上海同心学术论坛第3期

模态蒸馏下的SAR图像建筑物提取方法

报告人：康健

苏州大学 电子信息学院

2022年4月29日

报告提纲

1 研究背景与思路

2 知识蒸馏

3 模态蒸馏下的SAR图像建筑物提取方法

4 研究总结

报告提纲

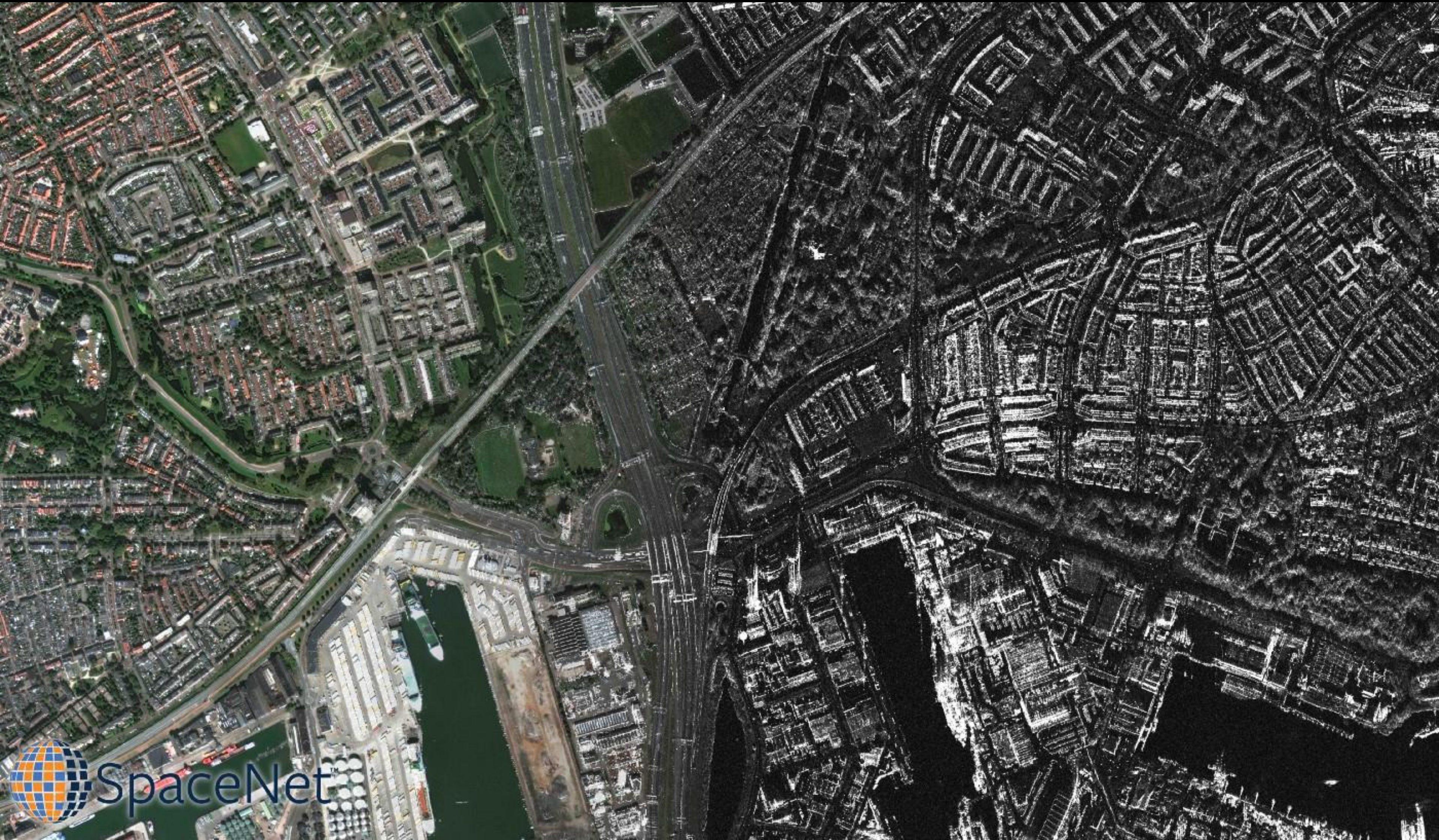
1 **研究背景与思路**

2 知识蒸馏

3 模态蒸馏下的SAR图像建筑物提取方法

4 研究总结

研究背景

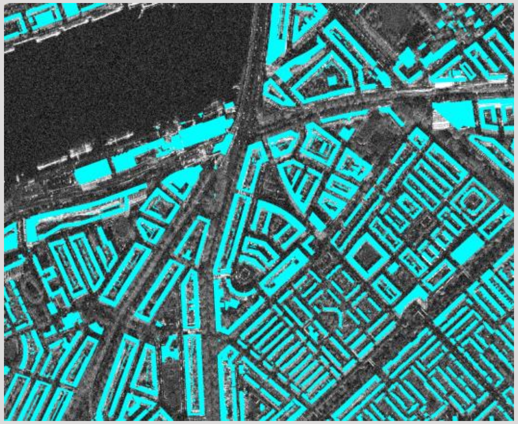


研究背景

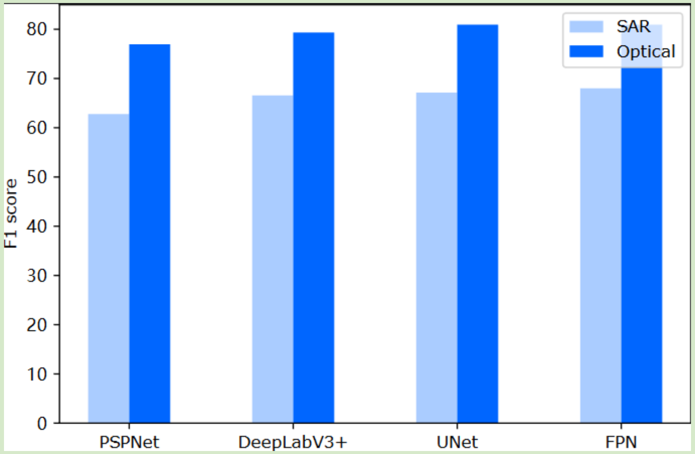
研究背景

合成孔径雷达（SAR）能全天时、全天候对地进行观测，但与光学影像相比，其解译一直是领域内的难点、热点问题

SAR图像城市地区建筑物区域提取[1]



SAR与光学提取精度对比[2,3]



[1] Shermeyer, J., Hogan, D., Brown, J., Van Etten, A., Weir, N., Pacifici, F., ... & Lewis, R. (2020). SpaceNet 6: Multi-sensor all weather mapping dataset. In Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (pp. 196-197).

[2] **Kang, J.**, Wang, Z., Zhu, R., Xia, J., Sun, X., Fernandez-Beltran, R., & Plaza, A. (2022). DisOptNet: Distilling Semantic Knowledge from Optical Images for Weather-independent Building Segmentation. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing.

[3] **康健**, 王智睿, 祝若鑫, & 孙显. (2021). 基于监督对比学习正则化的高分辨率 SAR 图像建筑物提取方法. 雷达学报, 10, 1-11.

研究思路

“取长补短”：能否利用**光学图像**对于地物的相对**强解译能力**来提升**微波视觉**中地物的**解译效果**?

➢ **迁移学习**： ImageNet参数重利用再微调（Fine-tuning）等[4-9]

➢ **生成模型**：跨模态数据生成减小不同模态图像之间的差异性[10-12]

➢ **元学习**：学习元模型并建立不同模态模型参数与其的映射关系[13]

模态蒸馏：将光学图像中学习到的模型**领域知识蒸馏**到SAR模型中

报告提纲

知识蒸馏

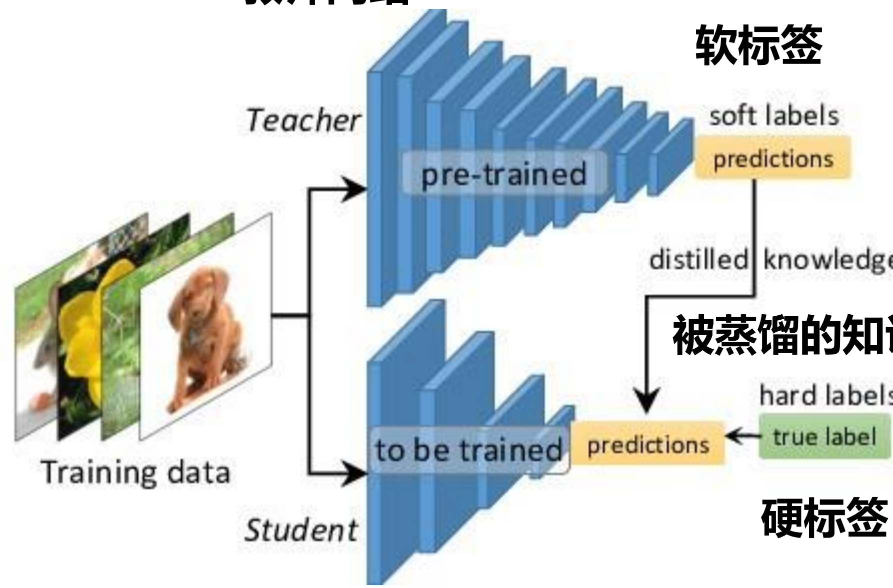
将教师网络训练好的模型包含的知识蒸馏到学生网络中[14]

$$L = \alpha \boxed{L_{soft}} + \beta L_{hard}$$

- ➢ 教师网络得到的**软标签**中含有**负标签之间的相互关系**（信息）有利于学生网络学习硬标签中缺少的知识
- ➢ 额外的软标签约束可以**加速模型收敛**

教师网络

软标签



被蒸馏的知识

硬标签

学生网络

Image credit[1]

1 https://towardsdatascience.com/knowledge-distillation-simplified-dd4973dbc764

报告提纲

1 研究背景与思路

2 知识蒸馏

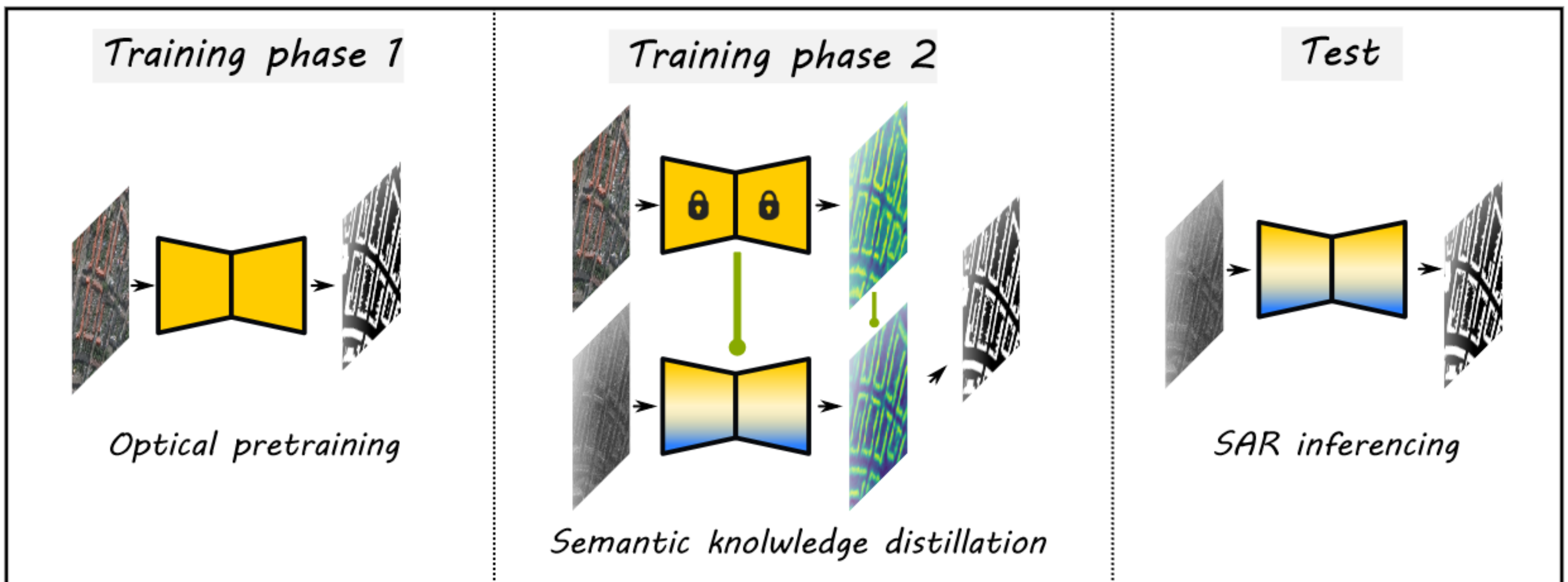
3 **模态蒸馏下的SAR图像建筑物提取方法**

4 研究总结

模态蒸馏下的SAR图像建筑物提取方法

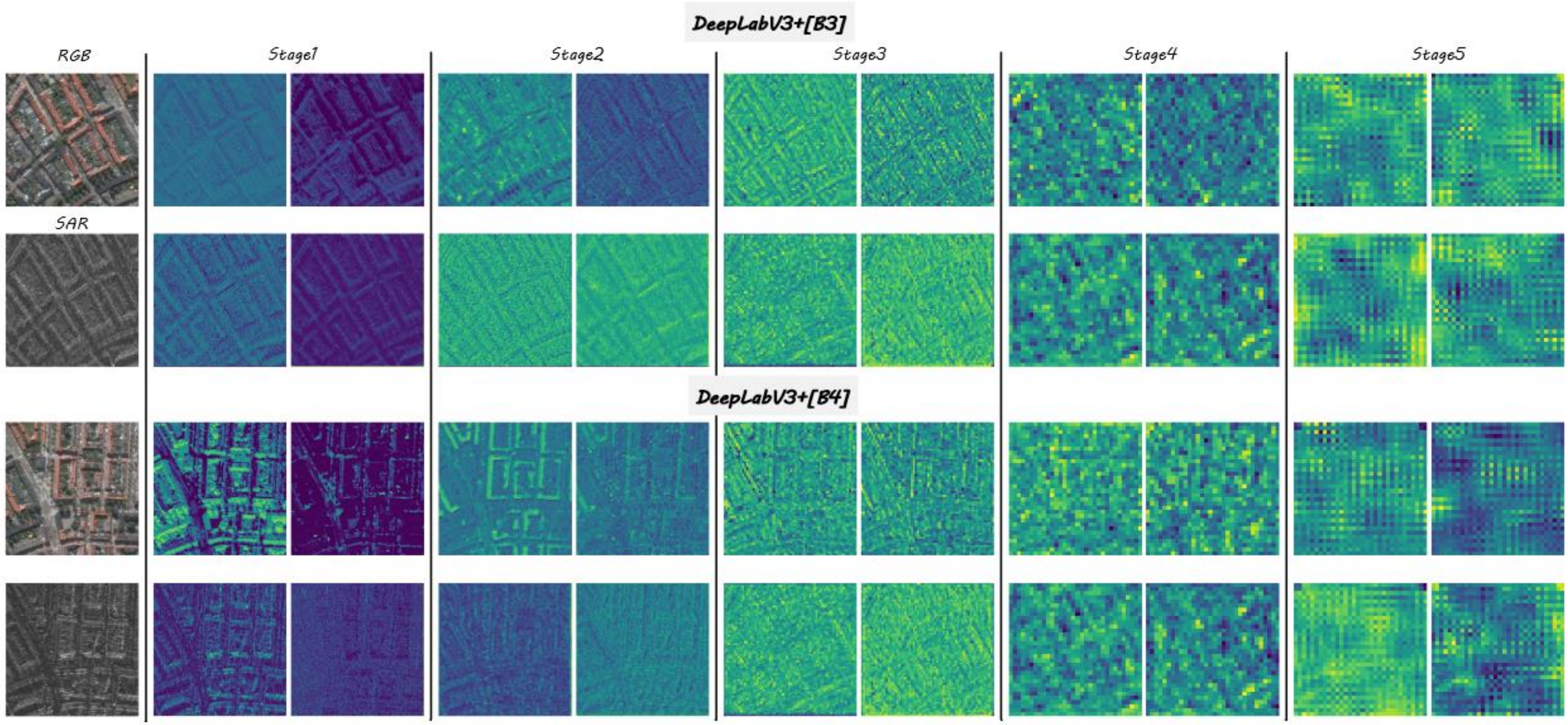
方法流程图

光学图像训练模型 → 模态蒸馏 → SAR图像预测



模态蒸馏下的SAR图像建筑物提取方法

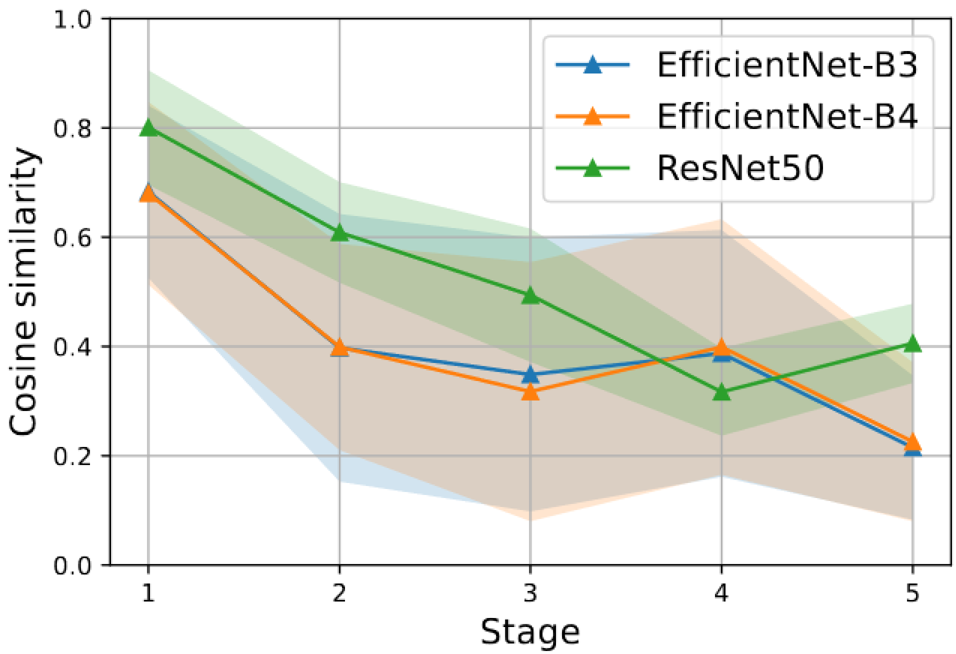
不同模态下的各个阶段网络提取特征对比



模态蒸馏下的SAR图像建筑物提取方法

不同模态下的各个阶段网络提取特征对比

跨模态余弦相似性： $$s_{ij}^{O-S} = \frac{< \mathbf{F}^{O}(i,j,:), \mathbf{F}^{S}(i,j,:) >}{\|\mathbf{F}^{O}(i,j,:)\| \|\mathbf{F}^{S}(i,j,:)\|}$$

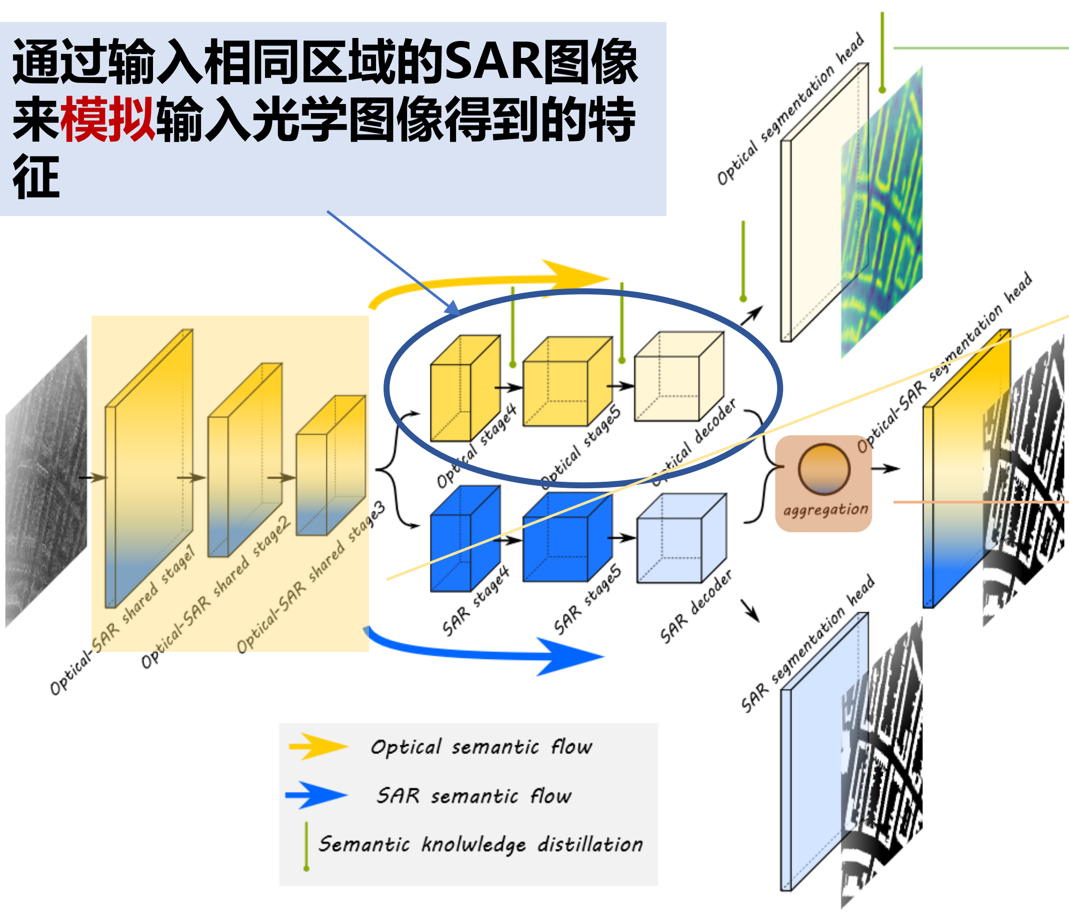


- 特征维度增加
- 底层特征到高阶语义特征的转化

模态蒸馏下的SAR图像建筑物提取方法

模态蒸馏：

通过输入相同区域的SAR图像来**模拟**输入光学图像得到的特征



多层知识蒸馏

底层特征共享

多模态特征聚合

模态蒸馏下的SAR图像建筑物提取方法

模态蒸馏损失函数：

$$L = \boxed{L_{\text{seg}}(y, p)} + \boxed{L_{\text{dis-L}}(p^{PO}, p^{O})} + \boxed{L_{\text{dis-D}}(\mathbf{F}^{O}, \mathbf{F}^{PO})}$$

- SAR图像分割---CE_Dice损失
- 模拟光学网络预测---KL散度损失
- 模拟光学网络各阶段特征---L2损失

实验数据：SpaceNet6[1]

- ➢ 荷兰鹿特丹
- ➢ 机载SAR与星载高分光学影像

Optical

SAR

模态蒸馏下的SAR图像建筑物提取方法

实验结果：对比常用的建筑物提取方法

方法	Dice	IoU	Precision	Recall
UNet	67.13	50.52	73.97	61.45
PSPNet	62.78	45.75	68.21	58.15
FPN	68.01	51.53	73.77	63.09
Efficient-UNet	67.94	51.45	76.83	60.89
SiU-Net	66.48	49.79	75.87	59.16
MFRN	65.52	48.73	73.97	58.82
Unet-BE	68.17	51.17	73.29	63.72
所提方法[B3]	70.20	54.08	77.34	64.27
所提方法[B4]	70.62	54.59	76.28	65.74

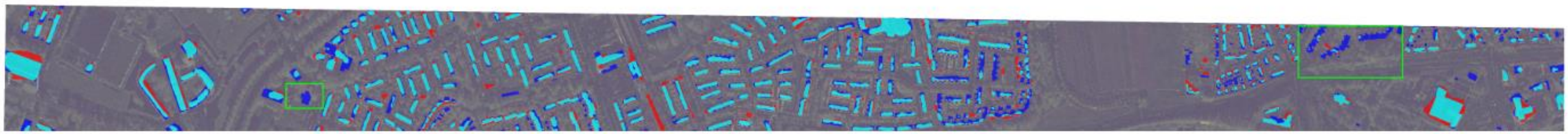
模态蒸馏下的SAR图像建筑物提取方法

实验结果：对比其他迁移学习/知识蒸馏方法

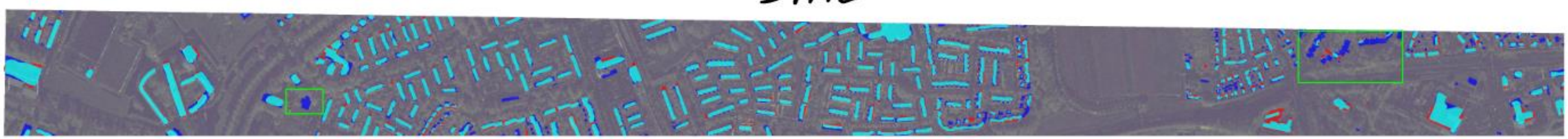
方法	训练数据	Dice	IoU	Precision	Recall
-	SAR	66.50	49.81	72.67	61.29
Fine-tune	光学; SAR	67.85	51.34	74.59	62.30
Structured-KD	光学; SAR	50.17	33.49	65.13	40.80
DML	光学; SAR	66.37	49.67	72.77	61.02
MARS	光学; SAR	66.84	50.19	73.75	61.10
Hallucinated Two-Stream Net	光学; SAR	67.63	51.09	75.78	61.06
所提方法	光学; SAR	70.62	54.59	76.28	65.74

模态蒸馏下的SAR图像建筑物提取方法

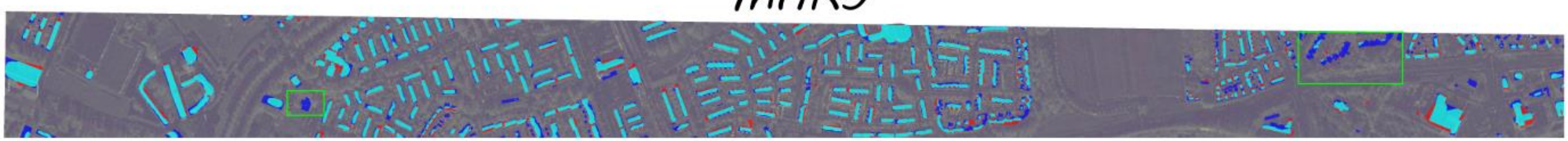
Structured-KD



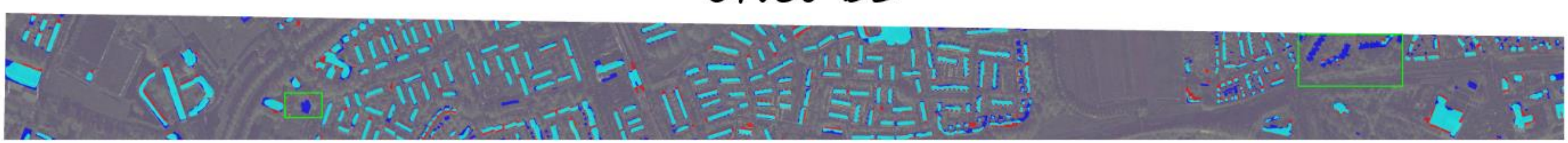
DML



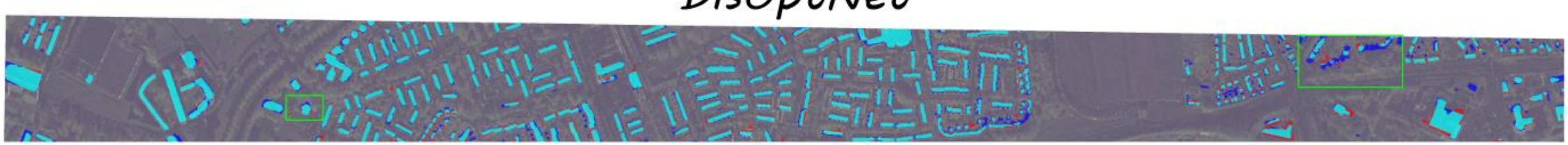
MARS



UNet-BE

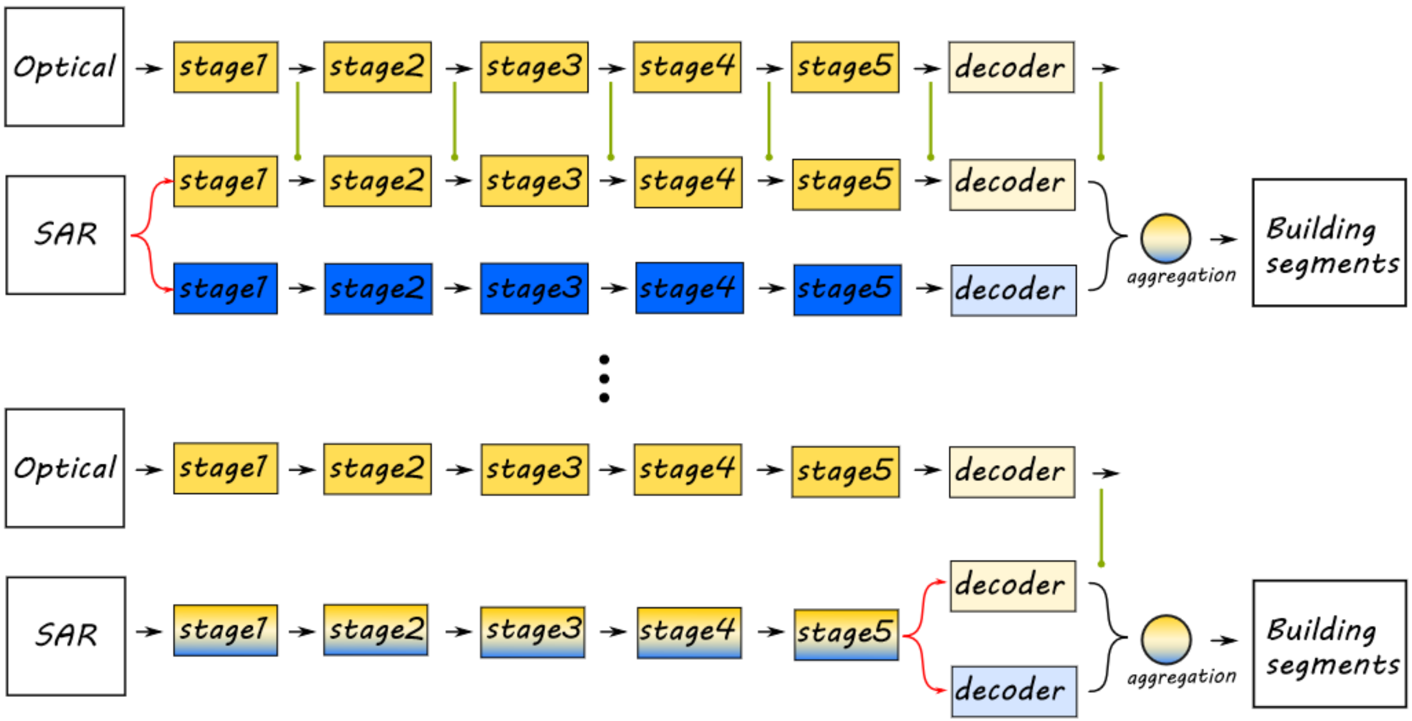


DisOptNet



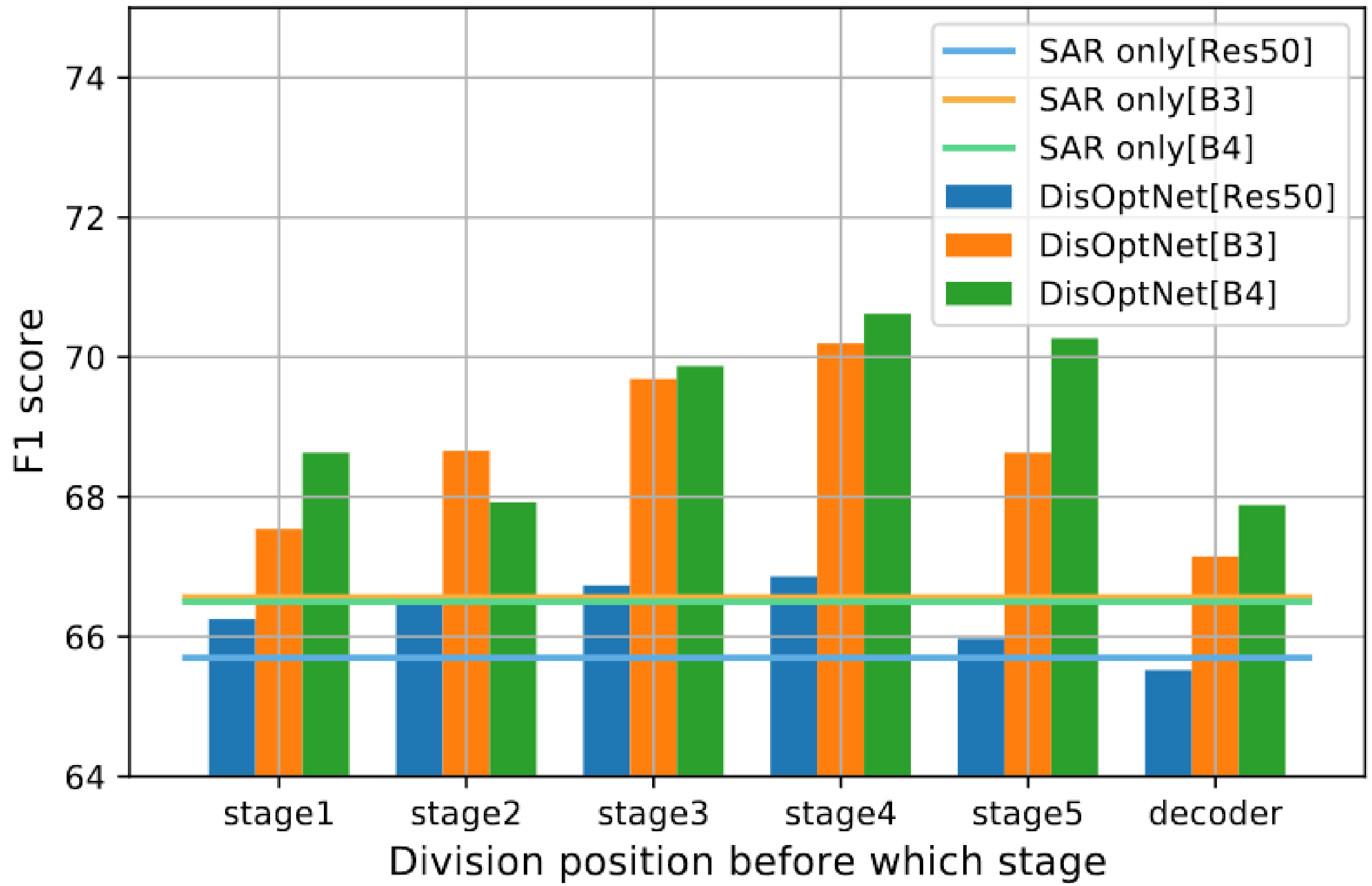
模态蒸馏下的SAR图像建筑物提取方法

实验结果：模态子网络拆分位置



模态蒸馏下的SAR图像建筑物提取方法

实验结果：模态子网络拆分位置



报告提纲

研究总结

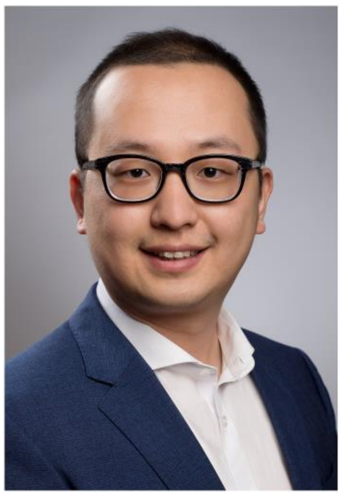
研究总结

- 提出了基于**模态蒸馏**的SAR图像建筑物提取方法。
- 方法利用**子网络来模拟光学图像的特征提取**，并具有记忆性，从而在仅有SAR图像作为输入时提高了预测精度。

参考文献

[1] Shermeyer, J., Hogan, D., Brown, J., Van Etten, A., Weir, N., Pacifici, F., ... & Lewis, R. (2020). SpaceNet 6: Multi-sensor all weather mapping dataset. In Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (pp. 196-197).
[2] **Kang, J.**, Wang, Z., Zhu, R., Xia, J., Sun, X., Fernandez-Beltran, R., & Plaza, A. (2022). DisOptNet: Distilling Semantic Knowledge from Optical Images for Weather-independent Building Segmentation. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing.
[3] **康健**, 王智睿, 祝若鑫, & 孙显. (2021). 基于监督对比学习正则化的高分辨率 SAR 图像建筑物提取方法. 雷达学报, 10, 1-11.
[4] Wang, Z., Du, L., Mao, J., Liu, B., & Yang, D. (2018). SAR target detection based on SSD with data augmentation and transfer learning. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 16(1), 150-154.
[5] Huang, Z., Pan, Z., & Lei, B. (2019). What, where, and how to transfer in SAR target recognition based on deep CNNs. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 58(4), 2324-2336.
[6] Zhao, Siyuan, et al. "Transferable SAR Image Classification Crossing Different Satellites under Open Set Condition." *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters* 19 (2022): 1-5.
[7] Bao, W., Huang, M., Zhang, Y., Xu, Y., Liu, X., & Xiang, X. (2021). Boosting ship detection in SAR images with complementary pretraining techniques. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 14, 8941-8954.
[8] Jiao, N., Wang, F., You, H., Liu, J., & Qiu, X. (2020). A generic framework for improving the geopositioning accuracy of multi-source optical and SAR imagery. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, *169*, 377-388.
[9] Dalsasso, E., Yang, X., Denis, L., Tupin, F., & Yang, W. (2020). SAR Image Despeckling by Deep Neural Networks: from a pre-trained model to an end-to-end training strategy. Remote Sensing, 12(16), 2636.
[10] Fu, S., Xu, F., & Jin, Y. Q. (2021). Reciprocal translation between SAR and optical remote sensing images with cascaded-residual adversarial networks. Science China Information Sciences, 64(2), 1-15.
[11] Song, Q., Xu, F., Zhu, X. X., & Jin, Y. Q. (2021). Learning to Generate SAR Images With Adversarial Autoencoder. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing.
[12] Xia, J., Yokoya, N., & Baier, G. (2022). DML: Differ-Modality Learning for Building Semantic Segmentation. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 60, 1-14.
[13] Zheng, Zhuo, et al. "Deep multisensor learning for missing-modality all-weather mapping." ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 174 (2021): 254-264.
[14] Hinton, G., Vinyals, O., & Dean, J. (2015). Distilling the knowledge in a neural network. arXiv preprint arXiv:1503.02531, 2(7).

谢谢大家！敬请批评指正！



个人主页