阴影成像模型与去除算法研究

汇报人：刘佳伟

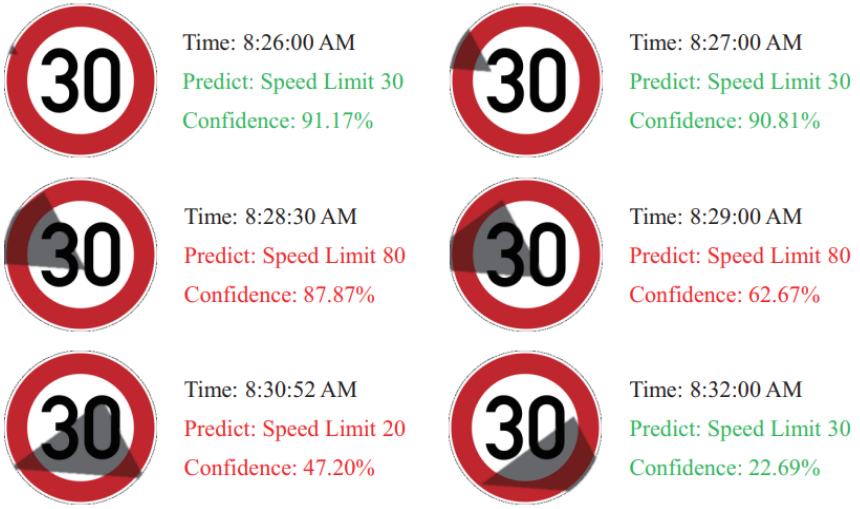
视觉组|机器人学国家重点实验室|
中国科学院沈阳自动化研究所

姓名： 刘佳伟
邮箱： liujiawei@sia.cn

研究背景

阴影会极大地损害高层视觉算法的性能，如目标跟踪、识别与检测等。

- **需求**：阴影建模和去除研究致力于**提升复杂光照下视觉系统的鲁棒性**
- **受限**场景：在复杂光照条件和杂乱背景下，难以彻底去除阴影



现有的阴影去除网络流程长、速度慢

- 大多数阴影去除方法采用多阶段网络，依赖于阴影检测
- 冗长管道：阴影图像->阴影检测->阴影去除->图像细化

姓名： 刘佳伟
邮箱： liujiawei@sia.cn

1.阴影双线性成像模型

Dichromatic reflection model (Shafer-1985)

$$I^H(x,y) = m_i(x,y)\int E_i(\lambda,x,y)S(\lambda,x,y)Q_H(\lambda)d\lambda + m_b(x,y)\int E_b(\lambda,x,y)S(\lambda,x,y)Q_H(\lambda)d\lambda,$$

Lambertian reflector (i.e., neglect E_i).

$$I^H = \eta \cdot W_H \cdot m_b \cdot \int_{400}^{700} E_b(\lambda)S(\lambda)Q_H(\lambda)d\lambda,$$

$$E_{day}(\lambda)\cdot Q_H(\lambda) \approx K_H \cdot E_{sky}(\lambda)\cdot Q_H(\lambda),$$

Shadow imaging linear model (Tian-CVPR2011)

$$\frac{I_f^H}{I_s^H} = \frac{\eta \cdot W_H \cdot m_b \cdot \int_{400}^{700} E_{day}(\lambda)S(\lambda)Q_H(\lambda)d\lambda}{\eta \cdot W_H \cdot m_b \cdot \int_{400}^{700} E_{sky}(\lambda)S(\lambda)Q_H(\lambda)d\lambda} \approx K_H$$

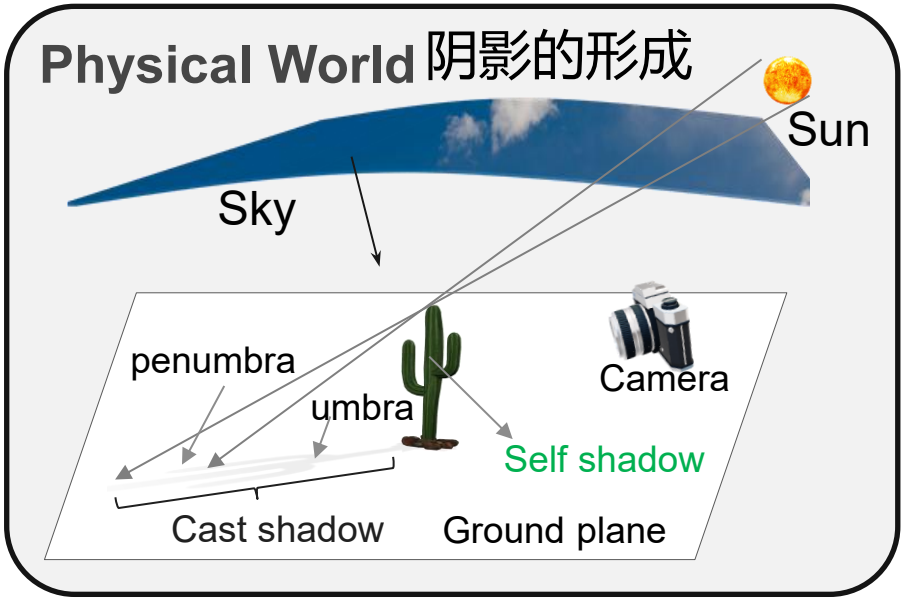
$$I_f^H = k_H \cdot I_s^H + b_H$$

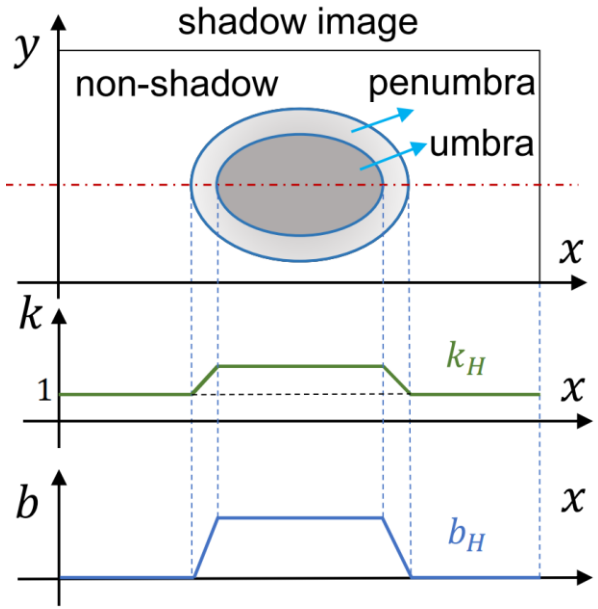
Shadow imaging bilinear model

$$\begin{aligned} I_f^H &= k_H \cdot I_s^H + b_H \\ &= I_s^H + ((k_H - 1)\cdot I_s^H + b_H) \\ &= I_s^H + I_m^H. \end{aligned} \Rightarrow \boxed{\begin{aligned} I_f^H &= k_H I_s^H + b_H \\ I_m^H &= (k_H - 1)\cdot I_s^H + b_H \end{aligned}}$$

Paper: A Shadow Imaging Bilinear Model and Three-Branch Residual Network for Shadow Removal (TNNLS 2023)
Code: https://github.com/nachifur/TBRNet
Foundation: 国家自然科学基金(面上项目) -面向海洋中光层的目标检测与跟踪算法研究

1.阴影双线性成像模型





阴影照明参数

The variation in k_H and b_H on a shadow image.

阴影成像双线性模型

$$\begin{cases} I_f^H = k_H I_s^H + b_H \\ I_m^H = (k_H - 1) \cdot I_s^H + b_H \end{cases}$$

光照补偿模型

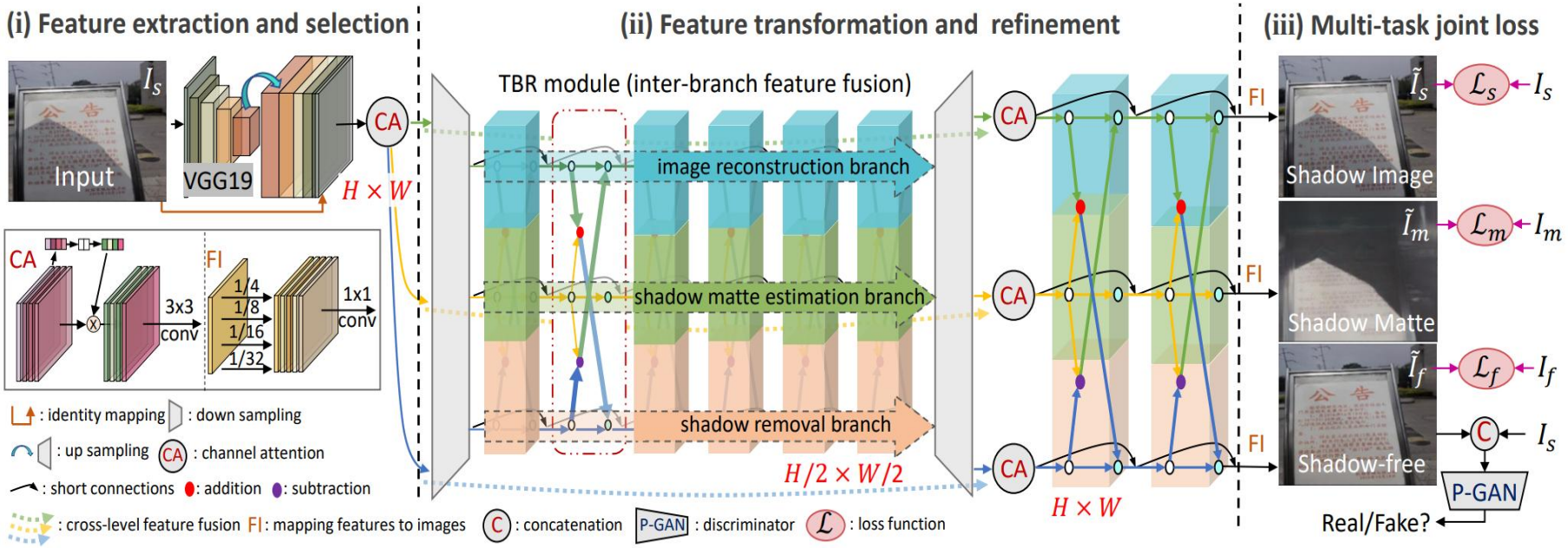
$$I_f = I_s + I_m$$

姓名： 刘佳伟
邮箱： liujiawei@sia.cn

2.三分支残差阴影去除网络

贡献和创新：

- 通过**建模光照衰减**推导出阴影双线性成像模型，揭示单图像阴影去除过程。
- 设计了基于模型的三分支残差阴影去除网络，**不需要额外的阴影检测和图像细化网络**，实现了最优性能。



中国科学院沈阳自动化研究所· 机器人学重点实验室

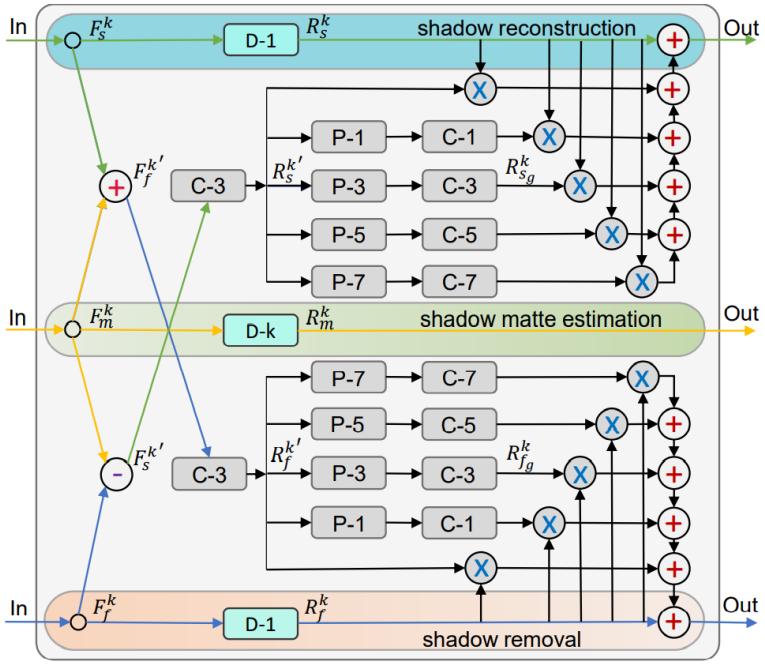
State Key Laboratory of Robotics, Shenyang Institute of Automation ,Chinese Academy of Sciences, Shenyang

姓名： 刘佳伟

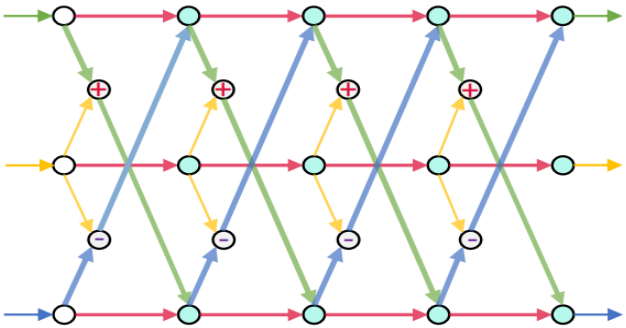
邮箱： liujiawei@sia.cn

2.三分支残差阴影去除网络

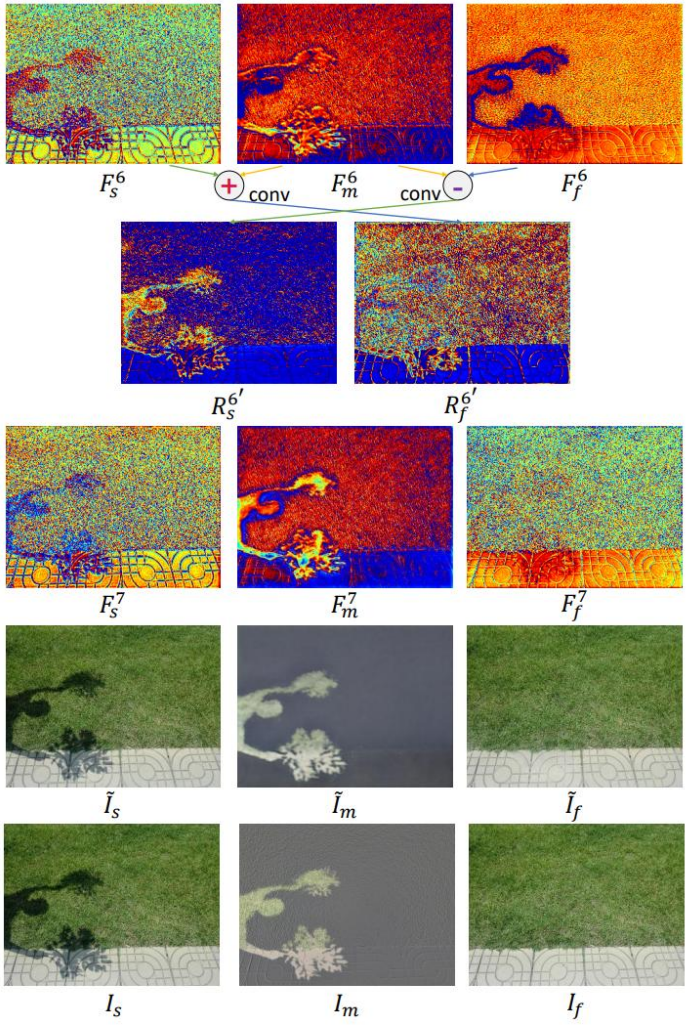
三分支残差模块



密集信息流



特征融合可视化



VISION GROUP

中国科学院沈阳自动化研究所· 机器人学重点实验室

State Key Laboratory of Robotics, Shenyang Institute of Automation ,Chinese Academy of Sciences, Shenyang

姓名： 刘佳伟

邮箱： liujiawei@sia.cn

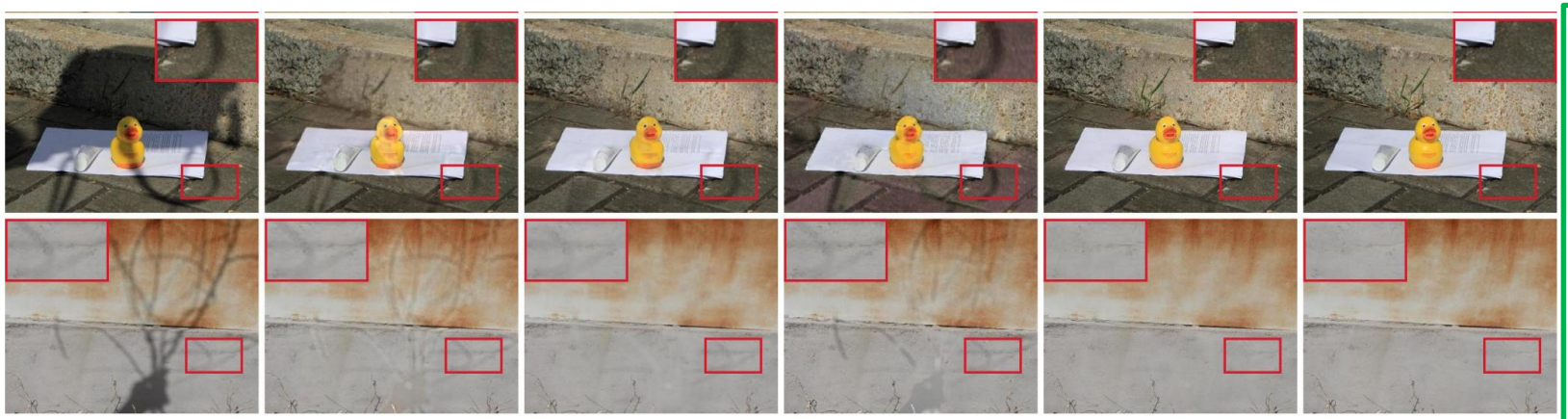
2.三分支残差阴影去除网络

实验结果

Method	Shadow	Non-shadow	ALL
Original	46.87	5.60	14.28
Yang [67] *	23.43	22.26	22.57
Guo [14] *	29.89	6.47	12.60
Gong [68] *	19.58	4.92	8.73
DeShadowNet [33]	11.78	4.84	6.64
DSC [30] ¶	10.89	4.99	6.23
RIS-GAN [35]	8.22	6.05	6.78
DHAN [29]	8.94	4.80	5.67
FusionNet [21]	8.56	5.75	6.51
CANet [32]	7.82	5.88	5.98
Ours (TBRNet)	**7.70**	4.94	**5.62**
DHAN [29]+DA	8.39	4.67	**5.46**
Ours (TBRNet)+DA	**7.68**	4.89	5.57

SRD

Visual results on the AISD dataset [34].



Input | DSC [30] | DHAN [29] | FusionNet [21] | TBRNet (Ours) | Ground Truth | Shadow Matte

VISION GROUP

中国科学院沈阳自动化研究所· 机器人学重点实验室

State Key Laboratory of Robotics, Shenyang Institute of Automation ,Chinese Academy of Sciences, Shenyang

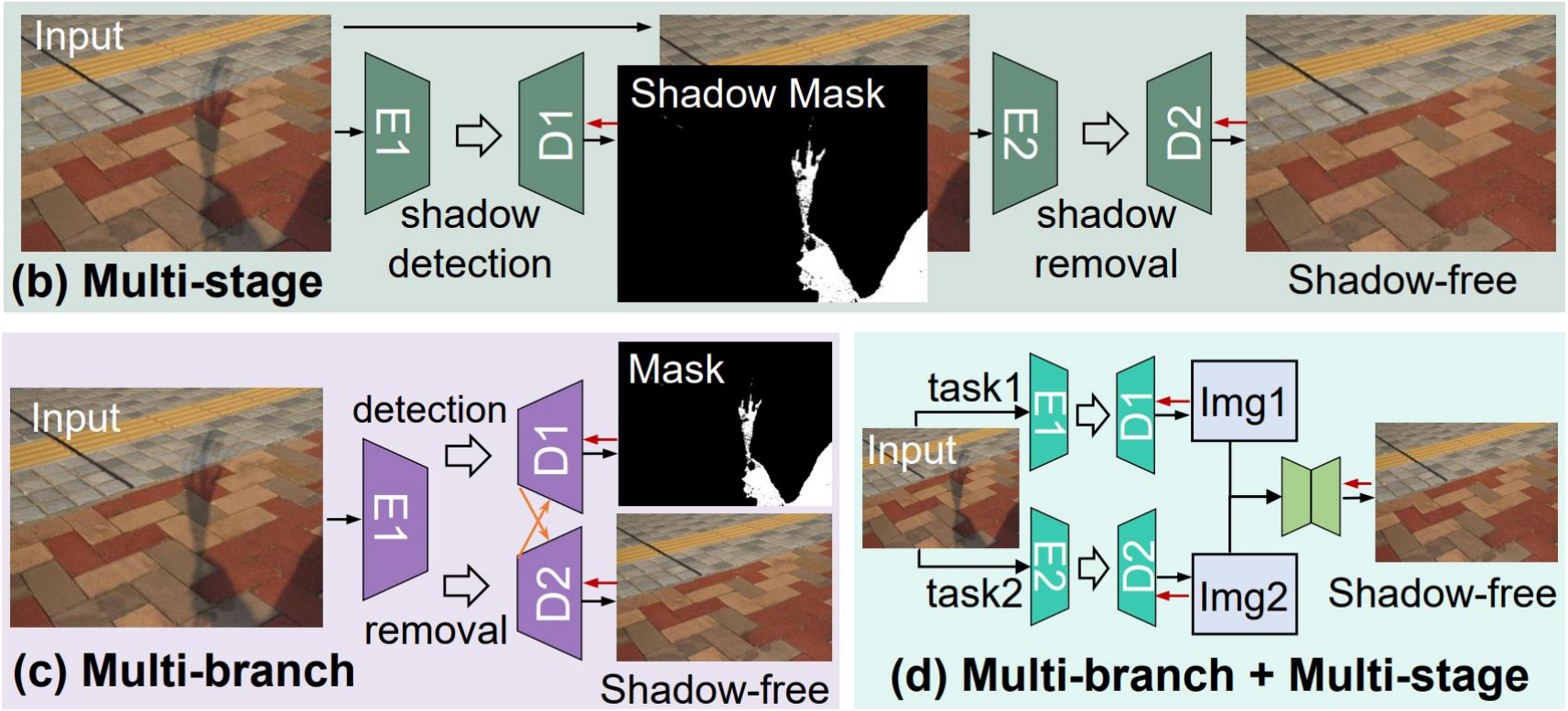
姓名： 刘佳伟

邮箱： liujiawei@sia.cn

3.多任务解耦的阴影去除网络

存在的问题:

- **多阶段**中后续任务依赖于前一任务产生的输出图像，造成系统不鲁棒
- **多分支**的特征利用效率低，分支间交互造成参数增加

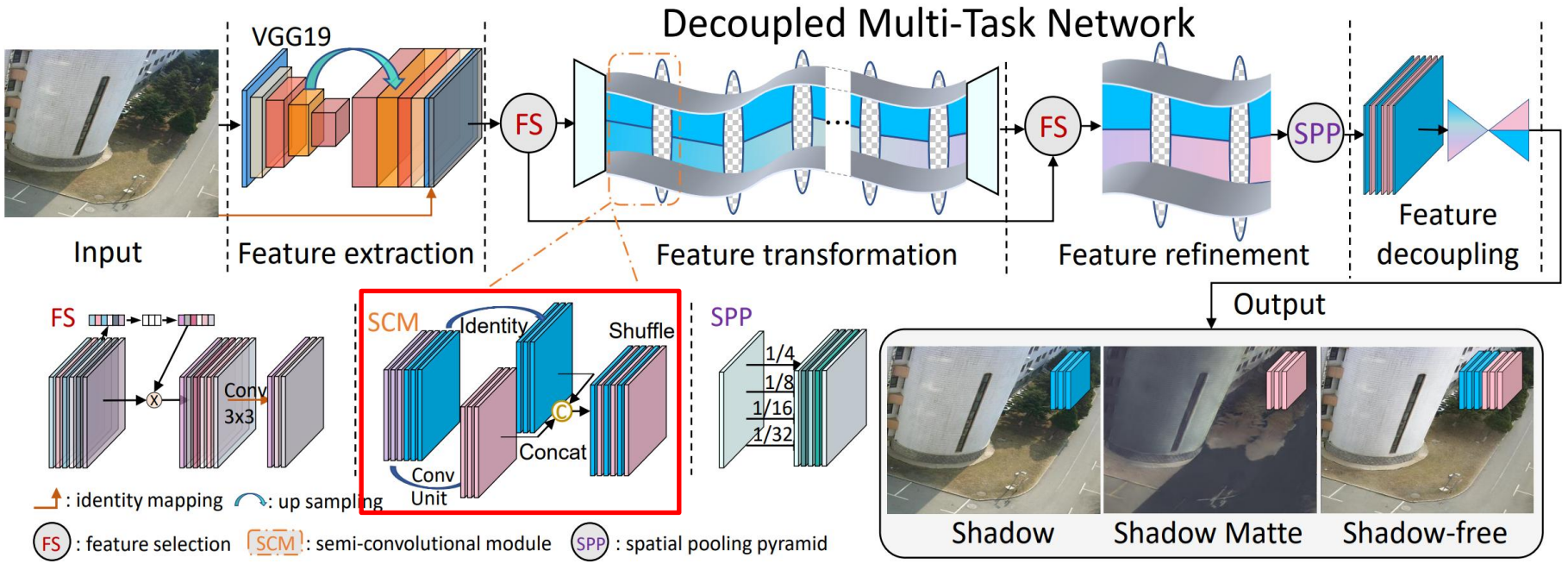


Paper: A Decoupled Multi-Task Network for Shadow Removal (TMM 2023)
Code: https://github.com/nachifur/DMTN
Foundation: 国家自然基金重大项目课题 - 复杂海况多艇实时交互认知机制研究

3.多任务解耦的阴影去除网络

贡献和创新：

- 提出的多任务解耦阴影去除网络，**避免了多分支和多阶段网络的缺点。**
- 提出了轻量化的**半卷积模块**，以及受约束的**多任务特征解耦模块**，能够将网络学到的特征聚合为阴影图像，光照补偿图像，无阴影图像。



姓名： 刘佳伟

邮箱： liujiawei@sia.cn

3.多任务解耦的阴影去除网络

光照补偿模型

I_s : shadow image I_m : shadow matte I_f : shadow-free

光照、图像、参数分解

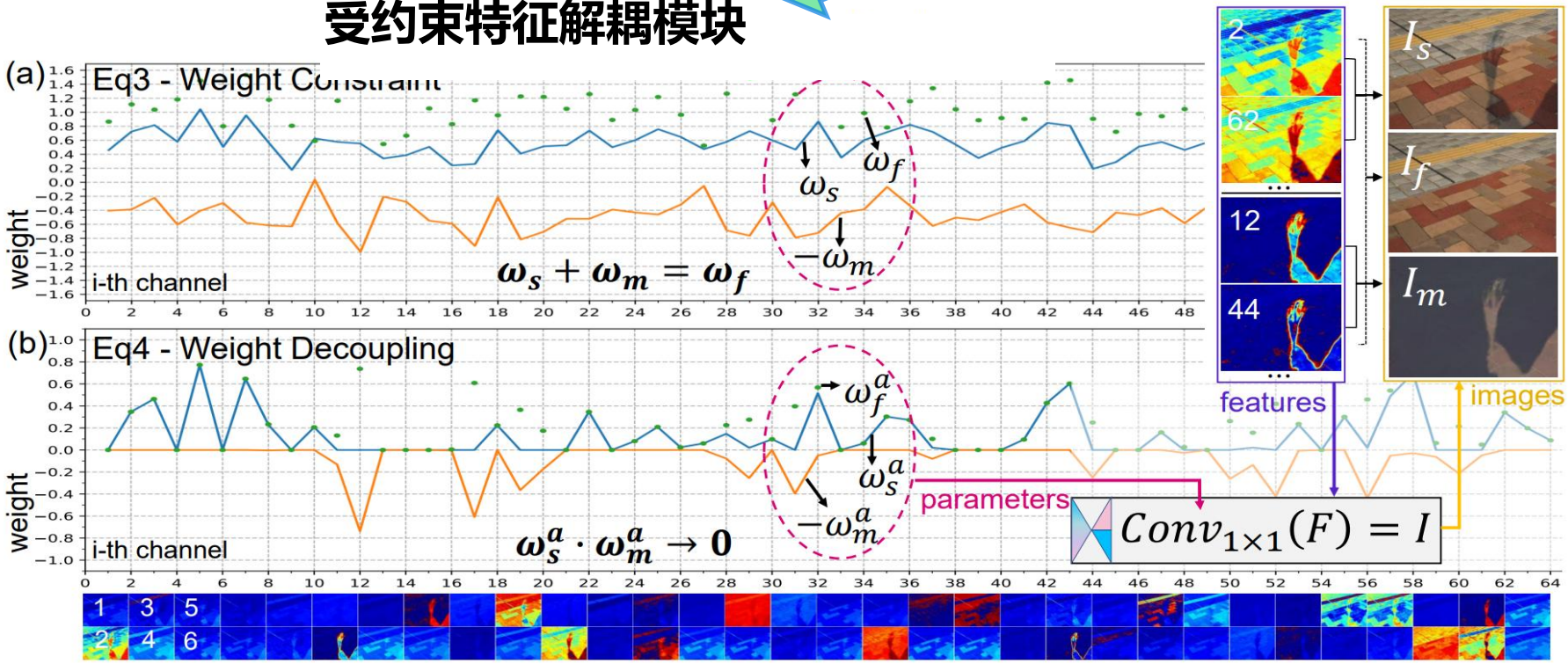
Decomposition

Illumination: $L = L_a + L_d$

Image: $I_f = I_s + I_m$

Parameter: $\omega_f = \omega_s + \omega_m$

受约束特征解耦模块

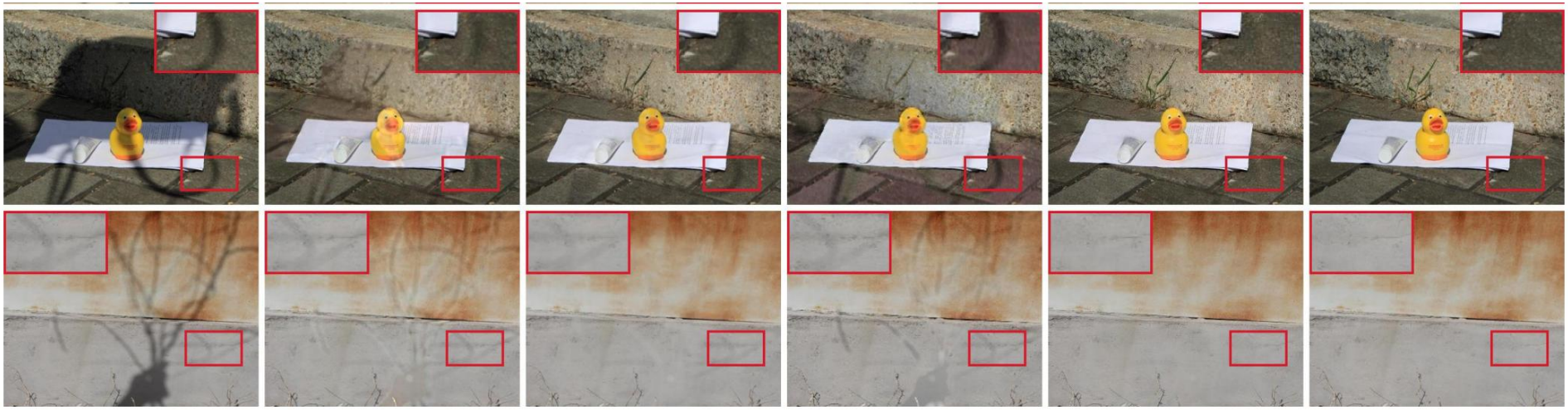


4. 开源软件– MulimgViewer

OpenCAS
中国科学院开源软件协会

项目网站：https://github.com/nachifur/MulimgViewer

- 并行放大比较、提供中英文文档网站、支持跨平台
- 880+Star|5.2k+下载|180+人社区|5 人参与贡献
- 已被国内外很多顶级大学、公司、研究机构的研究人员使用，如：中科大、清北、南理、UC Berkeley、纽约大学石溪分校、南洋理工、帝国理工、字节、腾讯、旷世、沈自所、光电所等
- 积极参与并推动中国科学院开源软件协会OpenCAS的发展



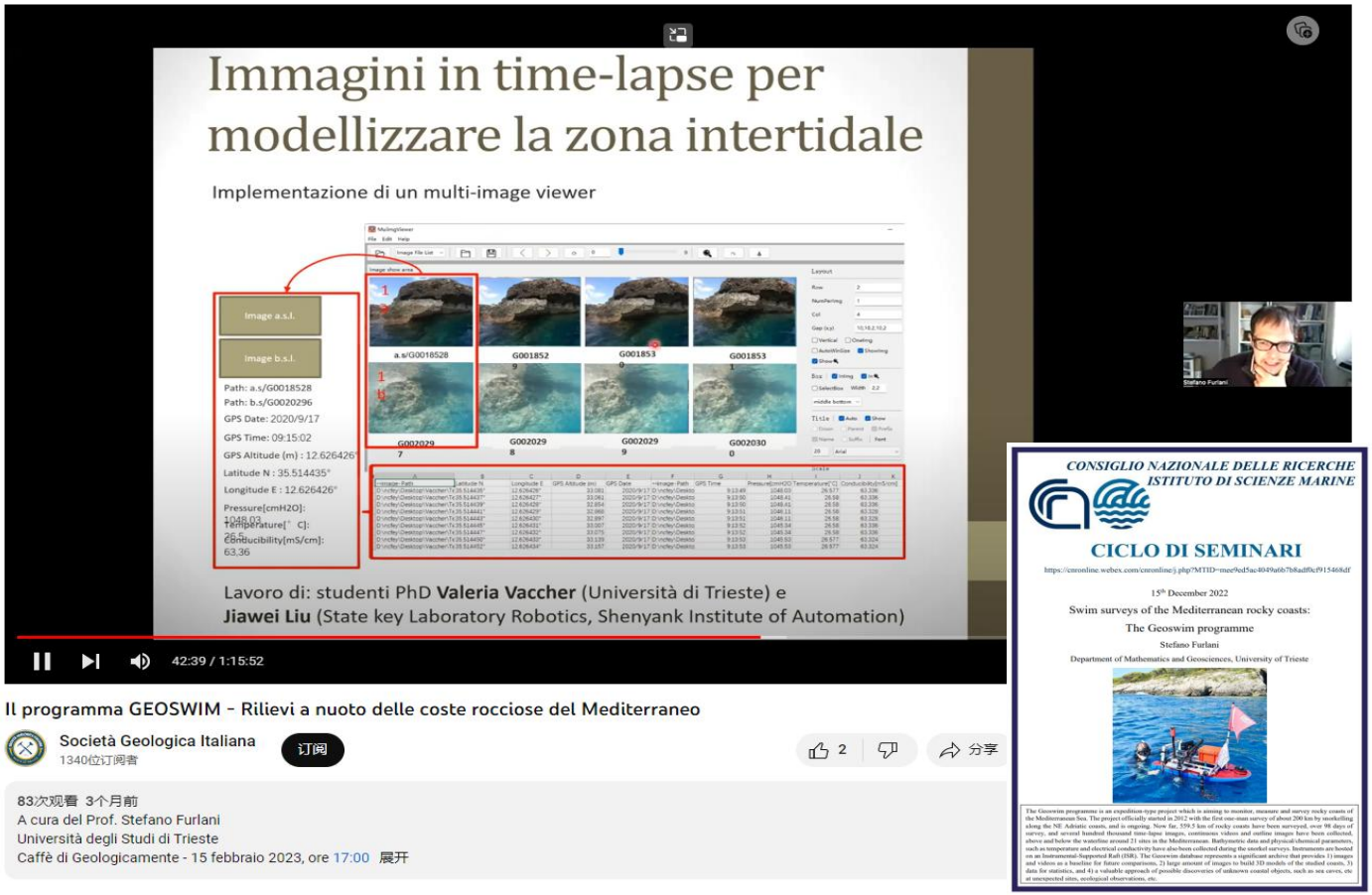
一键生成实验对比图|图文并行显示|多图像显示前端

VISION GROUP
中国科学院沈阳自动化研究所· 机器人学重点实验室
State Key Laboratory of Robotics, Shenyang Institute of Automation ,Chinese Academy of Sciences, Shenyang
姓名： 刘佳伟
邮箱： liujiawei@sia.cn

4. 开源软件– MulimgViewer

视频链接：https://youtu.be/-3ol1gSRG3c

- 为欧洲海洋地质项目Geomorphology-Geoswim Project提供**多维数据的可视化解决方案**（水上图像、水下图像、经纬度、温度、压强等）。



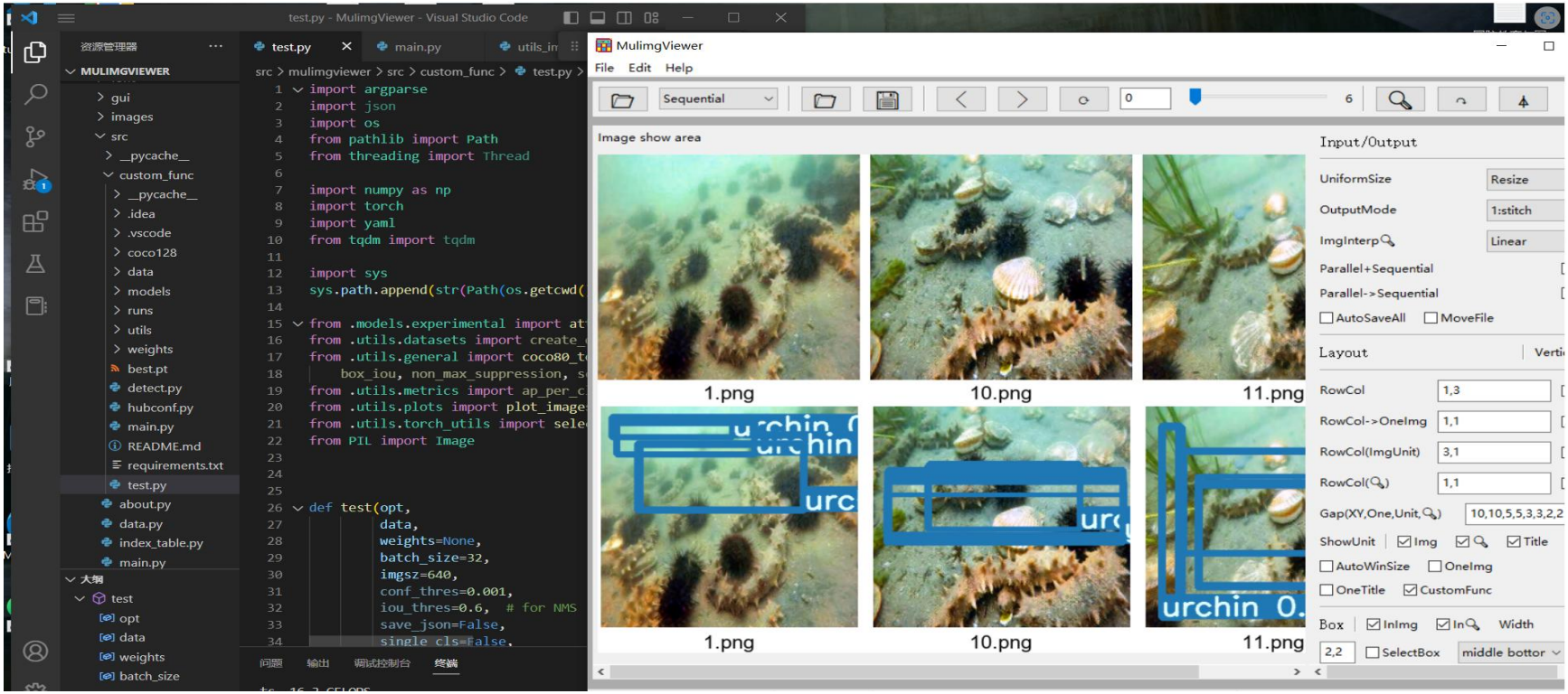
https://github.com/nachifur/MulimgViewer/issues/57

中国科学院沈阳自动化研究所· 机器人学重点实验室
State Key Laboratory of Robotics, Shenyang Institute of Automation ,Chinese Academy of Sciences, Shenyang
姓名： 刘佳伟
邮箱： liujiawei@sia.cn

4. 开源软件– MulimgViewer

- 支持用户自定义图像处理函数

作为图像显示前端，支持任何定制的python图像处理算法，如：使用CPU的传统图像处理算法，或者**使用GPU的深度学习算法**（检测、识别、分割等）



https://github.com/nachifur/MulimgViewer/issues/74

VISION GROUP

中国科学院沈阳自动化研究所· 机器人学重点实验室

State Key Laboratory of Robotics, Shenyang Institute of Automation ,Chinese Academy of Sciences, Shenyang

姓名： 刘佳伟

邮箱： liujiawei@sia.cn

WeChat: nachifur

Code: github.com/nachifur

谢谢各位老师同学，敬请指正！

VISION GROUP

中国科学院沈阳自动化研究所· 机器人学重点实验室

State Key Laboratory of Robotics, Shenyang Institute of Automation ,Chinese Academy of Sciences, Shenyang

姓名： 刘佳伟

邮箱： liujiawei@sia.cn