

临床问题及对应数据集构建：

- 1) 子集 A：大尺度视点变换与缩放
- 2) 子集 B：剧烈非刚性形变
- 3) 子集 C：弱纹理与动态高光
- 4) 子集 D：复杂遮挡与环境干扰



BiMRF-ADS (基于双目马尔可夫随机场与自适应形变场固化) 算法整体流程图

研究结果3 腹腔镜视频中的特征匹配与表面形变跟踪

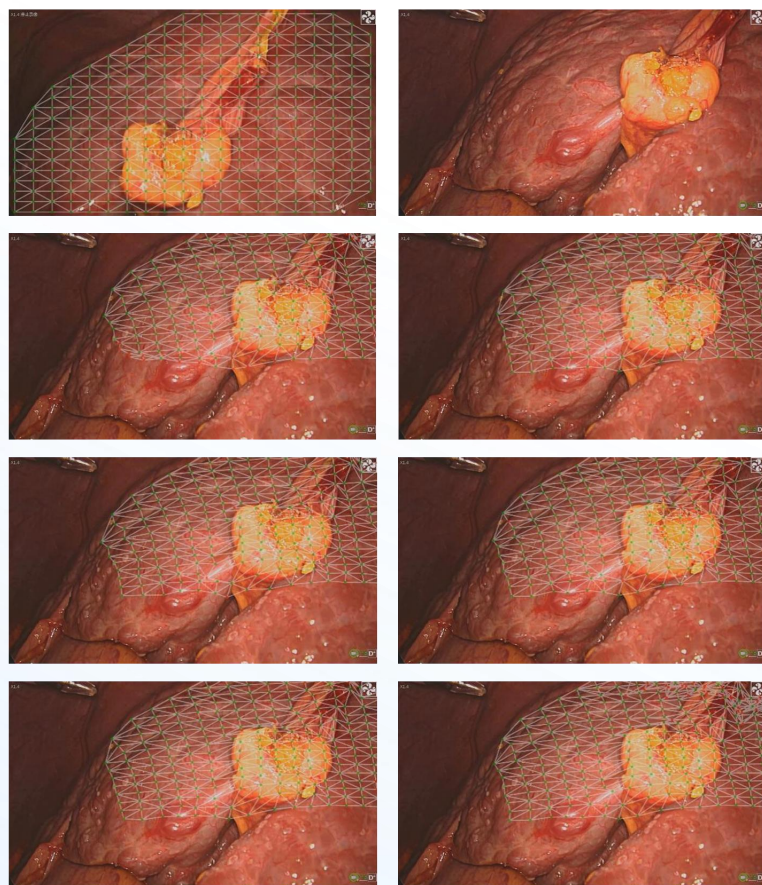


西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY



肝脏手术弱纹理与动态高光的全局追踪能力结果展示与性能对比

04



Initial Img

Movement Img

Ground Truth

Standard PADM

SIFT + LK Optical Flow

RAFT

SuperPoint + SuperGlue

BiMRF-ADS

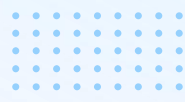
算法模型	ALT (平均定位误差)	FB Error (正反向一致性误差)	漂移率 (drift Rate > 5px)
SIFT +LK Optical Flow	25.12 ± 13.5	31.28	72.4%
Standard PADM	12.30 ± 4.83	13.56	38.6%
RAFT (deep learning)	9.10 ± 4.56	10.21	24.5%
SuperPoint+SuperGlue	7.50 ± 3.46	8.12	16.8%
BiMRF-ADS (ours)	2.15 ± 0.97	1.95	2.8%

- ① **ALT**: 平均定位误差, 衡量跟踪点与真实位置之间的像素距离, 数值越小定位越准;
- ② **FB Error**: 正反向一致性误差, 通过正向和反向跟踪同一目标并对比差异来衡量算法的稳定性, 越小越稳定;
- ③ **漂移率 (Drift Rate > 5px)**: 失败跟踪占比, 指目标偏离真实位置超过 5 像素的帧数比例, 数值越低说明长效跟踪能力越强;

研究结果3 腹腔镜视频中的特征匹配与表面形变跟踪

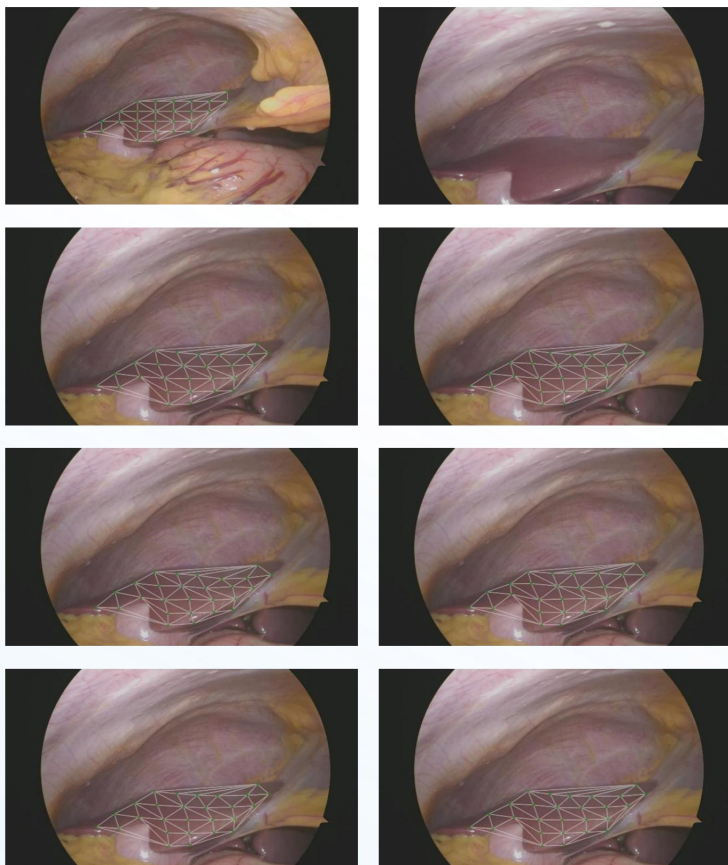


西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY



初步探查阶段视点变换与缩放结果展示与性能对比

04



Initial Img

Movement Img

Ground Truth

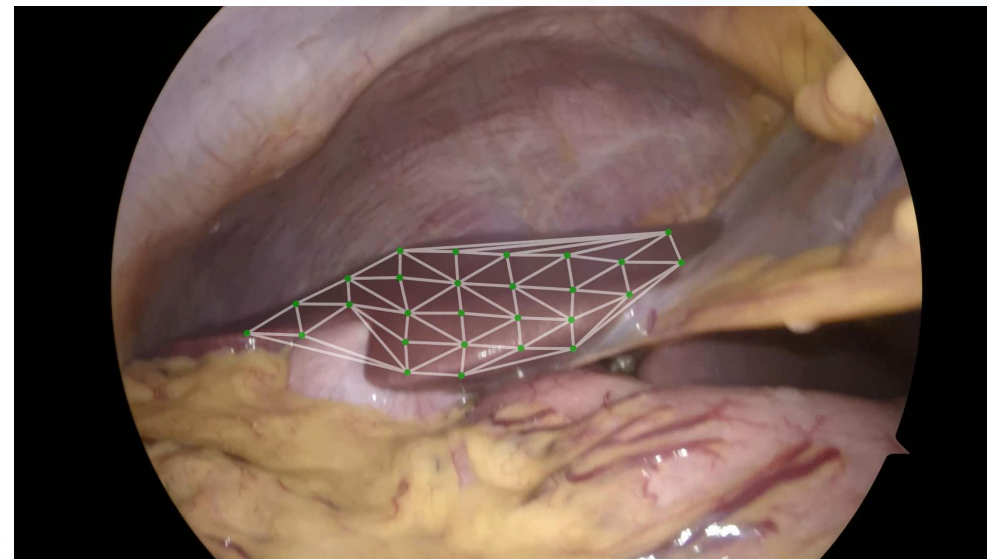
Standard PADM

SIFT + LK Optical Flow

RAFT

SuperPoint + SuperGlue

BiMRF-ADS



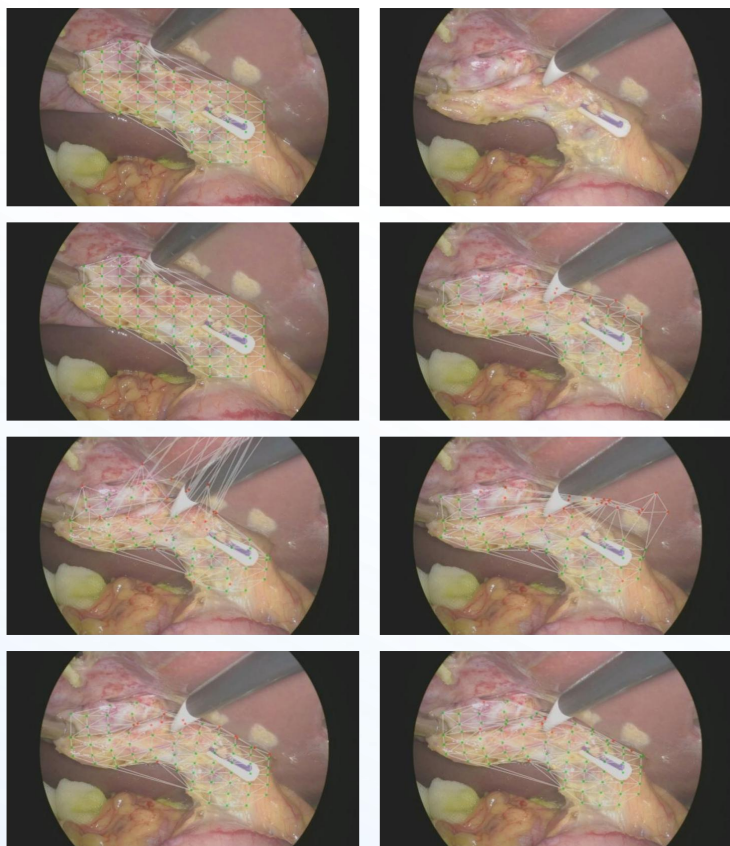
算法模型	平均定位误差	遮挡检测准确率	漂移率 (drift rate > 5px)	计算耗时 (ms/frame)	几何一致性评分 (1-10)
SIFT + LK Optical Flow	14.82 ± 6.35	18.45	68.4%	42.3	3.5
Standard PADM	9.24 ± 4.12	11.30	45.2%	18.5	5.2
RAFT (deep learning)	5.67 ± 2.89	6.12	22.1%	115.7	7.8
SuperPoint + SuperGlue	3.92 ± 1.75	4.05	12.8%	180.4	8.5
BiMRF-ADS (ours)	2.15 ± 0.85	1.88	3.4%	75.5	9.6

研究结果3 腹腔镜视频中的特征匹配与表面形变跟踪

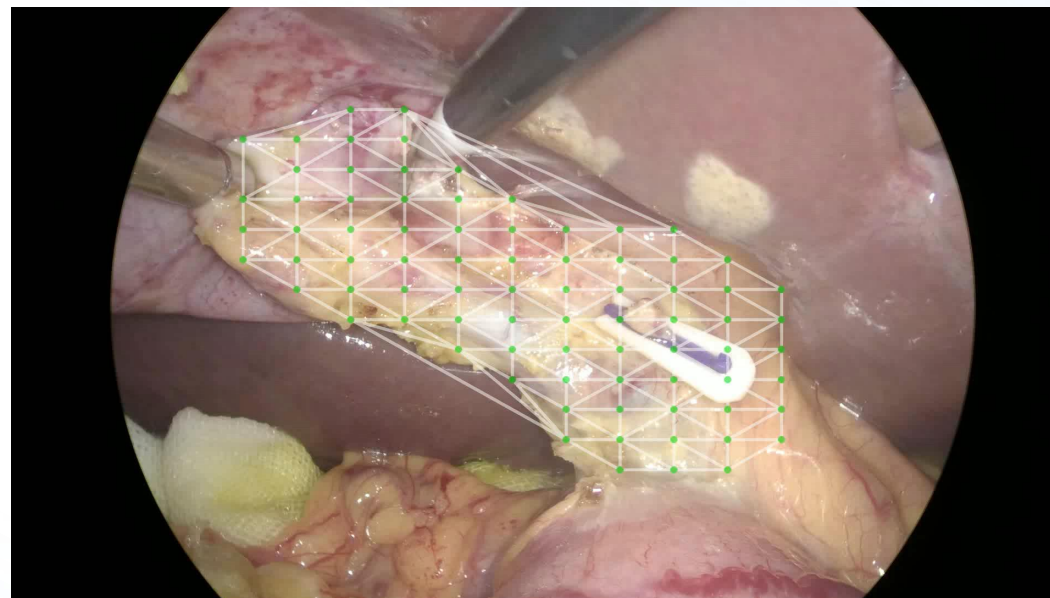


胆囊三角解剖区域非刚性形变的追踪结果展示与性能对比

04



Initial Img Movement Img
Ground Truth Standard PADM
SIFT + LK Optical Flow RAFT
SuperPoint + SuperGlue BiMRF-ADS



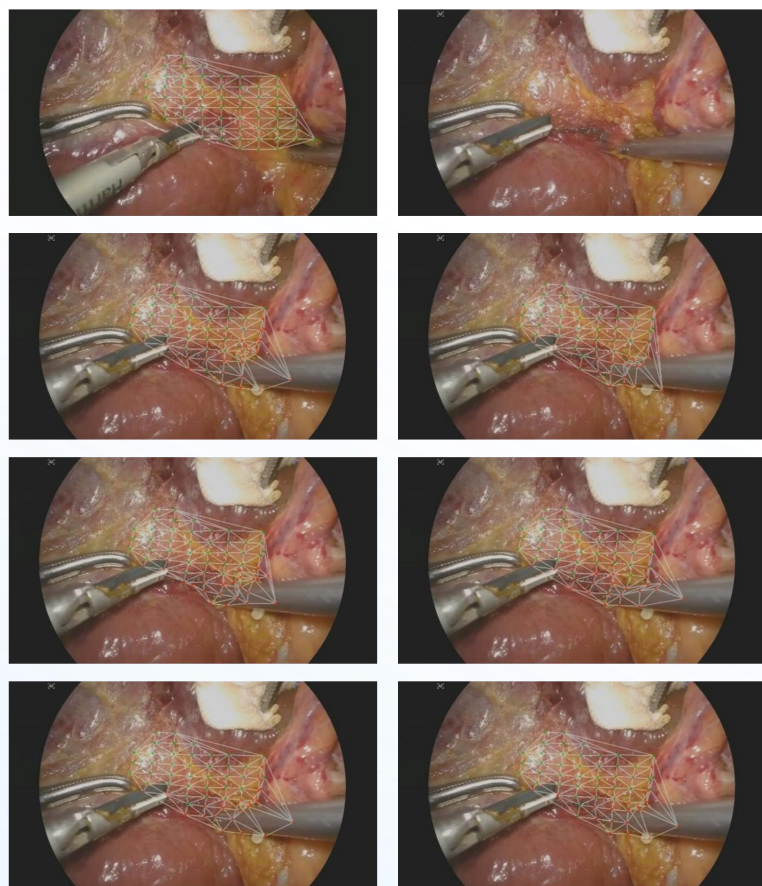
算法模型	平均定位误差	遮挡检测准确率	漂移率 (drift rate > 5px)
SIFT +LK Optical Flow	22.40 ± 12.1	28.58	66.7%
Standard PADM	14.10 ± 5.64	15.81	47.3%
RAFT(deep Learning)	8.45 ± 4.22	9.34	21.9%
SuperPoint + SuperGlue	6.80 ± 3.17	7.23	13.5%
BiMRF-ADS (ours)	2.80 ± 1.13	2.45	4.1%

研究结果3 腹腔镜视频中的特征匹配与表面形变跟踪



高密度解剖结构遮挡特殊场景追踪结果展示与性能对比

04



Initial Img

Movement Img

Ground Truth

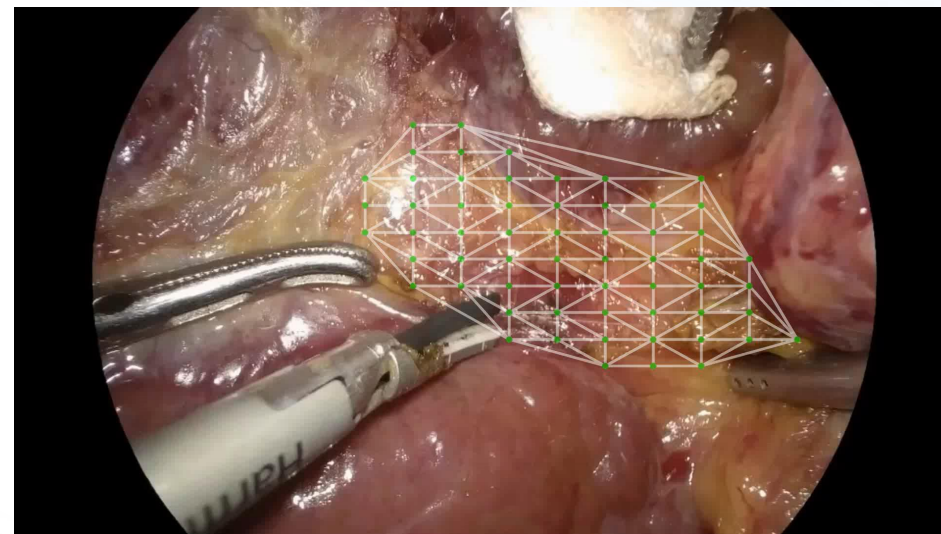
Standard PADM

SIFT + LK Optical Flow

RAFT

SuperPoint + SuperGlue

BiMRF-ADS



算法模型	平均定位误差	遮挡检测准确率	遮挡检测 F1 值	遮挡恢复率 (recovery Rate)
SIFT + LK Optical Flow	28.60 ± 15.4	N/A	N/A	15.2%
Standard PADM	18.25 ± 8.90	N/A	N/A	35.5%
RAFT	10.50 ± 5.20	N/A	N/A	62.0%
SuperPoint + SuperGlue	8.20 ± 4.10	N/A	N/A	58.4%
BiMRF-ADS (ours)	3.10 ± 1.25	96.4%	0.94	84.2%



第四章

针对手术导航技术从单纯的图像叠加向深度的场景理解与物理交互临床问题
提出BiMRF-ADS 通过自适应机制灵活应对大幅缩放、剧烈形变及弱纹理强反光等极端

通过在组织形变或遮挡下持续锁定关键解剖结构，算法能实时计算几何拓扑关系并识别出局部脏器及器械，有效解决多标签语义识别计算量较大，提高连续性场景识别的实时性的问题，可有效降低医生的认知负荷，使其精力从空间定位回归至精细操作本身。

研究结果4 基于状态空间模型与多模态大模型认知的临床图文病历报告生成及管理系统



西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY



通过集成前序算法进行系统部署

05



RealOne
刘**/主任医师 (肝胆外科手术室)

患者列表 | 图文病例

021床 杨**
ZY050000000000
院西内二(咸阳市)

Caprini 6分 出血3分 请开立VTE物理预防

48岁 | 过敏史未知

医保余额: 80751.96

- 开立医嘱
- 患者信息修改
- 病案首页
- 住院病历
 - 入院病历
 - 入院记录
 - 病程记录(2022-12-20 17:09)
 - 手术记录
 - 胸腔镜联合颈部肉脂三切口...
 - 手术记录
- 图文病例
- 普通会诊
- 出院记录
- 其他记录
 - 住院病历目录页
 - 黏特殊检验报告专区
 - 黏检验报告专区
 - 手术患者交接记录单-全院...
 - 手术风险评估表-全院通用...
 - 手术安全核查表
 - 术前讨论-全院通用模板
 - 血糖结果记录单
- 知情同意
 - 抗凝治疗知情同意书
 - 新冠肺炎疫情期间住院患者...
 - 输血及血液制品治疗知情网...
 - 3级高值/植入医用耗材知...

图文病例

保存 | 导出 | 打印 | 更多

西安交通大学第一附属医院
术后图文记录报告

姓名: *** | 年龄: ** | 科别: 肝胆外科 | 床号: 022 | 住院号: 09091230414

手术信息

手术名称: 腹腔镜辅助左半肝切除术 | 术前诊断: 肝右叶占位性病变,肝功能异常,脂肪肝
手术日期: 2021年9月11日 | 术中诊断: 肝右叶恶性肿瘤,肝功能异常

工作记录: 手术开始时间: 09:49 | 手术终止时间: 13:10
手术者: 刘学民 李宇 | 助手: 彭子洋 | 麻醉师: 杜丹 | 麻醉方式: 全麻

手术前情况: 1.同侧腹痛,乙肝病史十余年; 2.腹部查体见上腹部压痛及反跳痛阳性; 3.腹部增强CT(2021-9-8)肝右叶占位性病灶,胆管扩张

手术步骤, 术中出现的情况及处理:

1.患者仰卧位,麻醉成功后,常规消毒、铺巾,于脐下打孔,置入10mm穿刺器,建立CO₂气腹,气腹压力为___mmHg,腹腔镜探查无穿孔损伤,分别于___及___各点穿刺置入器械,插入相应手术器械。

2.腹腔镜探查:取___体位,检查各穿刺点无出血,腹壁___及腹水形成,肝脏呈___,质地___,表面光滑,左右叶大小比例尚正常,___无肿块,胆囊底部、颈部与大网膜,十二指肠球部见微小囊肿形成,分离粘连带,见胆囊三角___,胆囊大小约___cm,___明显充血水肿,张力增大,肝外胆管___见扩张,走行___,胃、脾、小肠、结肠、输尿管等___异常。(见图A)

结合术前的病史、B超及术中探查诊断:___,拟行腹腔镜胆囊切除术。

手术阶段影像分析

+
导入素材

请先分析病例

关键帧提取

请先分析病例

手术室实际落地 + 手术图文记录生成

研究结果4 基于状态空间模型与多模态大模型认知的临床图文病历报告生成及管理系统



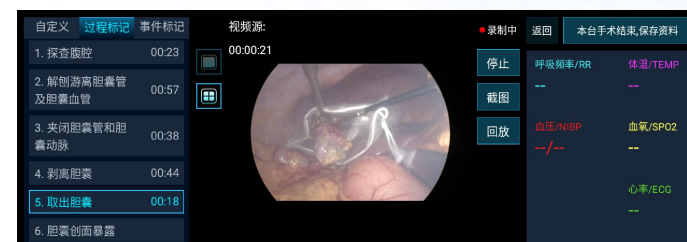
西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

硬件设备

05



实验室下手术图文病历系统构建



内窥镜影像监测系统使用界面

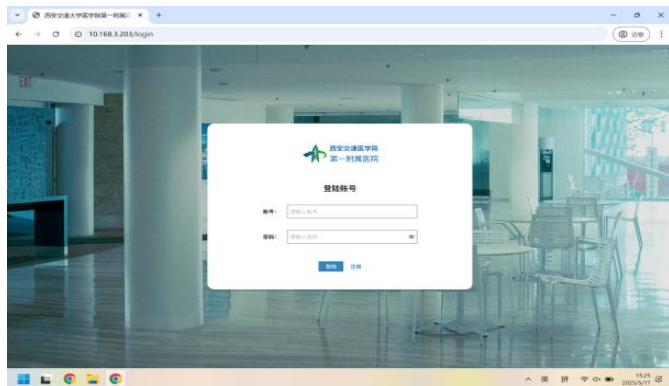
研究结果4 基于状态空间模型与多模态大模型认知的临床图文病历报告生成及管理系统



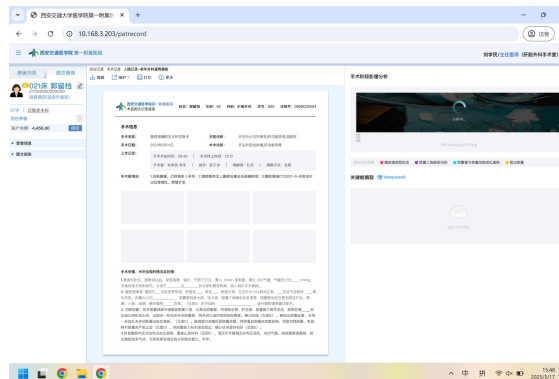
西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

软件系统--图文病历报告生成及管理系统关键帧自动筛选及人机交互

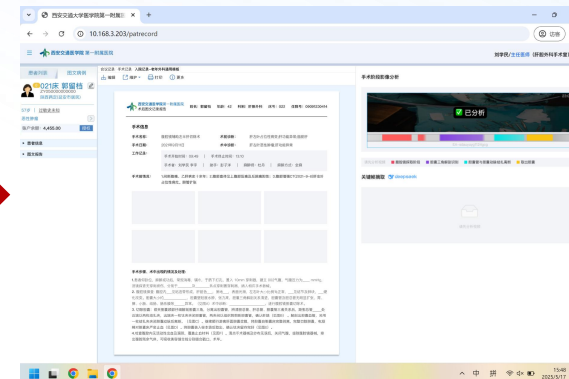
05



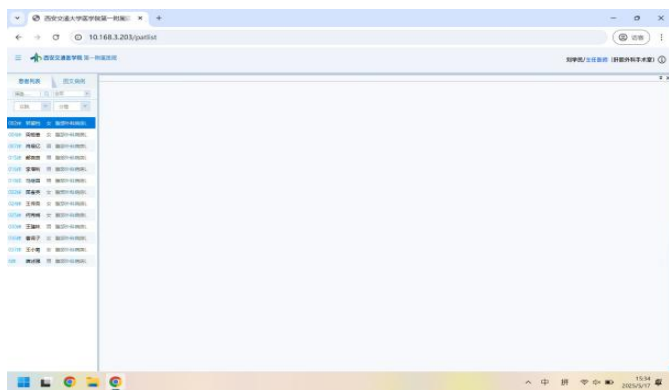
(a) 系统登入



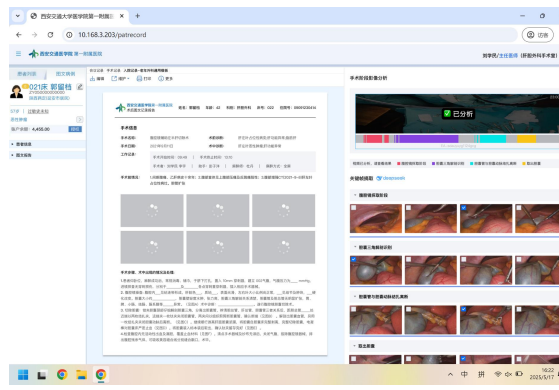
1) 手术实时记录



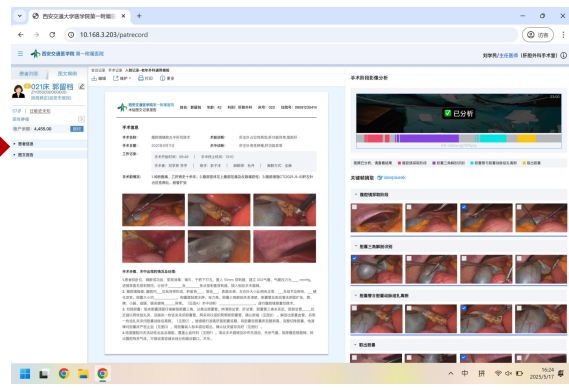
2) 阶段自主识别



(b) 患者管理



3) 关键帧有效摘取

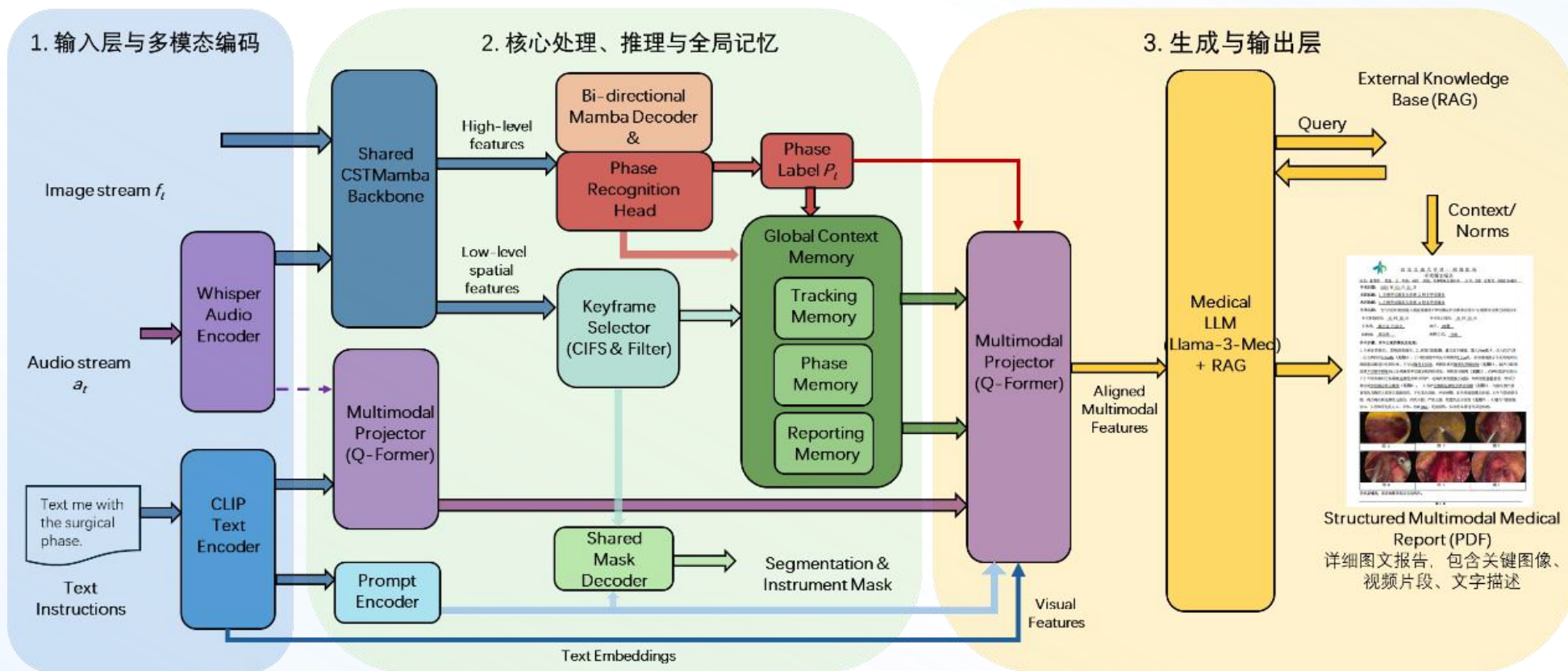


4) 图文手术报告生成

研究结果4 基于状态空间模型与多模态大模型认知的临床图文病历报告生成及管理系统



网络架构



基于医疗大语言模型跨模态时空检索增强生成的图文报告生成
输入: 过往病历模板、临床指南、分割结果、阶段标签及关键帧
输出: 图文病历报告

门诊医生对两种手术记录模式的TAM量表评分比较

维度	典型条目示例	图文记录组	传统记录组	t值	P值
		$(\bar{x} \pm s)$	$(\bar{x} \pm s)$		
感知有用性 (PU)	(总分均值)	4.62 ± 0.38	2.45 ± 0.52	18.65	<0.001
	Q1: 能准确判断术中解剖变异情况	4.80 ± 0.41	2.10 ± 0.66		
	Q2: 有助于向患者直观解释病情	4.73 ± 0.45	2.33 ± 0.55		
	Q3: 提高了门诊接诊的决策信心	4.55 ± 0.50	2.50 ± 0.63		
	Q4: 获取关键信息更节省时间	4.87 ± 0.35	2.80 ± 0.76		
	Q5: 报告结构清晰, 重点一目了然	4.83 ± 0.38	3.20 ± 0.71		
	Q6: 阅读过程不需要太多脑力	4.60 ± 0.50	3.00 ± 0.83		
总体满意度	(单项评分)	4.80 ± 0.41	2.60 ± 0.67	15.22	<0.001



研究结果4 基于状态空间模型与多模态大模型认知的临床图文病历报告生成及管理系统



西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

临床验证与应用价值

05

两组学员LC手术知识考核成绩比较 (N=30)

考核项目	图文教学组 (n=15, $\bar{x} \pm s$)	传统教学组 (n=15, $\bar{x} \pm s$)	t值	P值
解剖识别 (20分)	18.2 \pm 1.5	14.1 \pm 2.8	6.982	<0.001
CVS判读 (40分)	36.8 \pm 2.4	24.5 \pm 4.6	12.85	<0.001
临床决策 (40分)	33.5 \pm 3.8	26.6 \pm 5.2	5.842	<0.001
总分 (100分)	88.5 \pm 5.6	65.2 \pm 9.8	11.23	<0.001



第五章

针对蕴含着丰富的解剖学特征、病理信息及操作技法手术视频数据 构建一套基于SSM与多模态大模型认知的临床图文病历报告生成 及管理系统

- 1) 构建多中心、大样本的真实世界研究：目前的验证主要局限于单中心、单一术者团队。未来计划联合区域内的多级医院，验证算法在不同设备、不同术者水平下的稳定性。
- 2) 向复杂术式的泛化：系统的核心架构（SSM+LMM）具有强大的泛化能力。未来将继续应用场景拓展各类高难度术式。
- 3) 构建基于视频数据的质控评价体系：利用系统积累的海量结构化图文数据，我们通过大数据分析医生操作习惯、器械移动轨迹、无效动作等特征，从而建立一套客观、量化、自动化的外科医师技能质控评价与准入体系。
- 4) 医保费控与医疗纠纷的“数字公证人”与伦理法律保障：这套全流程记录、关键节点清晰、图文对应的系统，有望成为医保支付与医疗纠纷鉴定中的核心证据链。

04

结论与展望

结论



01

基于SSMs的时空协同感知网络可有效进行长时间手术识别与高效的多手术场景泛化应用；

02

打造的数字去雾算法有效进行自适应去雾图像，提高了计算机视觉的整体识别精度；

03

自适应形变固化框架实现了脏器表面的精准贴合，降低识别计算量较大，提高连续性场景识别的实时性；

04

针对传统手术记录信息缺失、同质化严重及数据价值挖掘不足的问题构建了手术结构化图文报告生成系统

展望



1. 当前数据汇聚仍采用中心化模式，面临隐私与合规挑战，且单一数据分布限制了泛化能力。未来的研究将致力于构建基于联邦学习的分布式训练框架，实现“数据不动模型动”，解决数据共享难题。
2. 现有系统主要依赖外置高性能工作站，存在体积大、成本高及物理束缚等问题。
3. 现有系统侧重于对当前状态的“感知”与“记录”，缺乏对未来状态的“预测”能力。未来将结合生成式 AI 与手术视频数据，训练具备物理仿真能力的“手术世界模型”。
4. 目前的导航系统仍处于被动辅助阶段，控制流与信息流存在断层。下一步将结合机器人运动学与视觉感知算法，探索手术机器人的半自主与自主控制功能。
5. 针对外科技能评价依赖主观评分、缺乏客观量化指标的问题，未来将利用结构化数据开创“手术视频组学”新方向。推动数据驱动的外科精准化诊疗。

攻读学位期间成果



西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

- [1] Peng, Z. Y., Wang, Z. B., Yan, Y., Peng, H. Q., Ma, Y. T., Li, Y. T., Ren, Y. X., Xiang, J. X., Guo, K., Wang, G., Duan, J. F., Li, X. W., Guan, Y., Liu, X. M., Wu, R. Q., Lyu, Y., & Yu, L. (2025). Development of an AI-driven digital assistance system for real-time safety evaluation and quality control in laparoscopic liver surgery. *Frontiers in oncology*, 15, 1678525.
- [2] Peng, Z. Y., Wang, Q. S., Li, K., Chen, S. S., Li, X., Xiao, G. D., Tang, S. C., Ren, H., Wang, Z., & Sun, X. (2022). Stem signatures associating SOX2 antibody helps to define diagnosis and prognosis prediction with esophageal cancer. *Annals of medicine*, 54(1), 921–932.
- [3] Li, K., Peng, Z. Y., Wang, R., Li, X., Du, N., Liu, D. P., Zhang, J., Zhang, Y. F., Ma, L., Sun, Y., Tang, S. C., Ren, H., Yang, Y. P., & Sun, X. (2023). Enhancement of TKI sensitivity in lung adenocarcinoma through m6A-dependent translational repression of Wnt signaling by circ-FBXW7. *Molecular cancer*, 22(1), 103.
- [4] Li, K., Peng, Z. Y., Gao, S., Wang, Q. S., Wang, R., Li, X., Xiao, G. D., Zhang, J., Ren, H., Tang, S. C., & Sun, X. (2021). M6A associated TSUC7 inhibition contributed to Erlotinib resistance in lung adenocarcinoma through a notch signaling activation dependent way. *Journal of experimental & clinical cancer research : CR*, 40(1), 325.
- [5] 彭子洋, 王志博, 巴赫, 颜彦, 彭浩茜, 李宇, 刘学民, 向俊西, 吴荣谦, 吕毅. 增强现实、虚拟现实与混合现实在腹腔镜肝脏外科中的应用[J/OL]. *中华肝脏外科手术学电子杂志*, 2025, 14(01): 13-17.
- [6] 彭子洋, 王志博, 王丹, 彭浩茜, 王蕾, 彭薇, 王娟娟, 李宇, 刘学民, 吴荣谦, 向俊西, 吕毅. 智能化辅助图像实时去雾技术在腹腔镜胆囊切除术中的应用[J/OL]. *中华肝脏外科手术学电子杂志*, 2024, 13(03): 328-333.
- [7] 彭子洋. 外科手术视频实时采集与导航, 第87届CMEF中国国际医疗器械博览会“思源”医疗器械高峰论坛, 国家会展中心(上海)4.2号馆, 2023-5-14至2023-5-17
- [8] 彭子洋;王志博;吕毅;吴荣谦;王娟娟;王蕾;夏灿;彭浩茜;刘书妍;一种微创腹腔镜图文报告生成系统;ZL 2024 1 1527344.8,发明专利
- [9] 彭子洋;王志博;刘学民;吴荣谦;吕毅;一种实时术中腹腔镜影像分析装置及方法; ZL 2025 1 0096041.3,发明专利
- [10] 彭子洋;王志博;吴荣谦;吕毅;刘学民;黄天笑;王娟娟;模型与器官配准以辅助导航的方法及系统; ZL 2025 1 0896530.7,发明专利
- [11] 彭子洋;王志博;刘学民;吕毅;任耀星;黄天笑;王娟娟;一种喉部的体外磁靶标定位导航方法及系统; ZL 2025 1 0933524.4,发明专利
- [12] 彭子洋;王志博;图文病历报告生成软件V1.0,2025SR0715133;软件著作权
- [13] 彭子洋;王志博;基于大规模视觉语言模型的图文病历报告自动生成系统V1.0,2025SR1299339;软件著作权

致谢



西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

时光荏苒，岁月如梭。自踏入西安交通大学求学至今，数载光阴倏忽而过。在此博士生涯即将画上句号之际，回望这些年，我的脚步始终在交大一附院的临床一线与外科梦工场的科研阵地间交替。这穿梭往复的日日夜夜，不仅打磨了我的医术，更重塑了我的科研精神。心中百感交集，唯有感恩二字长存心间。

高山仰止，景行行止。首先要向我的恩师吕毅教授致以最深切的谢意！吕老师不仅在学术上高瞻远瞩，以医工结合的战略眼光指引我向智能外科的“盲区”进军，更在以临床问题为导向的探索中为我树立了医者的光辉榜样。最令我动容且难忘的，是无数个夜阑人静时的课题探讨；每每此时，吕老师依然精神矍铄、毫无倦意，悉心为我拨开迷雾，指点出具体的科研方向与切实可行的转化路径。您这份对初心的坚守与对理想的执着，是我在科研低谷时不断前行的精神灯塔。也正是在恩师的指引与战略擘画下，我无比荣幸地坚定了选择，成为了西安交通大学未来技术学院首批医工学方向的博士研究生。水击三千里，抟扶摇而上者九万里。在此，我要特别感谢学院的悉心培养与倾力支持。作为医工交叉领域的首批探路者，是学院前瞻性的顶层设计与打破传统学科壁垒的创新土壤，为我们铺设了从临床痛点迈向工程前沿的桥梁；更是学院在资源融通与跨学科交流上提供的广阔平台，让我得以站在更高远的视角去审视智能外科的未来。

群季俊秀，皆为惠连。在医工交叉的漫漫征途上，我首先最要感谢的是王志博博士。作为这条道路上最默契的伙伴，我们曾无数次就临床需求与底层智能算法、系统软件架构的融合展开深刻探讨。正是我们在无数个深夜的携手并肩，才跨越了学科的鸿沟，攻克了一个又一个核心技术难关。此外，也要感谢吴荣谦教授、马锋老师、刘学民老师在课题探索和临床应用中给予的包容与指导，让微创手术图文报告系统一步步走向了临床应用。最后，诚挚感谢与我一路并肩作战的王蕾、黄天笑、任耀星三位博士生，夏灿、王娟娟两位硕士生，以及创新创业团队的全体同胞和参与课题的所有同门。回首那些从零开始、攻坚克难的峥嵘岁月，与大家同舟共济、共同奋斗的日日夜夜，是我博士生涯中最难忘的风光，更是我受用一生的宝贵财富。

哀哀父母，生我劬劳。深深感谢我的父母和家人，你们的包容和鼎力支持，是我心无旁骛攀登学术高峰的坚强后盾。感谢一路走来陪伴我的朋友们，为我漫长延绵的学习生活注入了温暖与力量。

最后，感谢在我求学期间给过我鞭策与鼓励的所有良师益友，感谢参与本论文评阅与答辩的各位专家学者！

人生如逆旅，我亦是行人。愿在未来的医学道路上，继续披荆斩棘，不负韶华！



西安交通大学

XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

请各位老师批评指正

答辩人：彭子洋 导师：吕毅教授

交通大学

JIAOTONG
UNIVERSITY

个人简介



西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

- 姓名：彭子洋 籍贯：北京 出生日期：1996.02
- 2019.09 – 2022.06：就读西安交通大学医学部 肿瘤学专业 导师：任宏教授
- 2022.09 – 至今：就读西安交通大学未来技术学院 外科学专业 导师：吕毅教授

中国大学生
“自强之星”

西安交通大学
优秀博士生标兵

中国移动
特等奖学金



序号	姓名	事迹类别	学校名称	备注
1	樊明	勤学求真	西北农林科技大学	高校推荐
2	彭子洋	创新创业	西安交通大学	高校推荐
3	叶凯迪	奋斗力行	西北工业大学	高校推荐
4	曹文强	奋斗力行	西安建筑科技大学	高校推荐
5	陈彦德	爱国修德	西安理工大学	高校推荐
6	殷继梅	奋斗力行	西安体育学院	高校推荐
7	王逸超	创新创业	晋北大学	高校推荐
8	李逸芝	奋斗力行	陕西科技大学	高校推荐
9	冯晨林	奋斗力行	安康职业技术学院	高校推荐
10	王佳东	社区实践	杨凌职业技术学院	地市推荐



西安交通大学届学术之星

西安交通大学首届产教融合之星

7次于国际国内会议大会汇报

连续三年获得国家奖学金

获得新工科创新大赛一等奖、
中国国际互联网+金奖等
18项国家级表彰、23项省部级表彰

