

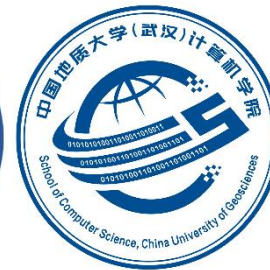
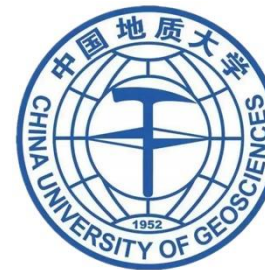
SinoLC-1

中国首幅1米分辨率土地覆盖图

张洪艳

中国地质大学（武汉）计算机学院

2023年12月20号



SinoLC-1: the First 1-Meter Resolution National-Scale Land-Cover Map of China Created with the Deep Learning Framework and Open-Access Data

张洪艳

中国地质大学（武汉）计算机学院

2023年12月20号

主要内容

1 | 研究背景

2 | 制图框架

3 | 结果验证

4 | 总结

为什么要进行土地覆盖遥感制图？

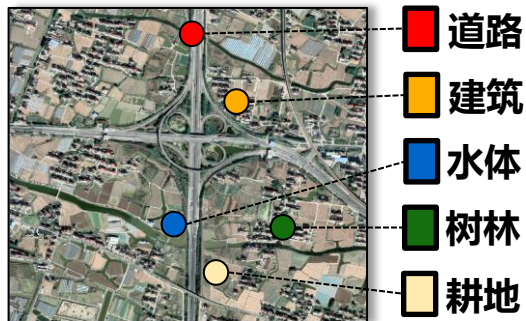
土地覆盖制图：例，武汉市植被、草地、房屋和道路空间分布如何？



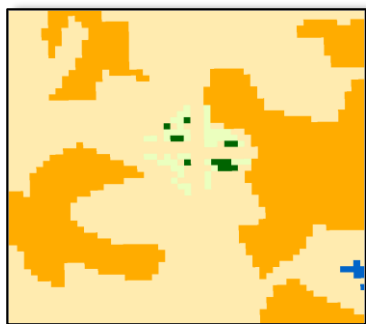
土地覆盖制图是遥感科学的核心任务
为资源、环境、生态、农业等多学科研究提供基础底图数据

为什么开展高分辨率土地覆盖制图？

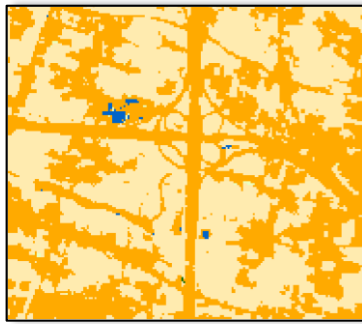
□ 高分辨率土地覆盖图是开展精细尺度分析的前提条件！



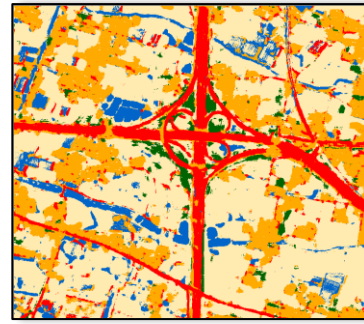
1米遥感影像



30米土地覆盖图



10米土地覆盖图



1米土地覆盖图

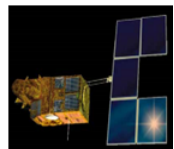


现有土地覆盖制图产品

□ 全球尺度低分产品



SPOT 4

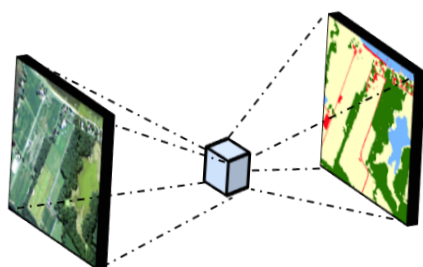


AVHRR



MODIS

影像来源



Pixel-based 机器学习算法
(随机森林、决策树)

制图算法

名称007	分辨率	影像来源	作者	所属机构
GLC200	1000米	SPOT 4	Belward et al. (2007)	欧盟联合研究中心
DISCover	1000米	AVHRR	Loveland et al. (2010)	美国地质局
MOD12Q1	500米	MODIS	Friedl et al. (2010)	美国宇航局
ESA-CCI	300米	ENVISAT	Aurelie et al. (2017)	欧洲航天局

典型产品

2007年起，全球尺度的低分辨率土地覆盖制图产品开始出现

现有土地覆盖制图产品

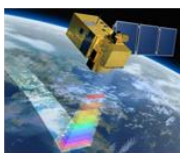
□ 全球尺度中低分产品



Landsat

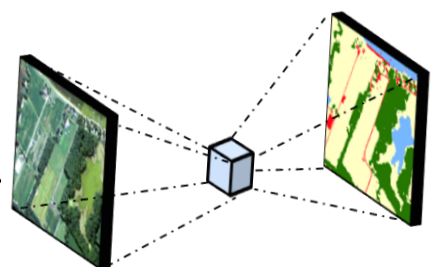


Sentinel-1



Sentinel-2

影像来源



Object-based 图像分析算法、
深度学习算法

制图算法

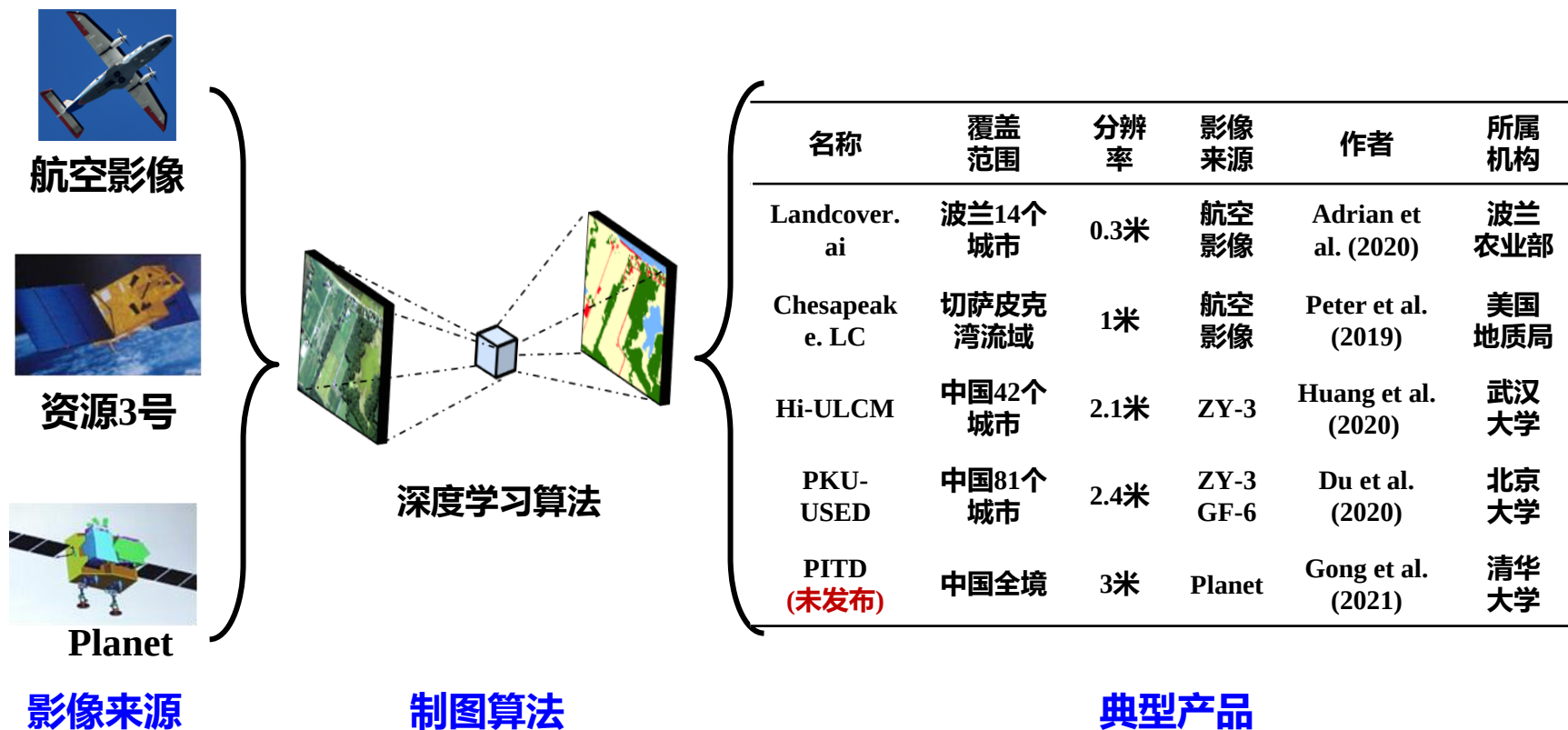
名称	分辨率	影像来源	作者	所属机构
GlobeLand30	30米	Landsat	Chen et al. (2015)	国家地理信息中心
GLC_FCS30	30米	Landsat	Liu et al. (2021)	空天院
FROM_GLC10	10米	Sentinel	Gong et al. (2019)	清华大学
ESA_WC10	10米	Sentinel	Van et al. (2021)	欧洲航天局
ESRI_LC10	10米	Sentinel	Karra et al. (2021)	ESRI公司

典型产品

2015年起，全球尺度的中低分土地覆盖制图产品进入视野

现有土地覆盖制图产品

□ 区域尺度高分产品



最近几年，高分辨率土地覆盖制图产品研发成为研究热点

土地覆盖制图产品研究现状

□ 现有典型土地覆盖制图产品覆盖范围

中低分 (30m/10m) 土地覆盖产品



全球尺度: FROM_GLC (清华大学), 10m
ESA_GLC (欧航局), 10m
ESRI_GLC (ESRI公司), 10m
GLC_FC30 (空天院), 30m

国家尺度: CLCD (中国), 30m
NLCD (美国), 30m

高分 ($\leq 3m$) 土地覆盖产品



小范围:

- Chesapeake LC (美国): 1m, 覆盖 160,000 km²
- ISPRS 2D 数据 (德国): 0.09m, 覆盖 3.4 km²
- Land cover. AI (波兰): 0.25m, 覆盖 216 km²

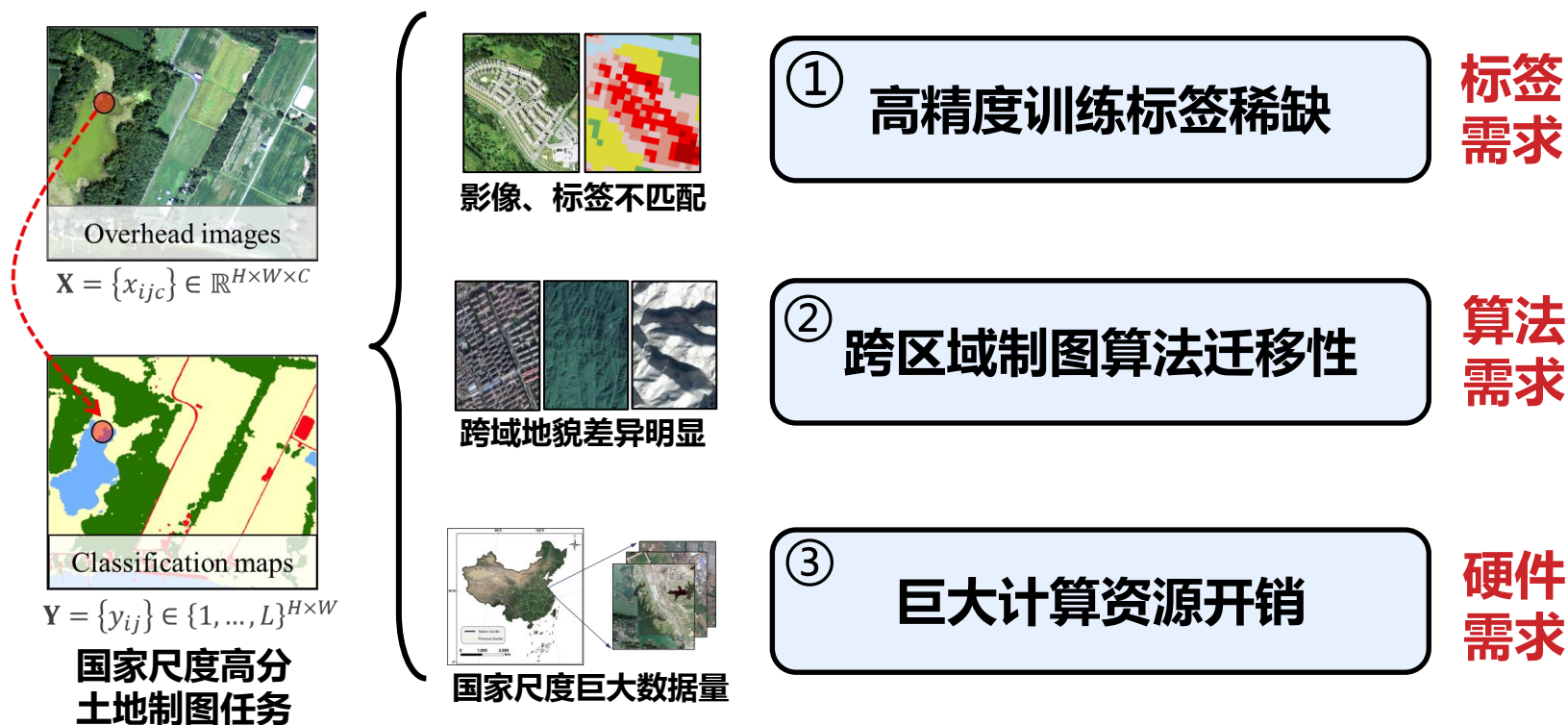
国家尺度:

- PITD (中国): 3m, 覆盖中国全境 (未开放下载)

现存问题: 高分辨率土地覆盖制图产品的覆盖范围仍然较小

关键难点

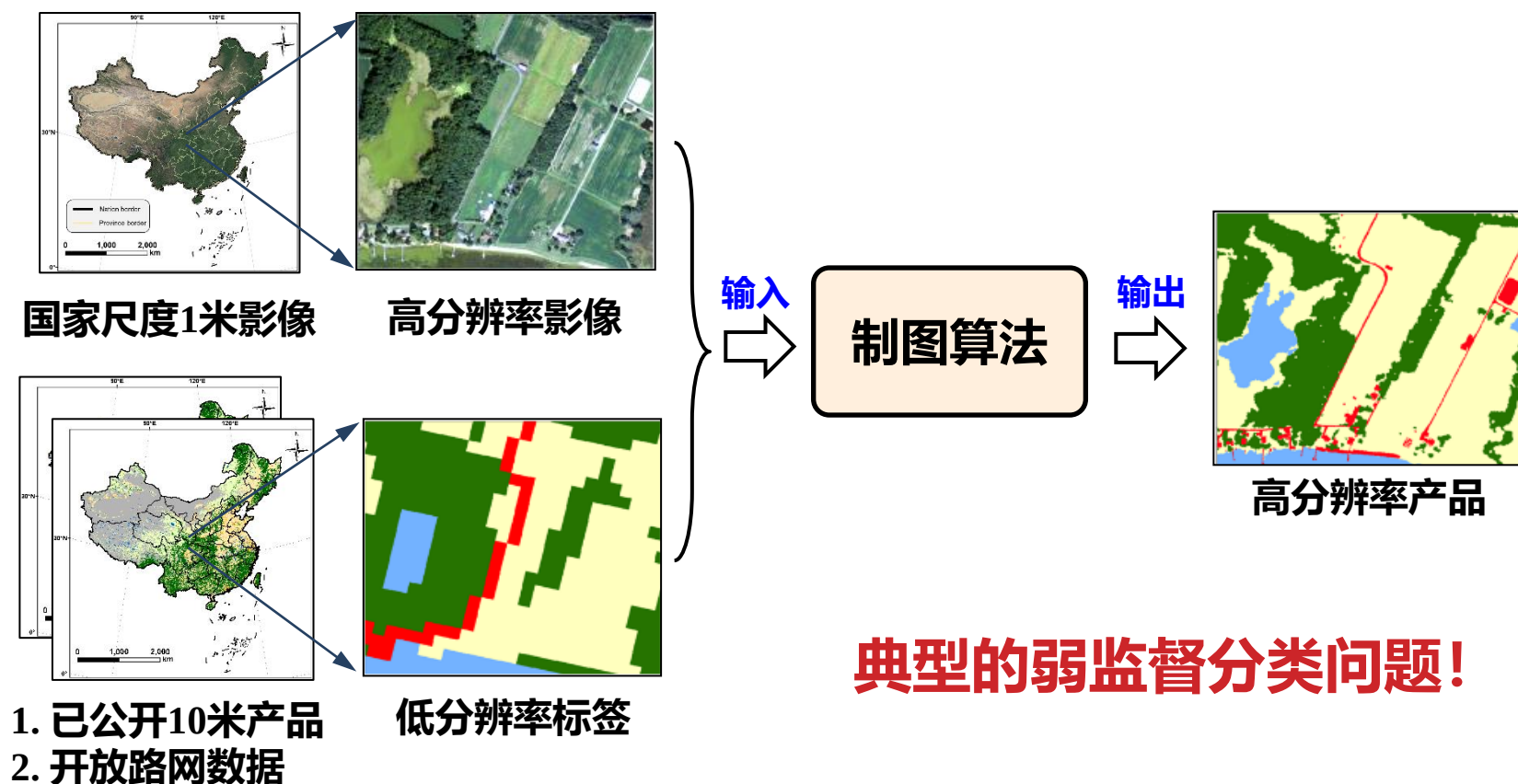
□ 限制大尺度高分辨率土地覆盖制图的三大问题



标签、算法、硬件等问题限制了大规模高分辨率土地覆盖制图

研究思路

□ 以开源**中分辨率制图产品**为训练集，构建弱监督深度学习土地覆盖制图框架，实现**大尺度高分辨率制图**



内容

1 | 研究背景

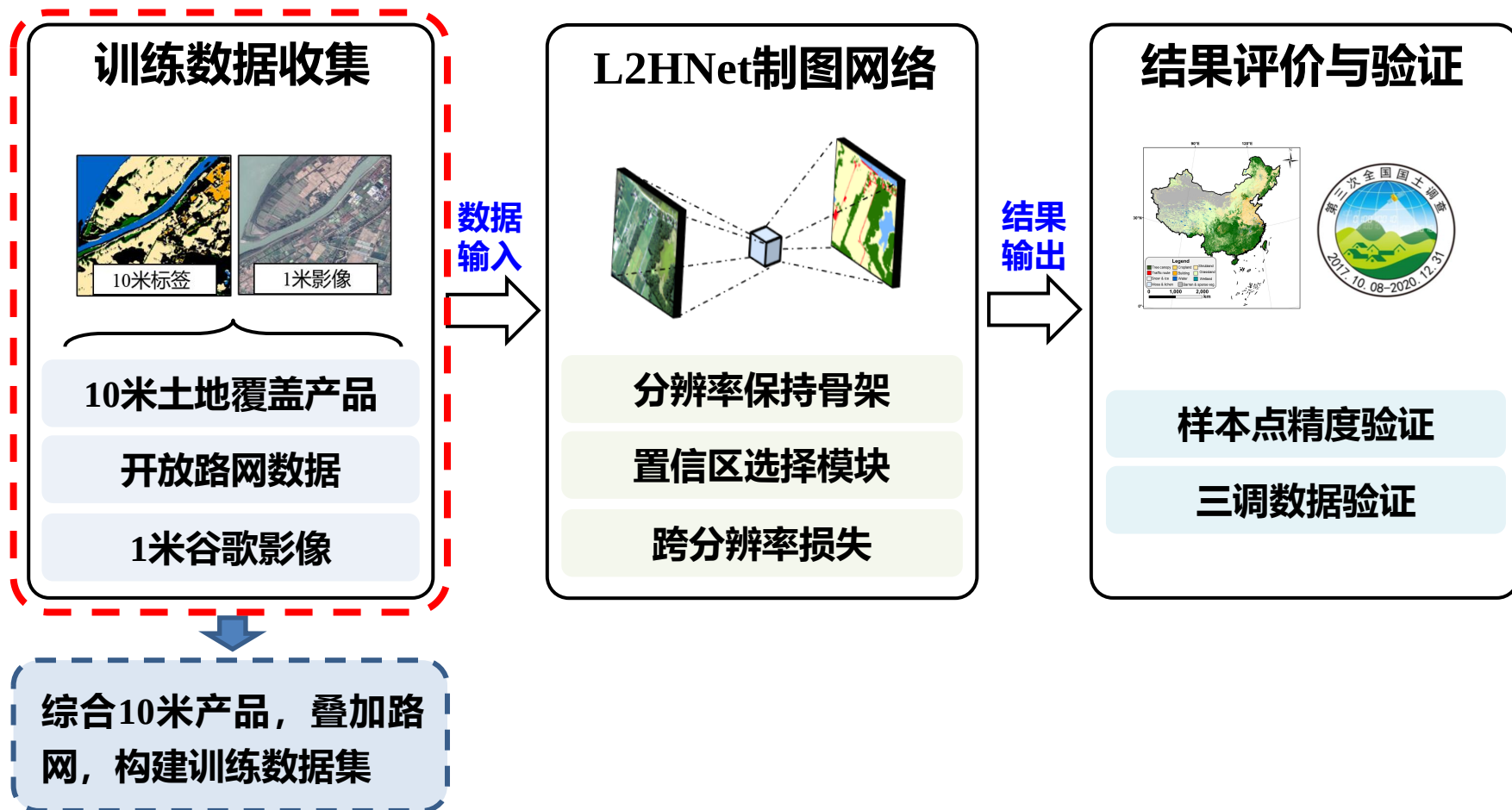
2 | 制图框架

3 | 结果验证

4 | 总结

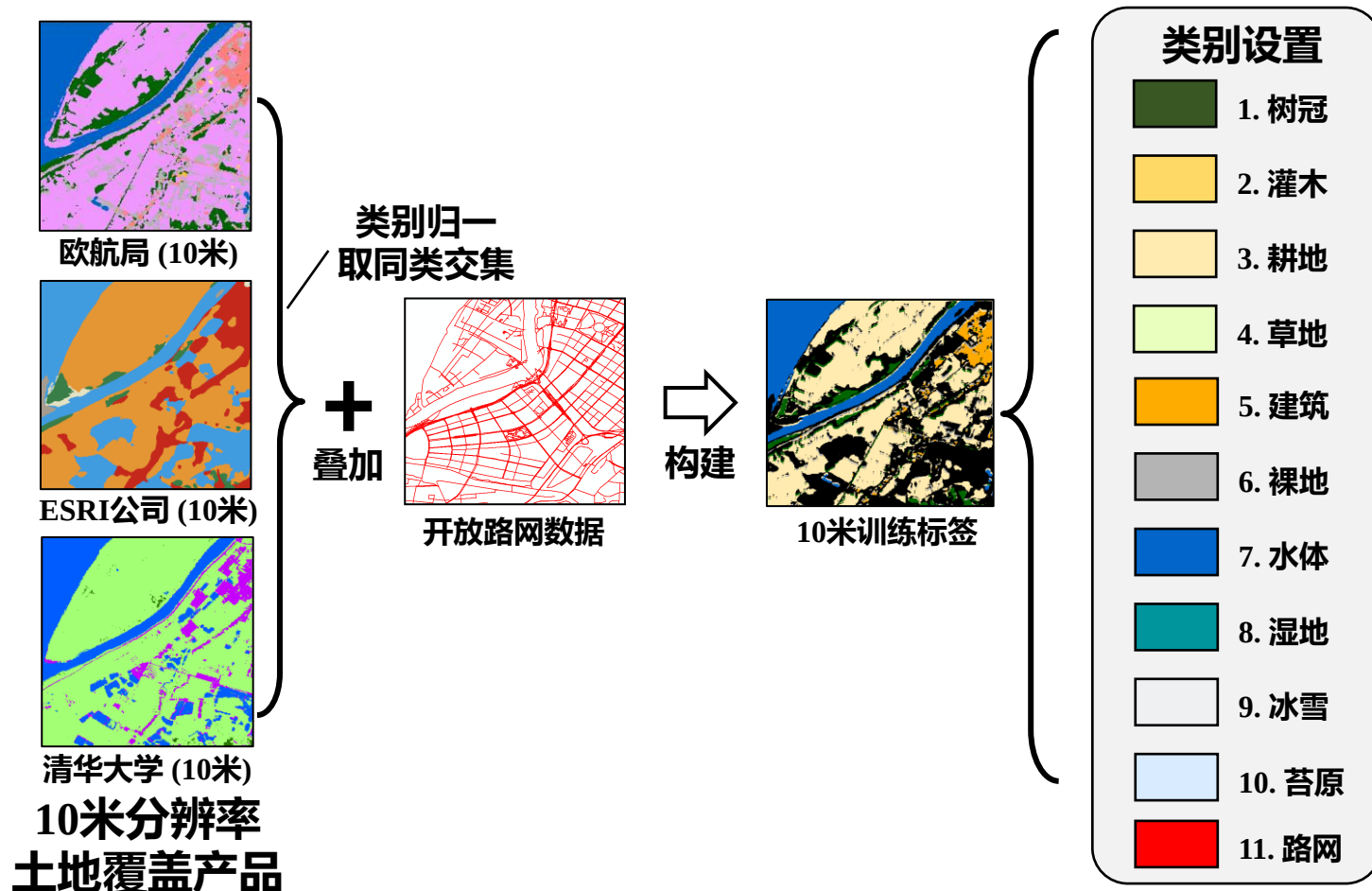
全国尺度土地覆盖制图框架

□ 框架包含数据集构建、制图网络、精度评价三大部分



训练数据集构建

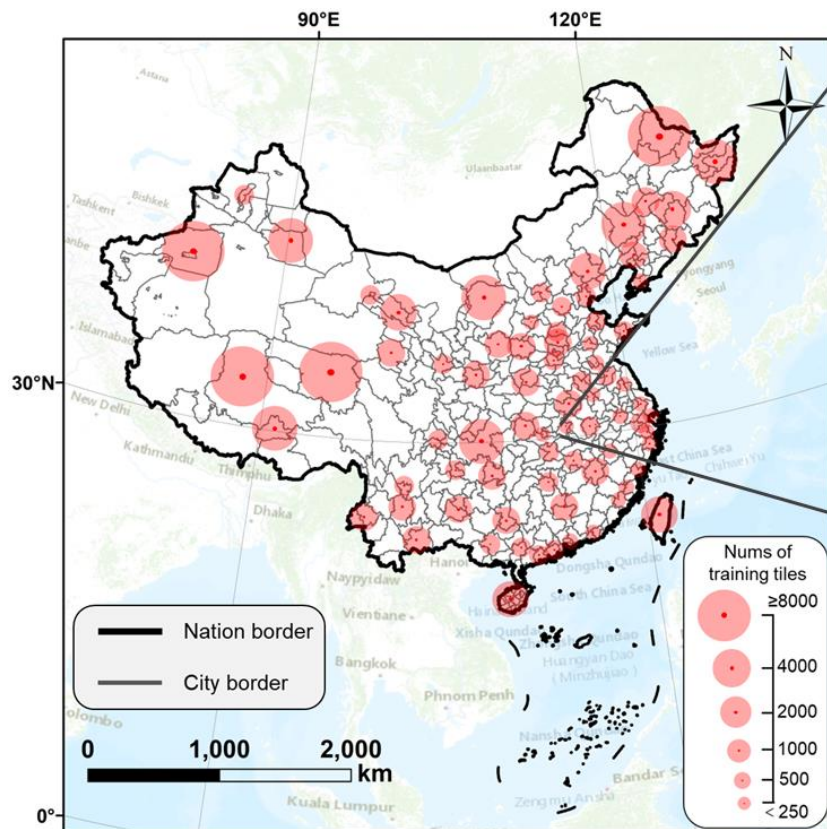
□ 结合现有产品土地覆盖类别，叠加路网信息



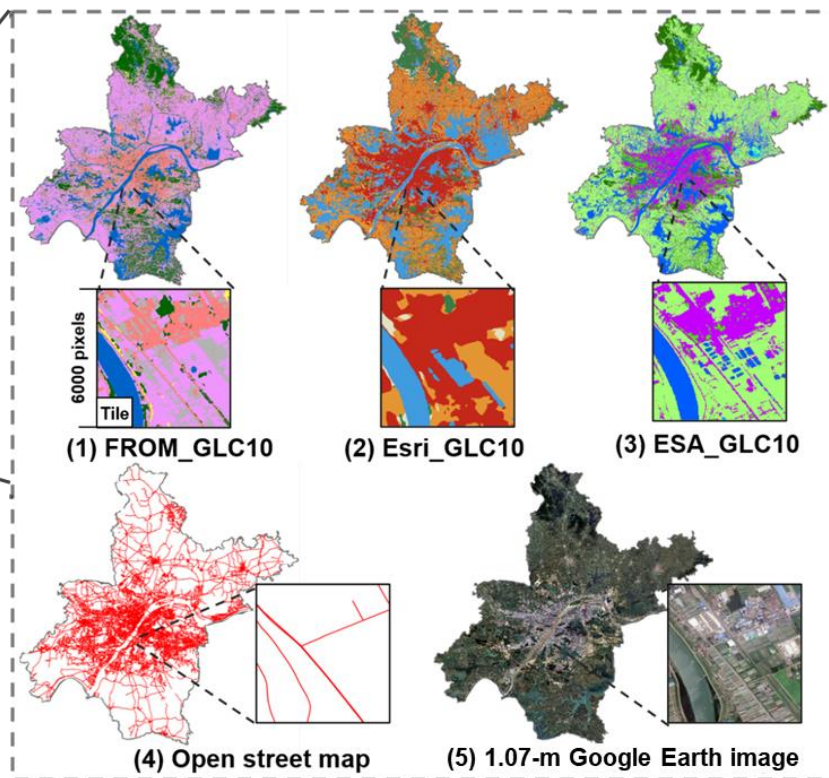
10种类别来源于现有产品，道路来源于OSM数据

训练数据集构建

□ 选取三种10米分辨率产品、开放路网数据构建训练样本



训练区域与样本数量统计

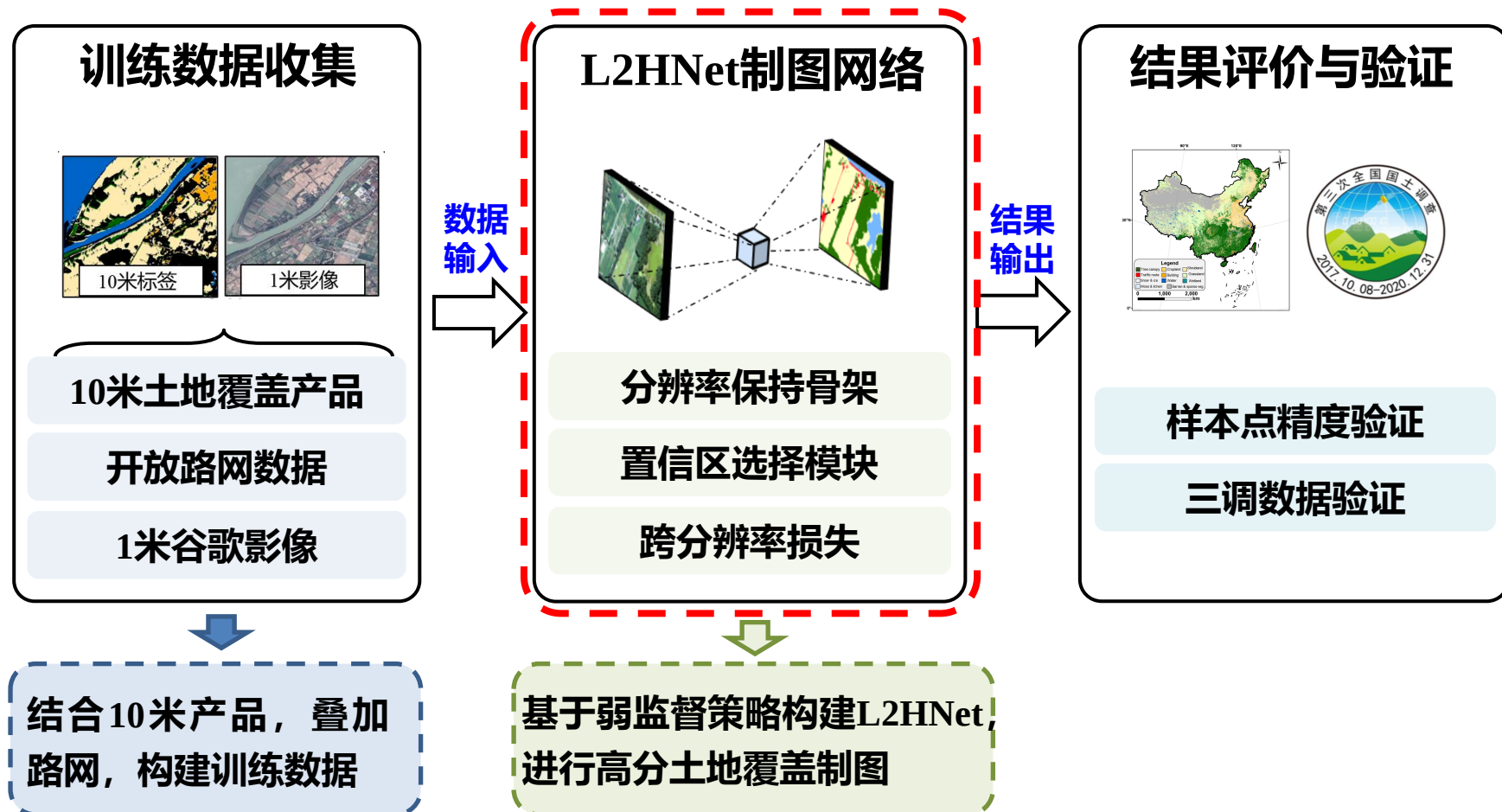


训练数据示例

采样全国约30%的区域收集训练数据

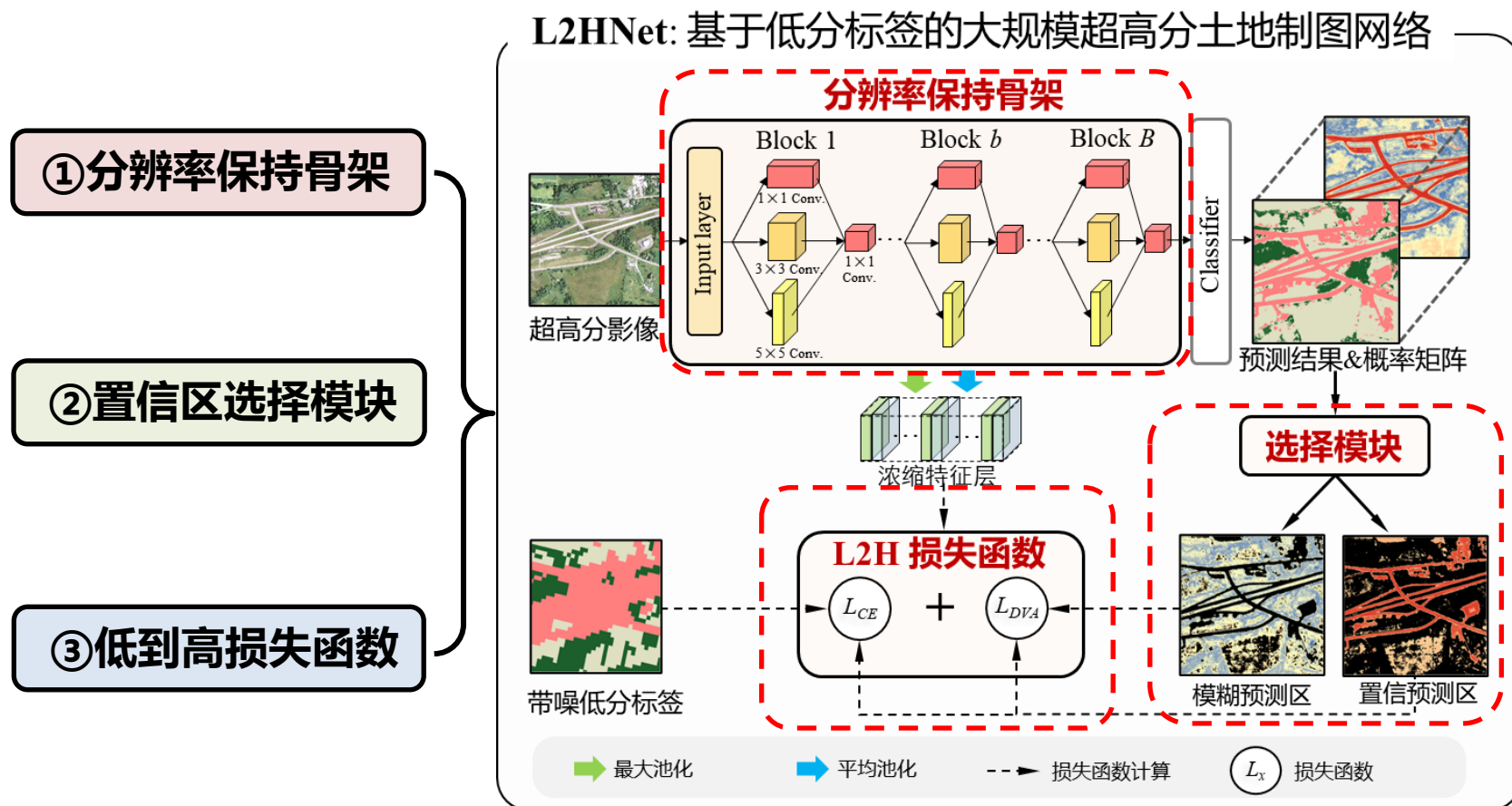
全国尺度土地覆盖制图框架

□ 框架包含数据集构建、制图网络、精度评价三大部分



L2HNet土地覆盖制图网络

□ L2HNet包含三个主要组件



端到端的深度学习网络，利用弱监督策略，从低分辨率标签中提取可靠的高分辨率监督信息

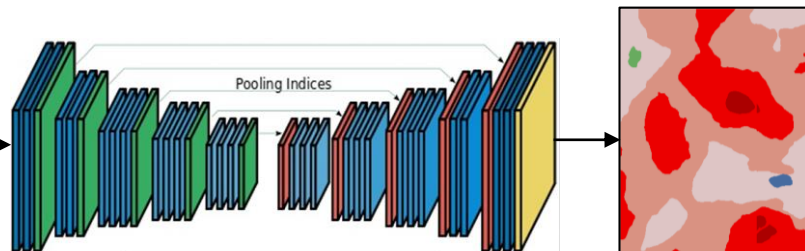
L2HNet组件一：分辨率保持骨架

包含5组多尺度卷积

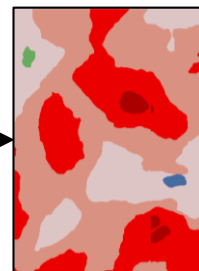
现有方法



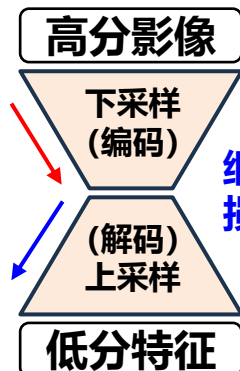
高分影像



编码-解码模式骨架



Unet 特征

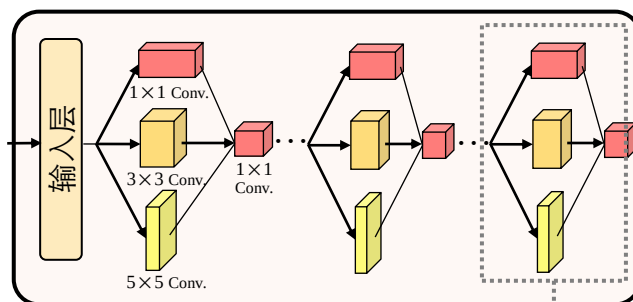


细节损失

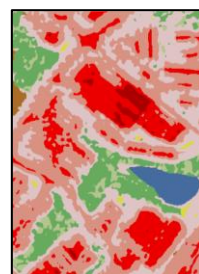
所提出方法



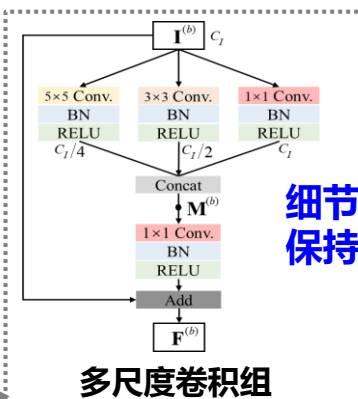
高分影像



分辨率保持骨架



L2HNet 特征

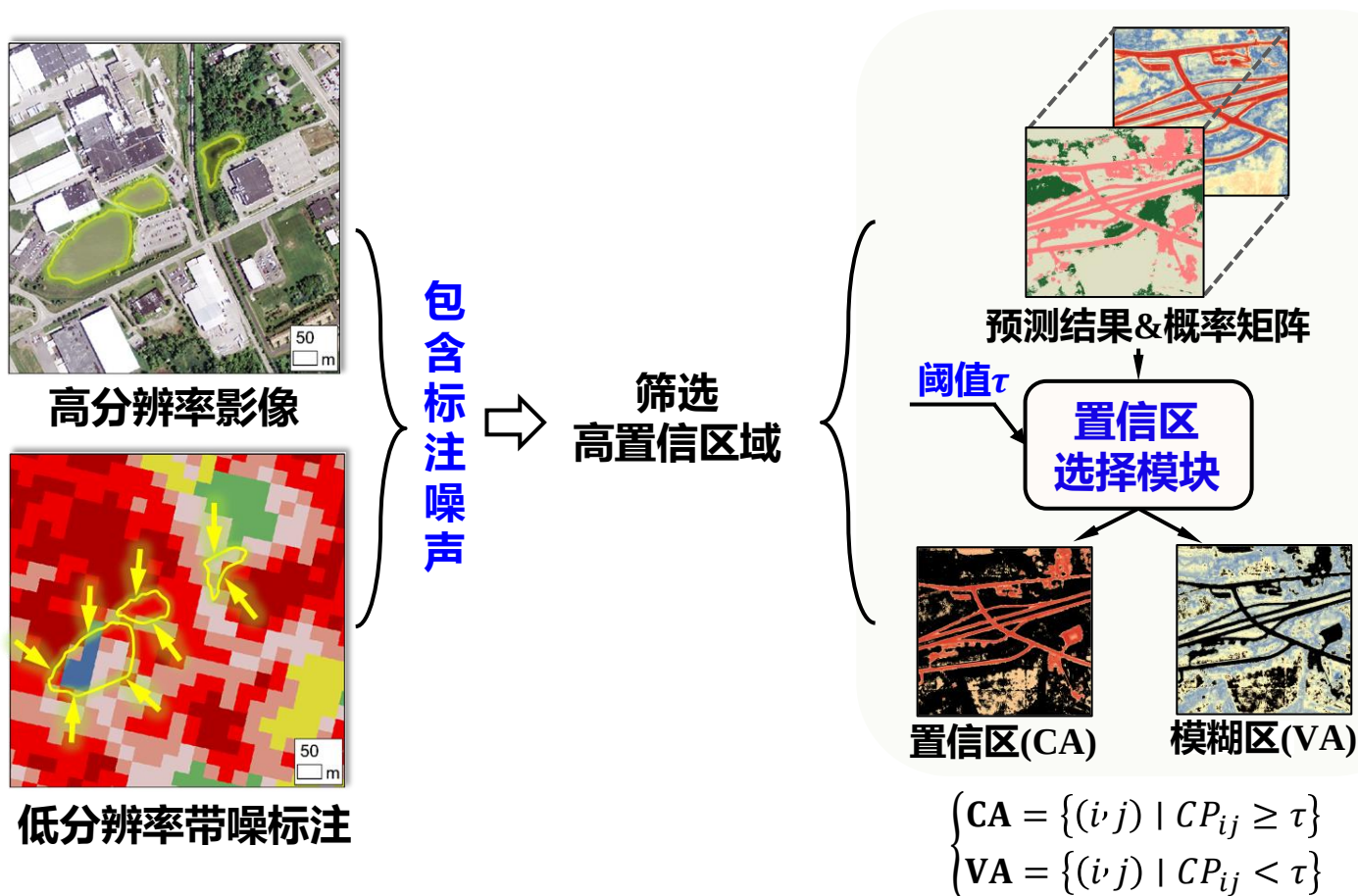


细节保持

调节感受野尺寸，限制特征下采样，保持特征细节

L2HNet组件二：置信区选择模块

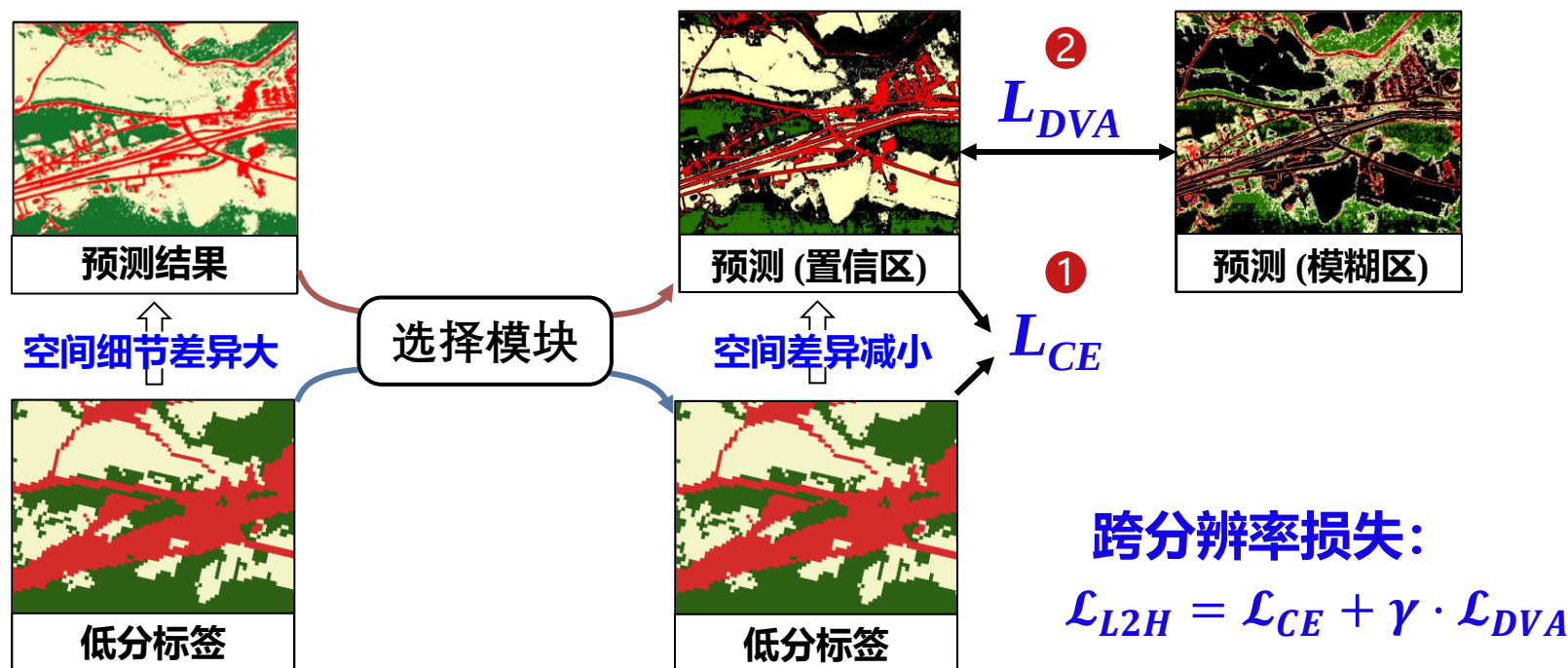
□ 依据深度学习网络的置信度，对预测结果进行划分



从低分辨率带噪标签图中，选取高置信度的可靠预测区域

L2HNet组件三：跨分辨率损失函数

□ 结合弱监督交叉熵 (L_{CE}) 损失与动态模糊区损失 (L_{DVA})

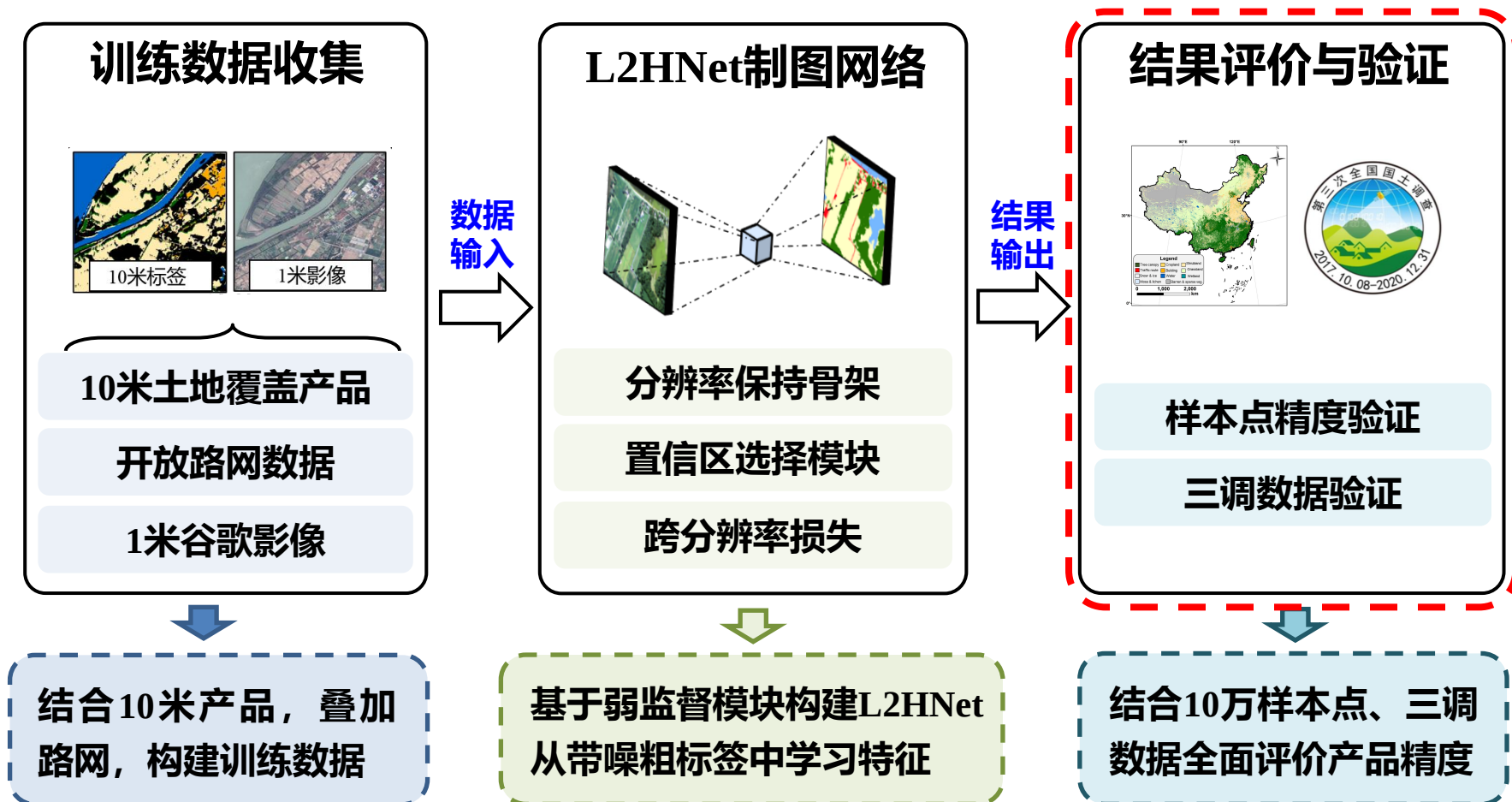


仅在置信区计算交叉熵损失 (L_{CE}), 对置信-模糊区计算特征相似性损失 (L_{DVA})

结合弱/自监督损失, 利用低分辨率标签监督高分率制图过程

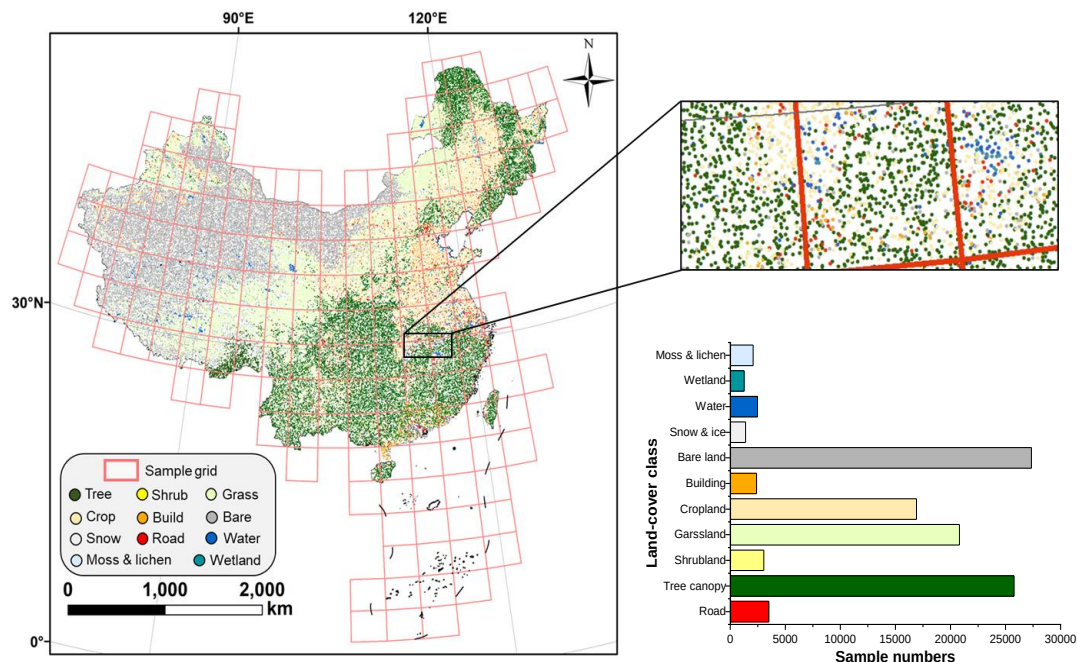
全国尺度土地覆盖制图框架

□ 框架包含数据集构建、制图网络、精度评价三大部分



评估策略

□ 样本点精度评估



基于哨兵、谷歌影像，
利用视觉判读构建10万样本点验证数据

➤ 三调数据统计评估



The figure shows a stack of three tables, each containing statistical data from the Third National Land Use Survey. The tables are organized into columns and rows, with various numerical values and text labels.

基于国土三调数据，
构建各省统计验证数据

结合点集与统计层面验证，充分评估产品精度

内容

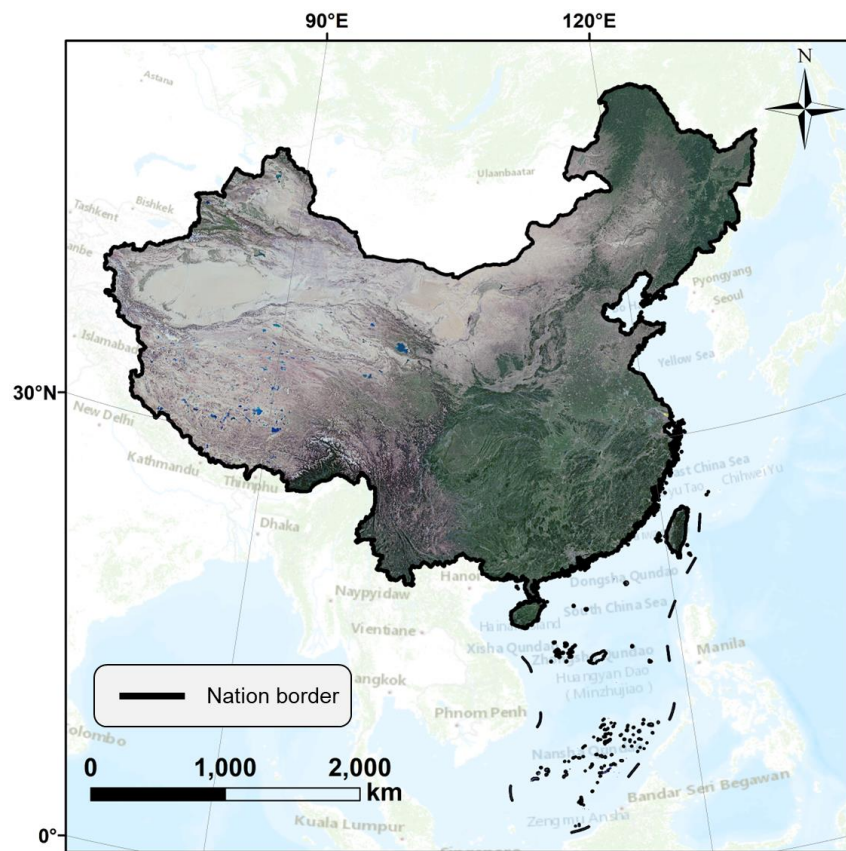
1 | 研究背景

2 | 制图算法

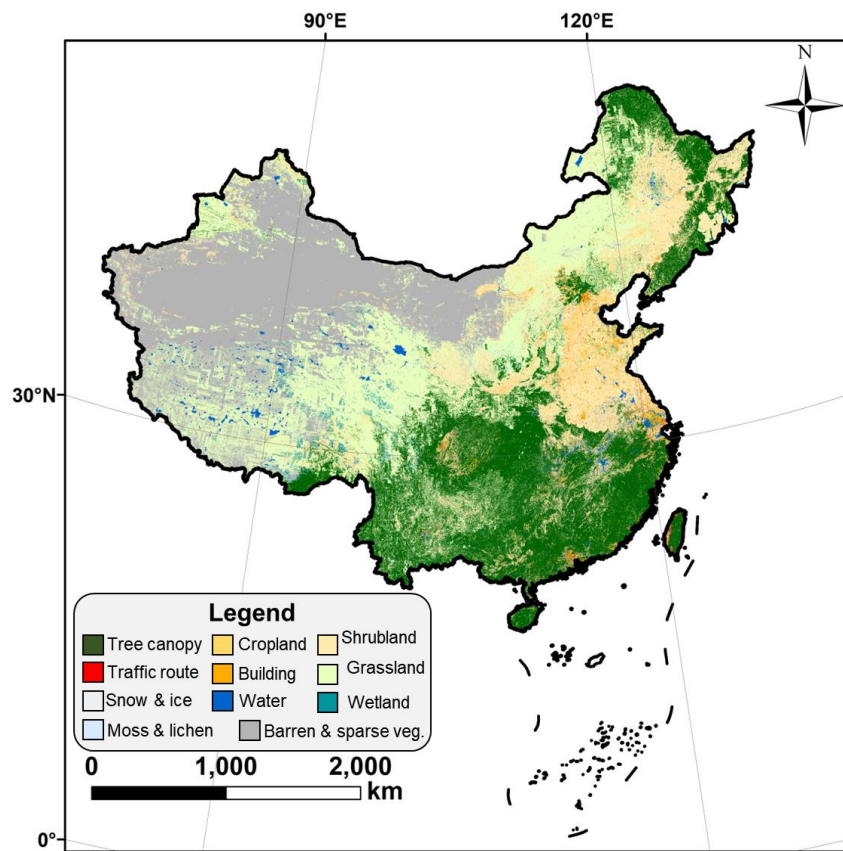
3 | 结果验证

4 | 总结

整体制图结果展示



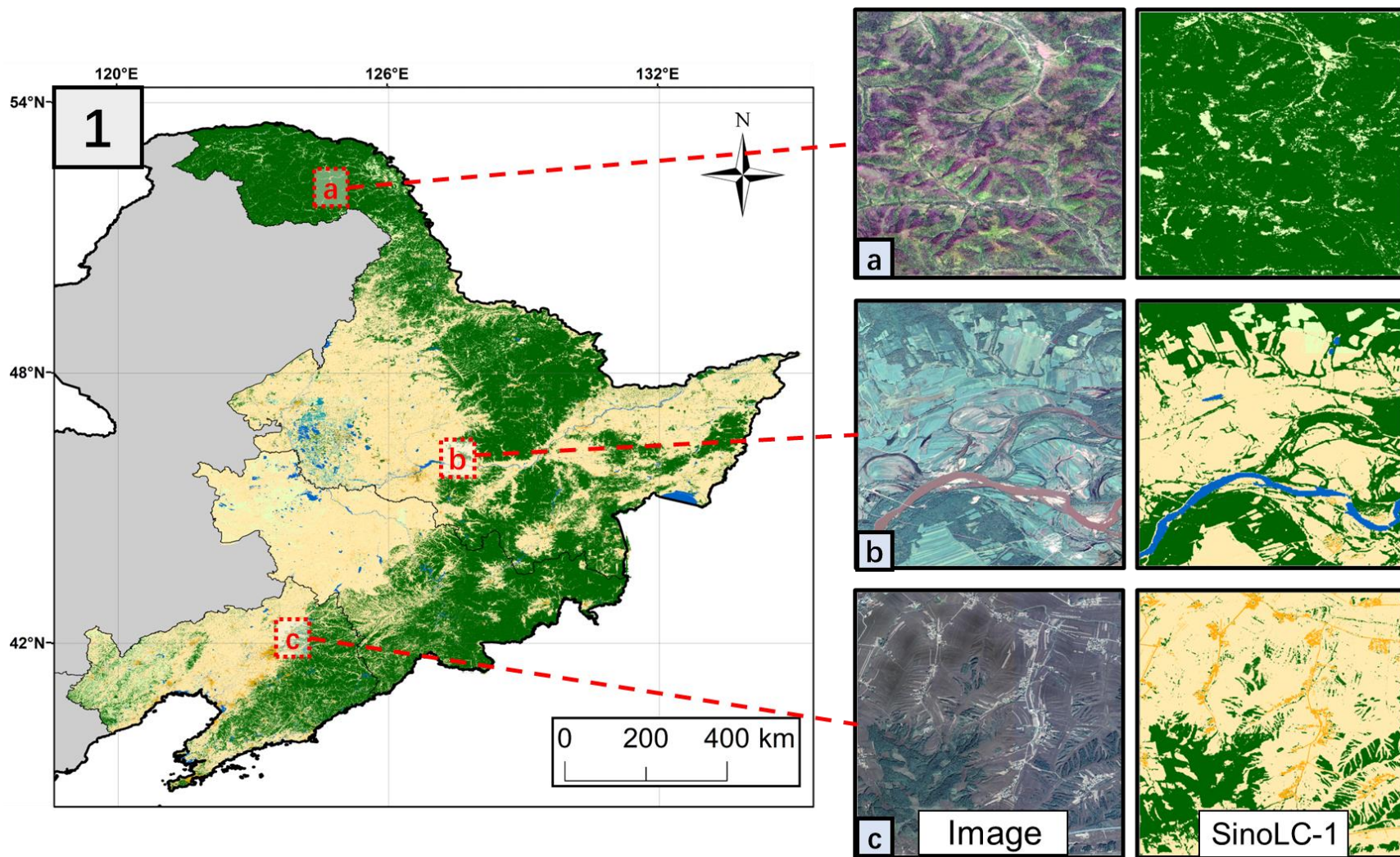
国家尺度1米分辨率影像（谷歌）



SinoLC-1 土地覆盖制图结果

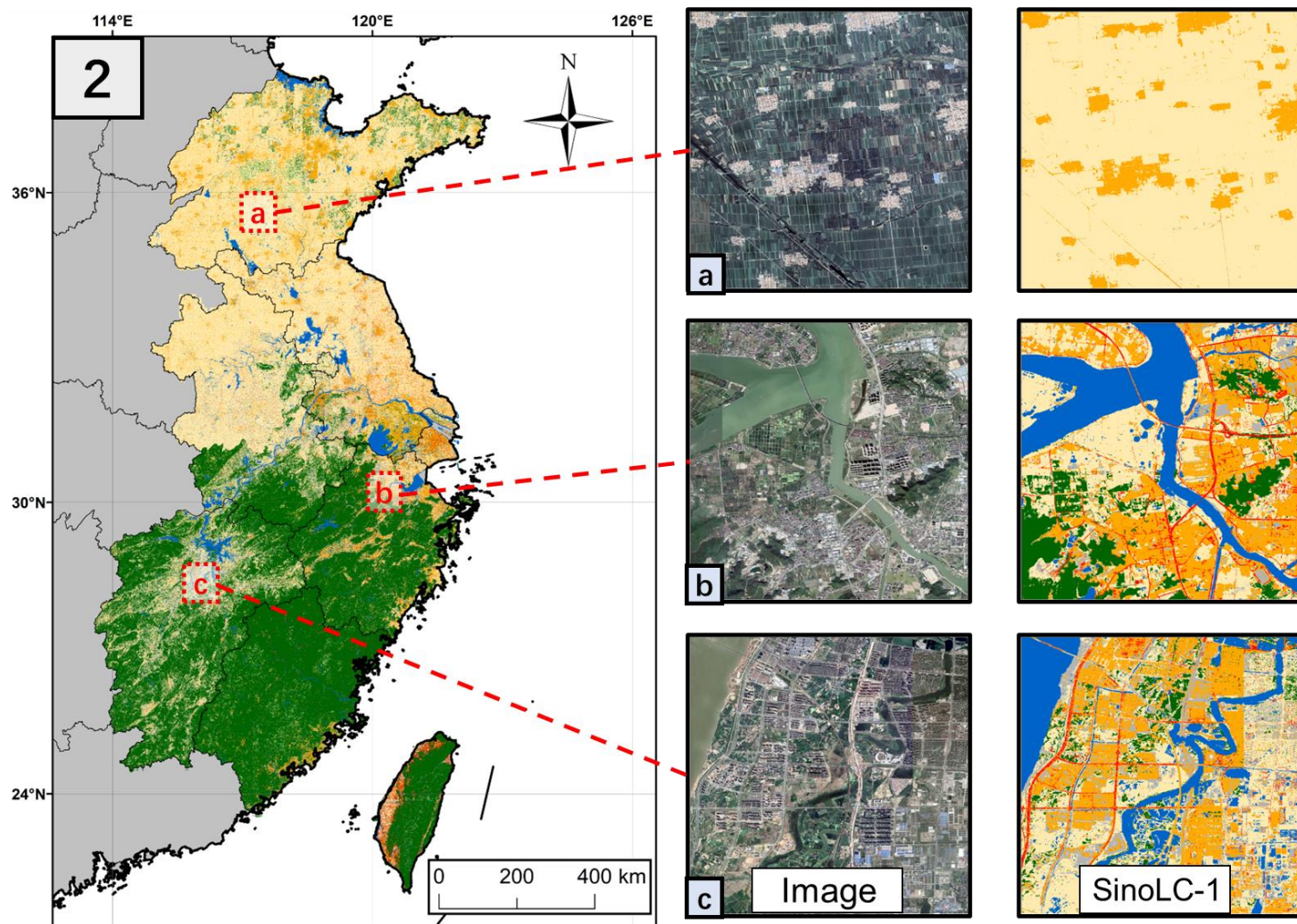
耗时10个月，处理约73TB数据，研制全国首幅1米土地覆盖图

东北地区制图结果展示



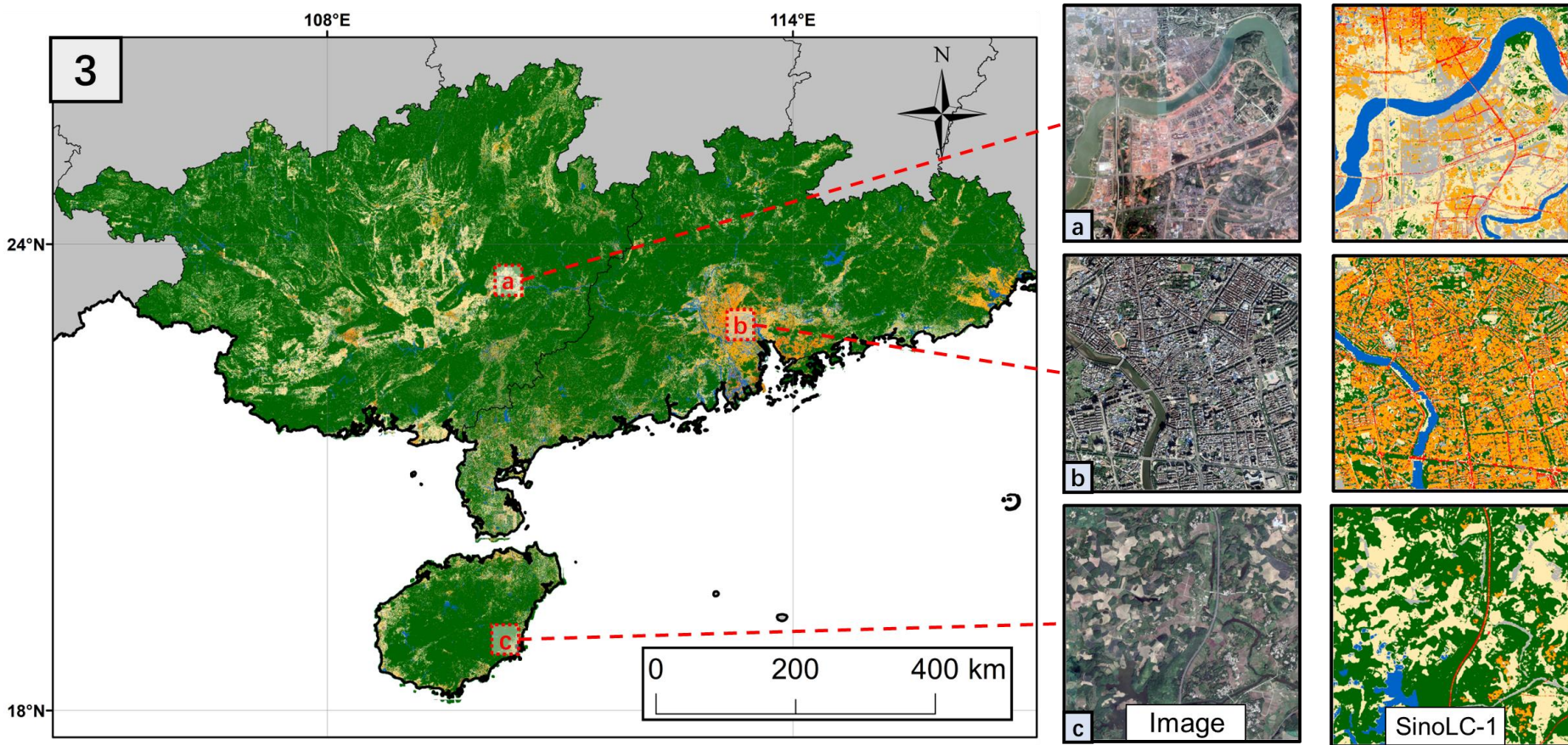
东北地区森林、耕地制图结果展示

华东地区制图结果展示



华东地区乡村、城镇制图结果展示

华南地区制图结果展示

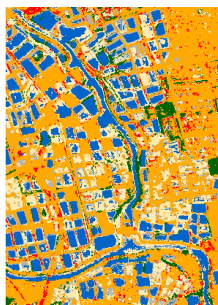


华南地区河流、水系制图结果展示

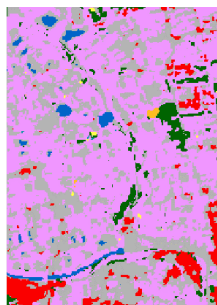
产品对比

对比产品基本信息

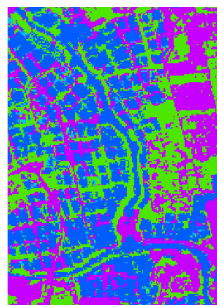
对比产品名称	发布机构	空间分辨率	对应年份	土地类型数量	报告精度
ESA_GLC10	欧航局	10m	2020	11	73%
FROM_GLC10	清华大学	10m	2017	10	74%
ESRI_GLC10	ESRI公司	10m	2020	10	85%
GLC_FCS30	中科院空天院	30m	2020	16	83%
GlobeLand30	自然资源部	30m	2020	10	86%



SinoLC-1



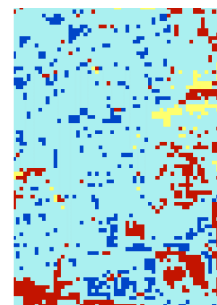
ESA_GLC10



FROM_GLC10



ESRI_GLC10



GLC_FCS30



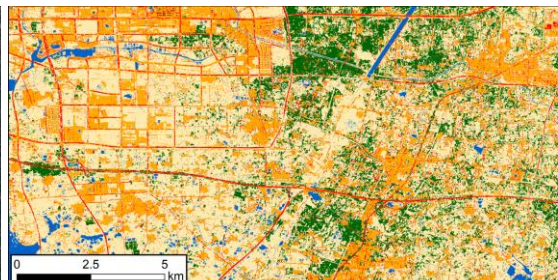
GlobeLand30

SinoLC-1与其他五种土地覆盖制图产品对比展示

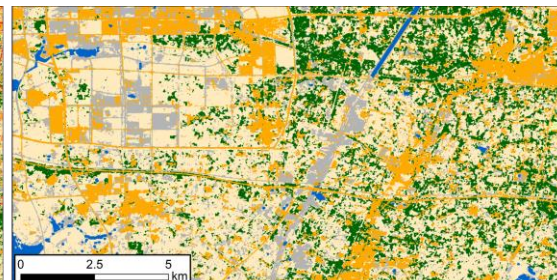
目视对比结果展示



谷歌1米影像



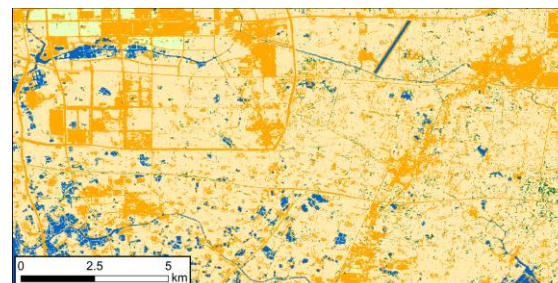
SinoLC-1



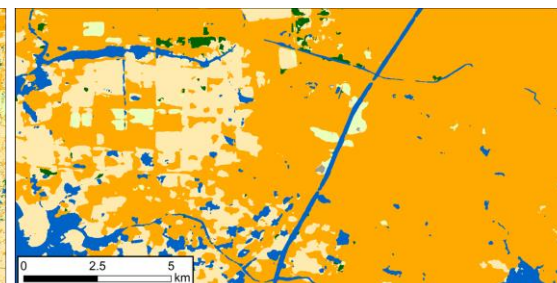
ESA_GLC10

图例

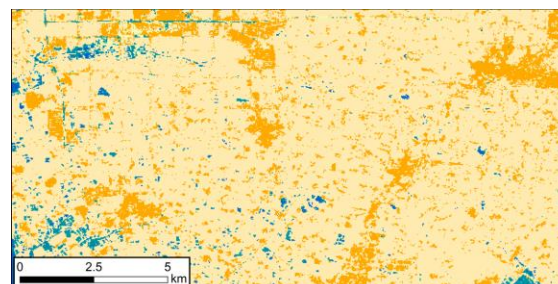
	树冠		水体
	灌木		湿地
	耕地		冰雪
	草地		苔原
	建筑		路网
	裸地		



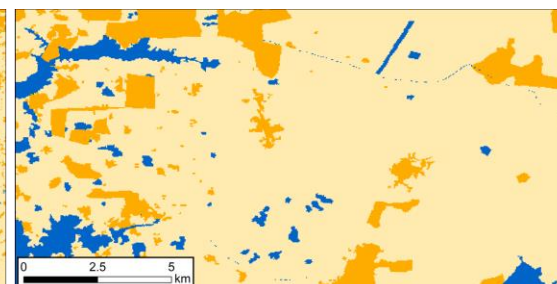
FROM_GLC10



ESRI_GLC10



GLC_FCS30



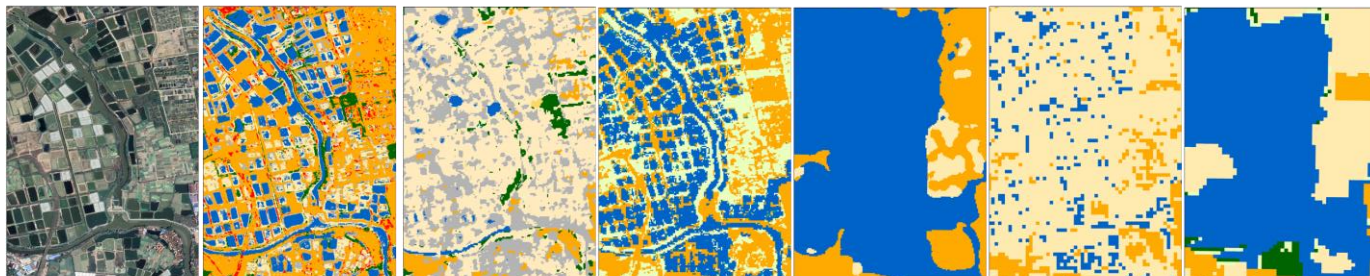
GlobeLand30

目视对比结果展示

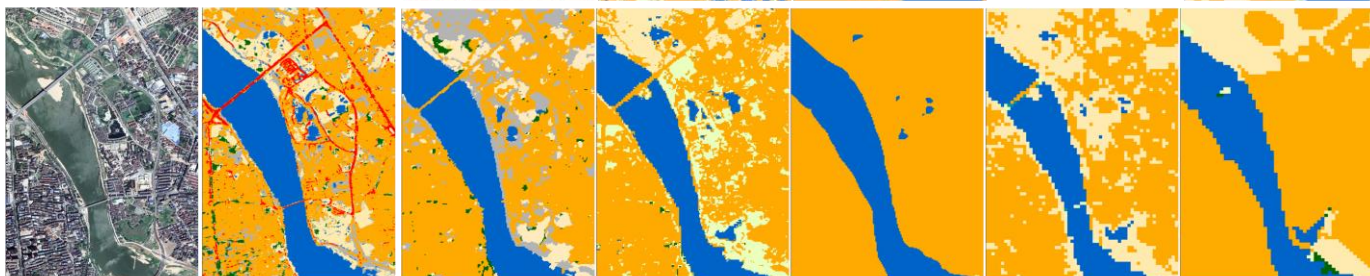
海南



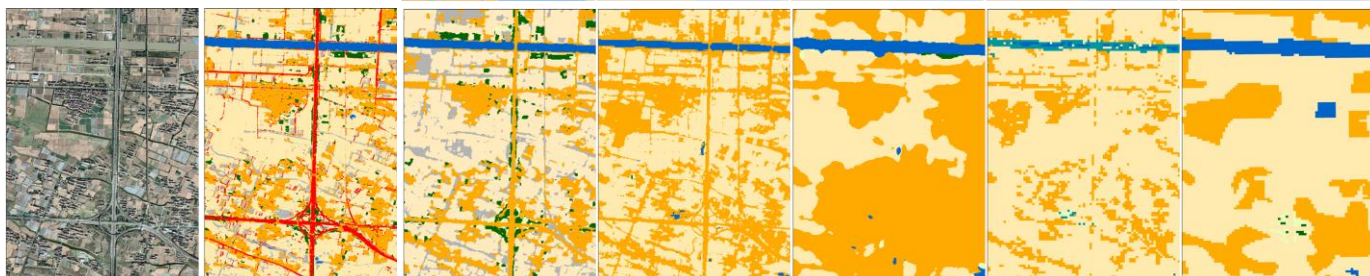
广东



江西



上海



谷歌影像

SinoLC-1

ESA_GLC10

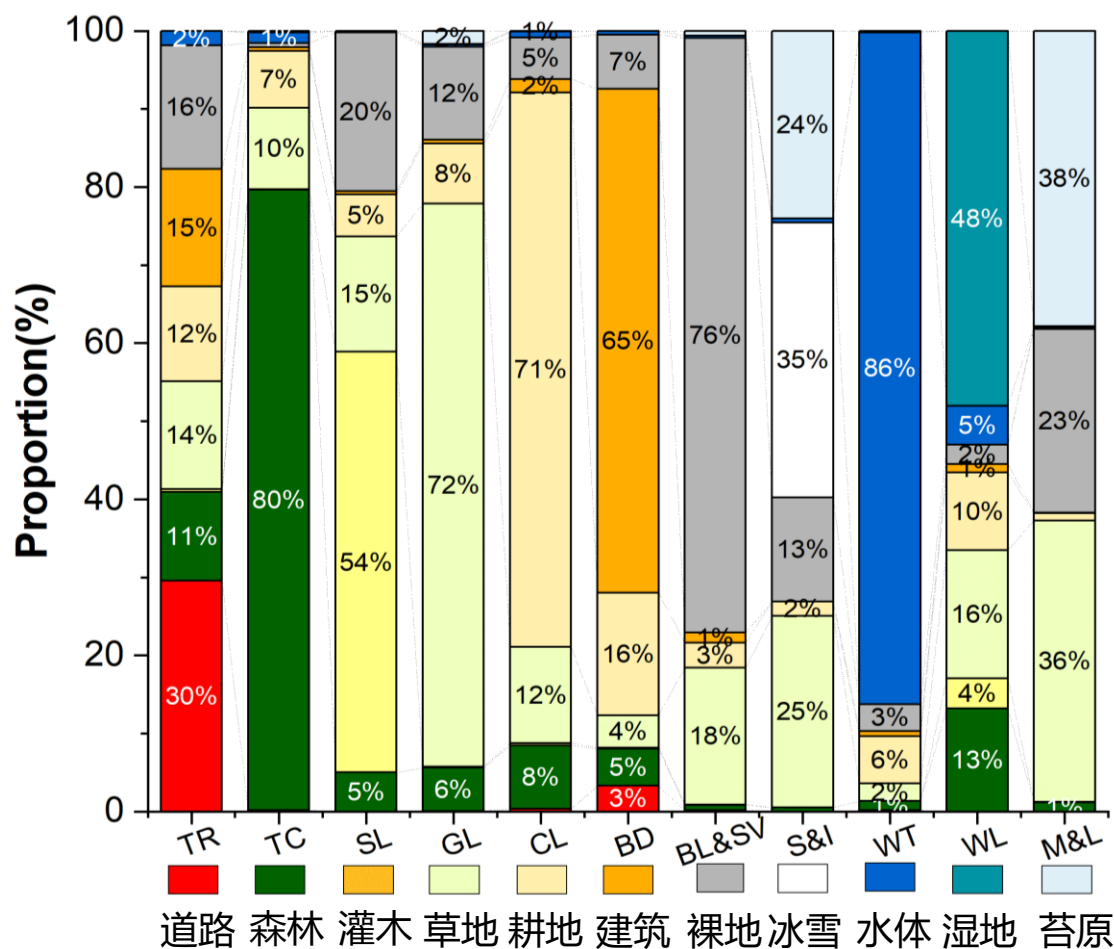
FROM_GLC10

ESRI_GLC10

GLC_FCS30

GlobeLand30

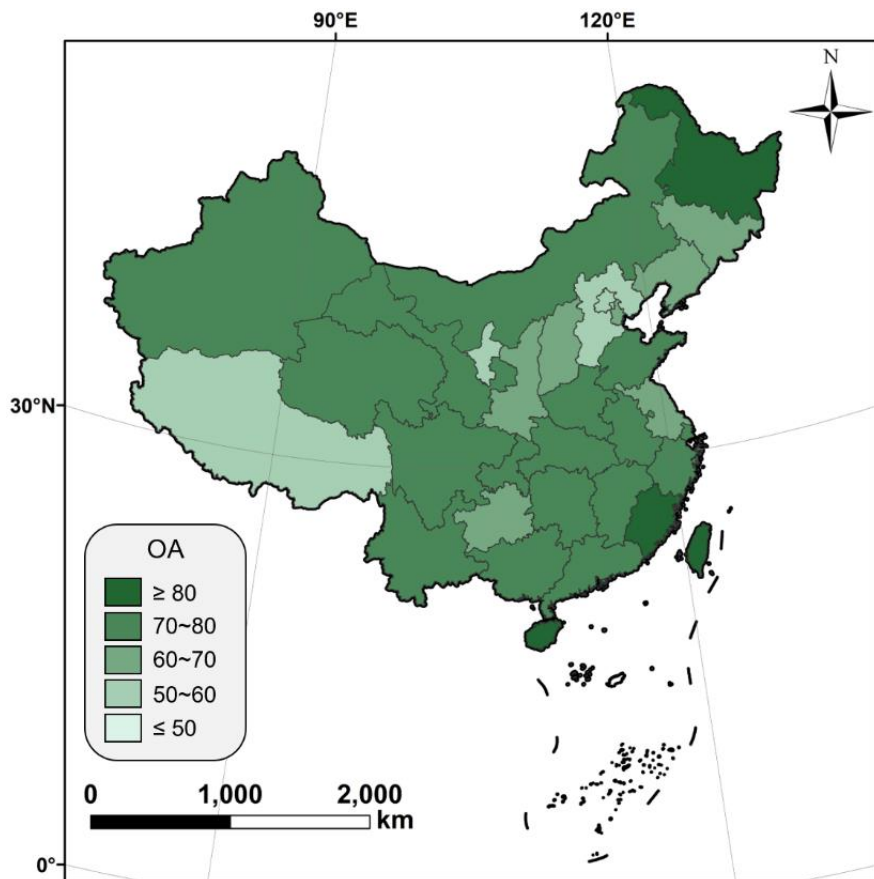
样本点定量评价结果



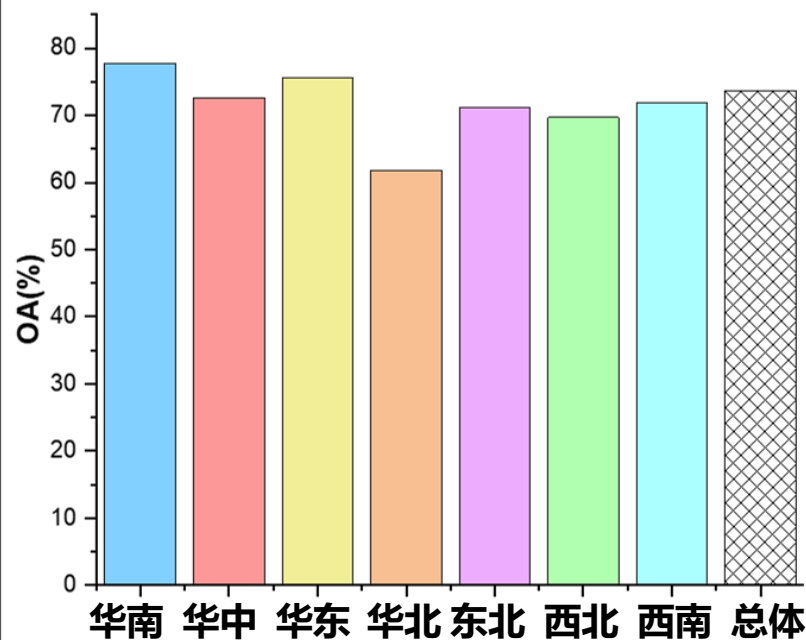
SinoLC-1 各类别分类混淆比例

森林、草地、耕地、建筑、裸地、水体等地物制图结果较好

样本点定量评价结果



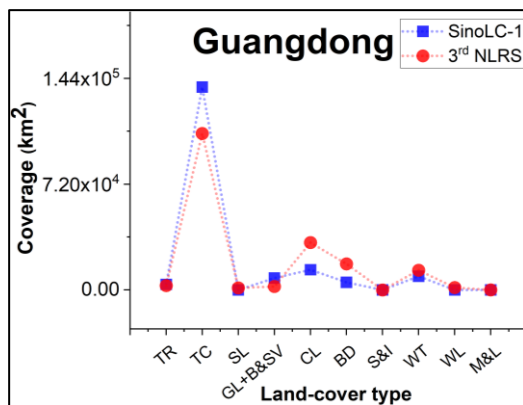
SinoLC-1 整体精度 (OA) 空间分布



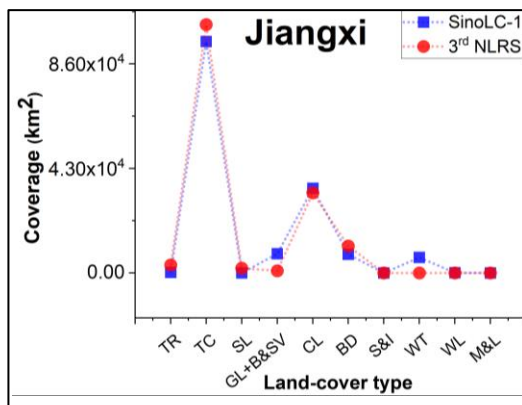
7个地理分区精度分布

产品在华南地区精度最高，全国整体精度为73.61%

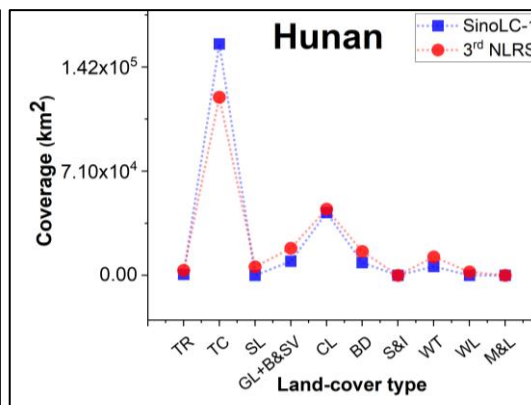
三调定量评价结果



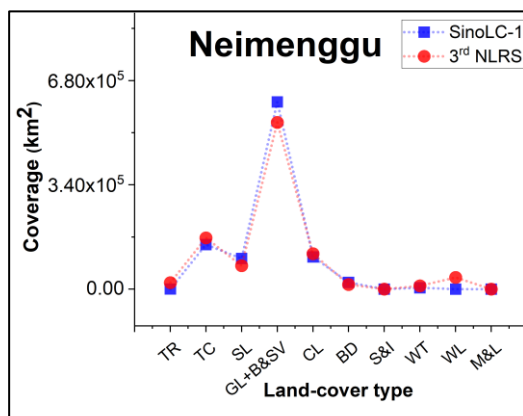
广东省土地类型分布



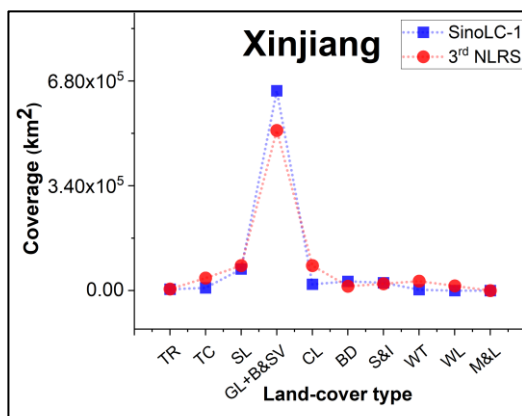
江西省土地类型分布



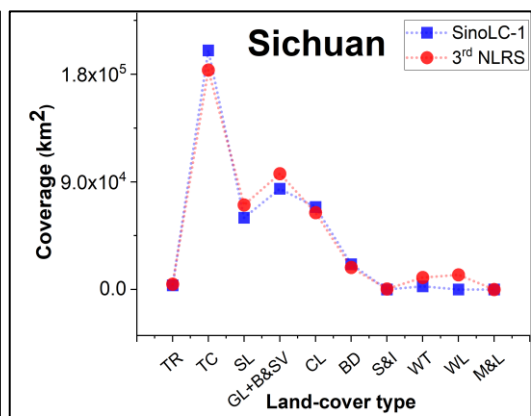
湖南省土地类型分布



内蒙古土地类型分布



新疆土地类型分布

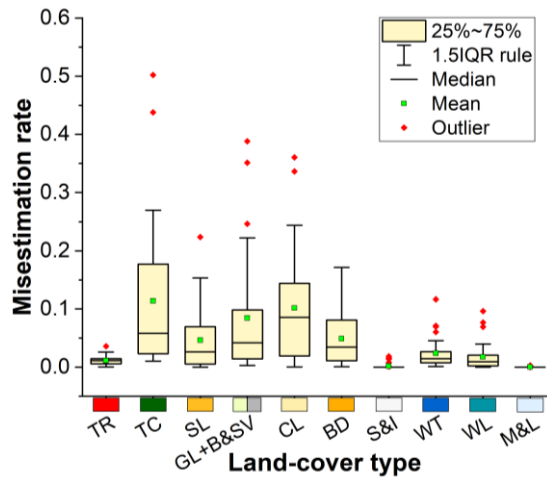


四川省土地类型分布

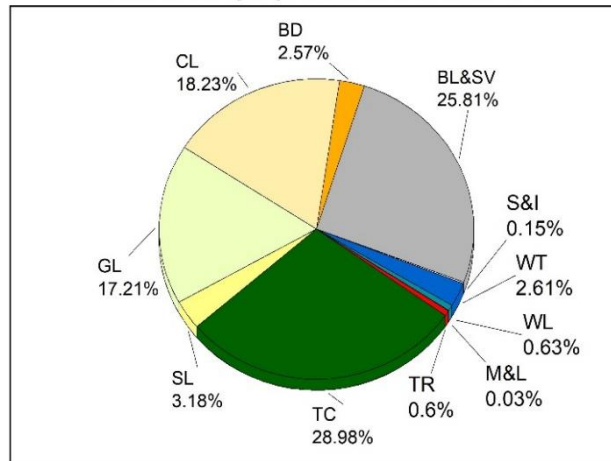
部分省份（三调—结果）对比

在各省精度定量评价中，本产品较为贴合三调统计数据

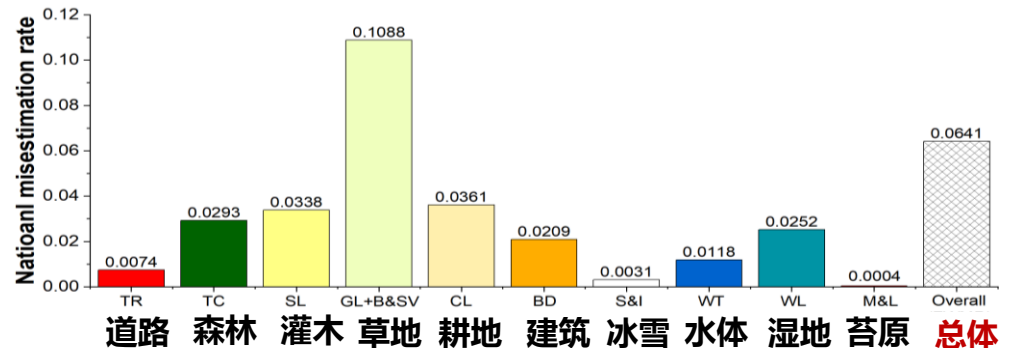
三调定量评估结果



各类别误差分布



SinoLC-1类别分布



SinoLC-1产品全国类别误差

总体
(加权)

制图结果整体贴合三调数据，全国加权制图误差约6%

内容

1 | 研究背景

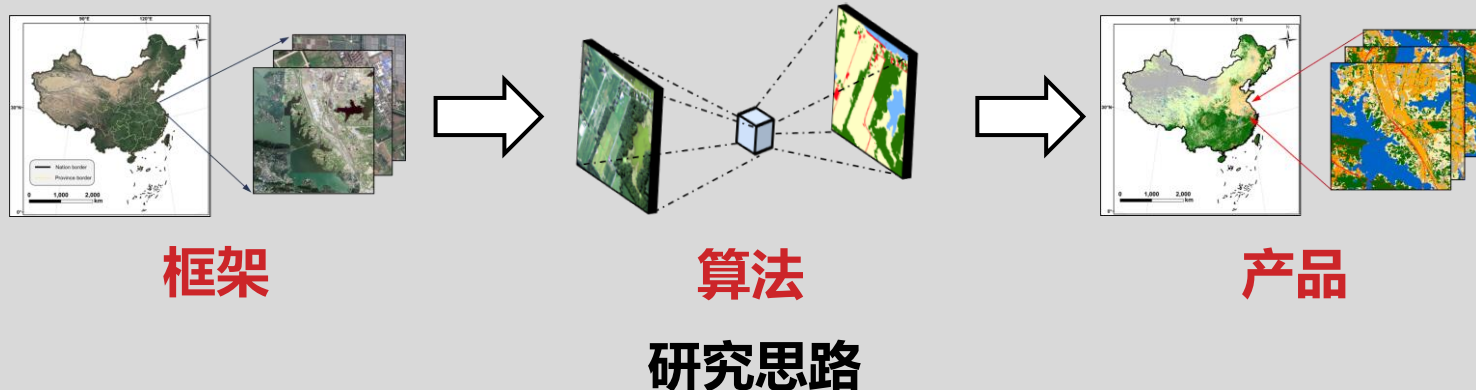
2 | 制图算法

3 | 结果验证

4 | 总结

总结

1. 提出了**低分到高分的大范围土地覆盖制图框架**，建立了精确高分样本缺失条件下的国家尺度高分辨率土地覆盖制图流程
2. 构建了**使用噪声训练样本的端到端弱监督深度学习网络**，解决了在粗糙训练标签监督条件下的高精度土地覆盖制图难题
3. 研制了**中国首幅1米分辨率土地覆盖图SinoLC-1**，为资源、环境、生态、农业等多学科研究提供了基础底图数据



相关研究成果

2021年：初探

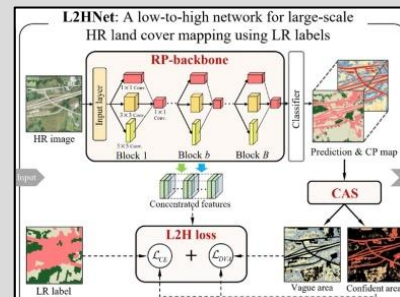
2021年IEEE地球科学与遥感学会全球数据融合大赛，从全球300多个团队中脱颖而出，获得冠军



2022年：方法

跨分辨率土地覆盖弱监督制图网络，发表于遥感领域期刊ISPRS

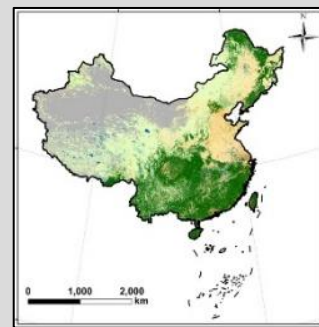
Z. Li, H. Zhang*, F. Lu, R. Xue, G. Yang and L. Zhang, "Breaking the Resolution Barrier: A Low-to-High Network for Large-Scale High-Resolution Land Cover Mapping using Low-Resolution Labels", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 192, pp. 244 - 267, 2022.



2023年：产品

全国首幅1米分辨率土地覆盖专题图，发表于科学数据期刊ESSD

Z. Li, W. He, M. Cheng, J. Hu, G. Yang, and H. Zhang*, "SinoLC-1: the first 1-meter resolution national-scale land-cover map of China created with the deep learning framework and open-access data", *Earth System Science Data*, vol. 15, no. 11, pp.4749–4780, 2023.



致谢

□ 致谢

感谢欧洲航天局、ESRI公司、清华大学、自然资源部与中科院空天院提供的10米分辨率土地覆盖图，感谢Open Street Map 提供的交通路网数据与谷歌公司提供的1米分辨率遥感影像！

□ 文章与数据下载



文章下载



Zenodo
科学数据中心



国家青藏高原
科学数据中心



国家对地观测
科学数据中心



产品下载次数超11万

论文在审期间的相关报道

中国首套1米分辨率的全国土地覆盖数据集 (SinoLC-1) 已上线

中国第一 | 武大博士发布1米分辨率的全国土地覆盖数据集

中国首套1米分辨率的全国土地覆盖数据集 (SinoLC-1) 已上线

中国第一个1米分辨率的全国土地覆盖图 (补发)

数据分享 | 中国首套1米分辨率的全国土地覆盖数据集 (SinoLC-1)

【转载】中国第一个1米分辨率的全国土地覆盖图

SinoLC-1: 中国首套1米分辨率的全国土地覆盖数据集

【数据分享】中国首套1米分辨率的全国土地覆盖数据集 (SinoLC-1)

中国第一个1米分辨率的全国土地覆盖图

【数据分享】可下载！中国第一个1米分辨率的全国土地覆盖数据

【数据资源】1米分辨率全国土地覆盖数据(SinoLC-1)

【数据分享】中国首套1米分辨率的全国土地覆盖数据集 (SinoLC-1) 已上线

Ai尚研修科研技术推广 2023-04-17 17:43 发表于河北

收录于合集
#数据资源
#免费数据资料

推荐阅读

- 1、【高阶版】R语言空间分析、模拟预测与可视化高级应用技术培训班
- 2、SWAT模型高阶十七项案例分析实践
- 3、Citespace和vosviewer文献计量可视化SCI论文高效写作方法
- 4、Python语言在地球科学交叉领域中的实践技术融合应用高级培训班
- 5、CMIP6数据处理方法与典型案例分析实践技术应用培训班
- 6、R+VIC模型融合实践技术应用及未来气候变化模型预测应用
- 7、最新PyTorch机器学习与深度学习技术与案例实践应用培训班

zenodo Search Upload Communities Log in Sign up

March 8, 2023 Preprint Open Access

SinoLC-1: the first 1-meter resolution national-scale land-cover map of China created with the deep learning framework and open-access data (User guide)

Zhuohong Li, Wei He, Mofan Cheng, Jinglin Hu, Xiao An, Yan Huang, Guangli Yang, Hongyan Zhang

The User Guide V2.1 of the SinoLC-1 land-cover product. The preprint of this product is under review in Earth System Science Data Discussion.

Attribution format of research

第一作者：李卓鸿 博士生（武汉大学 测绘遥感信息工程国家重点实验室）；通信作者：张洪艳 教授（中国地质大学（武汉）计算机学院）

参考文献

- [1] Bruzzone, L., Marconcini, M., 2009. Toward the automatic updating of land-cover maps by a domain-adaptation svm classifier and a circular validation strategy. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 47, 1108–1122.
- [2] Rodriguez-Galiano, V.F., Ghimire, B., Rogan, J., Chica-Olmo, M., Rigol-Sanchez, J.P., 2012. An assessment of the effectiveness of a random forest classifier for land-cover classification. *ISPRS Journal of Photogram-metry and Remote Sensing* 67, 93–104
- [3] Tilak, T., Braun, A., Chandler, D., David, N., Galopin, S., Lombard, A., Michaud, M., Parisel, C., Porte, M., Robert, M., 2020. Very high resolution land cover mapping of urban areas at global scale with convolutional neural networks. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. - ISPRS Arch.* 43, 201–208.
- [4] Gong, P., Yu, L., Li, C., Wang, J., Liang, L., Li, X., Ji, L., Bai, Y., Cheng, Y., Zhu, Z., 2016. A new research paradigm for global land cover mapping. *Annals of GIS* 22, 87–102.
- [5] Robinson, C., Hou, L., Malkin, K., Soobitsky, R., Czawlytko, J., Dilkina, B., Jovic, N., 2019. Large scale high-resolution land cover mapping with multi-resolution data, in: *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 12726–12735..
- [6] Chen, B., Xu, B., Zhu, Z., Yuan, C., Suen, H.P., Guo, J., Xu, N., Li, W., Zhao, Y., Yang, J., et al., 2019. Stable classification with limited sample: Transferring a 30-m resolution sample set collected in 2015 to mapping 10-m resolution global land cover in 2017. *Sci. Bull* 64, 370–373.
- [7] Li, Z., Lu, F., Zhang, H., Yang, G., Zhang, L., 2021. Change cross-detection based on label improvements and multi-model fusion for multi-temporal remote sensing images, in: *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, pp. 2054–2057
- [8] Szegedy, C., Liu, W., Jia, Y., Sermanet, P., Reed, S., Anguelov, D., Erhan, D., Vanhoucke, V., Rabinovich, A., 2015. Going deeper with convolutions, in: *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, pp. 1–9
- [9] He, K., Zhang, X., Ren, S., Sun, J., 2016. Deep residual learning for image recognition, in: *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, pp. 770–778
- [10] Rizve, M.N., Duarte, K., Rawat, Y.S., Shah, M., 2020. In defense of pseudo-labeling: An uncertainty-aware pseudo-label selection framework for semi-supervised learning, in: *International Conference on Learning Representations*.
- [11] Woo, S., Park, J., Lee, J.Y., Kweon, I.S., 2018. Cbam: Convolutional block attention module, in: *Proceedings of the European conference on computer vision (ECCV)*, pp. 3–19.
- [12] Otsu, N., 1979. A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics* 9, 62–66.

感谢关注!

欢迎提出宝贵意见!

高维数据处理与解译研究组

High-dimensional Data Processing and Interpretation (HDPI)

zhanghongyan@cug.edu.cn

