基于辅助知识的图像/视频分割算法研究

--四建楼 博士后出站报告
--2021.11.30
--指导老师：王亮、汤晓鸥

主要内容

个人信息简介

基本信息

博士后姓名	出生日期	性别	民族
四建楼	1989.12.27	男	汉

教育背景

学校	专业	时间	学历
北京邮电大学	信息与通信工程	2012.09-2018.06	博士研究生
吉林大学	通信工程	2008.09-2012.06	本科生

工作背景

公司或机构	职位	时间
北京市商汤科技开发有限公司	高级研究员	2018.06-至今
中科院自动化所&北京商汤	博士后	2019.01-至今
南洋理工大学	助理研究员	2016.11-2017.11

研究背景及主要内容

研究背景

图像/视频分割

- **分割精度**：类别错误、细节精度等
- **分割时空一致性**：边界与区域一致、帧间一致等

全监督分割

1. 像素级标注难度大，过渡区域真值定义模糊
2. 已有数据集规模有限，不同数据集有可能存在标签冲突
3. 待标注数据数量巨大，像素级标注经济及人力成本高昂

主要内容

有限标注数据，挖掘辅助知识，优化分割任务(同时尽量遵循低延迟原则)

分割数据集

原始知识

- **语义分割**：像素语义类别
- **目标分割**：模板像素语义类别
- **实例分割**：物体像素实例信息及语义类别
- **全景分割**：物体像素实例及语义类别、事物像素语义类别

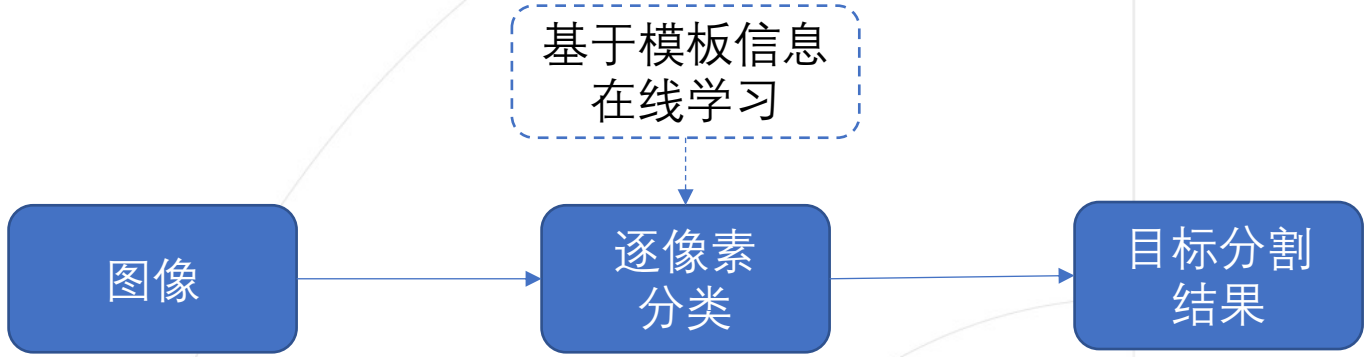
辅助知识

- **像　　素　　间**：像素间语义相关性、位置相关性等
- **图 像/样 本 间**：图像间相似关系、时域关系等
- **数据集/任务间**：无监督/半监督/弱监督、零样本/少样本、跨数据集/多任务等

借助像素间判别信息的实时视频目标分割算法

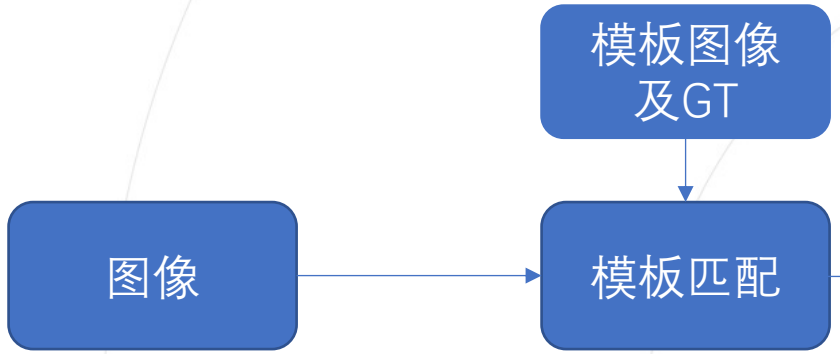
背景及动机

基于分类器学习VOS



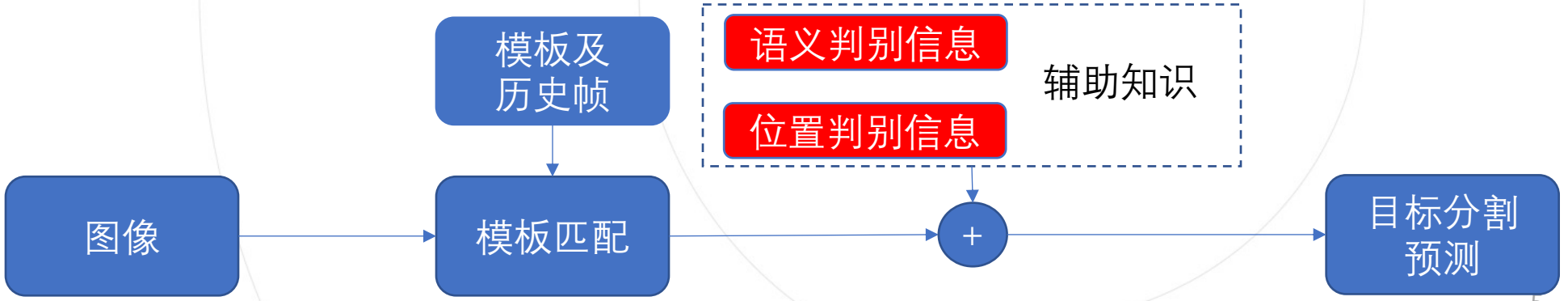
1. **基于目标分类**
2. **分割精度高**
3. 高耗时

基于模板匹配学习VOS



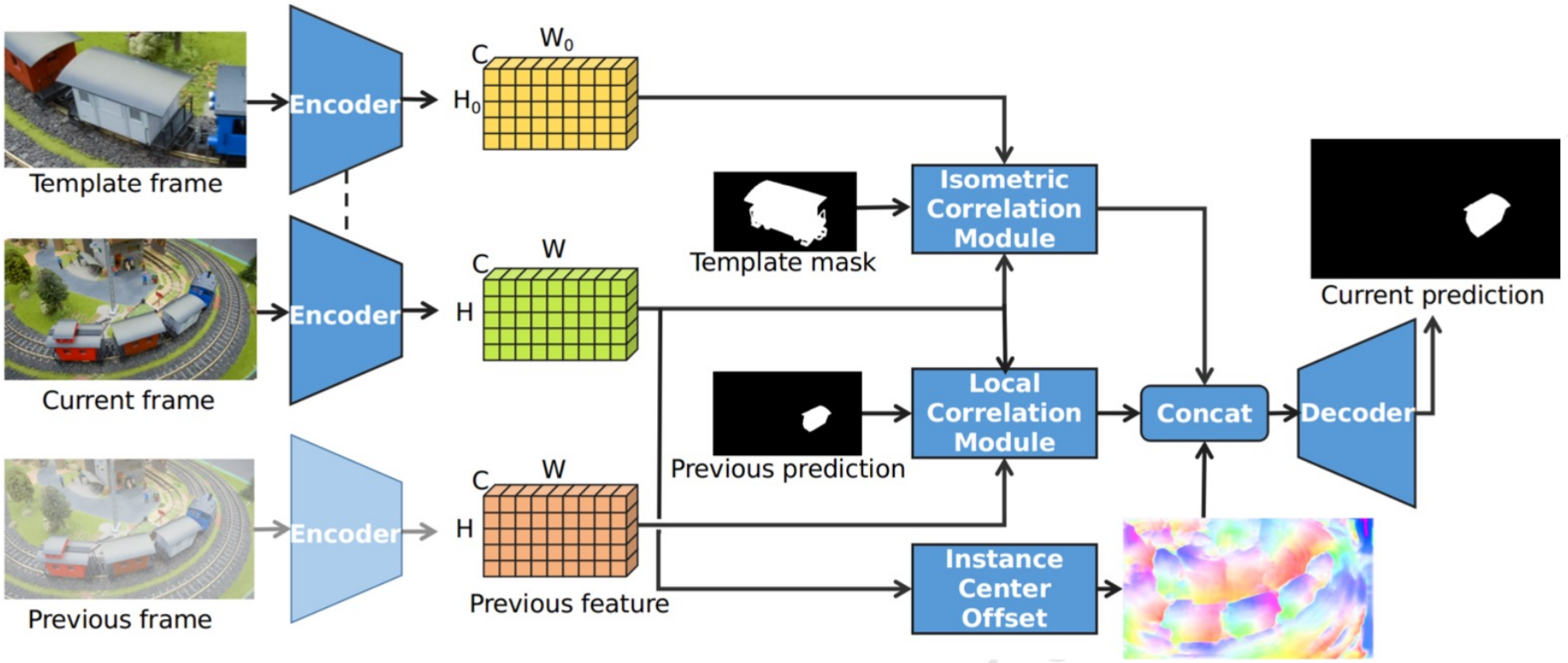
1. **基于目标匹配**
2. 丢失原图判别信息
3. **低耗时**

我们方法



借助像素间判别信息的实时视频目标分割算法

算法介绍　框架及流程



1）基本结构模板匹配：低延迟

2）引入等距相关性学习模块(Isometric Correlation Module)：增强**模板匹配相似度图**的类别辨识力

3）引入局部相关性学习模块（Local Correlation Module）：挖掘**帧间匹配相似度**关系

4）引入实例中心偏移预测模块（Instance Center Offset）：增强特征的**抗背景目标干扰**能力

借助像素间判别信息的实时视频目标分割算法

算法介绍　细节说明

1. 等距相关性计算模块

1. 假设图像特征为**F**，匹配相似度图为**Z**; 我们的目标是在**相似度图空间中引入特征空间的像素间距离关系**，从而保留语义判别信息

2. 易证：只需对模板特征F0进行正交化即可;

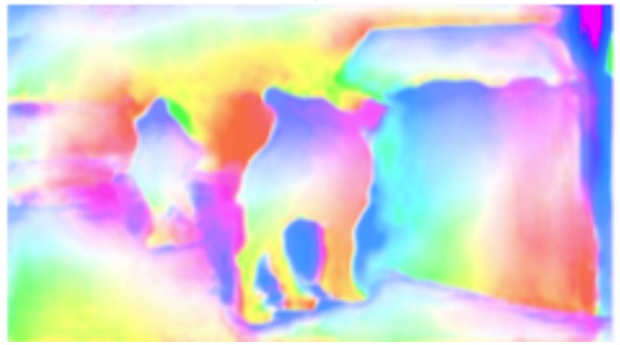
$$
\begin{aligned}
cos(\mathbf{Z}^m,\mathbf{Z}^n) &= cos(\mathbf{YF}_t^m,\mathbf{YF}_t^n) \\
&= \frac{(\mathbf{F}_t^m)^T\mathbf{Y}^T\mathbf{YF}_t^n}{\sqrt{(\mathbf{F}_t^m)^T\mathbf{Y}^T\mathbf{YF}_t^m}\sqrt{(\mathbf{F}_t^n)^T\mathbf{Y}^T\mathbf{YF}_t^n}} \\
&= \frac{(\mathbf{F}_t^m)^T\mathbf{F}_t^n}{\sqrt{(\mathbf{F}_t^m)^T\mathbf{F}_t^m}\sqrt{(\mathbf{F}_t^n)^T\mathbf{F}_t^n}} \\
&= cos(\mathbf{F}_t^m,\mathbf{F}_t^n),
\end{aligned}
$$

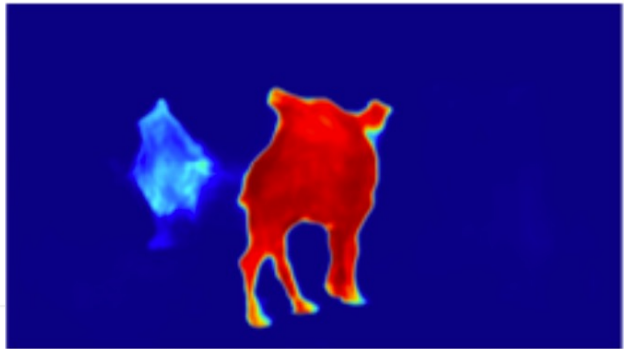
3. 使用SVB实现正交化；每段视频只需对模板进行

2. 位置中心偏移预测

1. 基于图像特征，**预测实例中心及逐像素的位置偏移**，从而保留位置判别信息

2. 推断阶段，假设实例运动缓慢；可用上一帧中心及当前偏移对像素聚类



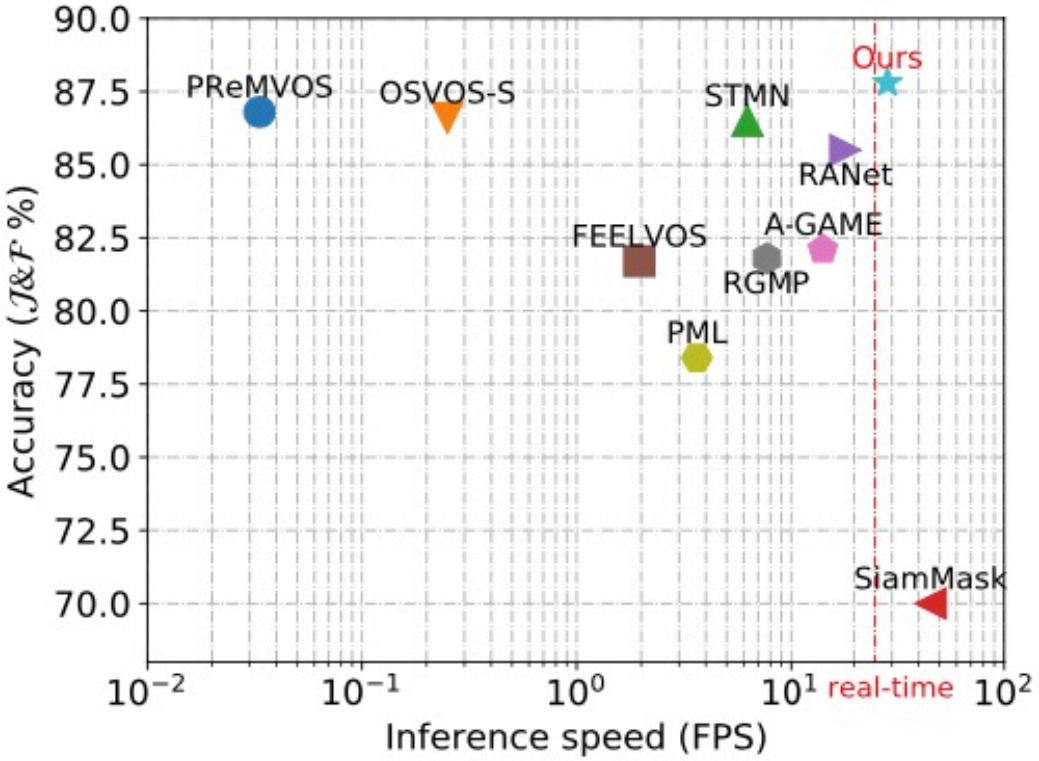


借助像素间判别信息的实时视频目标分割算法

实验结果

单目标VOS数据集DAVIS-2016上的对比实验及消融实验

	OL	$\mathcal{J}\&\mathcal{F}$	$\mathcal{J}_{mean}$	$\mathcal{F}_{mean}$	speed
MaskTrack[123]	✓	77.6	79.7	75.4	-
OSVOS[65]	✓	80.2	79.8	80.6	4.0s
CINM[64]	✓	84.2	83.4	85.0	-
DyeNet[113]	✓	-	86.2	-	2.33s
OnAVOS[67]	✓	85.5	86.1	84.9	-
OSVOS-S[66]	✓	86.6	85.6	87.5	4.0s
PReMVOS[115]	✓	86.8	84.9	**88.6**	>30s
RANet+[95]	✓	**87.1**	**86.6**	87.6	**4.0s**
PLM[106]		66.4	70.2	62.5	280ms
VPN[129]		67.9	70.2	65.5	630ms
SiamMask[107]		69.8	71.7	67.8	**22ms**
CTN[118]		71.4	73.5	69.3	30ms
PML[68]		78.4	77.4	79.3	275ms
VideoMatch[69]		-	81.0	-	320ms
A-GAME[109]		81.5	82.2	81.9	140ms
FEELVOS[71]		81.7	81.1	82.2	510ms
RGMP[116]		81.8	81.5	82.0	130ms
STCNN[120]		83.8	83.8	83.8	3.9s
DTN[130]		83.6	83.7	83.5	70ms
CRN[108]		85.1	84.4	85.7	730ms
RANet[95]		85.5	85.4	85.5	55ms
STM[70]		86.5	84.8	**88.1**	160ms
Ours(baseline)		84.1	85.1	83.0	26ms
Ours		**87.8**	**87.5**	88.0	35ms



消融实验

	LC	CO	SVB	$\mathcal{J}\&\mathcal{F}$	$\mathcal{J}_{mean}$	$\mathcal{F}_{mean}$	speed
1				84.1	85.1	83.0	26ms
2	✓			85.0	85.5	84.6	28ms
3	✓	✓		86.2	86.3	86.0	35ms
4	✓		✓	86.5	87.0	86.1	28ms
5	✓	✓	✓	**87.8**	**87.5**	**88.0**	35ms

借助像素间判别信息的实时视频目标分割算法

实验结果

DAVIS-2016
上可视化对比

借助像素间判别信息的实时视频目标分割算法

实验结果

多目标VOS数据集DAVIS-2017上的对比实验

	OL	$\mathcal{J}\&\mathcal{F}$	$\mathcal{J}_{mean}$	$\mathcal{F}_{mean}$
OSVOS[65]	✓	60.3	56.6	63.9
OnAVOS[67]	✓	67.9	64.5	71.2
OSVOS-S[66]	✓	68.0	64.7	71.3
CINM[64]	✓	70.7	67.2	74.0
DyeNet[113]	✓	74.1	-	-
PReMVOS[115]	✓	**77.8**	**73.9**	**81.7**
SiamMask[107]		56.4	54.3	58.5
STCNN[120]		61.7	58.7	64.6
VideoMatch[69]		62.4	56.5	68.2
RANet[95]		65.7	63.2	68.2
AGSS-VOS[131]		66.6	63.4	69.8
RGMP[116]		66.7	64.8	68.6
FEELVOS[71]		69.1	65.9	72.3
STM[70]		71.6	69.2	74.0
Ours		**72.9**	**70.9**	**74.9**

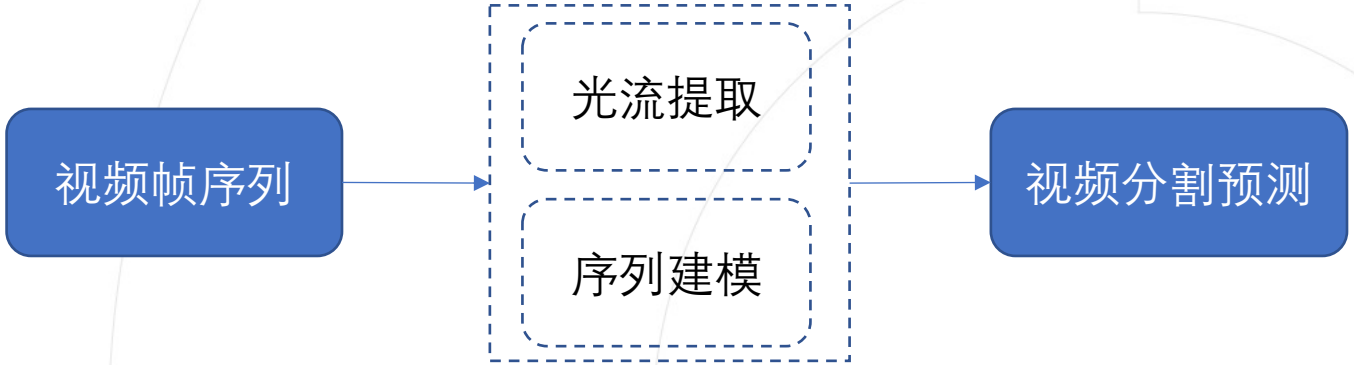
借助帧间时空信息的快速视频语义分割算法

背景及动机

基于图像训练的VSS

1. **模型易轻量化处理**
2. 丢失时域一致性信息

借助视频训练的VSS



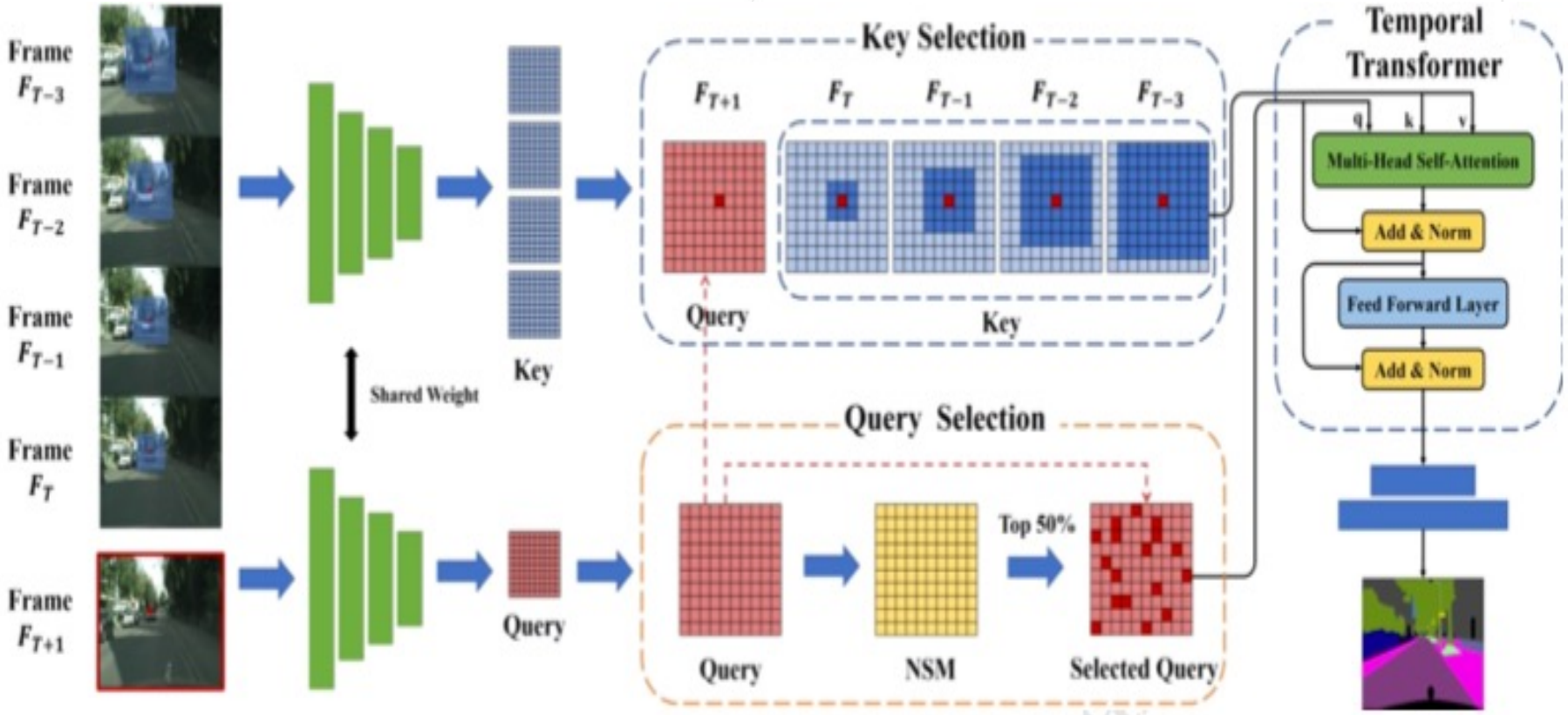
1. 光流或序列建模，引入高额计算或误差
2. **利用时域一致性信息**

我们的方法

1. 低延迟
2. 半监督

借助帧间时空信息的快速视频语义分割算法

算法介绍 框架及流程



1) 利用**时域Transformer**提取帧间关系

2) 引入**Query特征选择**筛选出难分区域，同时降低计算量

3) 引入**Key特征选择**聚焦高相关区域，同时降低计算量

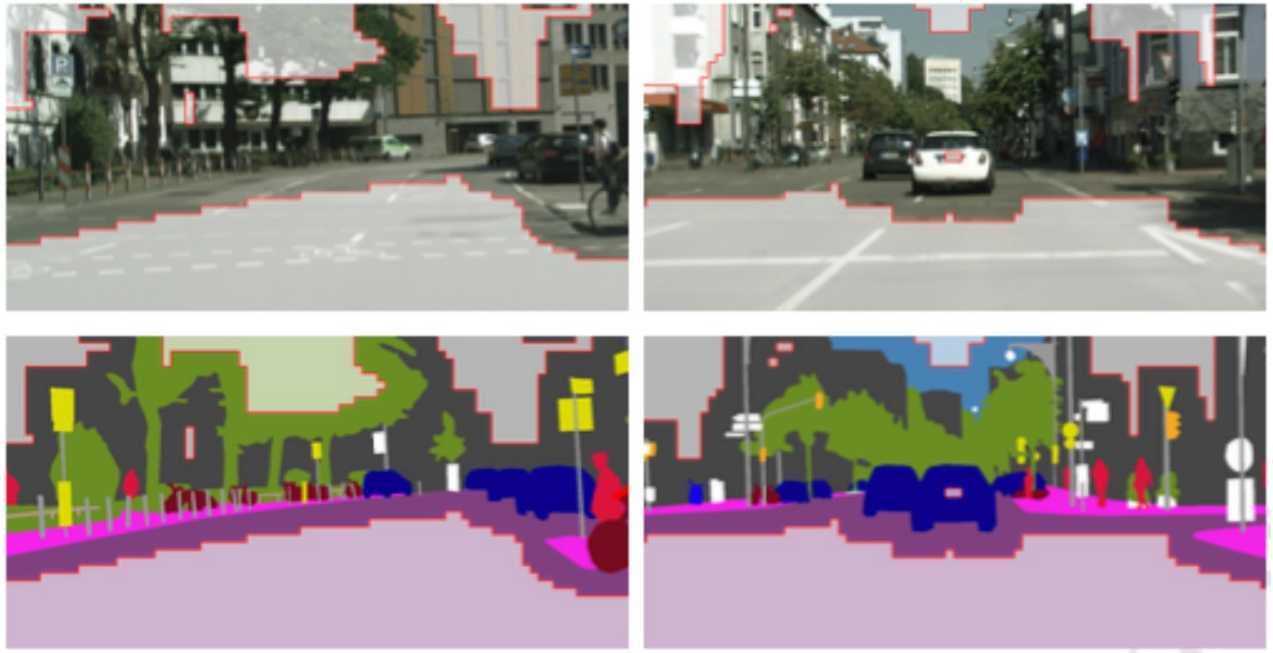
借助帧间时空信息的快速视频语义分割算法

算法介绍　细节说明

1. Query特征选择

1. 提出**NSM指标**，评估Query每个像素的复杂程度
   - 相似度与均匀分布的KL散度：中心区域附近是否复杂
   - 余弦相似度：中心区域与邻域是否相似

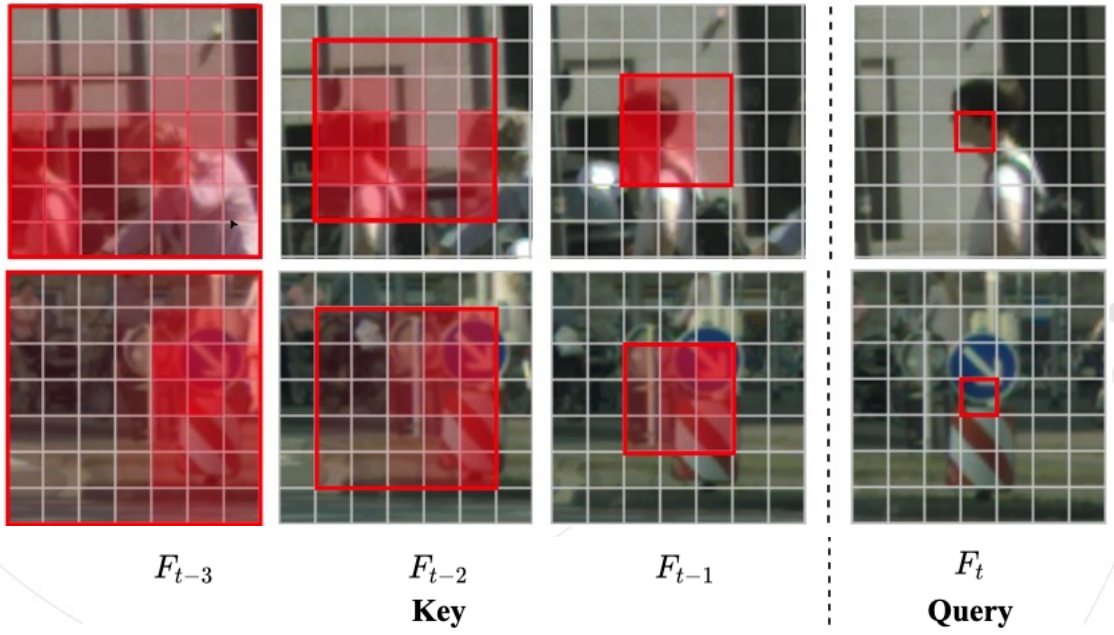
2. Query特征选择过程
   - 计算Query区域的逐像素NSM指标
   - 只保留Top 50%区域



2. Key特征选择

1. Key特征选择基本原则：
   - 距离当前帧越远，Key特征搜索半径越大

2. Key特征选择过程：
   - 根据与当前帧的时域距离，确定Key搜索半径
   - 根据Query中心位置，搜集所有Key特征



借助帧间时空信息的快速视频语义分割算法

商汤 sensetime

实验结果

Cityscapes和Camvid上高精度算法对比

Method	Backbone	Cityscapes			Camvid		
		mIoU(%)↑	TC(%)↑	fps(frame/s)↑	mIoU(%)↑	TC(%)↑	fps(frame/s)↑
NetWarp[4]	ResNet101	80.6	-	0.3	67.1	-	2.8
DFF[139]	ResNet101	68.7	71.4	9.7	-	-	-
GRFP[136]	ResNet101	69.4	-	3.2	66.1	-	4.4
LVS[161]	ResNet101	76.8	-	5.9	-	-	-
Accel[133]	ResNet101/18	72.1	70.3	3.6	66.7	-	7.6
PSPNet18[28]	ResNet18	75.5	68.5	10.8	71.0	-	24.4
PSPNet50[28]	ResNet50	78.1	-	4.2	74.7	-	8.5
PSPNet101[28]	ResNet101	79.4	69.7	2.1	77.6	77.1	4.1
TDNet-PSP18[132]	ResNet18	76.8	70.4	11.8	72.6	73.2	25.2
TDNet-PSP50[132]	ResNet101	79.9	71.1	5.6	76.0	77.4	11.1
ETC-PSP18[135]	ResNet18	73.1	70.6	10.8	75.2	77.3	24.4
ETC-PSP101[135]	ResNet101	79.5	71.7	2.1	79.4	78.6	4.1
STT-PSP18	ResNet18	**77.3**	**73.0**	11.5	**76.1**	**81.4**	24.7
STT-PSP101	ResNet101	**82.5**	**73.9**	2.2	**80.2**	**82.3**	4.2

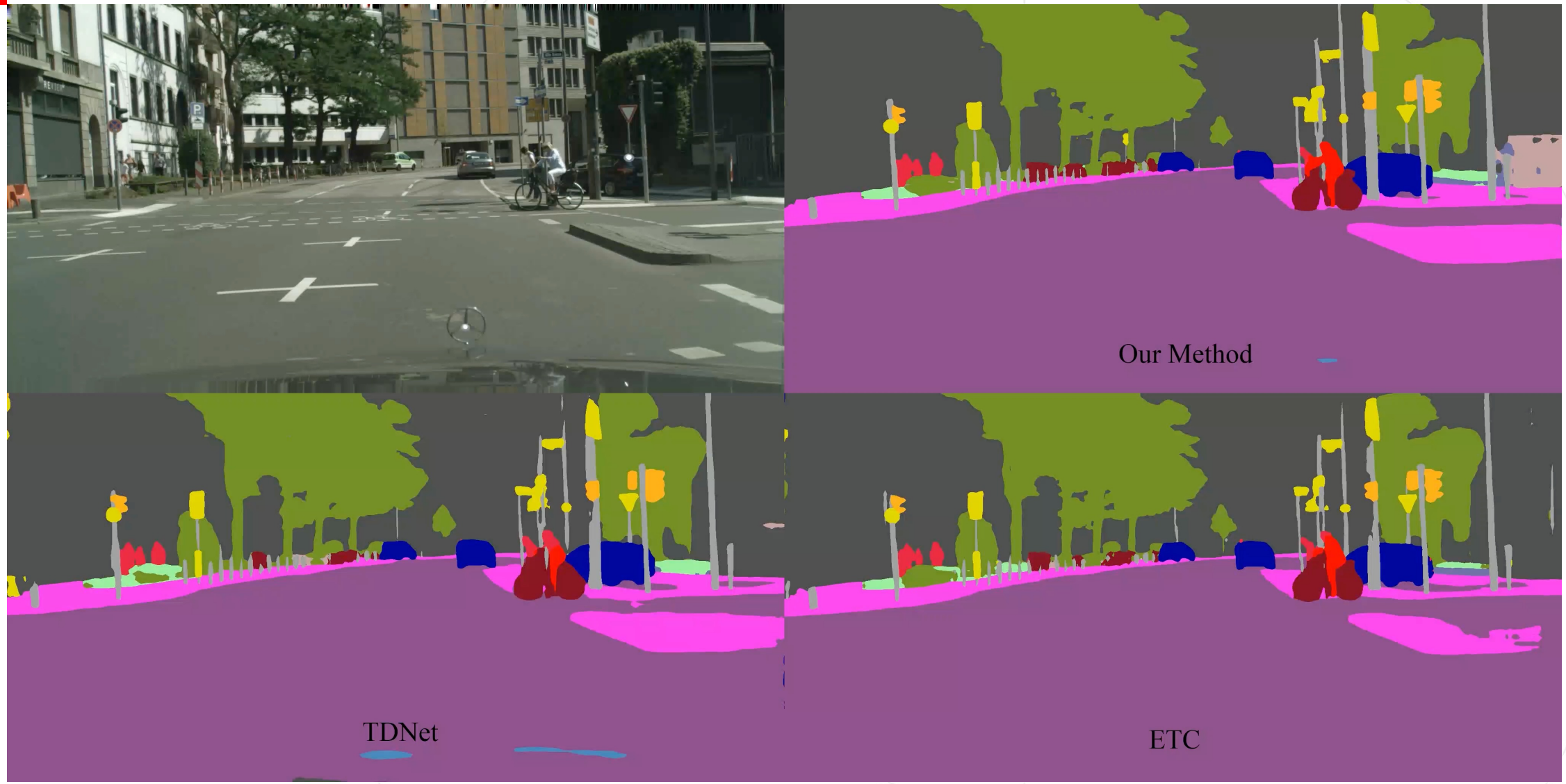
Cityscapes上高性能算法对比

Method	Backbone	mIoU(%)↑	TC(%)↑	fps(frame/s)↑
DVSNet[137]	ResNet18	63.2	-	30.3
ICNet[152]	ResNet50	67.7	-	50.0
LadderNet[148]	DenseNet121	72.8	-	30.3
SwiftNet[150]	ResNet18	75.4	-	43.5
BiSeNet18[158]	ResNet18	73.8	-	50.0
BiSeNet34[158]	ResNet34	76.0	-	37.0
TDNet-BiSe18[132]	ResNet18	75.0	70.2	47.6
TDNet-BiSe34[132]	ResNet34	76.4	71.1	38.5
ETC-Mobi[135]	MobileNetV2	73.9	69.9	20.8
STT-BiSe18	ResNet18	**75.8**	**71.4**	44.2
STT-BiSe34	ResNet34	**77.3**	**72.0**	33.8

借助帧间时空信息的快速视频语义分割算法

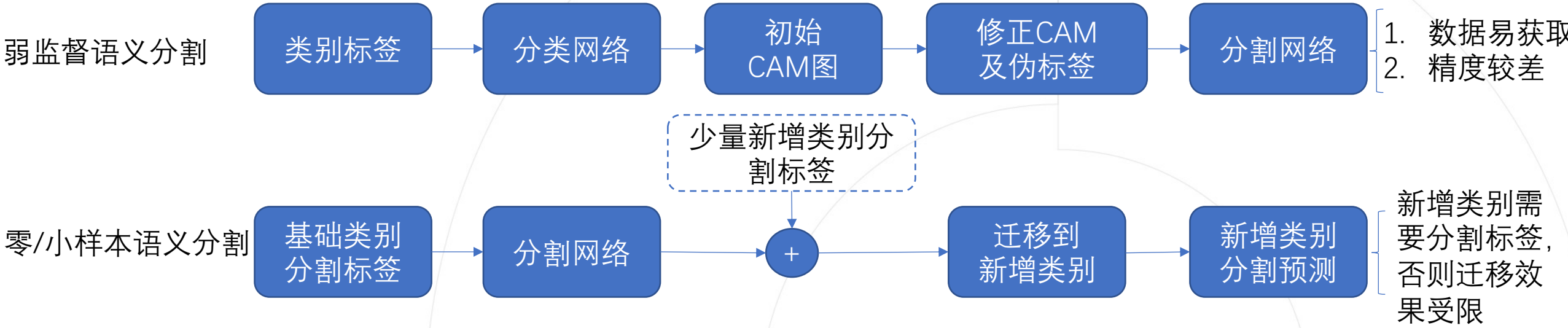
实验结果

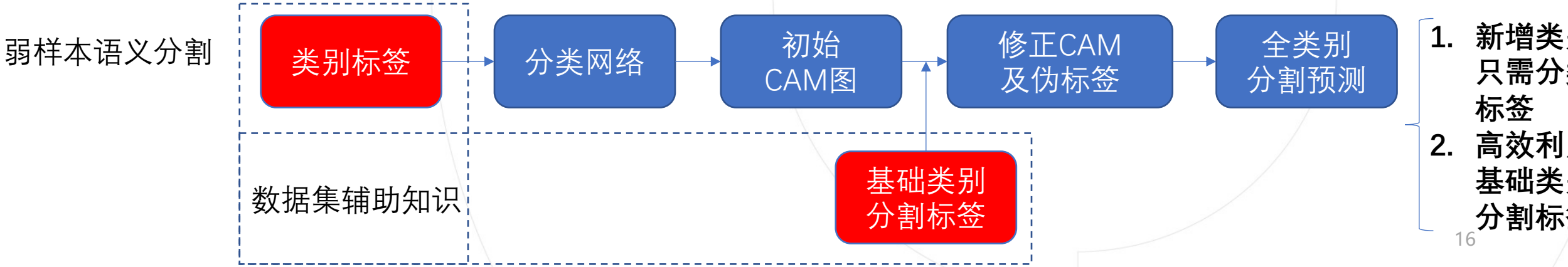
可视化对比



借助辅助数据集的弱样本图像语义分割算法

背景及动机

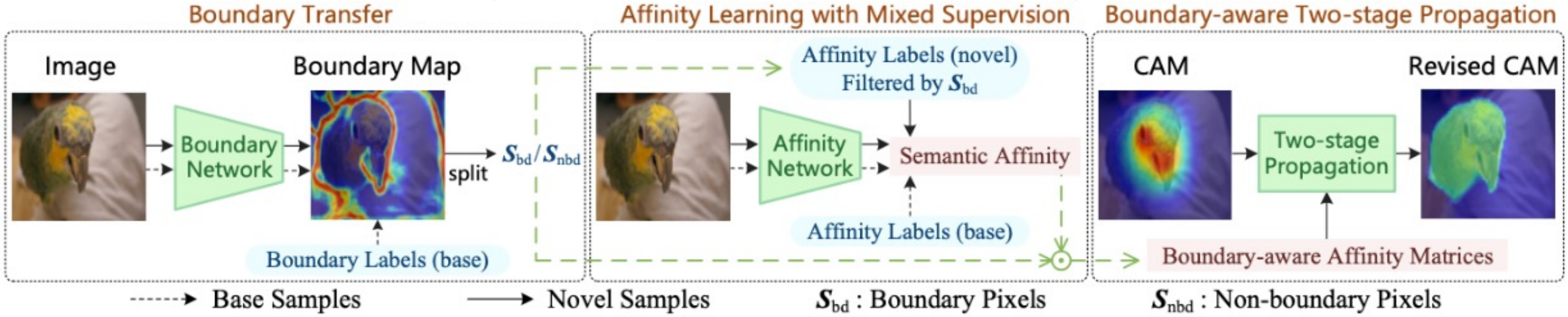




借助辅助数据集的弱样本图像语义分割算法

算法介绍 框架及流程

基于语义亲密度和边界迁移的响应扩展(Response Expansion by Transferring semantic Affinity and Boundary，RETAB)



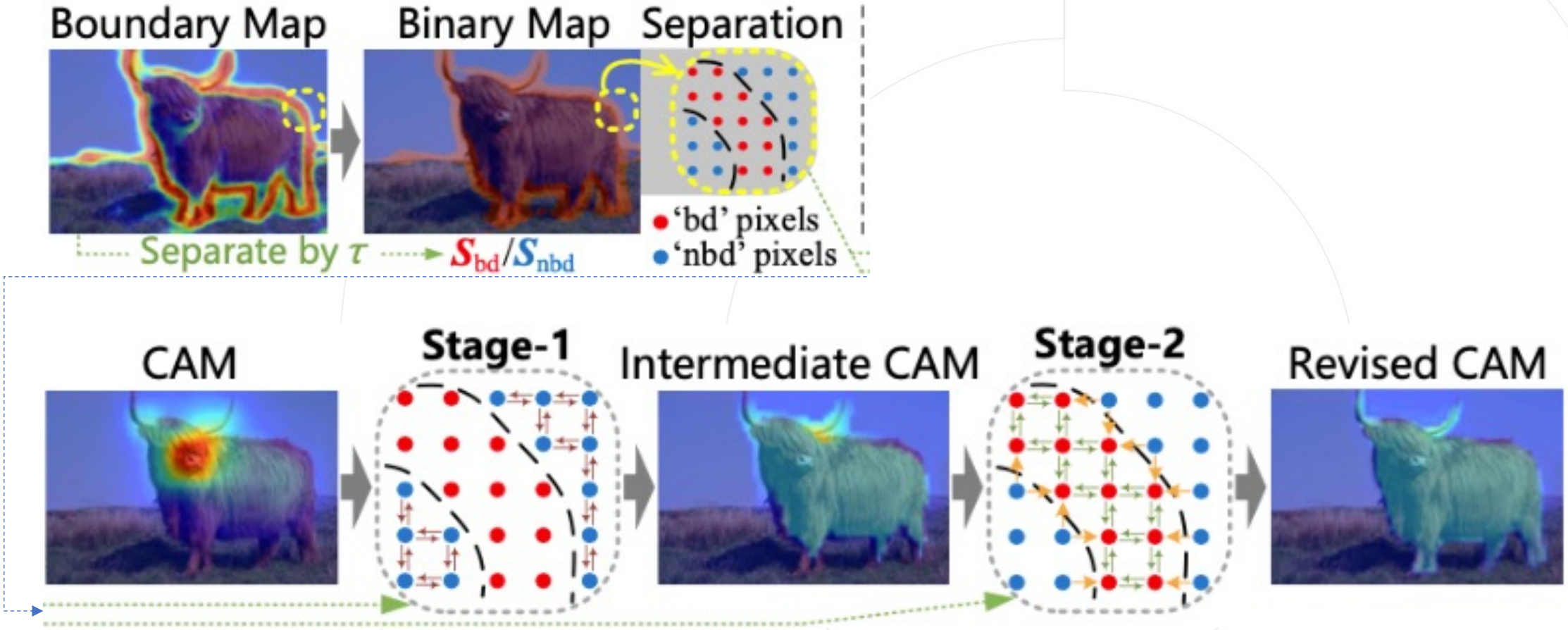
RETAB 算法可以配合任意WSSS 基线模型使用，使用过程分成以 下三个步骤:

1. 训练分类模型得到CAM 作为初始响应图;
2. 基于RETAB 进行响应传播，并得到新增类别的伪标签;
3. 联合使用基础类别的稠密标注及新增类别的伪标签以全监督方式训练语义分割网络。

借助辅助数据集的弱样本图像语义分割算法

算法介绍　细节说明

边界敏感的两阶段信息传播过程



借助辅助数据集的弱样本图像语义分割算法

实验结果

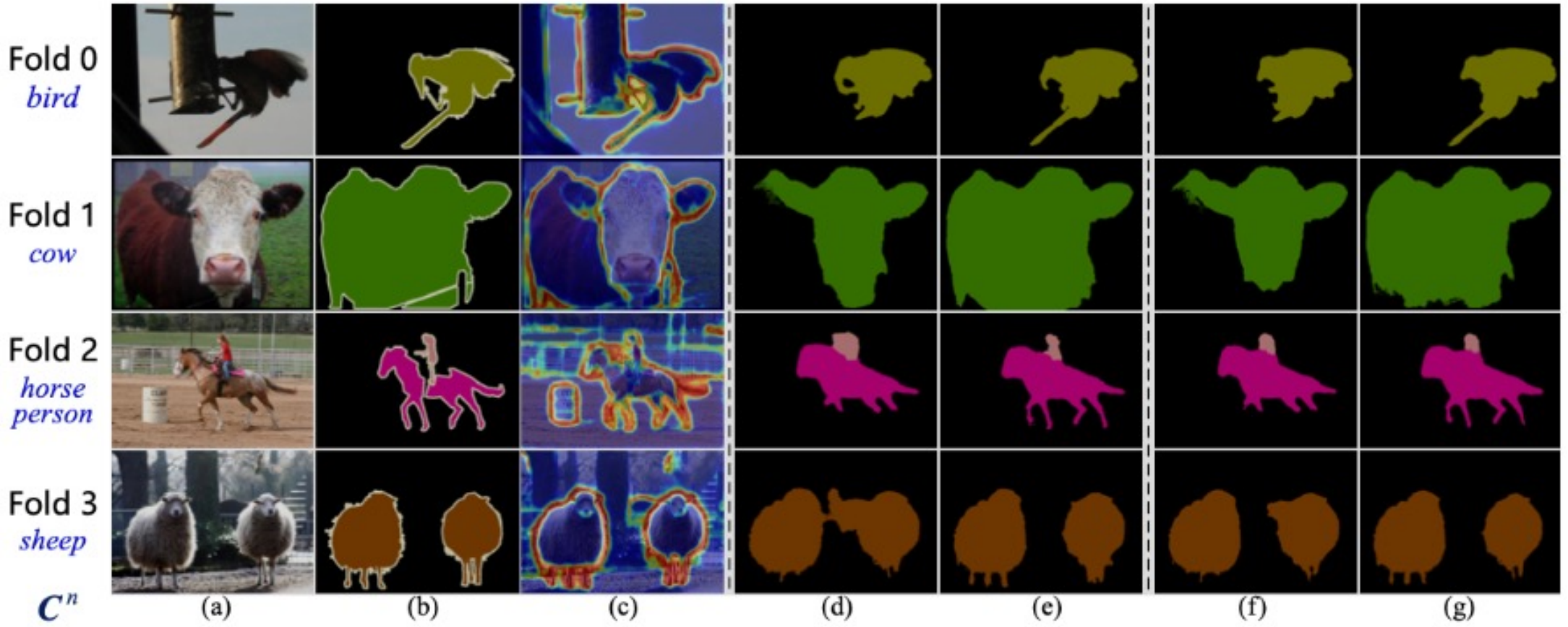
PASCAL VOC 2012 测试集上的语义分割性能对比

Method	fold 0			fold 1			fold2			fold3		
	$\mathscr{C}$	$\mathscr{C}^b$	$\mathscr{C}^n$	$\mathscr{C}$	$\mathscr{C}^b$	$\mathscr{C}^n$	$\mathscr{C}$	$\mathscr{C}^b$	$\mathscr{C}^n$	$\mathscr{C}$	$\mathscr{C}^b$	$\mathscr{C}^n$
MCOF([205])	61.2	62.6	56.7	61.2	59.7	66.0	61.2	60.6	63.3	61.2	63.6	53.4
SSDD([214])	65.5	67.6	58.8	65.5	64.5	68.7	65.5	63.5	72.1	65.5	68.0	57.7
BES([188])	66.6	68.8	59.6	66.6	64.9	71.9	66.6	64.7	72.6	66.6	69.3	57.8
SvM([206])	66.7	67.5	64.2	66.7	65.8	69.7	66.7	65.6	70.6	66.7	69.6	57.7
CAM+RW([193])	63.7	65.4	58.1	63.7	63.7	63.8	63.7	61.4	71.0	63.7	65.8	56.8
CAM+RW(SEGGT)	73.8	78.5	58.6	74.8	**76.5**	69.5	73.7	74.4	71.5	73.9	79.2	56.9
CAM+RW(AFFGT+SEGGT)	75.2	78.7	64.0	75.3	**76.5**	71.5	74.6	75.2	72.7	74.1	**79.3**	57.5
CAM+RETAB	**76.3**	**78.8**	**68.0**	**76.0**	76.1	**75.9**	**75.4**	**75.4**	**75.6**	**74.8**	79.2	60.8
SEAM+RW([201])	65.7	-	-	65.7	-	-	65.7	-	-	65.7	-	-
SEAM+RW(SEGGT)	74.0	78.7	59.1	74.5	75.6	71.1	73.5	73.3	74.0	73.7	78.1	59.6
SEAM+RW(AFFGT+SEGGT)	74.9	**78.9**	62.1	75.2	76.4	71.4	74.3	74.3	74.3	74.2	78.7	59.8
SEAM+RETAB	**75.5**	**78.9**	**64.6**	**76.0**	**76.6**	**74.0**	**75.1**	**75.0**	**75.6**	**74.8**	**79.0**	**61.5**
Fully Oracle	77.9	79.1	74.4	77.9	77.7	78.7	77.9	76.4	82.9	77.9	79.6	72.6

借助辅助数据集的弱样本图像语义分割算法

实验结果

PASCAL VOC 2012 测试集上的可视化对比

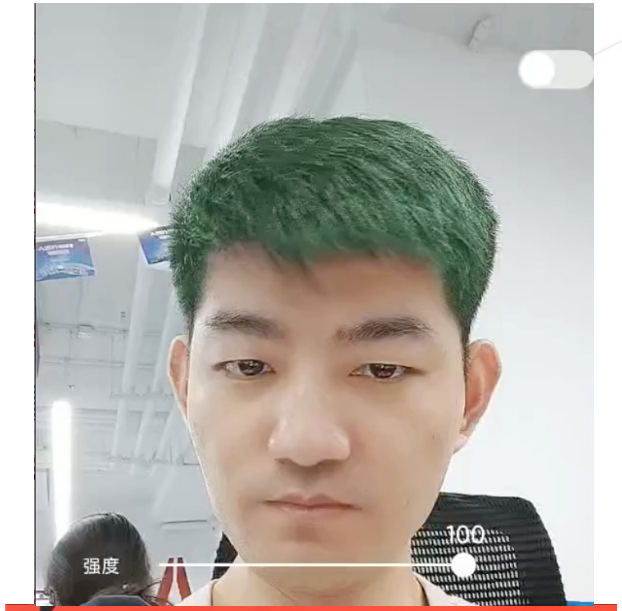


GT label Transferred boundary CAM+RW CAM+RETAB SEAM+RW SEAM+RETAB

在站期间其他工作概述

分割与编辑+Depth

移动端实时视频**目标分割**：人像/人头/头发/人脸/衣物/皮肤/天空等
移动端实时视频**实例分割**：人头/人脸等
移动端轻量**目标解析**：人体等
移动端轻量**目标抠像**：人体/头发/天空
移动端轻量**单目深度估计**：室内/室外等
…… ……



虚拟试穿+手势

移动端实时**手势识别**
移动端实时**虚拟美甲**
移动端实时**虚拟试鞋**
移动端实时**虚拟试表**
…… ……