

# 武汉大学CVEO小组

武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室

张晓东 教授

<https://www.whu-cveo.com/>

# 大纲

## 1. CVEO小组简介

- 1.1 核心团队
- 1.2 科研交流
- 1.3 团队成果
- 1.4 目前研究、开发方向
- 1.5 发展规划

## 2. 科研

- 2.1 无人机影像去雾算法研究
- 2.2 面向对象的遥感影像分类方法
- 2.3 遥感影像语义分割
- 2.4 遥感影像变化检测研究
- 2.5 遥感影像样本半自动交互提取方法
- 2.6 遥感影像目标地物自动检测与定位
- 2.7 三维影像数据处理与应用

## 3. 应用

- 3.1 遥感影像智能解译
- 3.2 遥感时空大数据综合应用
- 3.3 空间地理信息大数据处理平台

# 1. CVEO小组简介

1.1 核心团队

1.2 科研交流

1.3 团队成果

1.4 目前研究与开发方向

1.5 发展规划

## 1.1 核心团队

武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室张晓东教授领衔

形成了以博士后、博士研究生、硕士研究生为主的高层次科研团队

掌握了遥感影像处理、地理信息系统、数字摄影测量、三维重建、人工智能与高性能计算等核心技术

在遥感技术应用、人工智能与深度学习、摄影测量、GIS软件开发等方面具有丰富的经验

# 1.1 核心团队—张晓东教授



## 1.1 核心团队—核心成员



**王文波 教授**

武汉科技大学信息与计算科学系  
教授，博士生导师  
研究方向：多尺度分析，图像和信号处理



**王庆 博士**

长江大学 地球科学学院 讲师  
武汉大学 摄影测量与遥感专业 博士  
研究方向：遥感影像变化检测、GIS国土应用



**陈关州 博士后研究员**

武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室  
摄影测量与遥感专业  
研究方向：遥感影像智能解译，深度学习与人工智能，GIS工程开发



**朱坤 博士研究生**

武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室  
摄影测量与遥感专业  
研究方向：遥感影像交互式目标提取、目标检测、视频跟踪

## 1.2 科研交流

### 参与国家纵向课题（10余项）

- “973”计划
- “863”子课题
- 国家科技部项目
- 国家科技支撑项目
- 国家自然科学基金项目
- 湖北省自然科学基金项目
- 广东省自然科学基金项目
- 中国博士后科学基金项目
- 卫星海洋环境动力学国家重点实验室开发基金项目
- 武汉大学自主科研项目
- 中央高校基本科研业务费专项资金重大培育项目
- 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心项目
- ……

### 与下列单位进行项目合作（40余项）

- 广东电网
- 北京灵图
- 安徽省电力设计院
- 武汉市科技局
- 国家海洋局
- 南京市规划局
- 汕头市测绘研究院
- 原解放军总装备部
- 安徽省第四测绘院
- 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心
- 航天恒星科技有限公司
- ……

### 合作建立联合研究中心

- 武汉大学安徽省电力设计院电网工程地理信息研究中心
- 武汉大学福建金森（林业上市公司）智慧林业遥感技术研究中心

# 1.3 团队成果



## 1.3 团队成果

### 拥有软件著作权

- 架空送电线路优化设计系统**PLOS V1.0**
- 地理信息数据版权保护系统**V1.0**
- 影像镶嵌软件**V1.0 ImageStitch**
- 海域动态监视监测移动上报与核实系统
- 海域动态监视监测管理系统
- 海域使用动态监控与指挥办公系统
- 国家重点实验室管理信息系统
- 农村土地承包经营权系统
- 地名数据处理系统
- 无人机图像去雾平台
- 航空摄影测量外业调绘系统 **V1.0**
- 内外业（测量、调查、建库）一体化地籍信息系统
- 无人机影像变化检测系统
- 遥感影像面向对象分析与变化检测系统 **V1.0**
- 第三次全国土地调查数据库管理系统
- 第三次全国土地调查内业生产建库软件
- 第三次全国土地调查外业采集软件

### 出版专著

- 对地观测数据处理与分析研究进展 武汉大学出版社，2007-12. ISBN：978-7-307-06038-8.
- 地理国情监测理论与技术 科学出版社，2013-09. ISBN：978-7-03-037397-7.
- 遥感影像变化检测 武汉大学出版社，2015-10-01. ISBN：978-7-307-16402-4.

### 所获专利

- 基于遥感影像和GIS数据的面状地物变化检测方法 CN200510020068.7, 2006-06-21
- 遥感影像镶嵌中的基于影像重叠区域的色调调整方法 CN200610018970.X, 2006-09-27
- 一种遥感影像镶嵌中的拼接缝消除方法 CN200610018969.7, 2006-09-27
- 一种遥感影像上土地利用地物边界轮廓提取方法 CN201110453473.3, 2012-07-11

# 1.4 目前研究与开发方向

## 科研

### 遥感影像处理

- 遥感影像去雾算法研究
- 遥感影像面向对象分析、分类方法研究
- 遥感影像变化检测研究
- 遥感影像目标检测研究

### 人工智能与高性能计算

- 基于深度学习的高分辨率遥感影像场景分类、语义分割研究
- 基于深度学习的地物目标智能提取研究
- 遥感数据并行化、集群化处理研究

### 摄影测量与计算机视觉

- 倾斜摄影与三维重建智能化研究
- 三维地标模型单体化研究

## 行业应用

### 遥感影像智能解译

- 无人机影像去雾处理系统
- 无人机影像土地利用监测数据变化检测系统UCDS
- 面向对象高分辨率遥感影像处理系统CDTStudio
- 遥感影像智能处理平台Smart-Spatial Studio

### 空间地理信息大数据处理平台

- 农村土地承包经营权系统
- 航空摄影测量外业调绘系统
- 内外业(测量、调查、建库)一体化地籍信息系统
- 第二次全国地名普查数据处理系统
- 第三次全国土地调查处理系统

### 遥感时空大数据综合应用

- 基于遥感时空大数据的违章建筑监测与管理系统
- 基于空间大数据技术的精准扶贫
- 湖北省土壤环境监测网络与信息发布系统
- 空天地一体化森林防火指挥平台
- 湖北省卫生监督执法指挥调度平台

## 1.5 发展规划



# 2 科研

2.1 无人机影像去雾算法研究

2.2 面向对象的遥感影像分类方法

2.3 遥感影像语义分割

2.4 遥感影像变化检测研究

2.5 遥感影像样本半自动交互提取方法

2.6 遥感影像目标地物自动检测与定位

2.7 三维影像数据处理与应用

## 2.1 无人机影像去雾算法研究

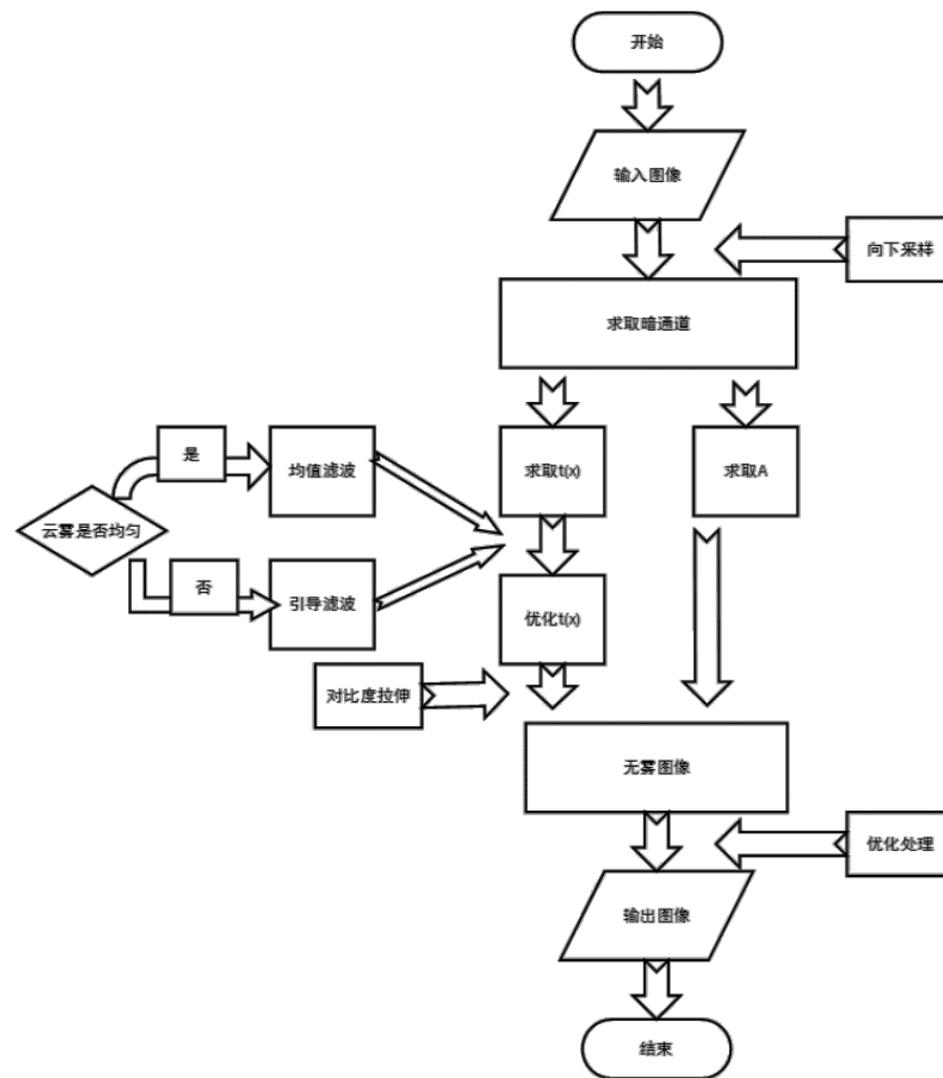
2.1.1 基于引导滤波与暗通道先验的无人机影像去雾算法

2.1.2 基于深度学习的可见光遥感影像去雾算法

## 2.1.1 基于引导滤波与暗通道先验的无人机影像去雾算法

根据无人机影像成像特点，提出了一种基于引导滤波与暗通道先验的遥感影像去雾算法。

该算法改进了传统去雾算法处理均匀薄雾与白色非雾区域的效果，增强了适应性，同时又优化了去雾过程中卷积滤波算法的过程，大大提高了影像去雾效率。



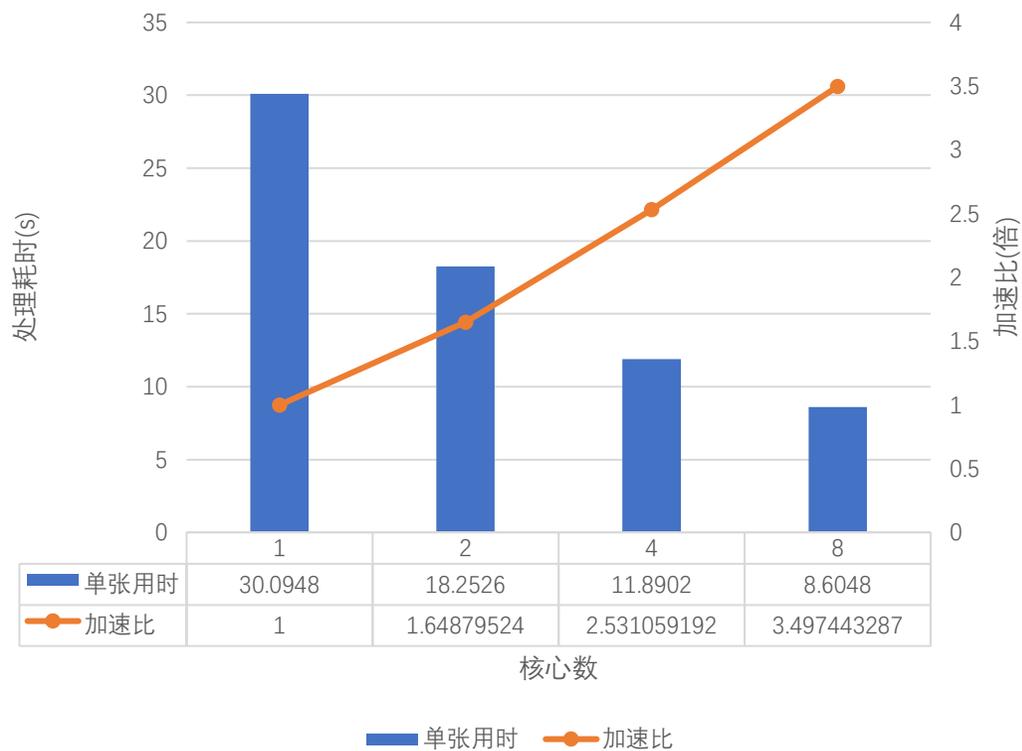
## 2.1.1 基于引导滤波与暗通道先验的无人机影像去雾算法



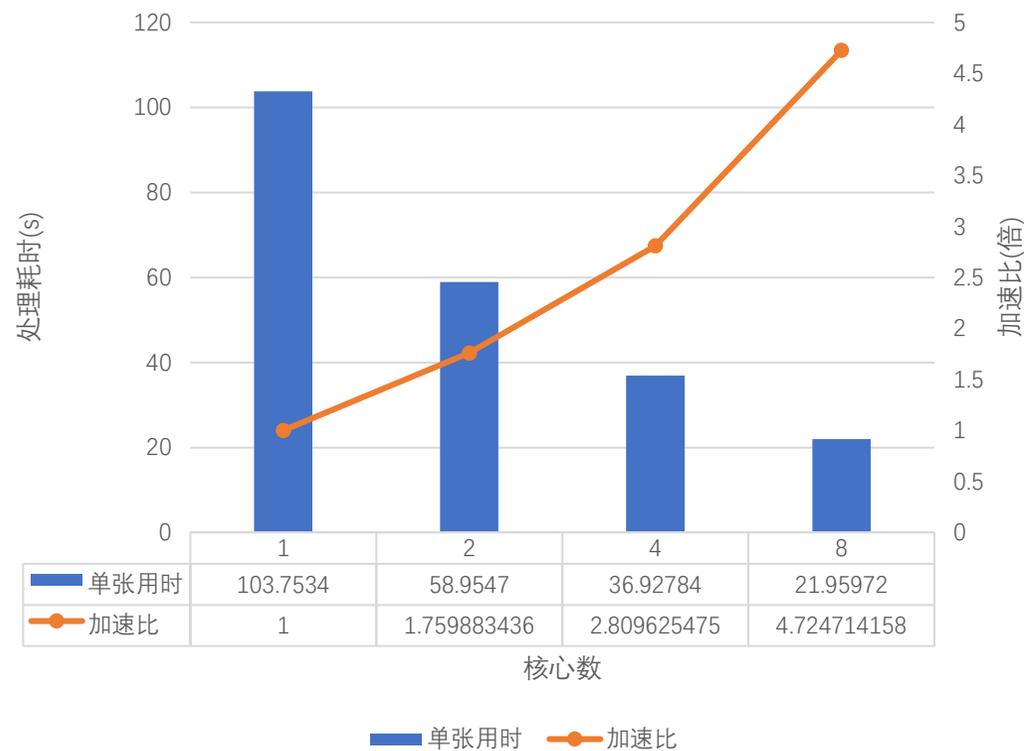
去雾效果

## 2.1.1 去雾算法并行化

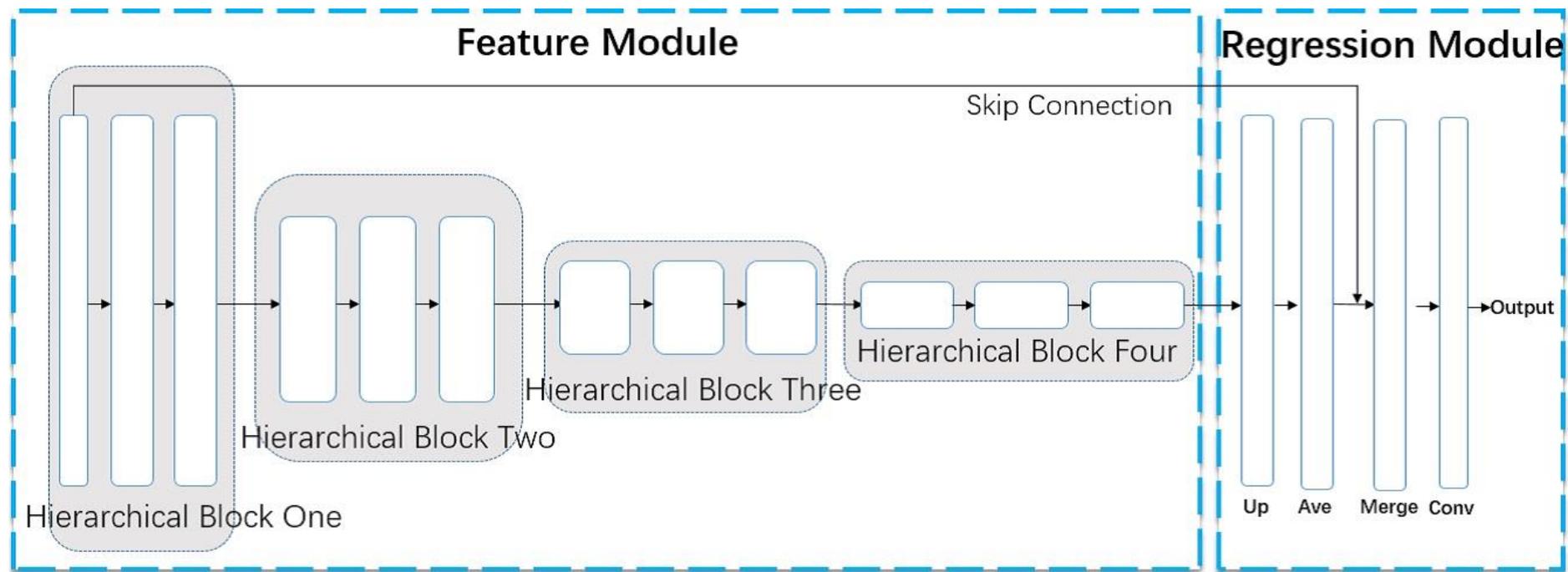
去雾算法集群并行化加速比  
7952\*5304\*3大小影像



去雾算法集群并行化加速比  
4079\*4242\*4大小影像



## 2.1.2 基于深度学习的可见光遥感影像去雾算法



待去雾影像



全卷积网络



透射率图

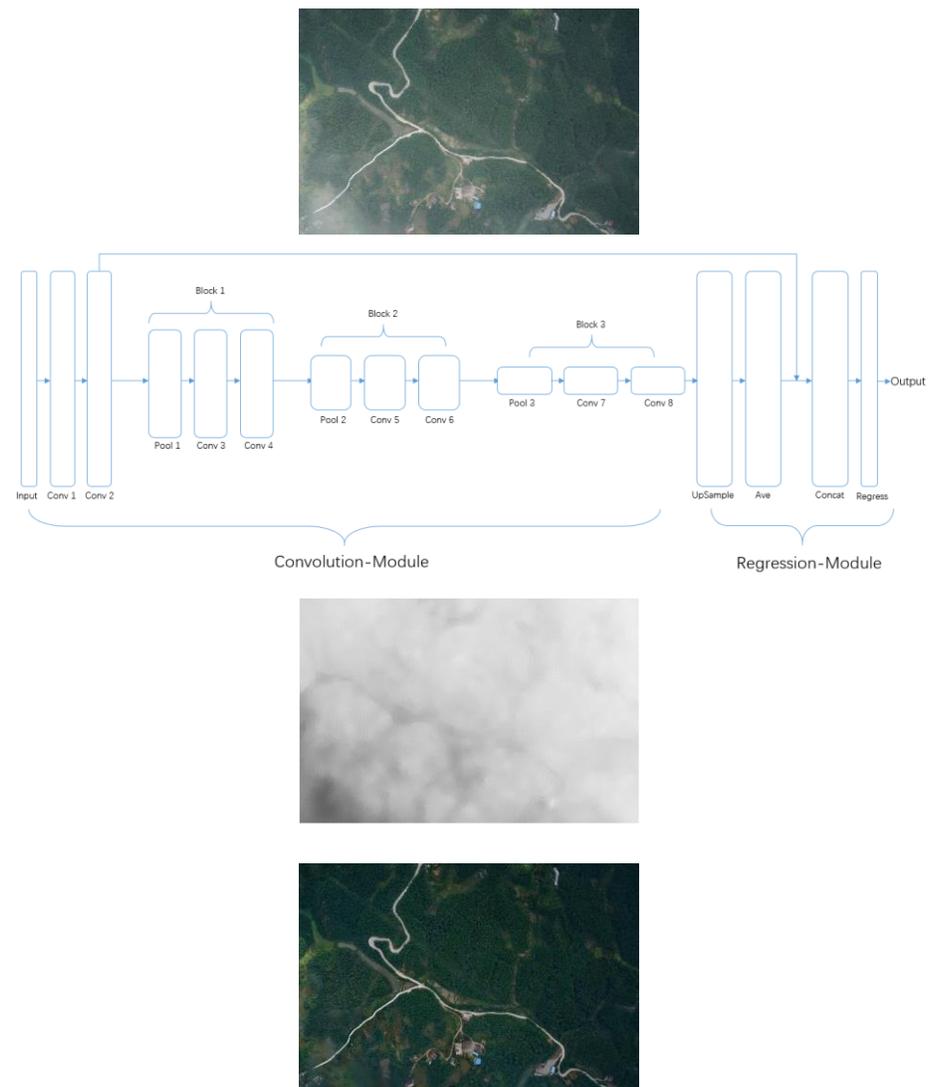


去雾后影像

## 2.1.2 基于深度学习的可见光遥感影像去雾算法

针对现有算法在匀色区域，强对比度区域等情形下稳定性不够好的现象，同时为了减少超参数调整等主观因素对去雾效果的影响，提出基于FCN的无人机影像去雾

该算法相较于暗通道先验算法得到了更加稳定并且更加优秀的结果，由于使用了GPU加速，该方法的处理速度也更快，对于  $480 \times 480 \times 3$  的无人机影像仅需不到0.06S。



## 2.1.2 基于深度学习的可见光遥感影像去雾算法

设计深度学习去雾网络框架，相对于其他方法更加高效和快速地解决了遥感影像和无人机影像去雾的难题

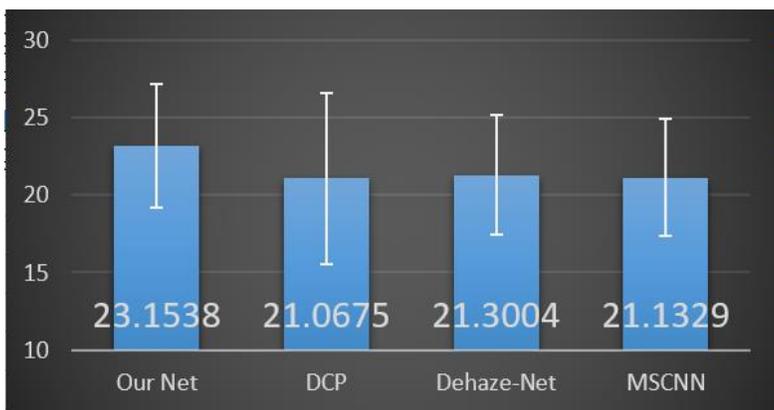
为遥感影像深度学习去雾模型设计数据集合成方案，有效解决了同区域同质量的无雾和有雾遥感影像对难以获取的难题，为今后进一步的影像去雾研究打下基础



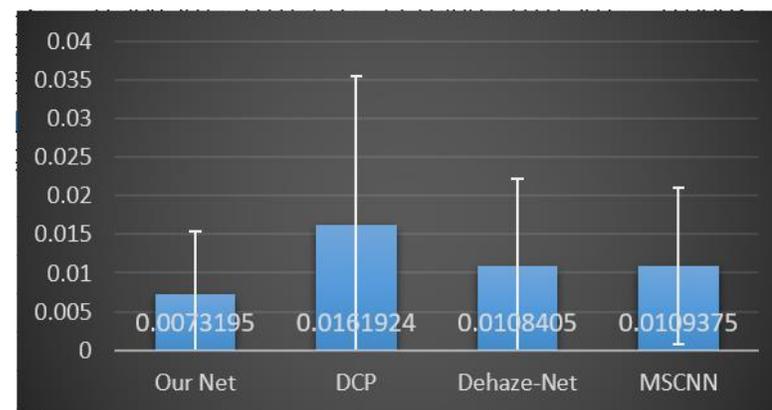
影像去雾效果

《Haze Removal from a Single Remote Sensing Image based on a Fully Convolutional Neural Network》

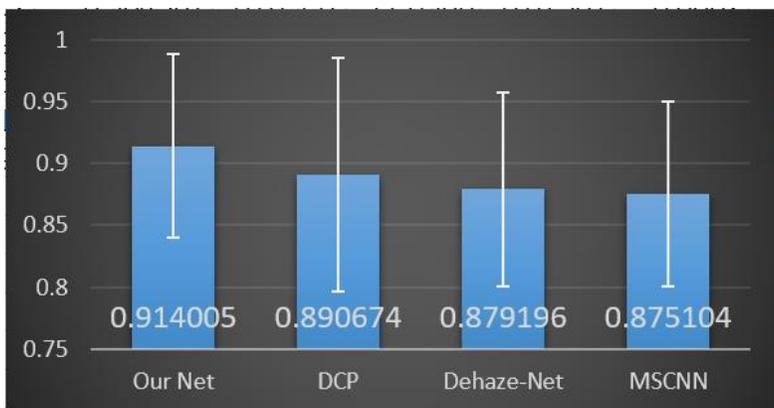
## 2.1.2 评估指标对比



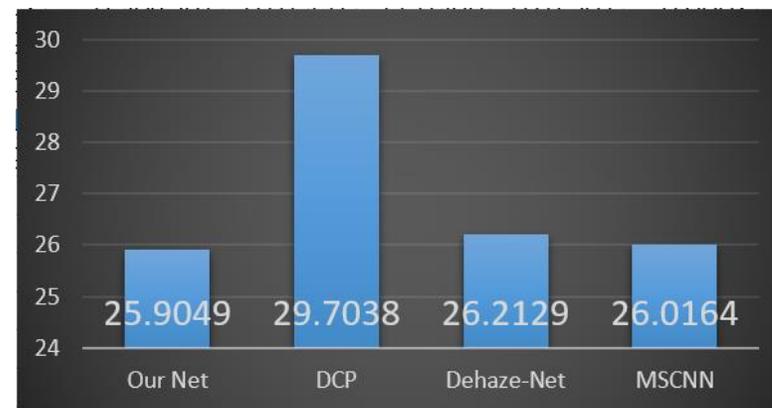
SSIM



MSE



PSNR



耗时(435张影像)

## 2.1.2 去雾效果对比



## 2.2 面向对象的遥感影像分类方法

2.2.1 基于深度学习栈式去噪自动编码器的面向对象遥感影像分类算法

2.2.2 基于卷积神经网络的面向对象遥感影像分类算法

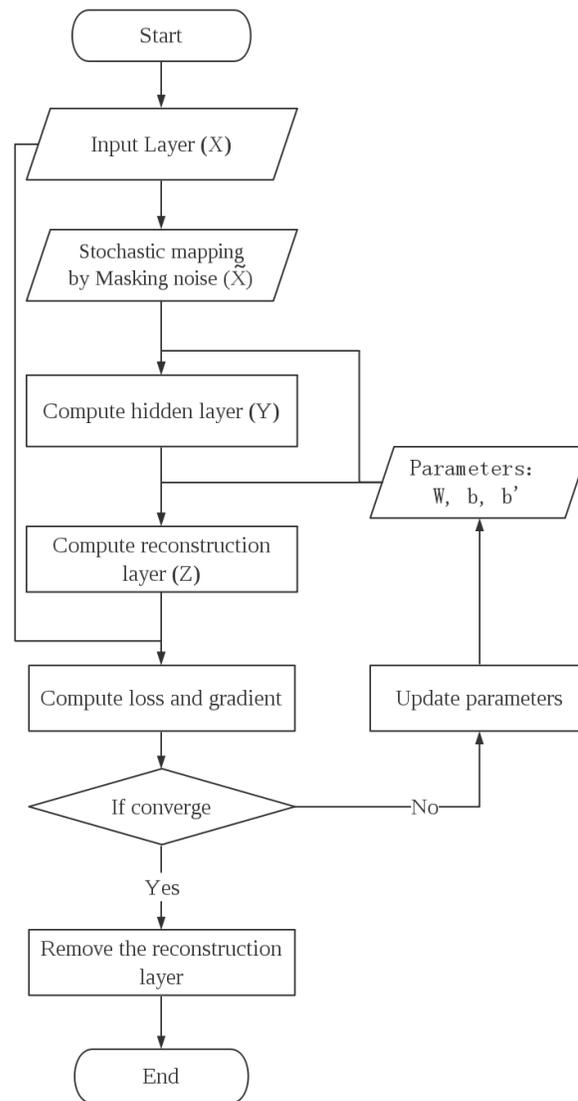
## 2.2.1 基于深度学习栈式去噪自动编码器的面向对象遥感影像分类算法

该算法有效地结合了深度学习与遥感影像面向对象分析

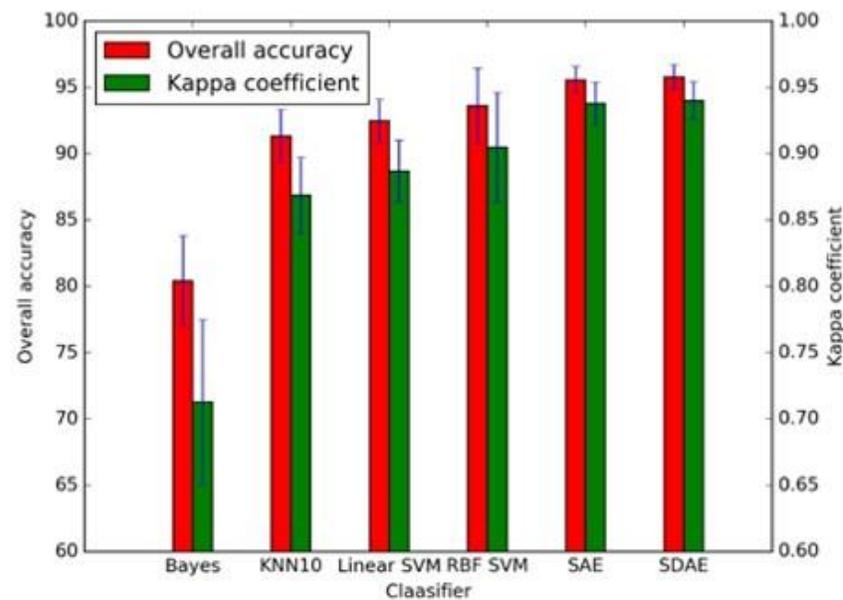
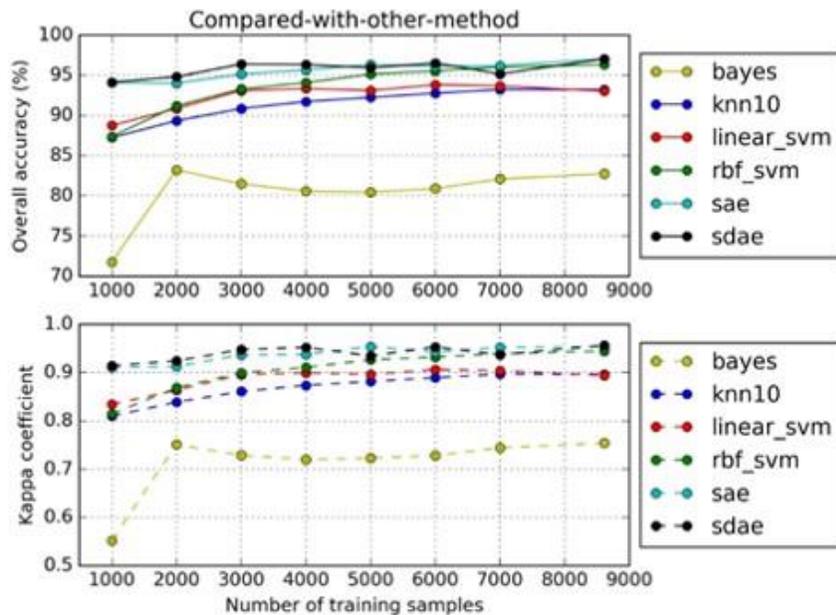
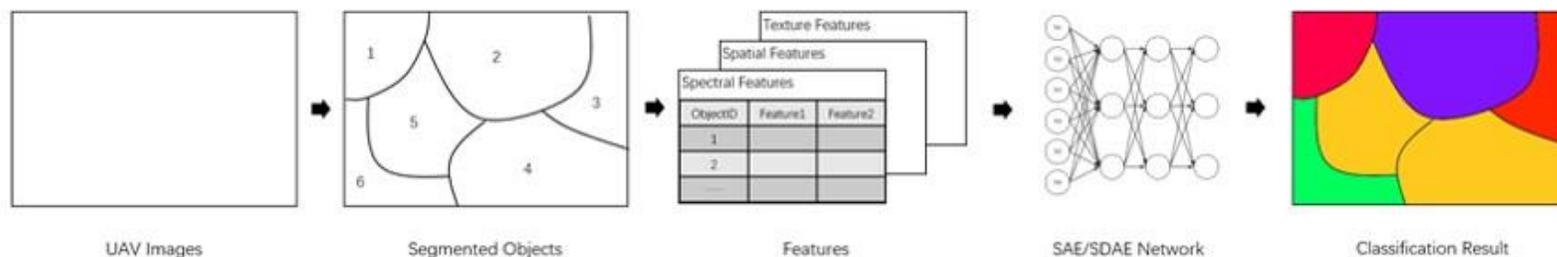
相较于传统分类方法，该方法所提取的深度特征能够得到更高的分类精度

在训练样本较少时，分类精度也能大幅领先传统算法

论文已被JSTARS 录用



## 2.2.1 基于深度学习栈式去噪自动编码器的面向对象遥感影像分类算法



## 2.2.2 基于卷积神经网络的面向对象遥感影像分类算法

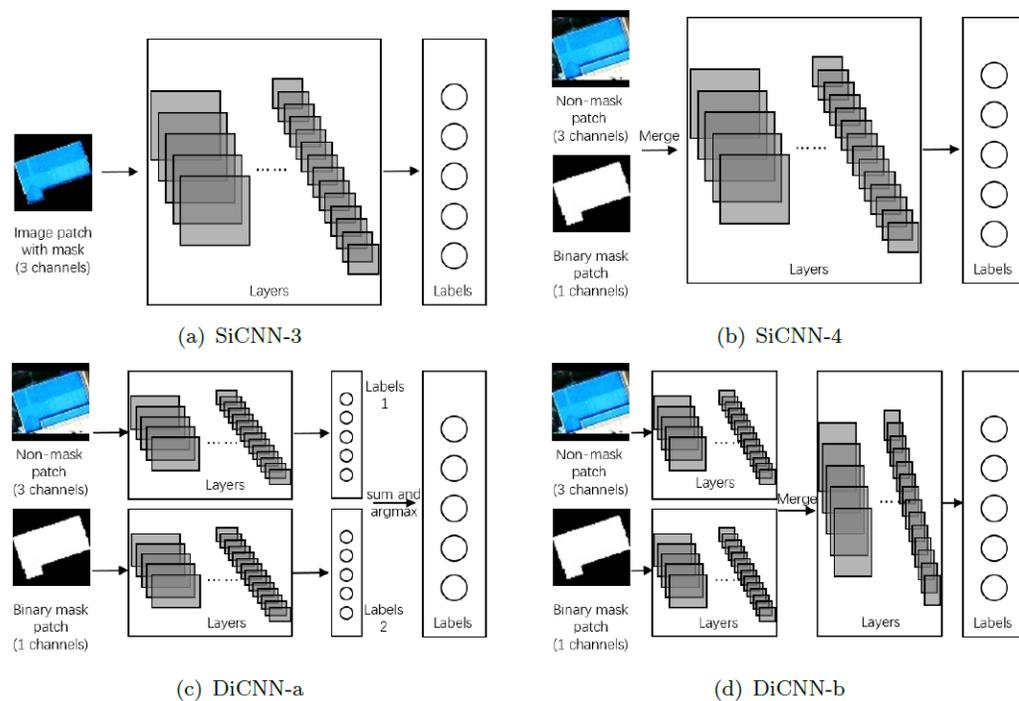
该算法首次将深度学习卷积神经网络直接应用于面向对象分类方法

该方法影像分割产生的超像素的原始影像数据与掩膜同时作为卷积神经网络的输入，并设计了四种不同的网络形态

该方法无需提取人工设计的特征

对比实验表明，利用卷积神经网络自动提取的特征进行分类，精度优于传统的面向对象分类方法与基于像素的分类方法

论文已被Remote Sensing Letter录用（SCI期刊）



## 2.3 遥感影像语义分割

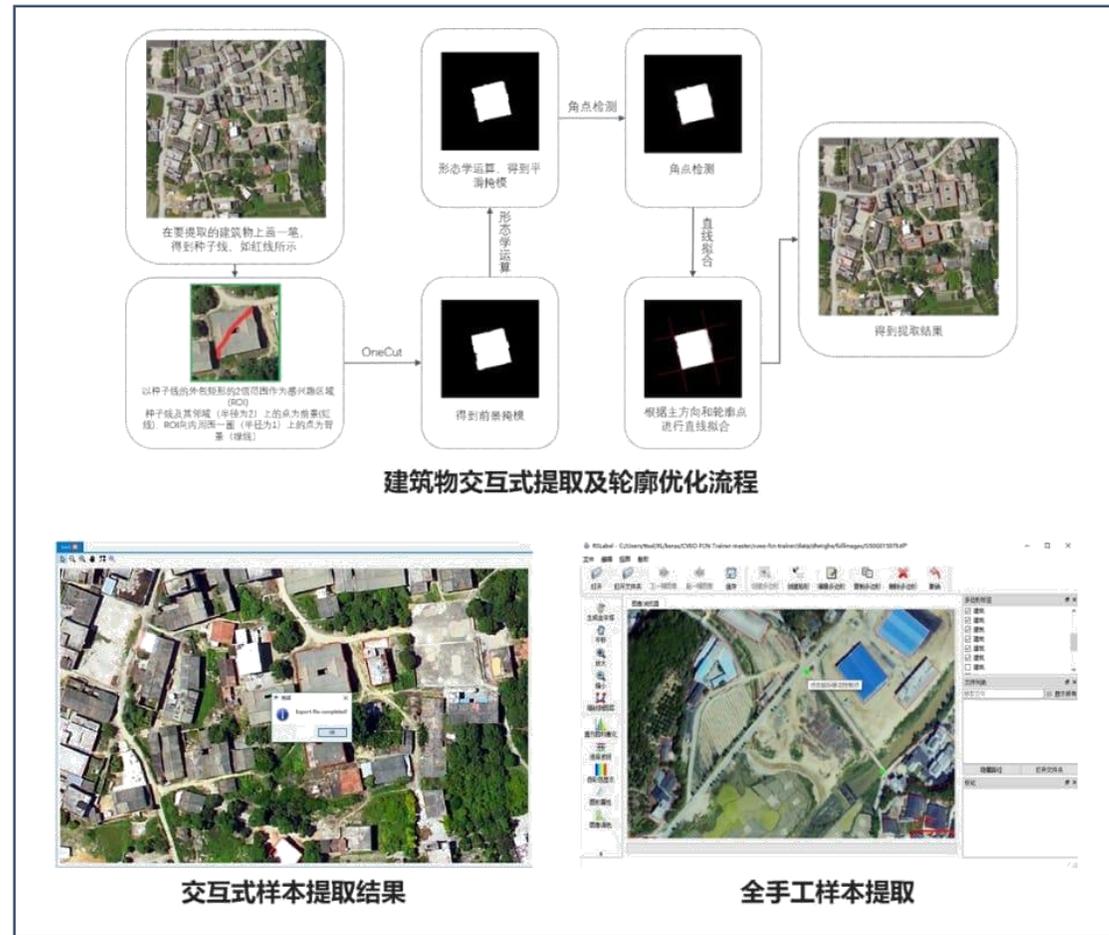
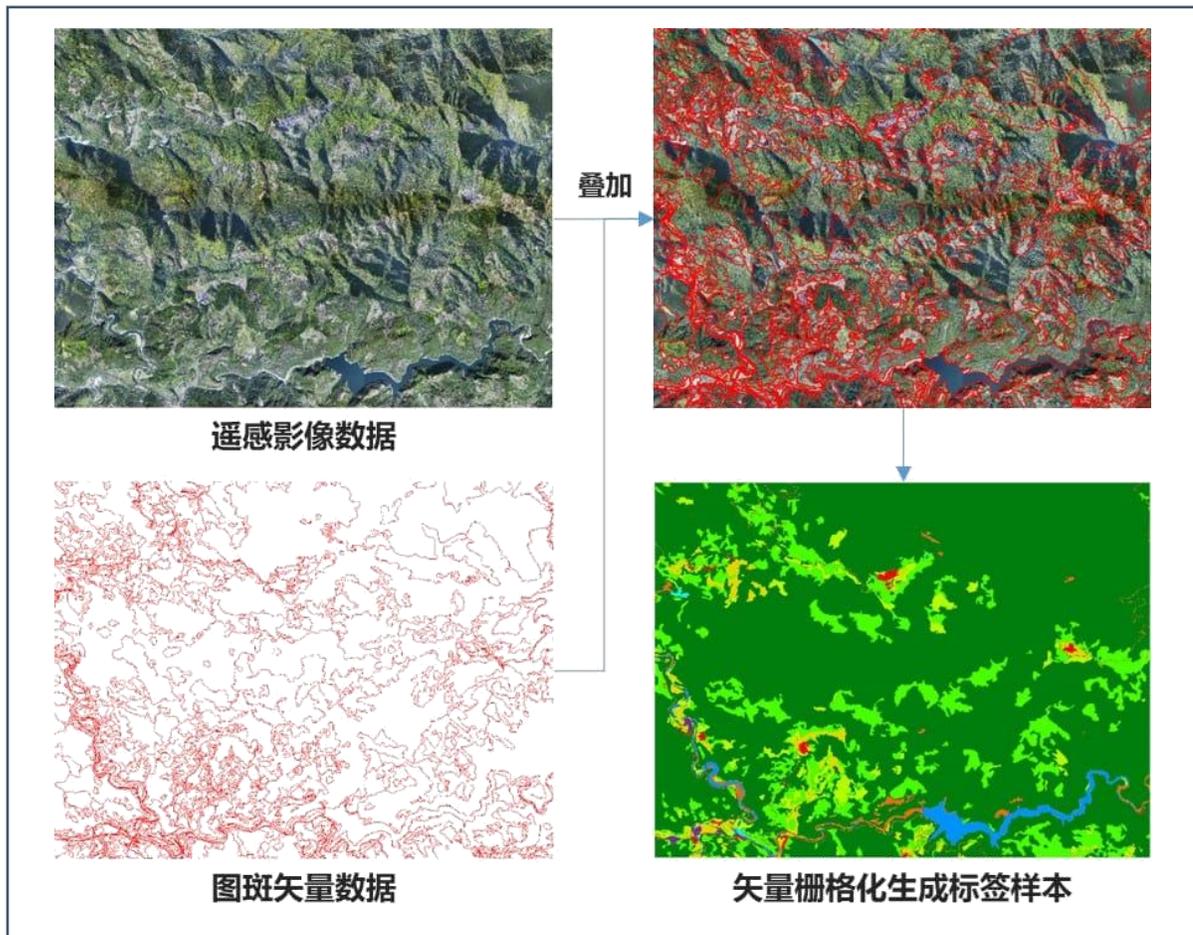
2.3.1 样本数据库构建

2.3.2 基于对称全卷积网络的遥感影像语义分割框架

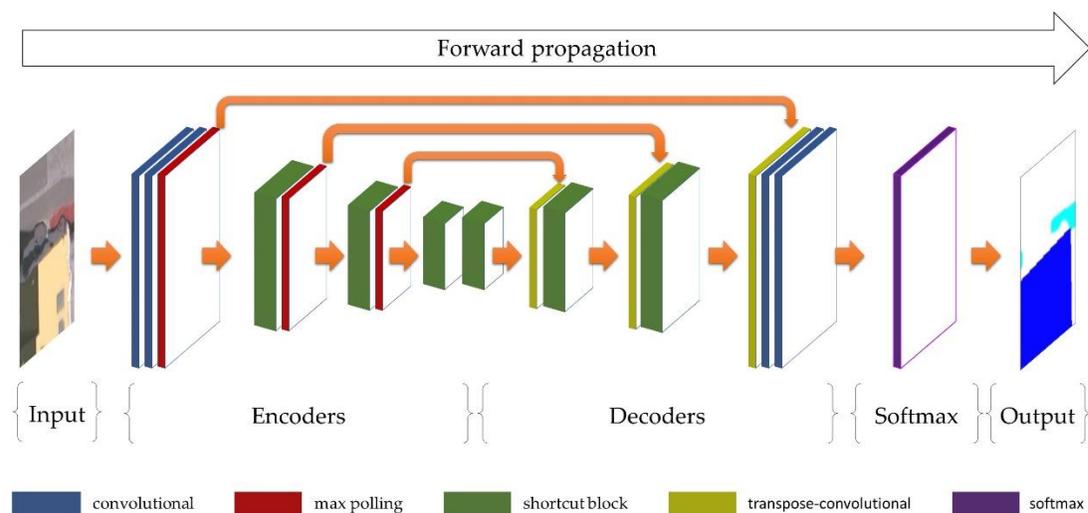
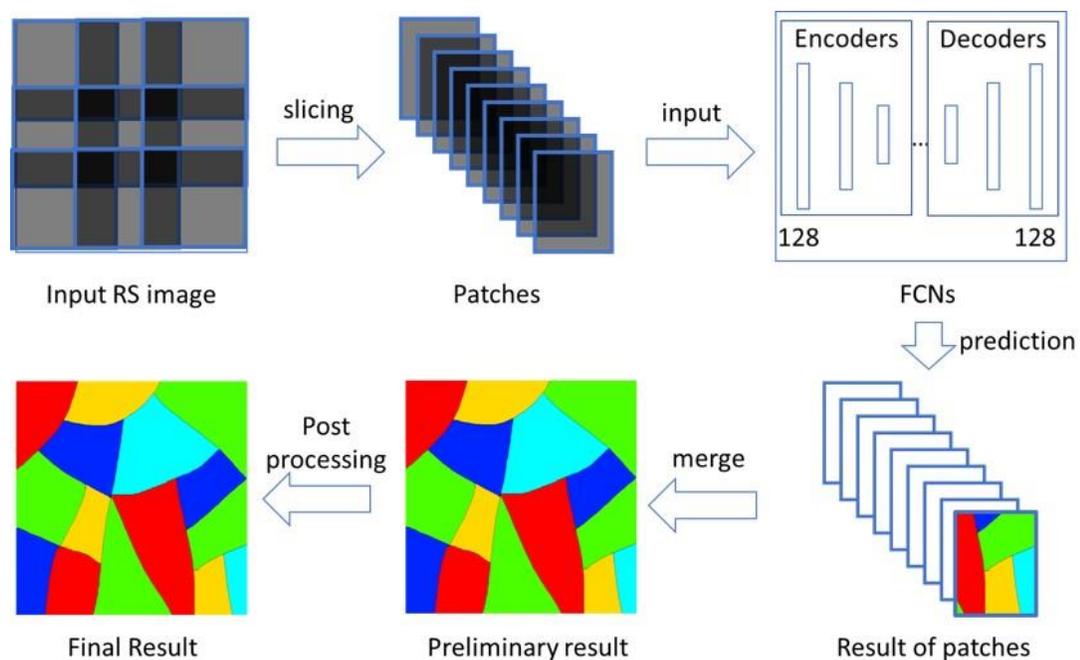
2.3.3 基于知识蒸馏的深度网络压缩算法

2.3.4 基于双流神经网络与葵花-8卫星数据的对流云提取

## 2.3.1 样本数据库构建



## 2.3.2 基于对称全卷积网络的遥感影像语义分割框架



## 2.3.2 基于对称全卷积网络的遥感影像语义分割框架

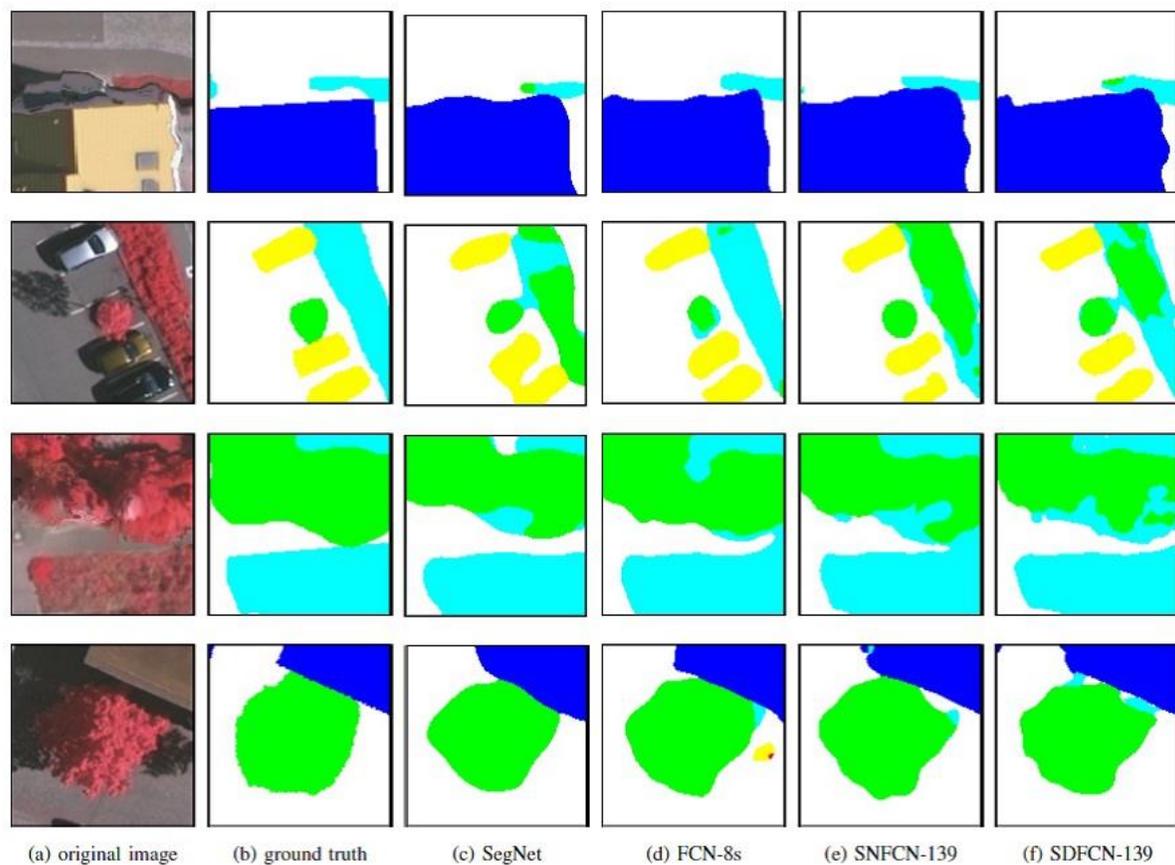
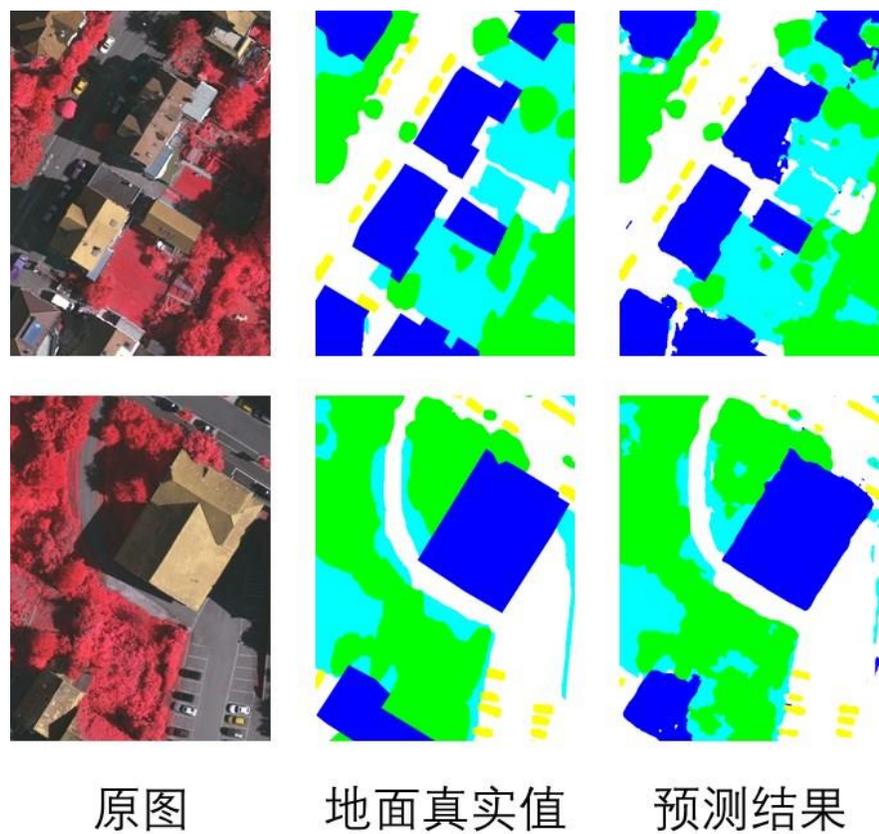
提出了对称密集短连接深度全卷积网络

较传统FCN8s、SegNet网络进一步提升精度

在ISPRS 语义分割比赛中名列前茅

论文已被JSTARS 录用 (SCI期刊)

## 2.3.2 目前语义分割结果



## 2.3.2 目前语义分割结果

PART OF THE ONLINE RESULTS OF ISPRS VAIHINGEN TEST DATASET

Name	impervious surfaces	building	low vegetation	tree	car	OA	remark
CASIA	92.7	95.3	84.3	89.6	80.8	90.6	
HUSTW4	91.2	94.7	83.2	89.2	81.6	89.5	with DSM and nDSM data
<b>CVEO</b>	90.5	92.4	81.7	88.5	79.4	88.3	<b>our SDFCN-139 model</b>
ADL_3	89.5	93.2	82.3	88.2	63.3	88	with DSM and nDSM data
WUH_C4	89.7	94.7	79.9	87.1	68.2	87.9	with DSM and nDSM data
RIT_L8	89.6	92.2	81.6	88.6	76	87.8	with DSM and nDSM data
RIT_4	88	93	79.4	88.1	68.7	87	with DSM and nDSM data
CONC_2	88.5	91.4	78.3	87.1	77.7	86.5	
HUST	86.9	92	78.3	86.9	29	85.9	
UPB	87.5	89.3	77.3	85.8	77.1	85.1	
UCal	86.8	90.8	73	84.6	42.2	84.1	

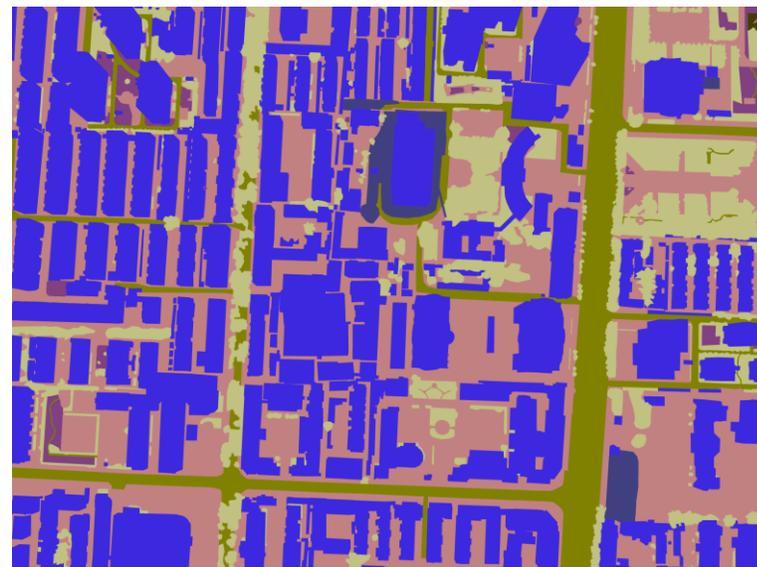
## 2.3.2 针对地理国情普查与检测的语义分割结果



原图

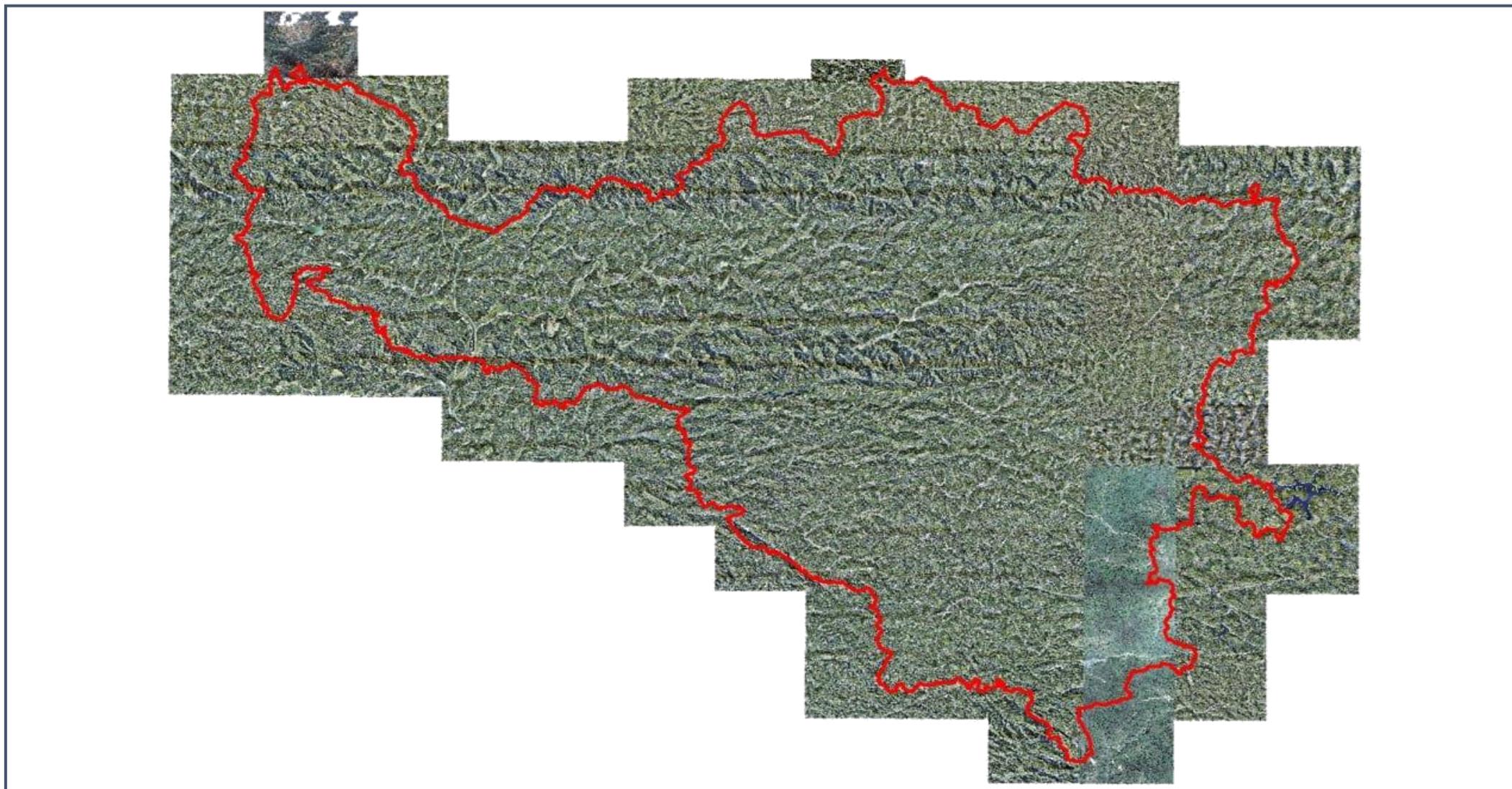


提取结果

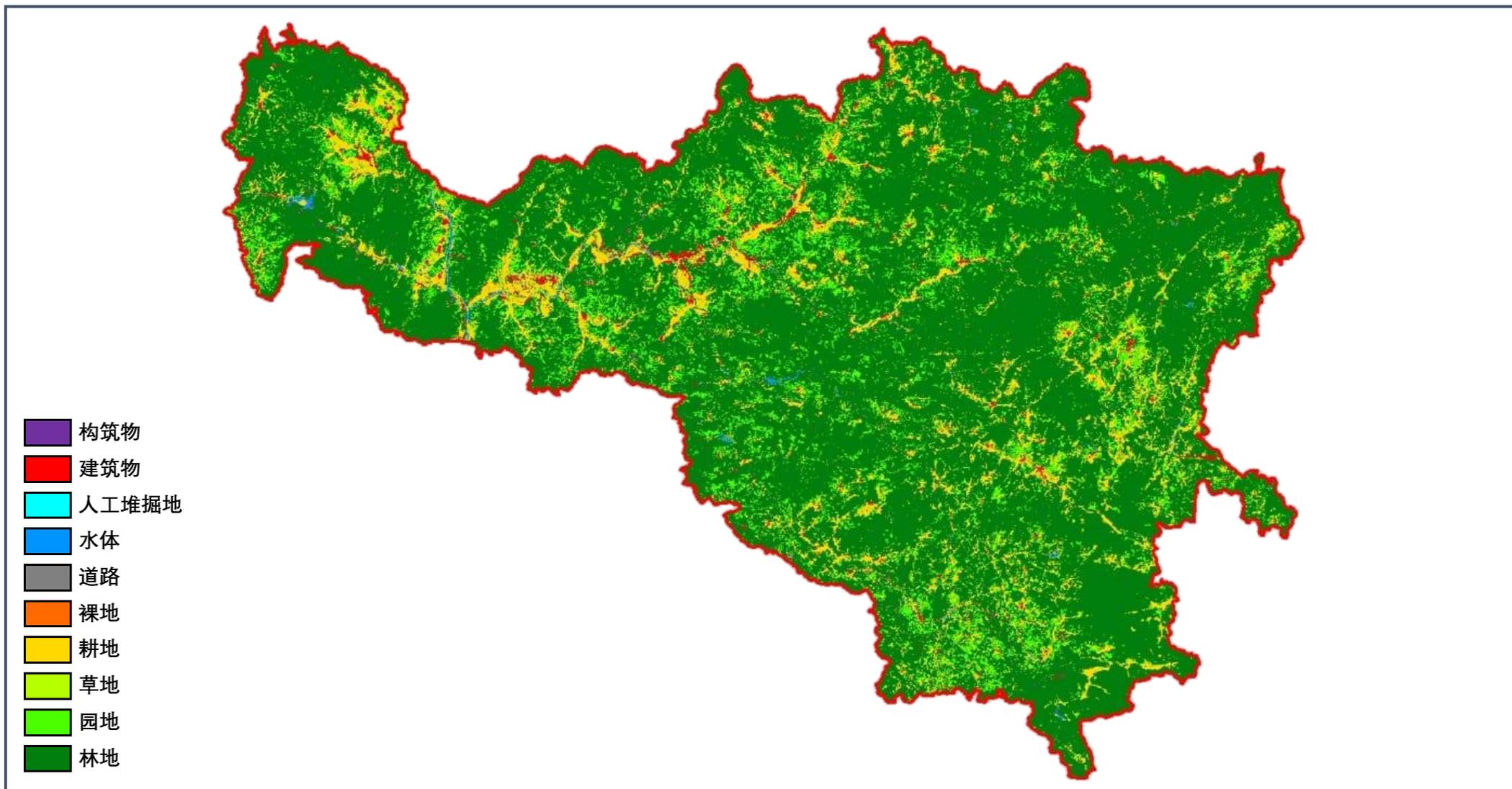


地面真实值

## 2.3.2 遥感影像分类



## 2.3.2 遥感影像分类

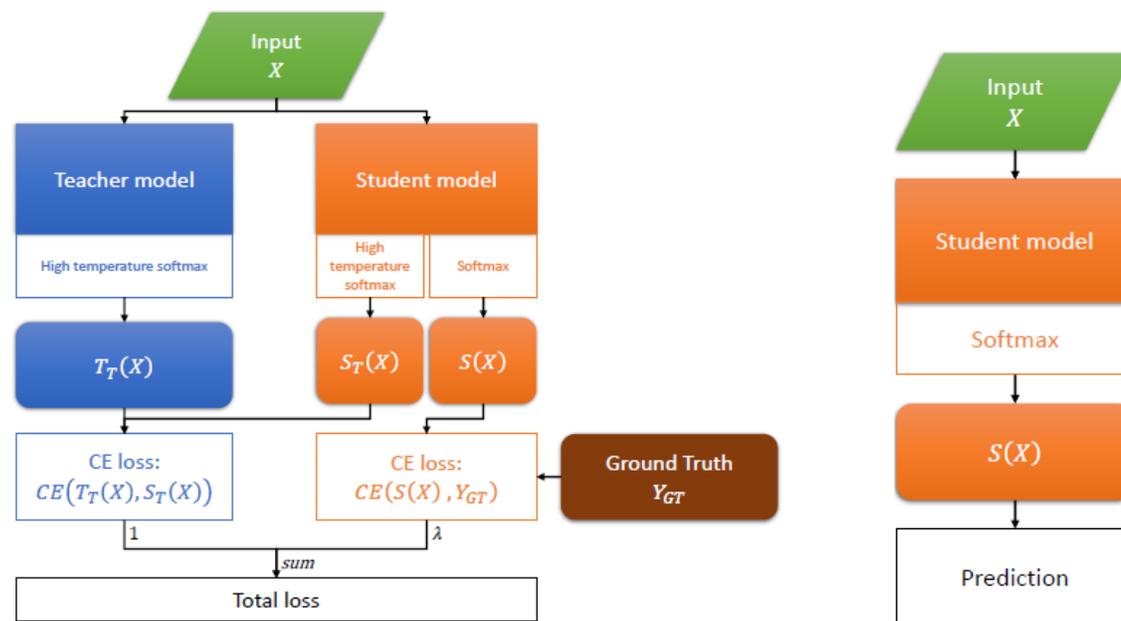


## 2.3.3 基于知识蒸馏的神经网络压缩算法

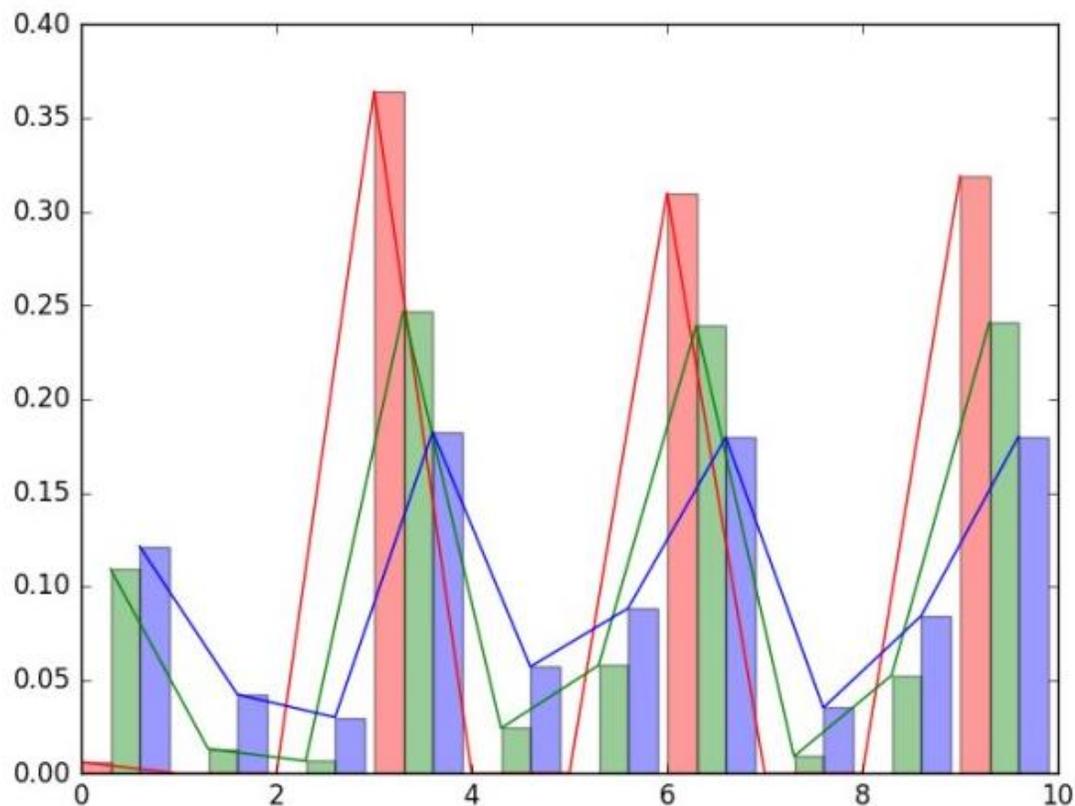
极大提高了小型网络预测精度

成功应用于遥感影像场景分类、语义分割等应用中

论文已被Remote sensing 录用 (SCI期刊)



## 2.3.3 软标签学习 (Knowledge distillation, KD)

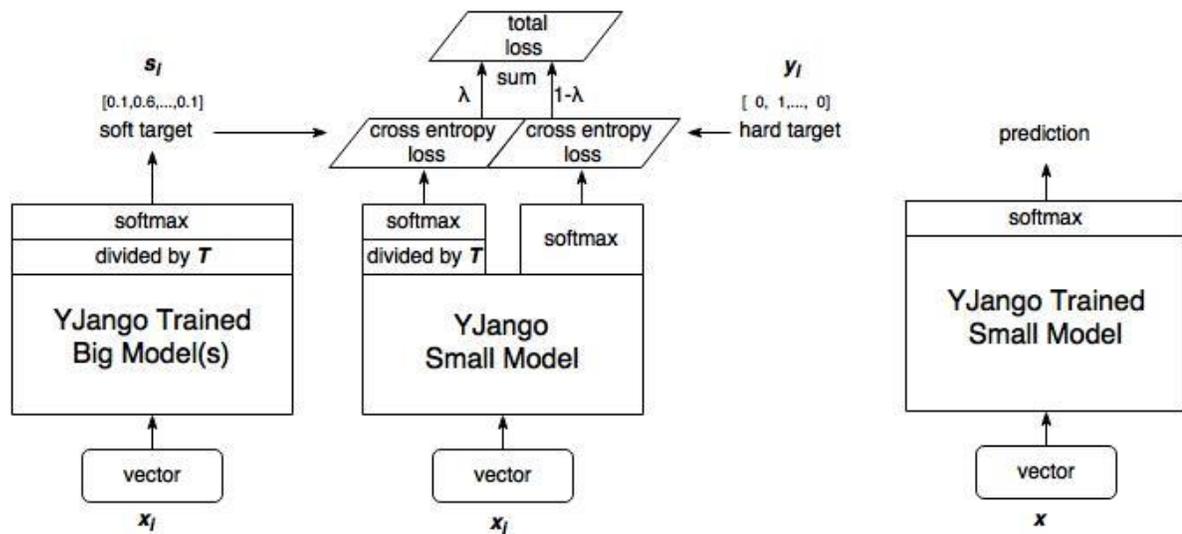


- Knowledge distillation原理
  - 利用大网络产生的软目标放进小网络中进行训练
  - Softmax层的公式如下:

$$q_i = \frac{\exp(z_i/T)}{\sum_j \exp(z_j/T)}$$

- 优势
  - 网络结构优化, 参数数量减少
  - 优化计算资源, 提高计算速度

## 2.3.3 KD训练过程



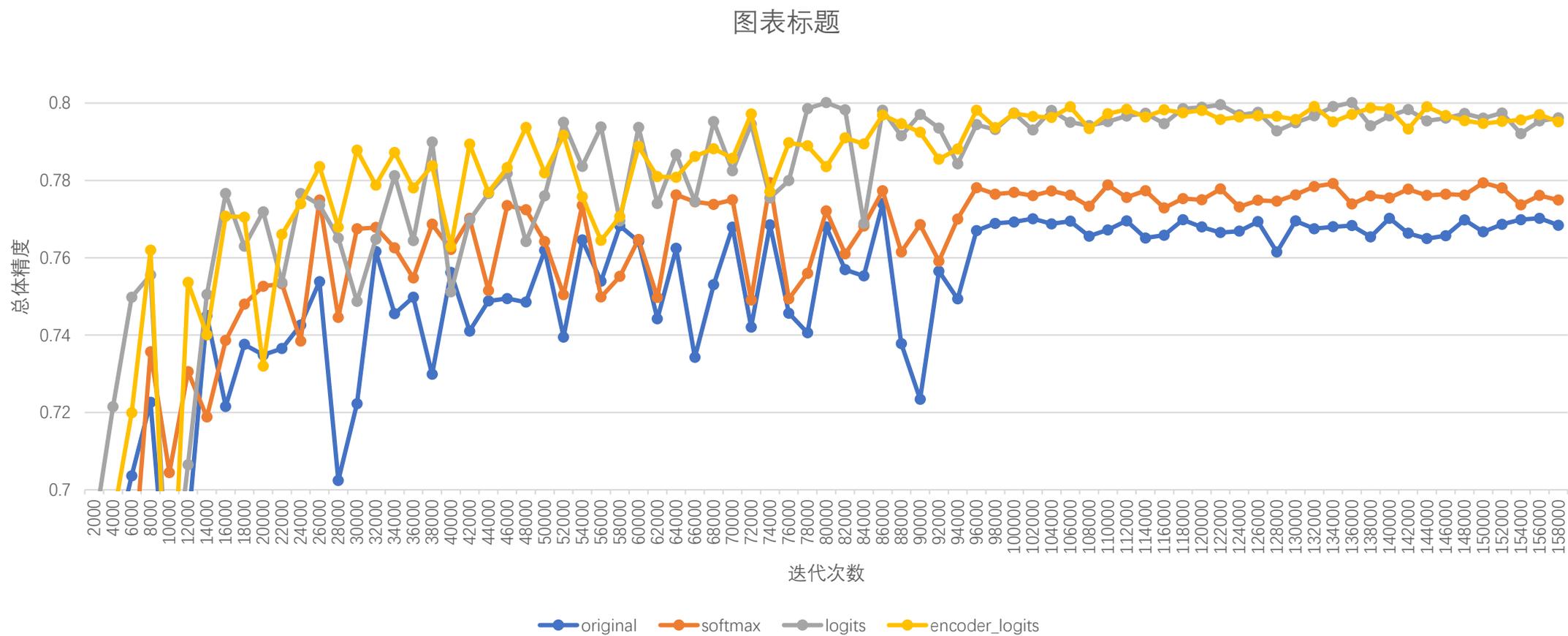
利用硬目标正常训练大模型

利用训练好的大网络来计算软目标

在小网络的基础上再加一个额外的软目标的损失函数，通过lambda来调节两个损失函数的比重

预测时，将训练好的小模型按常规方式使用

## 2.3.3 KD在语义分割中的试验-- ISPRS Potsdam数据集



## 2.3.4 基于双流全卷积网络与葵花-8卫星数据的对流云提取

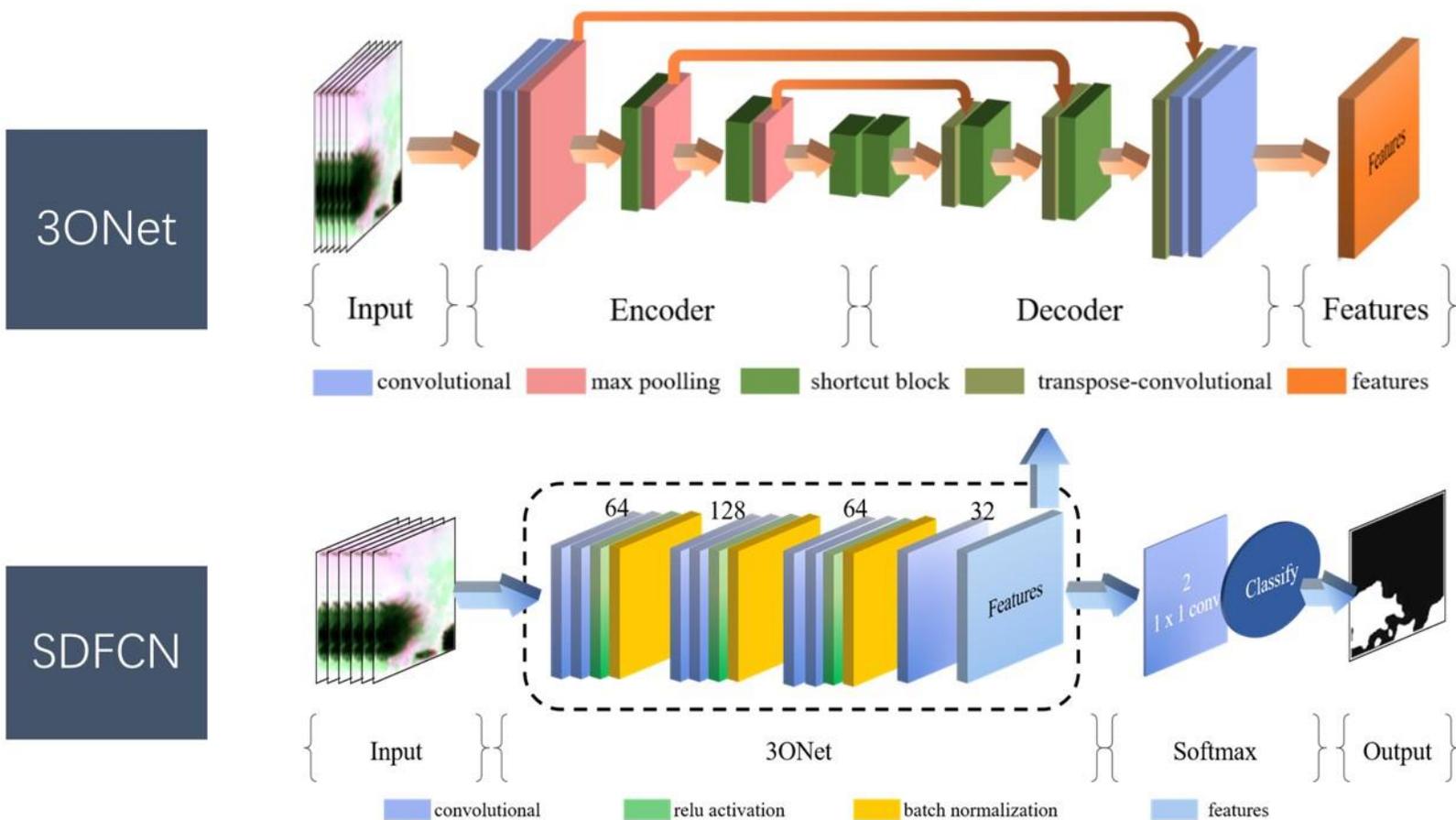
提出3ONet, 对遥感影像光谱特征进行提取

结合SDFCN构成双流神经网络, 融合光谱特征与光谱特征

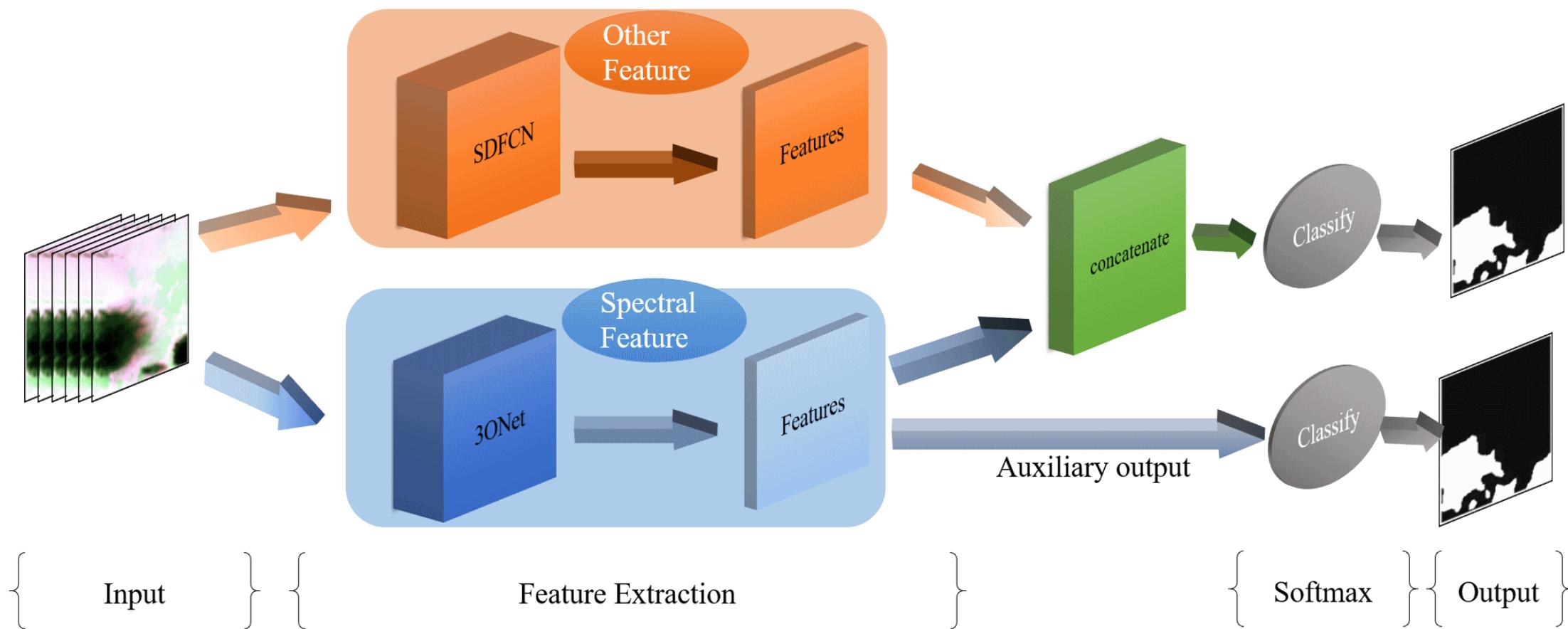
在PRCV天气信息提取比赛中名列前茅

较FCN-8s、PSPNet网络有着较大的提高

## 2.3.4 基于双流神经网络与葵花-8卫星数据的对流云提取



## 2.3.4 双流神经网络



## 2.3.4 对流云识别结果

Methods	FCN-8s		PSPNet		SDFCN		3ONet		Double-stream	
	$\kappa$	$mIOU$								
ce+none	0	0.4130	0.3173	0.5335	0.0001	0.4112	0.3219	0.5330	0.3865	0.5628
dice+none	0	0.4111	0.2665	0.5169	0	0.4111	0.0626	0.1818	0.2688	0.4700
dice+ce+none	0	0.3330	0.3776	0.5468	0	0.4111	0.2441	0.3967	0.0826	0.2086
ce+n1	0	0.4111	0.2211	0.4917	0.0080	0.4140	0.2149	0.3643	0.3550	0.5040
dice+n1	0	0.4111	0.0793	0.2052	0.1201	0.2566	0.0249	0.1277	0.3657	0.5391
dice+ce+n1	0	0.4111	0.3203	0.5344	0.1517	0.4692	0	0.4111	0	0.4111
ce+n2	0.2317	0.4855	0.2537	0.4905	0.1706	0.4738	0.2224	0.4536	0.2727	0.5091
dice+n2	0	0.4111	0.2724	0.4977	0.2353	0.4951	0.1961	0.4756	0.2419	0.4856
dice+ce+n2	0.2090	0.4842	0.1919	0.4714	0.3169	0.5266	0.2525	0.4852	0.2521	0.5029
ce+n3	<b>0.4157</b>	<b>0.5701</b>	0.1565	0.4708	0.3999	0.5421	<b>0.4277</b>	<b>0.5849</b>	<b>0.4247</b>	<b>0.5882</b>
dice+n3	0	0.4111	<b>0.3572</b>	<b>0.5573</b>	0.3324	0.5028	0.3500	0.5532	0.4149	0.5776
dice+ce+n3	0.4073	0.5638	0.2078	0.4924	<b>0.4243</b>	<b>0.5879</b>	0.4273	0.5713	0.2618	0.4243

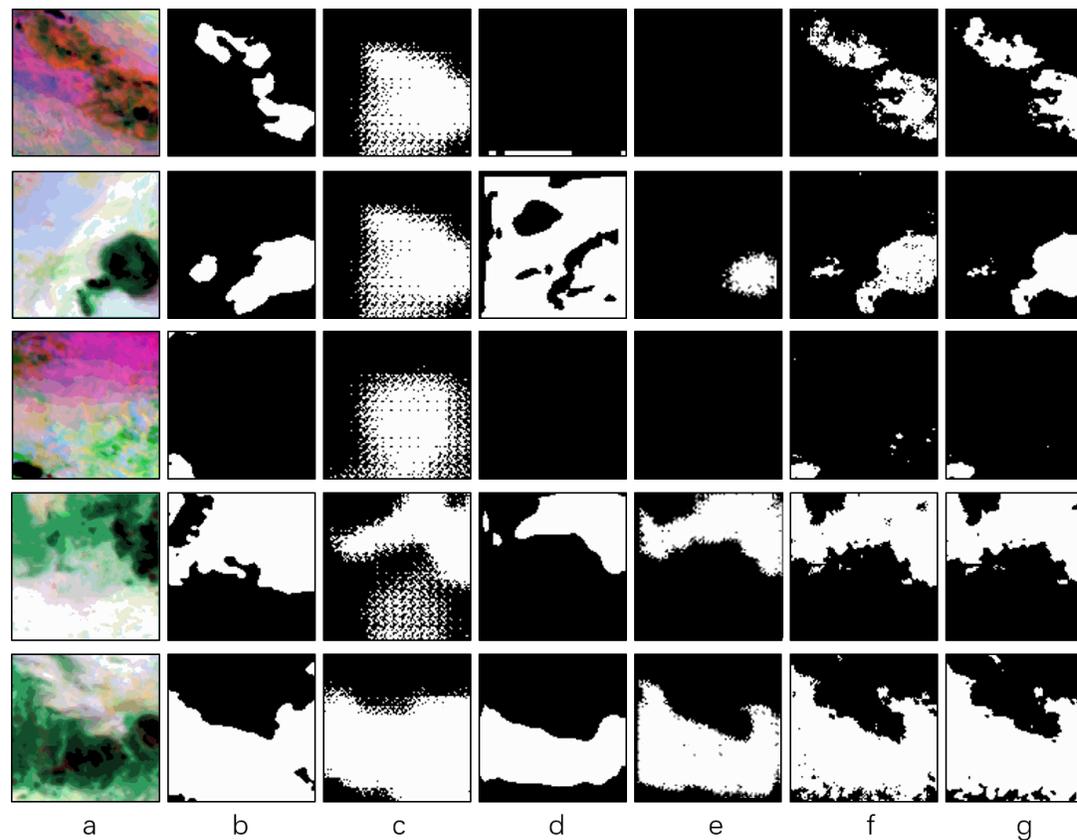
<sup>n1</sup> 0-65535 normalization

<sup>n2</sup> local-minmax normalization

<sup>n3</sup> global-minmax normalization

## 2.3.4 对流云识别结果

- A: 葵花-8卫星7、9、13波段形成的假彩色图像
  - B: 地面真实值
  - C: FCN-8s的预测结果
  - D: PSPNet的预测结果
  - E: SDFCN的预测结果
  - F: 3ONet的预测结果
  - G: 双流神经网络的预测结果
- B-G中，白色区域为对流云，黑色区域为非对流。



## 2.3.4 PRCV葵花卫星影像的对流识别竞赛--提取结果

第一届PRCV葵花卫星对流识别竞赛  
得分第一名:  $S=53.8$ ;  $ETS=0.293$ , 获得三等奖



## 2.4 遥感影像变化检测研究

2.4.1 遥感影像变化检测基本知识

2.4.2 一种无人机遥感影像面向对象变化检测算法

2.4.3 基于深度学习的面向对象高分辨率遥感影像变化检测

2.4.4 面向区域的卷积神经网络高分辨率遥感影像变化检测

2.4.5 面向像元的循环神经网络遥感影像变化检测

2.4.6 面向地理国情普查图斑对象的深度全卷积变化检测框架

## 2.4.1 遥感影像变化检测基本知识

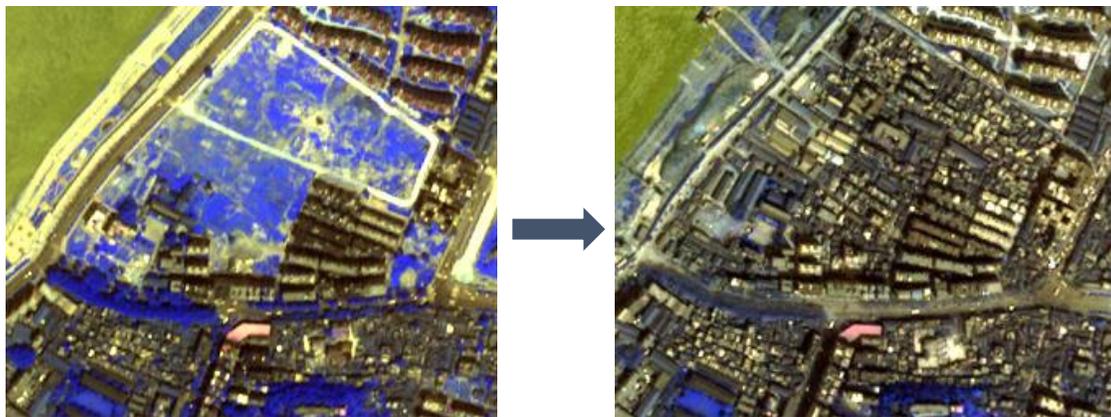
- 遥感影像变化检测概念

- 遥感影像变化检测是一门根据遥感影像和参考数据不同时相的观测来提取、描述感兴趣物体或现象随时间变化的特征，并定量分析、确定其变化的理论和方法。

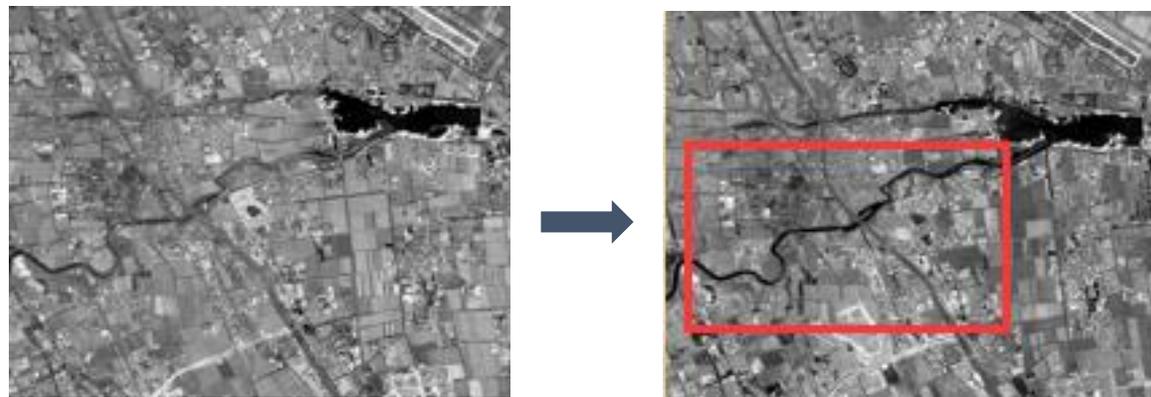
- 遥感影像变化检测流程



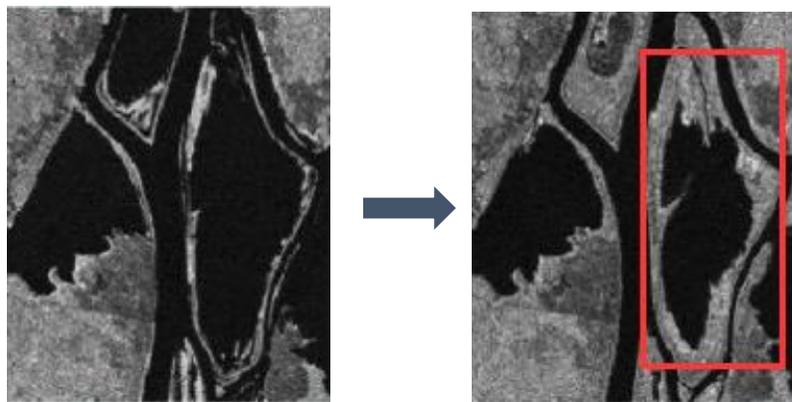
## 2.4.1 变化检测能做什么



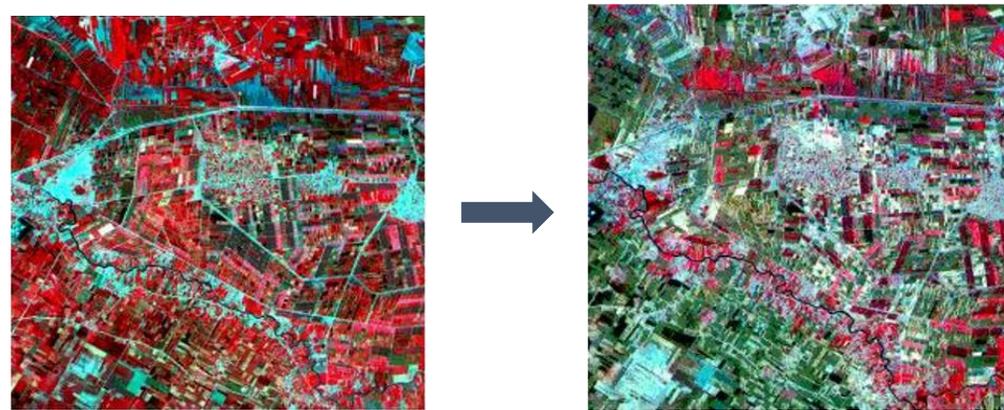
是否发生了变化



变化发生的区域



变化的性质：形状发生了改变



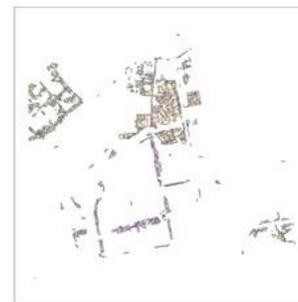
变化的时间：3月份农作物到5月份农作物

## 2.4.2 一种无人机遥感影像面向对象变化检测算法

该算法融合了遥感影像面向对象分析框架与GIS空间分析手段，可以为国土资源执法监测、矿山资源等提供数据处理服务。

与传统全野外测量相比，该技术可大大减少野外工作量与运行成本，提高成图效率。

基于该算法技术开发的面向对象的无人机影像变化检测系统UCDS，已被用于安徽省土地执法检查



耕地->建筑用地未建成精度评定

准确检出面积(m <sup>2</sup> )	800583.78504
总检出面积(m <sup>2</sup> )	1136292.036204
标准变化面积(m <sup>2</sup> )	1103480.316716
检全率	72.55%
检准率	70.46%

耕地->建筑用地已建成精度评定

准确检出面积(m <sup>2</sup> )	277070.219025
总检出面积(m <sup>2</sup> )	331184.795919
标准变化面积(m <sup>2</sup> )	300639.938261
检全率	92.16%
检准率	83.66%

## 2.4.3 基于深度学习的面向对象高分辨率遥感影像变化检测

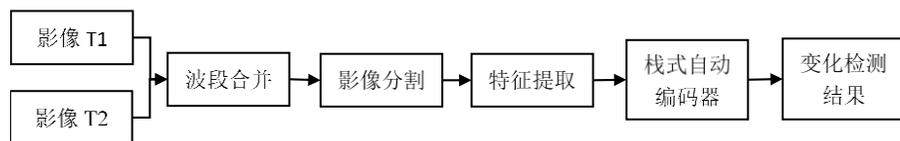
将深度学习的方法与传统面向对象的方法相结合，提出了两类面向对象的深度学习遥感影像变化检测方法

一是面向对象特征和堆栈自编码器的变化检测方法，提出了三种基于堆栈自编码器模型的检测方法：普通栈式自动编码器（SAE）、栈式降噪自动编码器（SDAE）、栈式变分自动编码器（SVAE）

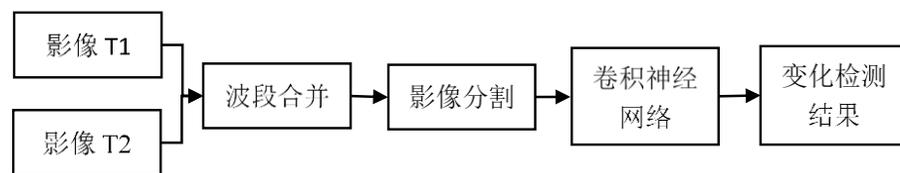
二是基于原始对象和卷积神经网络的变化检测方法，提出了有掩膜和无掩膜两种对象处理方式，并设计基于单通道的卷积神经网络与基于双通道的孪生卷积神经网络两种模型结构：SiCNN-1、SiCNN-2、DiCNN-1、DiCNN-2

利用以上方法在安徽省芜湖市部分地区两个不同时相的无人机影像上进行实验，取得相较于传统面向对象方法更高的检测精度

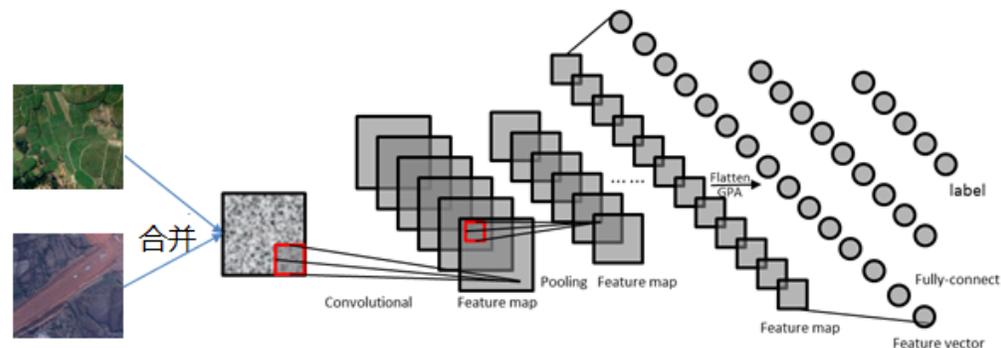
## 2.4.3 基于深度学习的面向对象高分辨率遥感影像变化检测



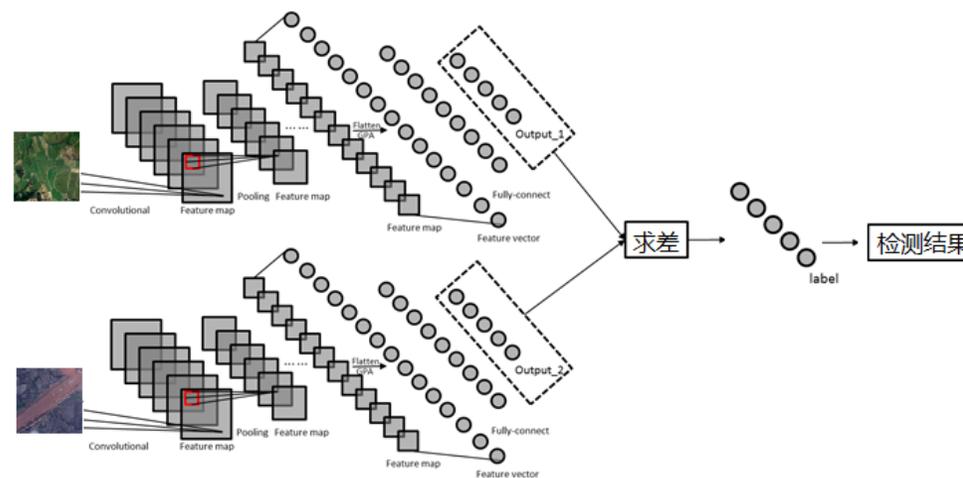
基于栈式自动编码器的面向对象变化检测流程图



基于卷积神经网络的面向对象变化检测流程图

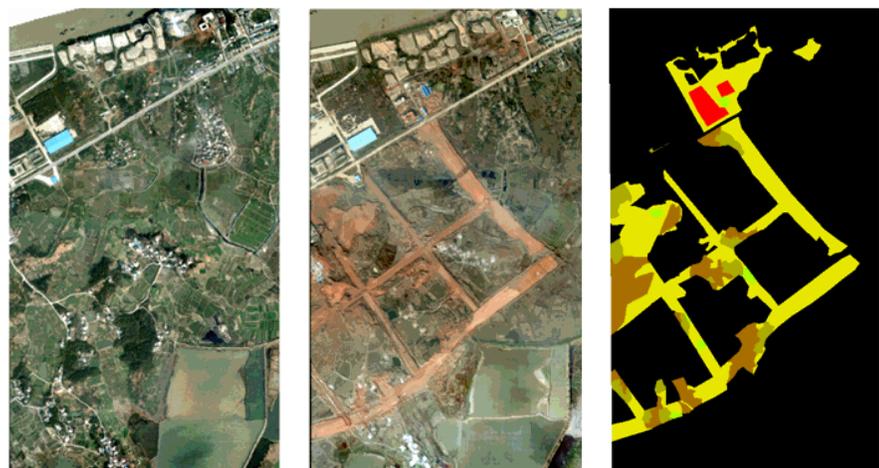


单通道卷积神经网络变化检测模型SiCNN



孪生卷积神经网络变化检测模型DiCNN

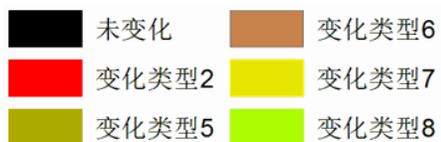
## 2.4.3 基于深度学习的面向对象高分辨率遥感影像变化检测



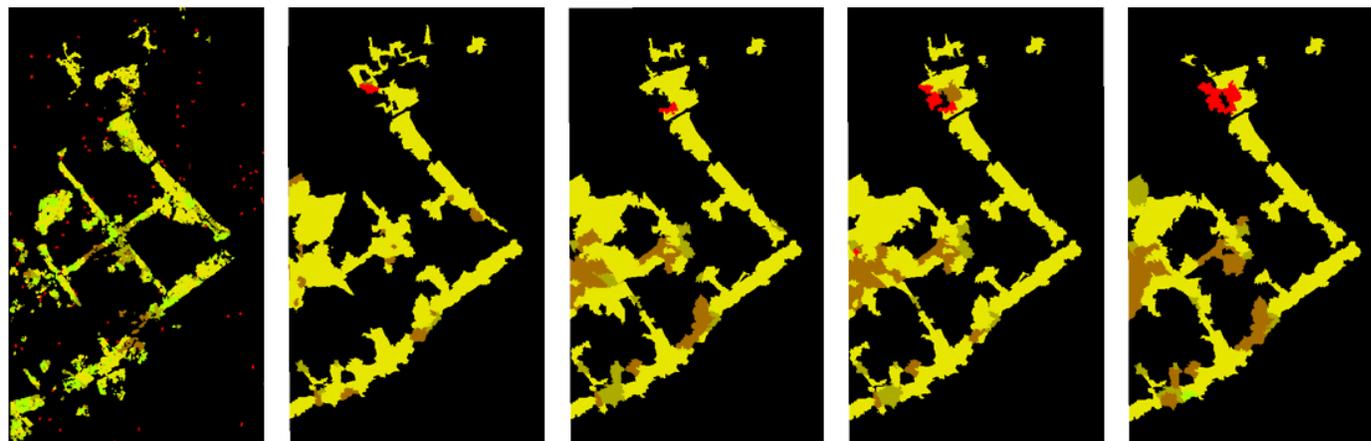
前时相影像

后时相影像

地面实际变化情况



变化类型参照表



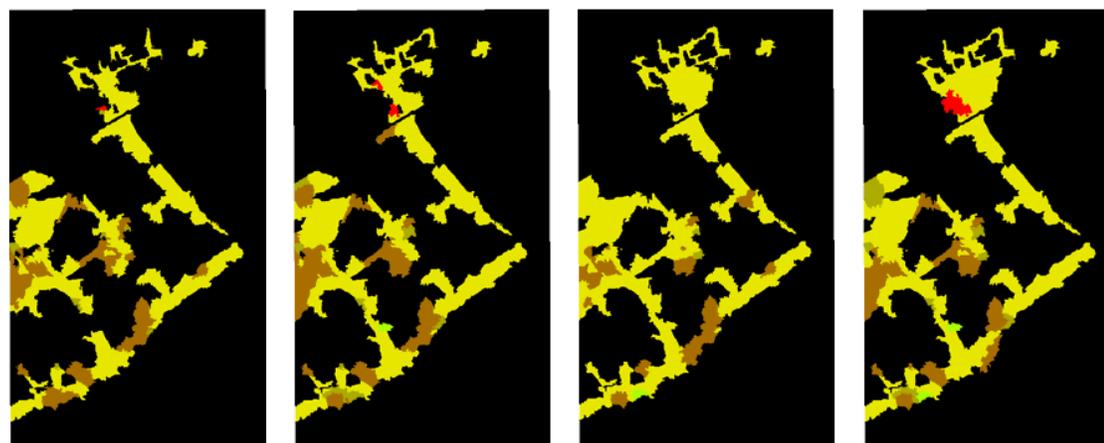
传统OBCD-1

传统OBCD-2

SAE

SDAE

SVAE



SiCNN-1

SiCNN-2

DiCNN-1

DiCNN-2

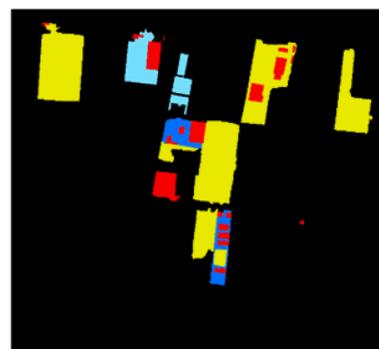
## 2.4.3 基于深度学习的面向对象高分辨率遥感影像变化检测



前时相影像



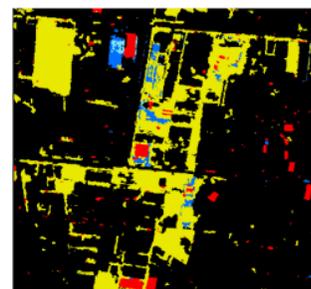
后时相影像



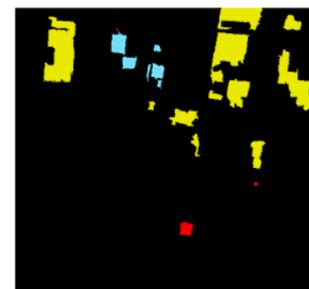
地面实际变化情况



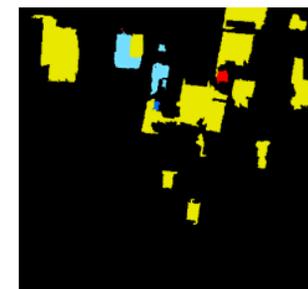
变化类型参照表



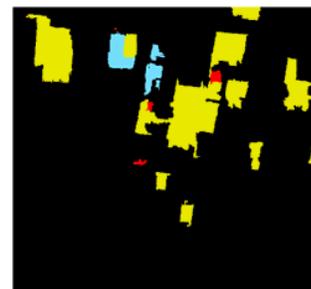
传统OBCD-1



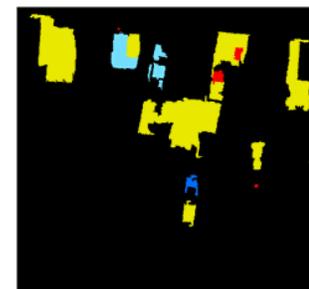
传统OBCD-2



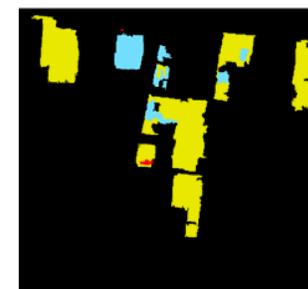
SAE



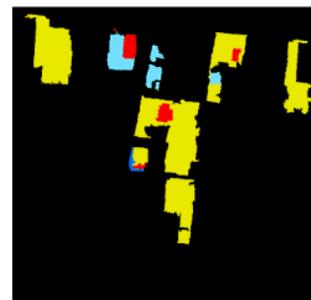
SDAE



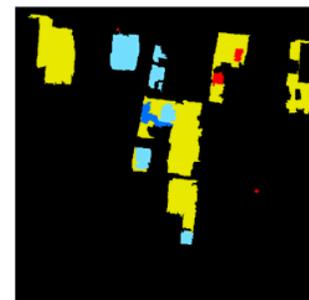
SVAE



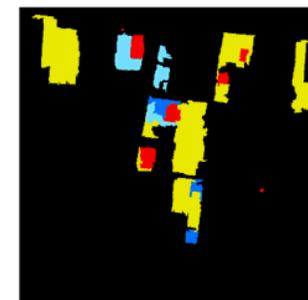
SiCNN-1



SiCNN-2



DiCNN-1



DiCNN-2

## 2.4.4 面向区域的卷积神经网络高分辨率遥感影像变化检测

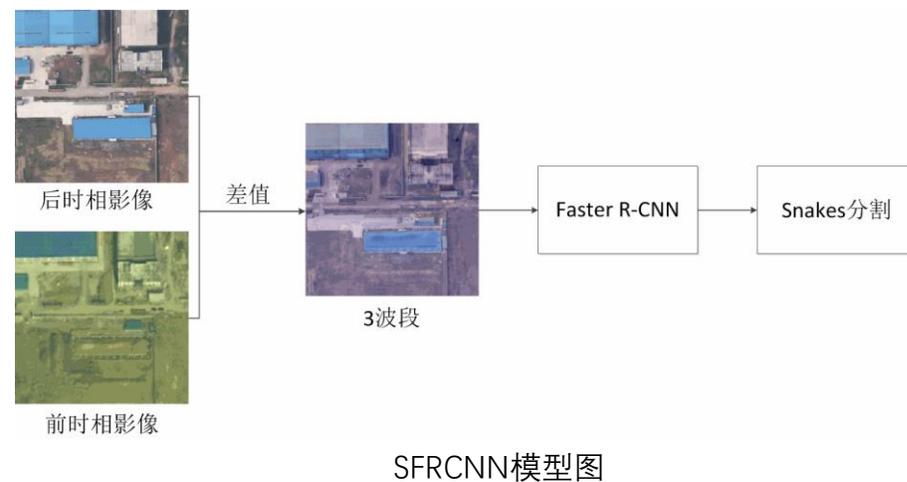
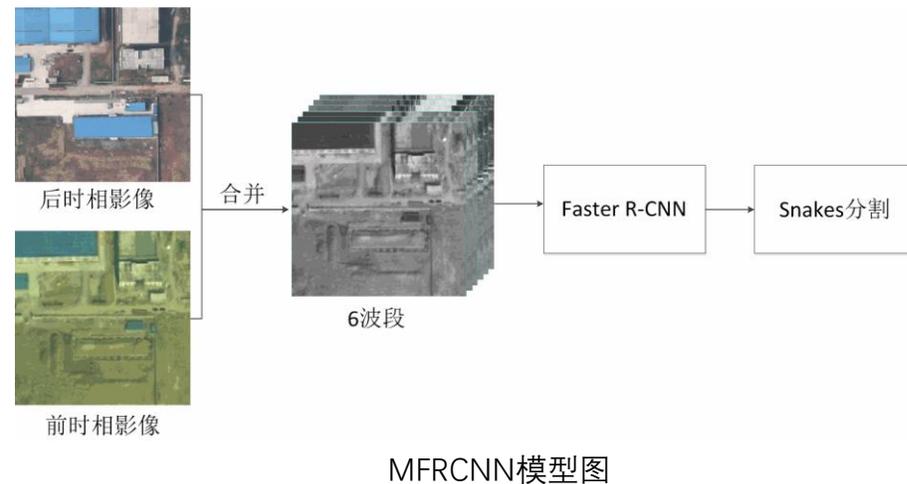
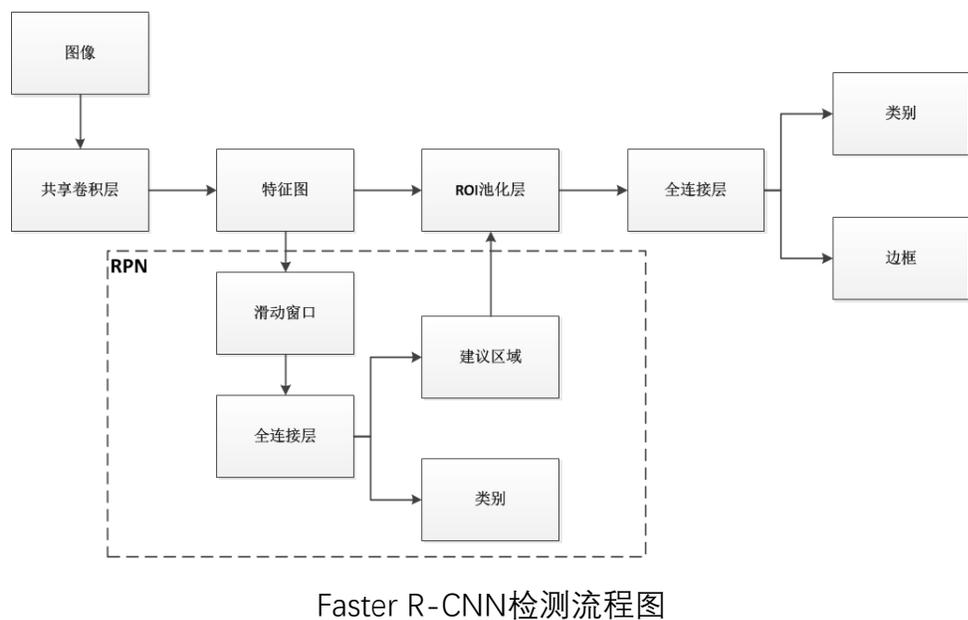
把遥感影像上的“变化”看作待检测目标，直接从一定大小的“影像区域”中检测发生变化的部分，提出了基于**Faster-RCNN**和**Mask-RCNN**两种高分辨率遥感影像变化检测模型

提出了两种基于Faster R-CNN的高分辨率遥感影像变化模型**MFRCNN**与**SFRCNN**：**MFRCNN**合并两个不同时间的图像进行变化检测；**SFRCNN**用后一时期的影像减去前一时期的影像，得到差分图像后进行变化检测

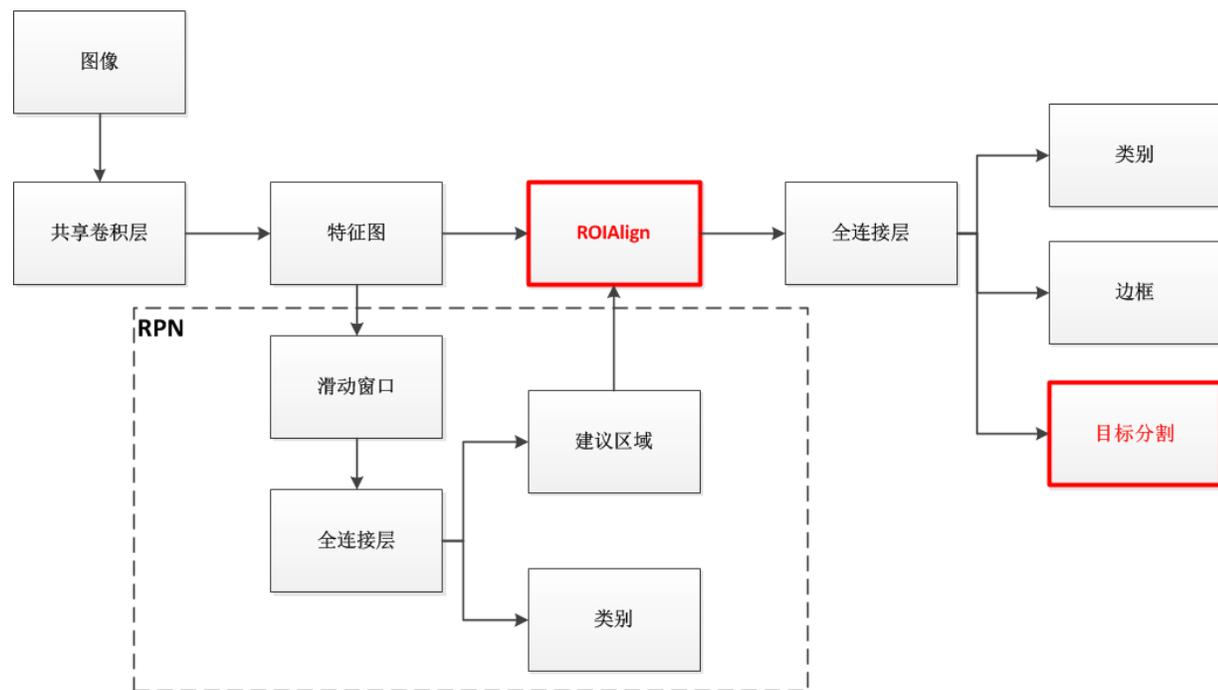
基于**Mask-RCNN**的方法：在**Faster-RCNN**的基础上添加一个分支网络，在实现目标检测的同时把目标像素分割出来，同时采用**FPN**的方法进行多尺度的特征提取，进一步提升检测精度

利用以上方法在安徽省芜湖市部分地区与湖北省荆州市部分地区的两个不同时相的遥感影像上进行实验，取得相较于传统变化检测方法更高的精度

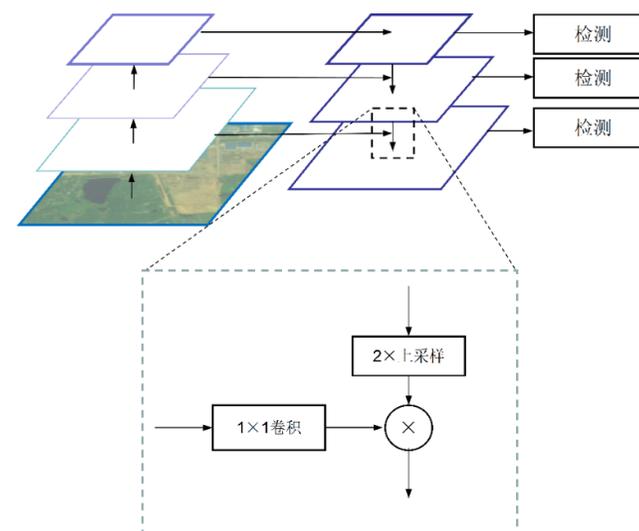
## 2.4.4 面向区域的卷积神经网络高分辨率遥感影像变化检测



## 2.4.4 面向区域的卷积神经网络高分辨率遥感影像变化检测



Mask R-CNN检测流程图



FPN结构

## 2.4.4 面向区域的卷积神经网络高分辨率遥感影像变化检测

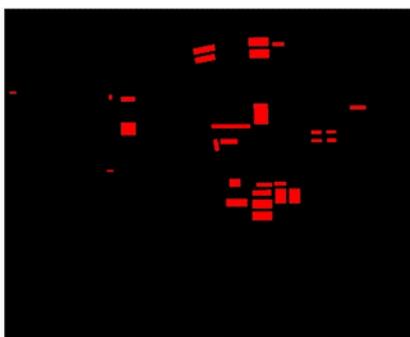
中国安徽省芜湖市某地区测试结果



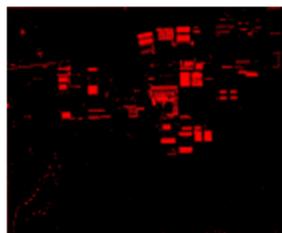
前时相影像



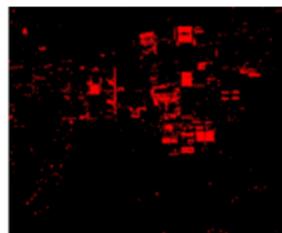
后时相影像



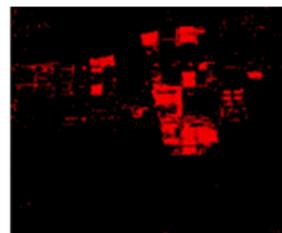
地面实际变化情况



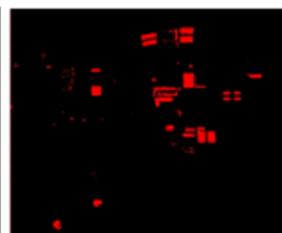
变化矢量分析  
(CVA)



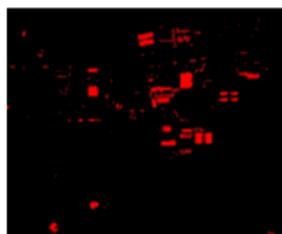
分类后比较法  
(PCC)



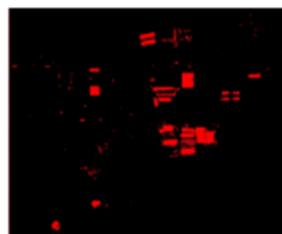
传统面向对象  
方法(OBCD)



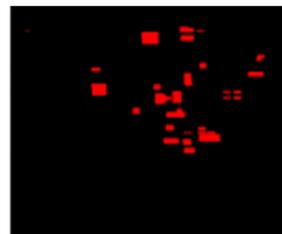
MLP



CNN



LSTM



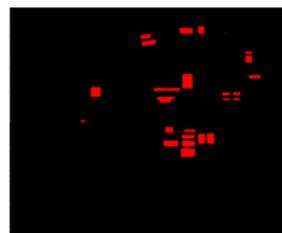
MFRCNN



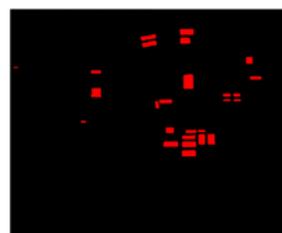
SFRCNN



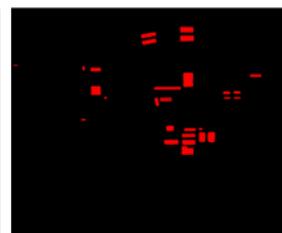
MMRCNN  
(No FPN)



SMRCNN  
(No FPN)



MMRCNN  
(with FPN)



SMRCNN  
(with FPN)

## 2.4.4 面向区域的卷积神经网络高分辨率遥感影像变化检测

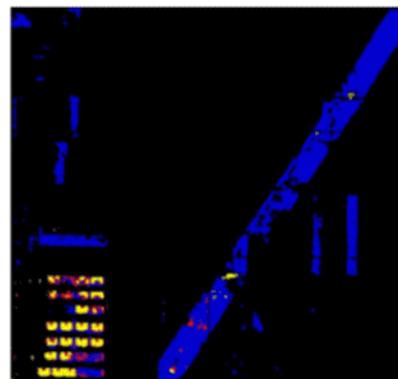
中国湖北省荆州市某地区测试结果



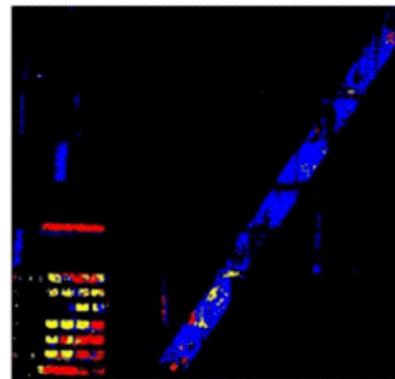
前时相影像



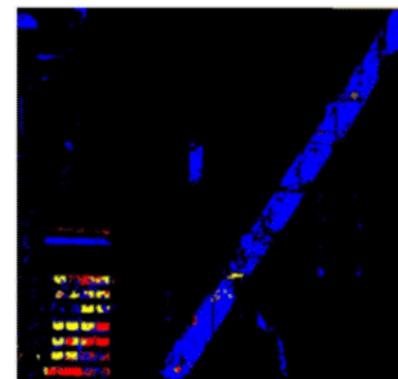
后时相影像



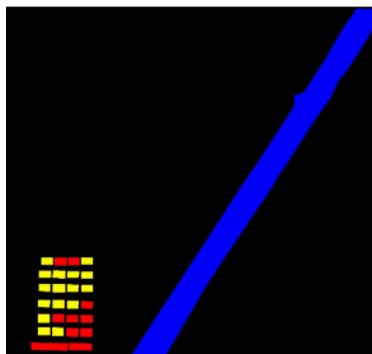
MLP



CNN



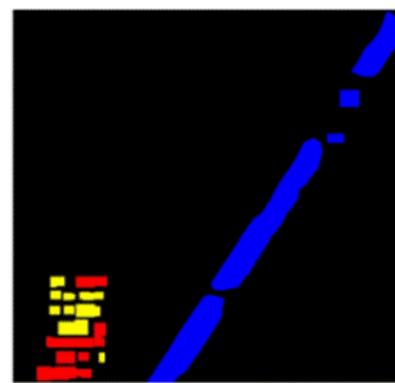
LSTM



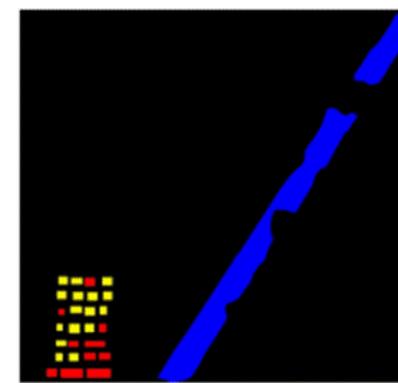
地面实际变化情况

- 变化A: 从植被变成建筑物
- 变化B: 从裸土变成建筑物
- 变化C: 从农田变化到道路

变化类型参照表



MFRCNN



SFRCNN

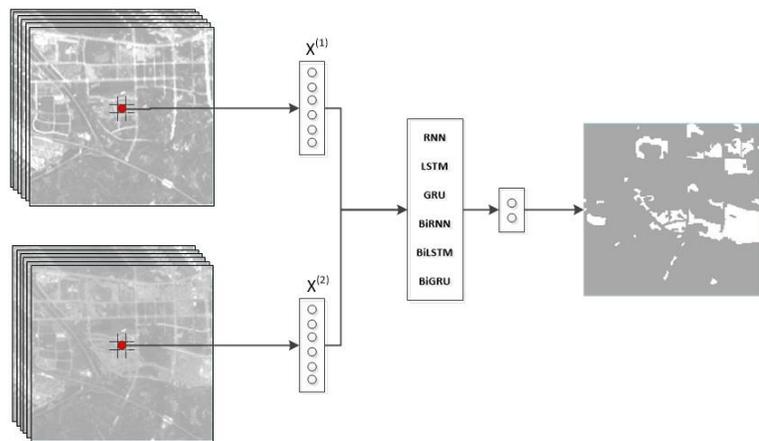
## 2.4.5 面向像元的循环神经网络遥感影像变化检测

结合循环神经网络模型适合处理时间序列数据的特点，提出了三种不同的输入方式和六种不同循环神经网络的面向像元的循环神经网络遥感影像变化检测模型

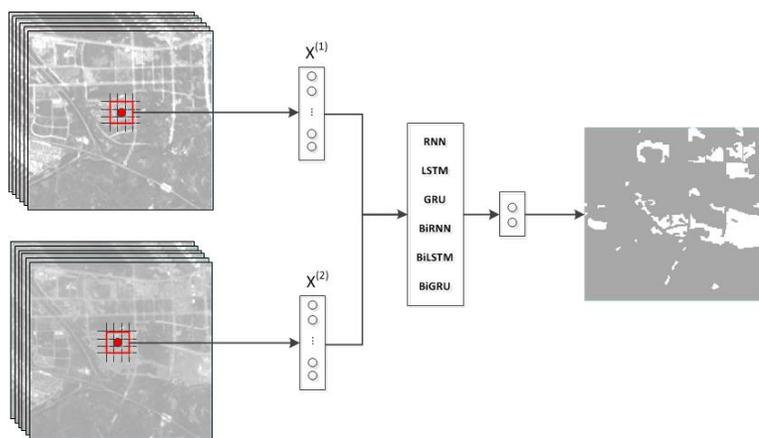
面向像元的循环神经网络遥感影像变化检测分为面向单像元、面向像元邻域与结合**CNN**共三种不同的输入方式，利用**RNN**、**LSTM**、**GRU**、**BiRNN**、**BiLSTM**、**BiGRU**中任何一种循环神经网络可构建变化检测模型

利用以上方法在湖北省武汉市周边地区的**Landat8 OLI**多波段影像数据中两块区域进行实验，面向邻域的结合**CNN**特征提取的循环神经网络变化检测模型相比其他单一深度学习模型能显著提高变化检测精度

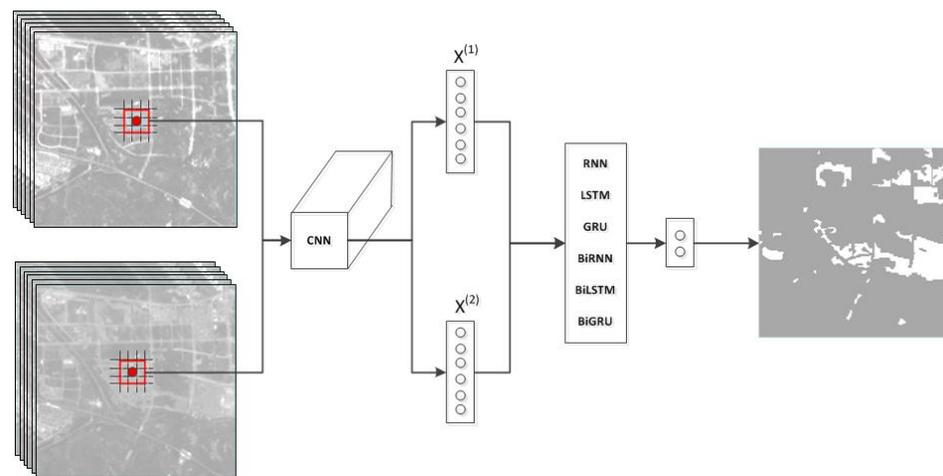
## 2.4.5 面向像元的循环神经网络遥感影像变化检测



面向单像元的循环神经网络遥感影像变化检测模型



面向像元邻域的循环神经网络遥感影像变化检测模型



结合CNN的循环神经网络遥感影像变化检测模型

## 2.4.5 面向像元的循环神经网络遥感影像变化检测

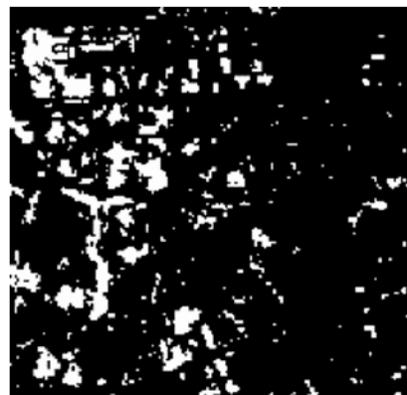
湖北省武汉市实验区域一的变化检测结果



前时相影像



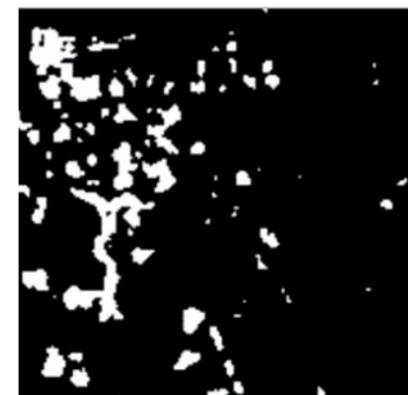
后时相影像



变化矢量分析法  
(CVA)



植被指数差分法  
(NDVI)



多层感知器法  
(MLP)



地面实际变化情况



CNN



BiGRU+CNN

## 2.4.5 面向像元的循环神经网络遥感影像变化检测

湖北省武汉市实验区域二的变化检测结果



前时相影像



后时相影像



变化矢量分析法  
(CVA)



植被指数差分法  
(NDVI)



多层感知器法  
(MLP)



地面实际变化情况



CNN

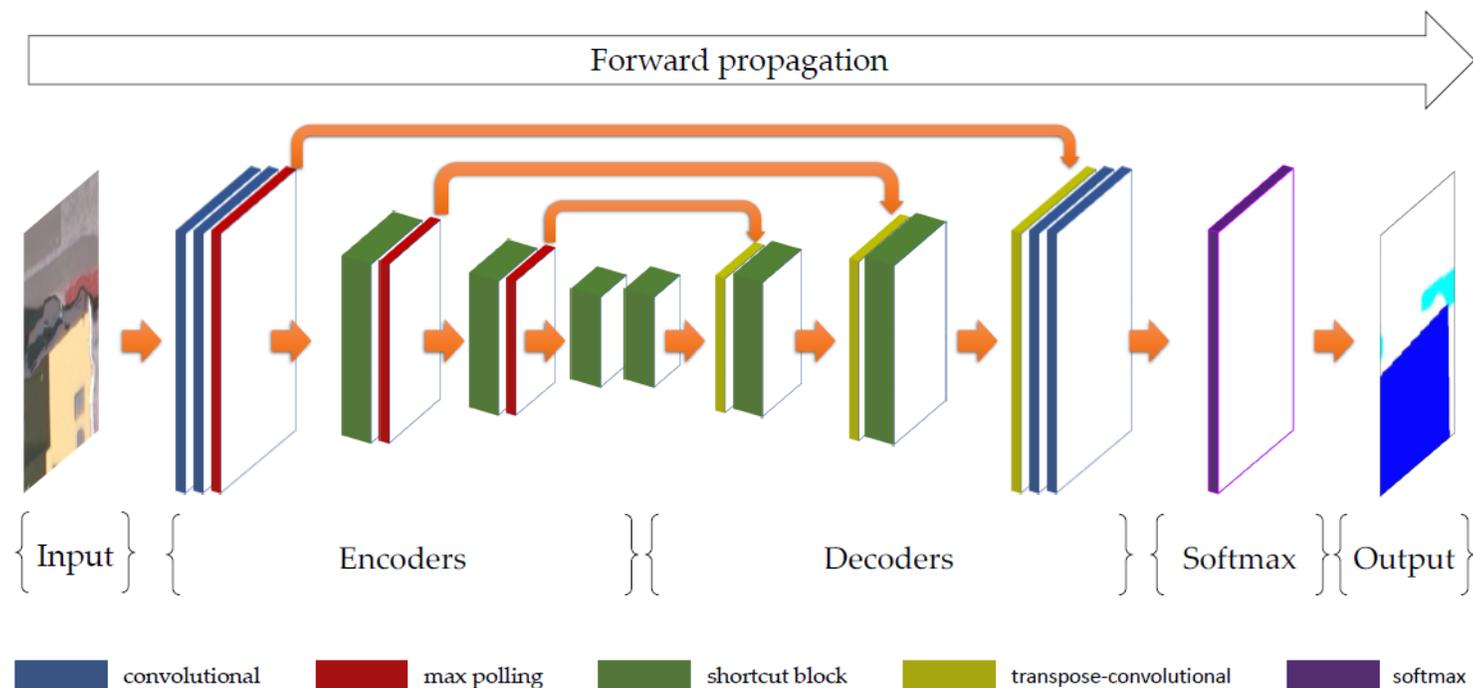


BiGRU+CNN

## 2.4.6 面向地理国情普查图斑对象的深度全卷积变化检测框架

传统的先分类、后叠置分析的变化检测方法，检测精度受限于地表覆盖分类的精度，同时并未针对地表覆盖的图斑给出对应的检测参考结果，限制了地理国情普查工作开展的效率

为了实现多时相地理国情普查数据的自动化与快速变化检测，本小组设计了以深度全卷积神经网络模型为基础的面向地理国情普查图斑对象的变化检测框架



## 2.4.6 面向地理国情普查图斑对象的深度全卷积变化检测框架



## 2.4.6 面向地理国情普查图斑对象的深度全卷积变化检测框架

### 变化检测框架基础模型的搭建与训练

- 利用带有十类地表覆盖分类的遥感影像数据，对影像及对应全覆盖的栅格化类别标签进行分块切割处理，对深度全卷积网络模型进行固定次数的训练

### 图斑对象分类

- 应用分块处理策略，对每个图斑按照一定重叠度预测并得到与原输入尺寸一致的预测结果

### 图斑对象分类结果的对比后处理分析

- 图斑分类结果
- 余弦相似度测量

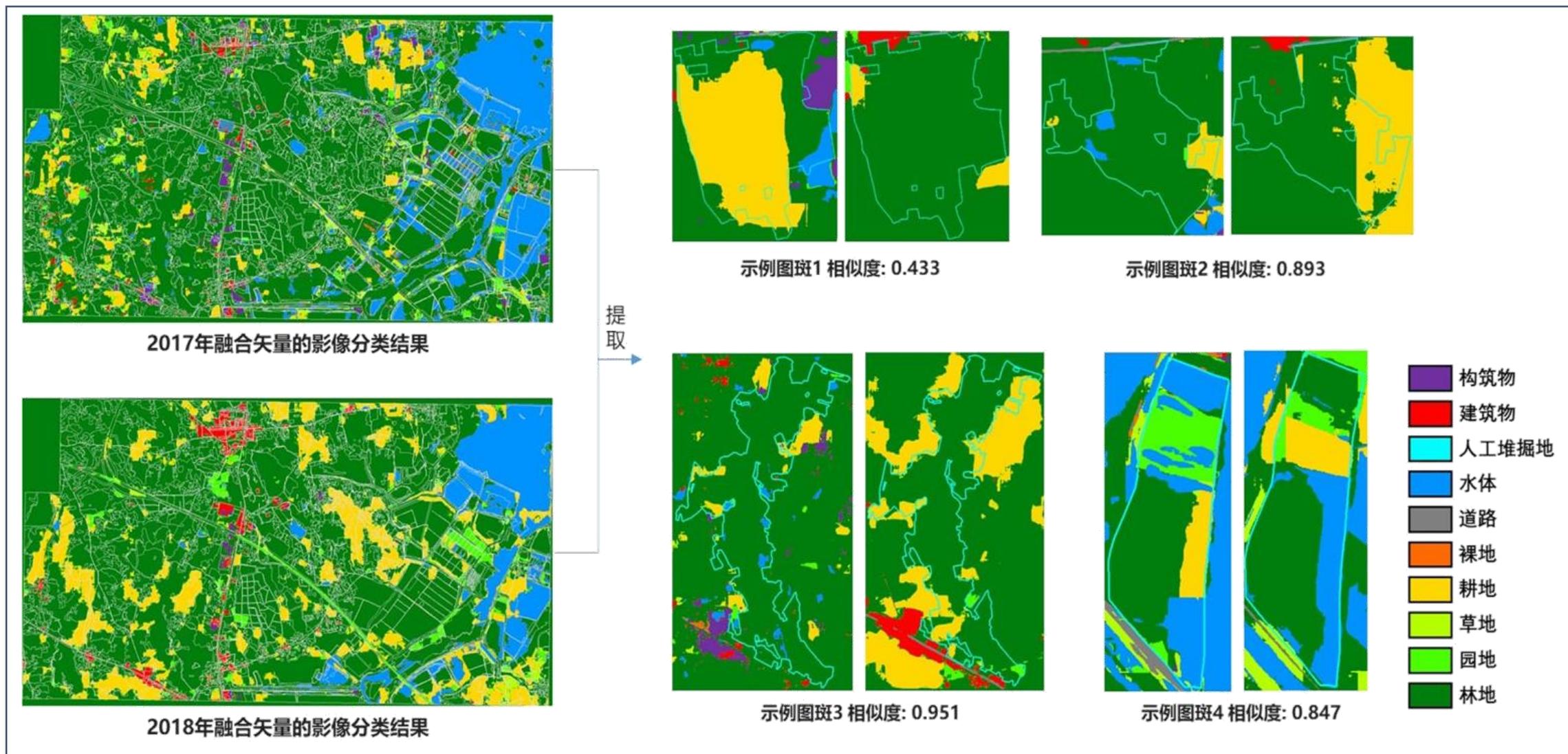
## 2.4.6 面向地理国情普查图斑对象的深度全卷积变化检测框架

LCRA_new																		
FID	Shape	OBJC	OBJC	CC	TAC	FRATID	ELMSTI	EL	ARRACO	FS	CCP	CHAN	CHANG	Shape_Le	Shape_Le_1	Shape_Area	ChangeOrNo	Similarity
548	Polygon	549	549	0110	3	3411820011328	20170630	-	341182	-	0110	-999	-999	.009233	946.490094	53941.479688	1	1
645	Polygon	646	646	0311	3	3411820072066	20170630	-	341182	-	0311	-999	-999	.053795	5695.214516	42602.44116	1	1
503	Polygon	504	504	0110	1	3411820006949	20170630	-	341182	-	0110	-999	-999	.011241	1121.618593	62044.671375	1	.999700
2399	Polygon	2390	2390	0312	5	3411820081431	20170630	-	341182	-	0312	-999	-999	.017227	1711.4474	97445.597544	1	.999400
493	Polygon	494	494	0110	1	3411820007216	20170630	-	341182	-	0110	-999	-999	.014394	1507.751009	74332.065545	1	.999200
941	Polygon	942	942	0110	3	3411820011337	20170630	-	341182	-	0110	-999	-999	.018904	1922.967854	202790.848273	1	.999200
152	Polygon	153	153	0110	1	3411820006957	20170630	-	341182	-	0110	-999	-999	.013296	1356.201121	32403.926615	1	.998800
2696	Polygon	2697	2697	0312	171	3411821022377	20170630	-	341182	-	0312	1	-999	.022209	2189.761477	44495.108451	1	.997100
164	Polygon	165	165	1001	1	3411820173610	20170630	-	341182	-	1001	-999	-999	.008995	912.080085	33622.837594	1	.995500
1370	Polygon	1371	1371	0110	1	3411820006966	20170630	-	341182	-	0110	-999	-999	.009368	949.748113	45370.677229	1	.995200
2498	Polygon	2499	2499	0391	1	3411820109126	20170630	-	341182	-	0391	-999	-999	.017292	1721.133871	7915.623112	1	.992800
2613	Polygon	2614	2614	0801	5	3411820155537	20170630	-	341182	-	0801	-999	-999	.177670	18180.279507	73074.574235	1	.992100
1524	Polygon	1525	1525	0391	171	3411820093369	20170630	-	341182	-	0391	1	-999	.200475	20310.89242	204372.91329	1	.990600
709	Polygon	710	710	0391	1	3411820109367	20170630	-	341182	-	0391	-999	-999	.009001	888.584232	2141.679778	1	.989900
1099	Polygon	1099	1099	0391	171	3411820092453	20170630	-	341182	-	0391	1	-999	.037362	3919.745326	37453.419601	1	.989600
2395	Polygon	2396	2396	0311	1	3411820065143	20170630	-	341182	-	0311	-999	-999	.040240	4070.475491	48945.24409	1	.989000
1026	Polygon	1027	1027	0391	1	3411820109053	20170630	-	341182	-	0391	-999	-999	.014537	1491.545331	3854.561066	1	.987700
37	Polygon	38	38	0801	1	3411820155310	20170630	-	341182	-	0801	-999	-999	.018504	2039.040631	2023.576941	1	.987200
500	Polygon	501	501	0110	1	3411820007027	20170630	-	341182	-	0110	-999	-999	.009972	1002.632306	60912.22188	1	.987200
2452	Polygon	2453	2453	0801	171	3411820155300	20170630	-	341182	-	0801	1	-999	.037513	3785.720576	8341.480323	1	.9848
321	Polygon	322	322	0344	1	3411820117768	20170630	-	341182	-	0344	-999	-999	.010164	1011.328904	6290.115842	1	.984800
2160	Polygon	2161	2161	0391	1	3411820109345	20170630	-	341182	-	0391	-999	-999	.014947	1496.826583	20413.62375	1	.9839
107	Polygon	108	108	0110	171	3411820007373	20170630	-	341182	-	0110	1	-999	.037411	3803.074795	116556.342396	1	.983200
89	Polygon	90	90	1001	1	3411820173924	20170630	-	341182	-	1001	-999	-999	.017489	1783.317146	20528.885117	1	.982200
1369	Polygon	1369	1369	0110	1	3411820007019	20170630	-	341182	-	0110	-999	-999	.013900	1424.957301	44976.369747	1	.982100
648	Polygon	649	649	0311	1	3411820065796	20170630	-	341182	-	0311	-999	-999	.015270	1576.130304	17259.438532	1	.981300
133	Polygon	134	134	0391	1	3411820092241	20170630	-	341182	-	0391	-999	-999	.023191	2346.190582	24218.221051	1	.980100
2890	Polygon	2891	2891	0344	5	3411820117957	20170630	-	341182	-	0344	-999	-999	.025894	2542.480942	22001.292954	1	.979900
1855	Polygon	1856	1856	1001	1	3411820173515	20170630	-	341182	-	1001	-999	-999	.014149	1396.413644	9804.843444	1	.978600
2127	Polygon	2128	2128	0391	3	3411820115794	20170630	-	341182	-	0391	-999	-999	.081904	9421.472698	57360.415604	1	.976900

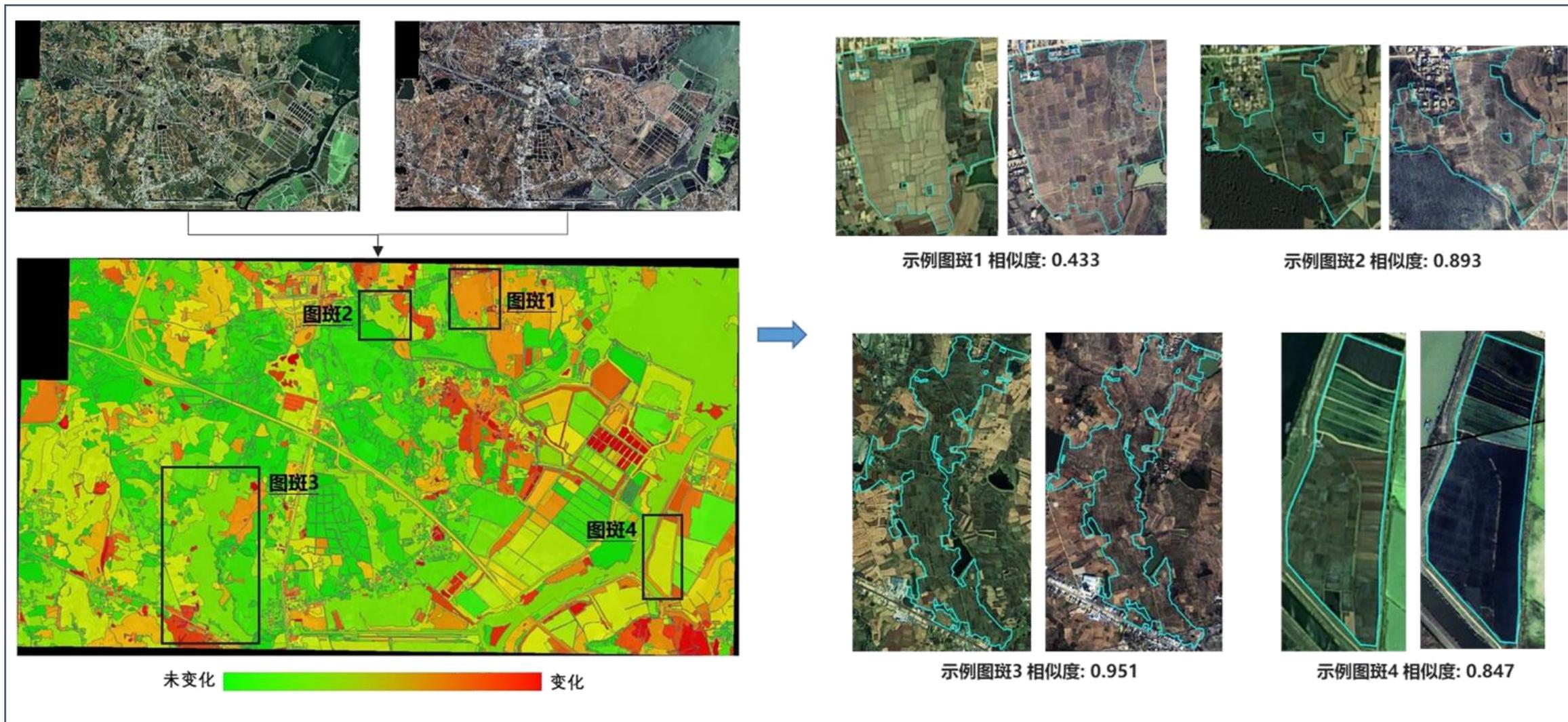
将结果添加到LCRA图层中的“ChangeOrNot”与“Similarity”属性字段，其中“ChangeOrNot”中的“1”表示两图斑没有发生变化、“0”表示两图斑发生了变化，“Similarity”中的数值为两图斑的相似度

LCRA_new																		
FID	Shape	OBJC	OBJC	CC	TAC	FRATID	ELMSTI	EL	ARRACO	FS	CCP	CHAN	CHANG	Shape_Le	Shape_Le_1	Shape_Area	ChangeOrNo	Similarity
1296	Polygon	1297	1297	0110	1	3411820007072	20170630	-	341182	-	0110	-999	-999	.027629	2803.468139	79616.406271	0	.491100
2007	Polygon	2008	2008	0344	1	3411820117768	20170630	-	341182	-	0344	-999	-999	.017627	1792.613201	8494.094979	0	.4928
2902	Polygon	2903	2903	0110	171	3411820007357	20170630	-	341182	-	0110	1	-999	.126587	13013.373472	589174.91757	0	.479200
1292	Polygon	1293	1293	0110	1	3411820007528	20170630	-	341182	-	0110	-999	-999	.013748	1428.342164	69897.989001	0	.471500
2129	Polygon	2130	2130	0391	1	3411820092559	20170630	-	341182	-	0391	-999	-999	.013148	1340.388779	32031.385812	0	.469400
226	Polygon	227	227	0391	1	3411820109202	20170630	-	341182	-	0391	-999	-999	.026790	2625.624627	54432.471053	0	.459400
74	Polygon	75	75	0110	1	3411820007244	20170630	-	341182	-	0110	-999	-999	.010338	1079.97224	38696.764215	0	.455400
421	Polygon	422	422	0810	3	3411820164255	20170630	-	341182	-	0810	-999	-999	.048675	4943.946786	161481.854088	0	.4551
850	Polygon	851	851	0110	1	3411820007423	20170630	-	341182	-	0110	-999	-999	.016291	1636.139051	94289.726145	0	.4345
2305	Polygon	2306	2306	0391	1	3411820092234	20170630	-	341182	-	0391	-999	-999	.017992	1733.178366	8305.792696	0	.431300
2834	Polygon	2835	2835	0110	171	3411820007422	20170630	-	341182	-	0110	1	-999	.013719	1392.919133	36009.751808	0	.4264
710	Polygon	711	711	0391	1	3411820092267	20170630	-	341182	-	0391	-999	-999	.032514	3119.347182	17077.045397	0	.417400
122	Polygon	123	123	0110	1	3411820006994	20170630	-	341182	-	0110	-999	-999	.020136	2038.227562	56906.511962	0	.413900
1989	Polygon	1990	1990	0110	1	3411820007128	20170630	-	341182	-	0110	-999	-999	.005473	560.79935	28306.729552	0	.404600
2284	Polygon	2285	2285	0311	1	3411820068732	20170630	-	341182	-	0311	-999	-999	.018069	1800.932394	42335.068871	0	.400500
1930	Polygon	1931	1931	1001	1	3411820173953	20170630	-	341182	-	1001	-999	-999	.057306	5746.223449	35073.914828	0	.397700
894	Polygon	895	895	1001	171	3411820181794	20170630	-	341182	-	1001	1	-999	.011307	1139.476204	53724.266319	0	.393000
325	Polygon	326	326	0391	171	3411820102455	20170630	-	341182	-	0391	1	-999	.062359	6346.258966	51347.411334	0	.3871
1626	Polygon	1627	1627	0110	171	3411820007562	20170630	-	341182	-	0110	1	-999	.023936	2409.715553	62706.038479	0	.3871
2640	Polygon	2641	2641	0110	3	3411820011343	20170630	-	341182	-	0110	-999	-999	.011298	1155.996845	57047.902015	0	.377700
460	Polygon	461	461	0110	1	3411820007137	20170630	-	341182	-	0110	-999	-999	.017226	1779.656621	70424.929315	0	.3594
1596	Polygon	1597	1597	0311	1	3411820065630	20170630	-	341182	-	0311	-999	-999	.012042	1190.856141	4830.827944	0	.351100
1211	Polygon	1212	1212	0110	1	3411820007396	20170630	-	341182	-	0110	-999	-999	.011414	1143.372631	44026.937069	0	.324200
774	Polygon	775	775	0110	1	3411820007440	20170630	-	341182	-	0110	-999	-999	.013656	1358.354738	99885.018467	0	.315700
921	Polygon	922	922	0110	171	3411820007059	20170630	-	341182	-	0110	1	-999	.051483	5262.489663	246041.532203	0	.313800
2132	Polygon	2133	2133	0110	1	3411820007506	20170630	-	341182	-	0110	-999	-999	.017354	1760.261629	35160.045979	0	.297800
2515	Polygon	2516	2516	0110	1	3411820007204	20170630	-	341182	-	0110	-999	-999	.010099	1019.991647	53196.842345	0	.295800
137	Polygon	138	138	0601	171	3411820155462	20170630	-	341182	-	0601	1	-999	.141074	14461.175918	75179.496302	0	.292600
1239	Polygon	1240	1240	0110	171	3411820007302	20170630	-	341182	-	0110	1	-999	.016622	1676.323557	127875.265399	0	.291900
1927	Polygon	1928	1928	1001	1	3411820174055	20170630	-	341182	-	1001	-999	-999	.016669	1701.102354	15973.790347	0	.283000

## 2.4.6 面向地理国情普查图斑对象的深度全卷积变化检测框架



## 2.4.6 面向地理国情普查图斑对象的深度全卷积变化检测框架



## 2.5 遥感影像样本半自动交互提取方法

2.5.1 半自动交互提取目的与意义

2.5.2 半自动交互提取方法

2.5.3 半自动交互提取方法结果

## 2.5.1 半自动交互提取目的与意义



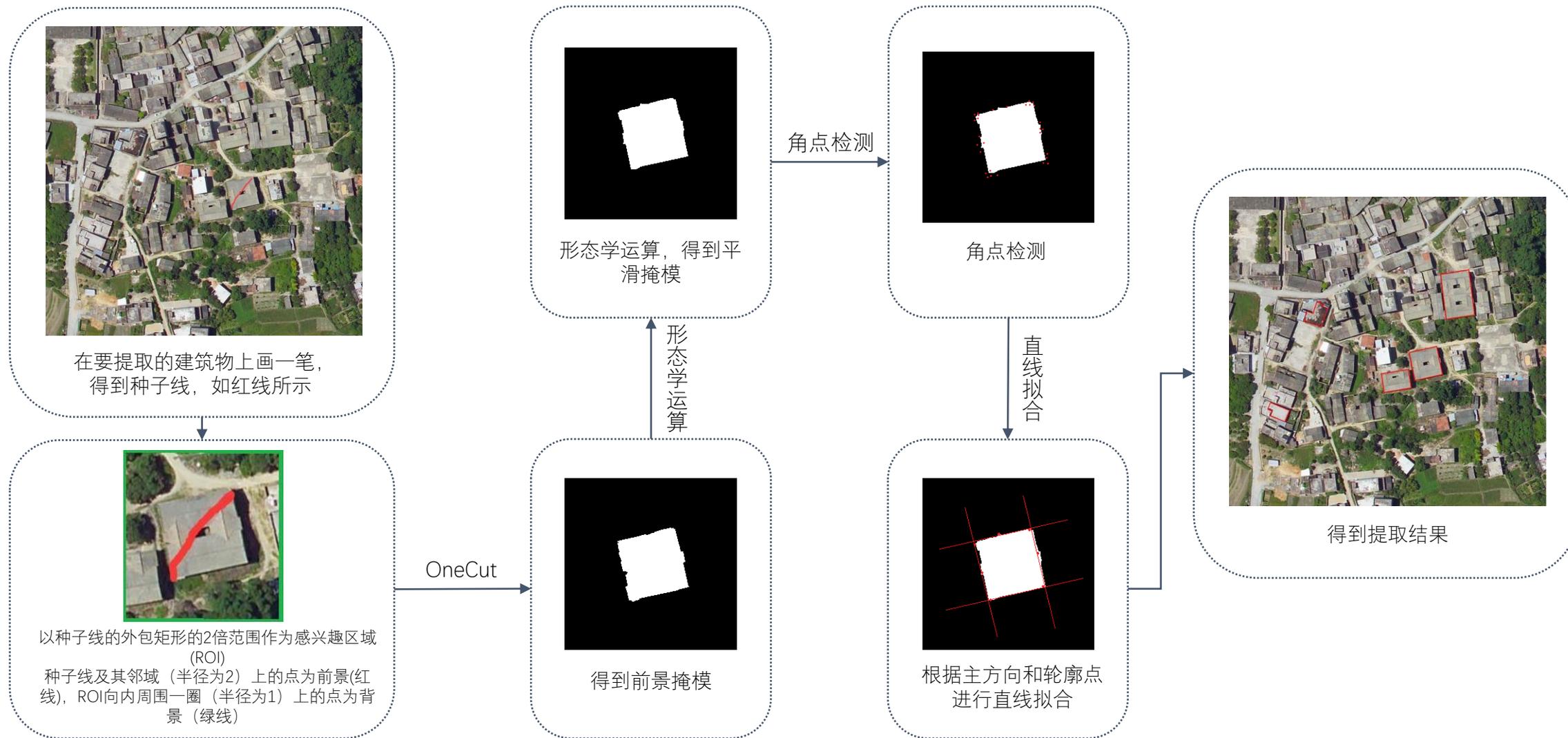
交互式提取示意图

由于深度网络的训练需要较大的样本数量，单靠纯手动标注需要消耗大量人力物力

研究人工半自动交互式地物目标提取方法，以提高训练样本采集效率

在工程实践中，一般通过鼠标点击、画线、画多边形等方式进行人工初始定位，然后半自动算法能够给出精化的地物目标包围盒、精确边界等信息；同时还能与用户进行多次交互，完善提取目标信息

## 2.5.2 半自动交互提取方法



## 2.5.3 半自动交互提取方法结果



图 1



图 2



图 3



图 4

## 2.6 遥感影像目标地物自动检测与定位

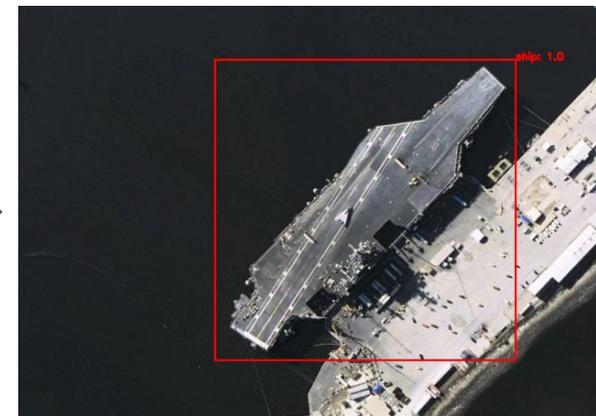
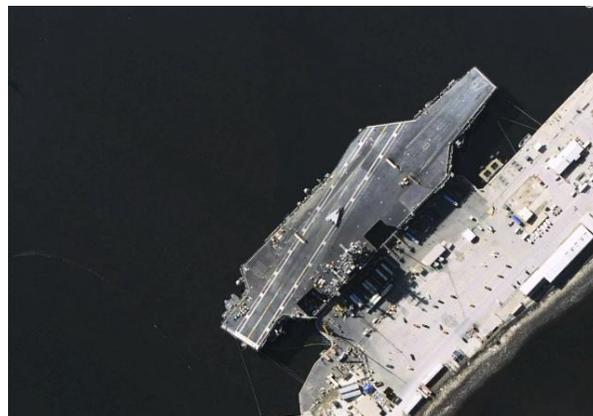
2.6.1 基于深度学习的遥感影像目标检测与轮廓提取一体化方法

2.6.2 基于深度学习的遥感影像旋转框目标检测方法

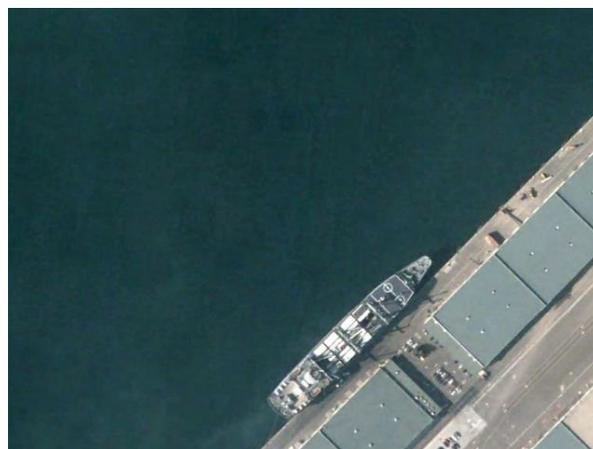
2.6.3 基于双多尺度特征金字塔网络的遥感影像目标检测方法

## 2.6.1 基于深度学习的遥感影像目标检测与轮廓提取一体化方法--船只目标检测

两阶段目标检测网络

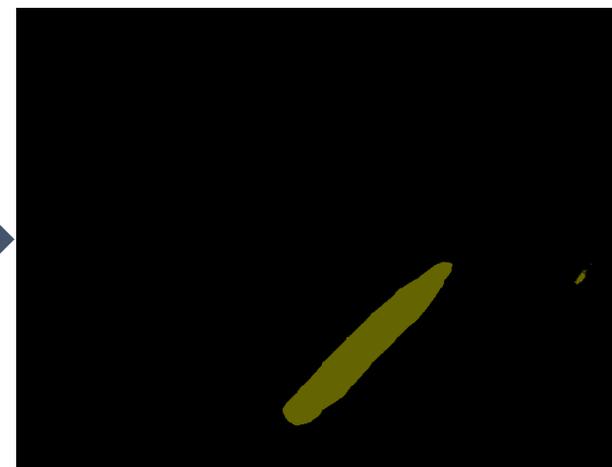
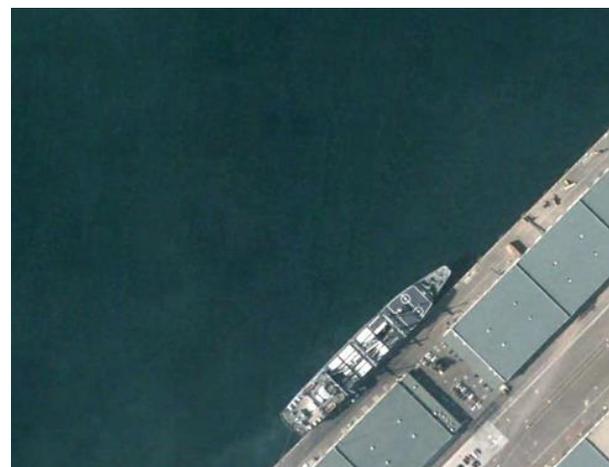
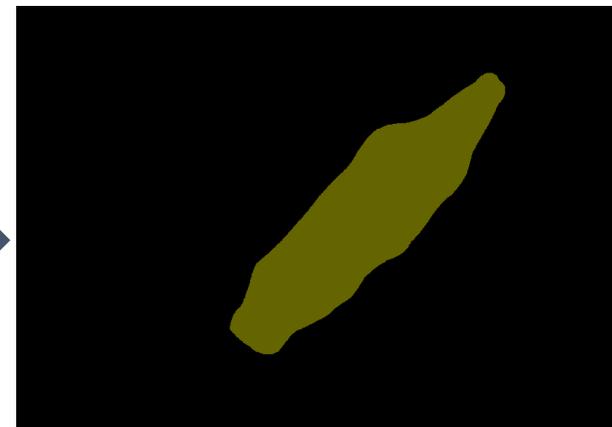
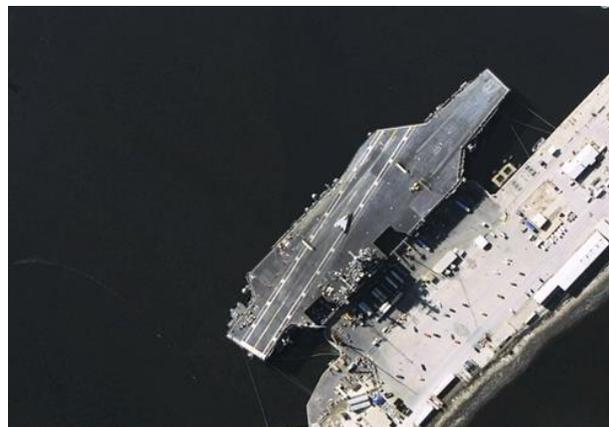


端到端训练



## 2.6.1 基于深度学习的遥感影像目标检测与轮廓提取一体化方法--船只轮廓提取

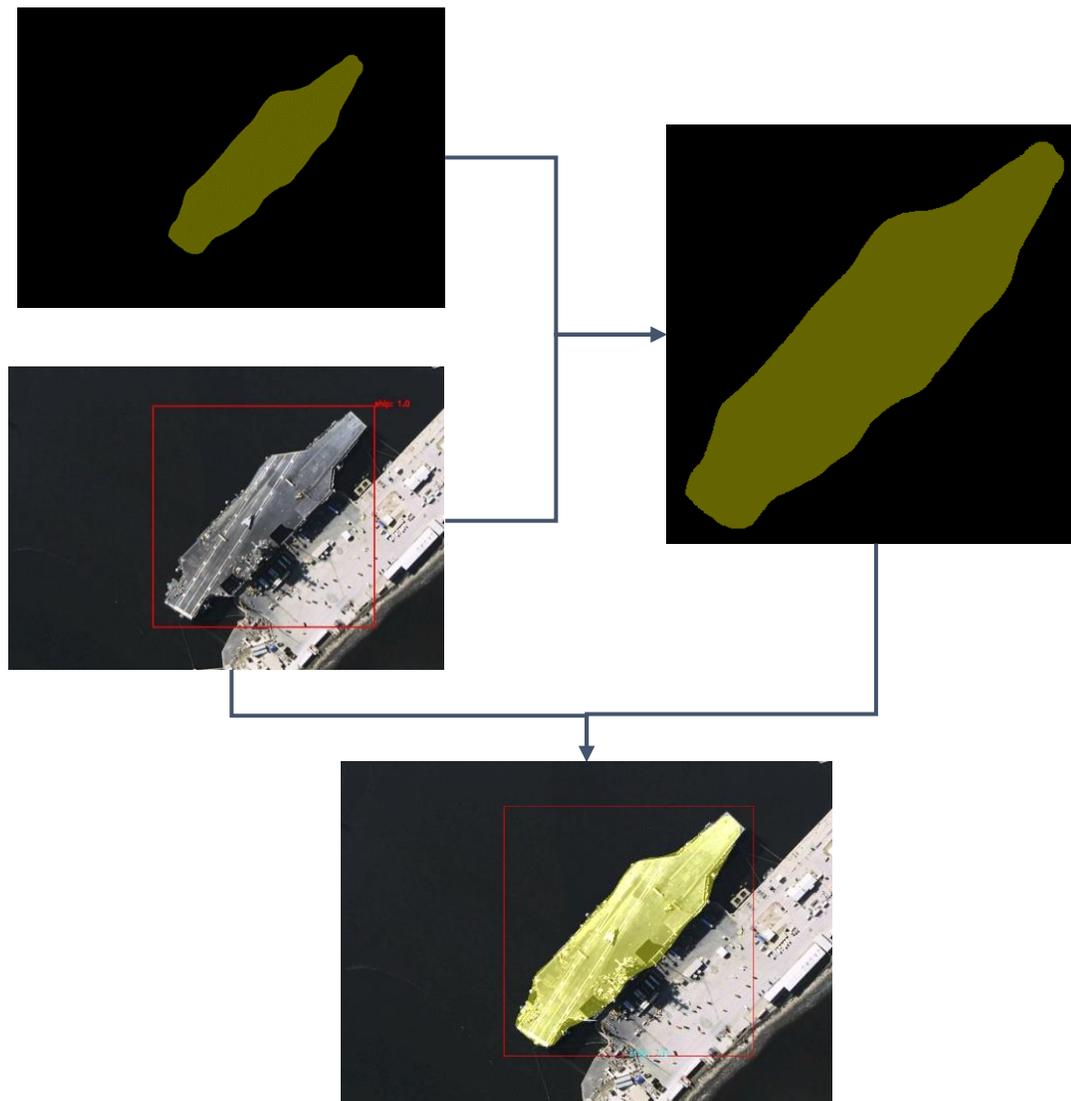
基于检测结果，利用深度全卷积网络模型进行船只轮廓提取



## 2.6.1 基于深度学习的遥感影像目标检测与轮廓提取一体化方法

根据检测框位置在分割图中取出相应区域

将取出的相应区域叠加在检测图中检测框的区域，得到检测和轮廓提取图



## 2.6.1 基于深度学习的遥感影像目标检测与轮廓提取一体化方法--精度评定

目标检测精度评定表

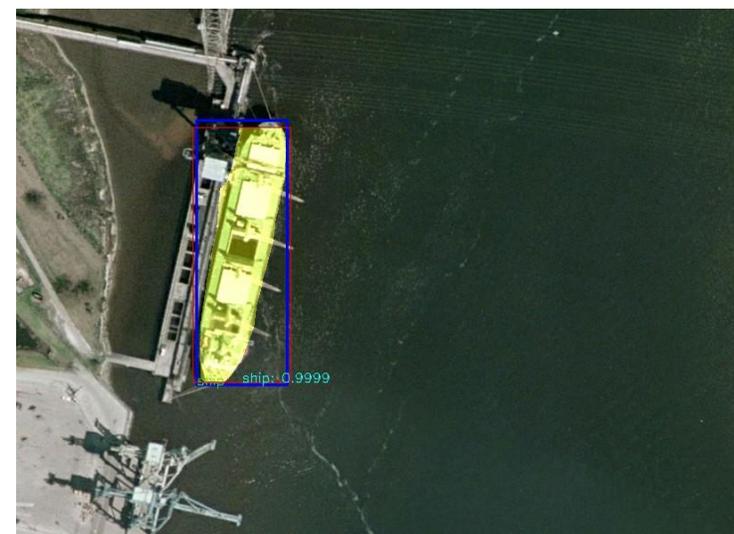
类别总数	类别名称	AP	mAP
4	船	39.44%	63.45%
	航母	83.11%	
	驱逐舰	85.88%	
	商船	45.37%	
1	船	79.50%	79.50%

轮廓提取精度评定表

	Vaihingen	HRSC2016
FCN	92.53%	97.40%

(Vaihingen为预训练数据集, HRSC2016船只数据集)

## 2.6.1 基于深度学习的遥感影像目标检测与轮廓提取一体化方法—结果示例

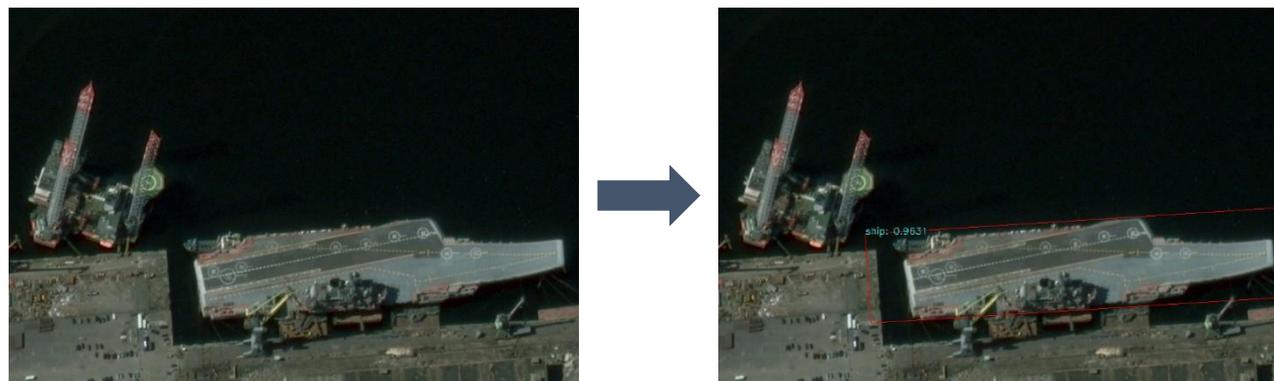


## 2.6.2 基于深度学习的遥感影像旋转框目标检测方法

--以船只检测为例

一阶段目标检测网络

端到端训练



$$mAP_{two\ classes} = 78.4\%$$



## 2.6.3 基于双多尺度特征金字塔网络的遥感影像目标检测方法

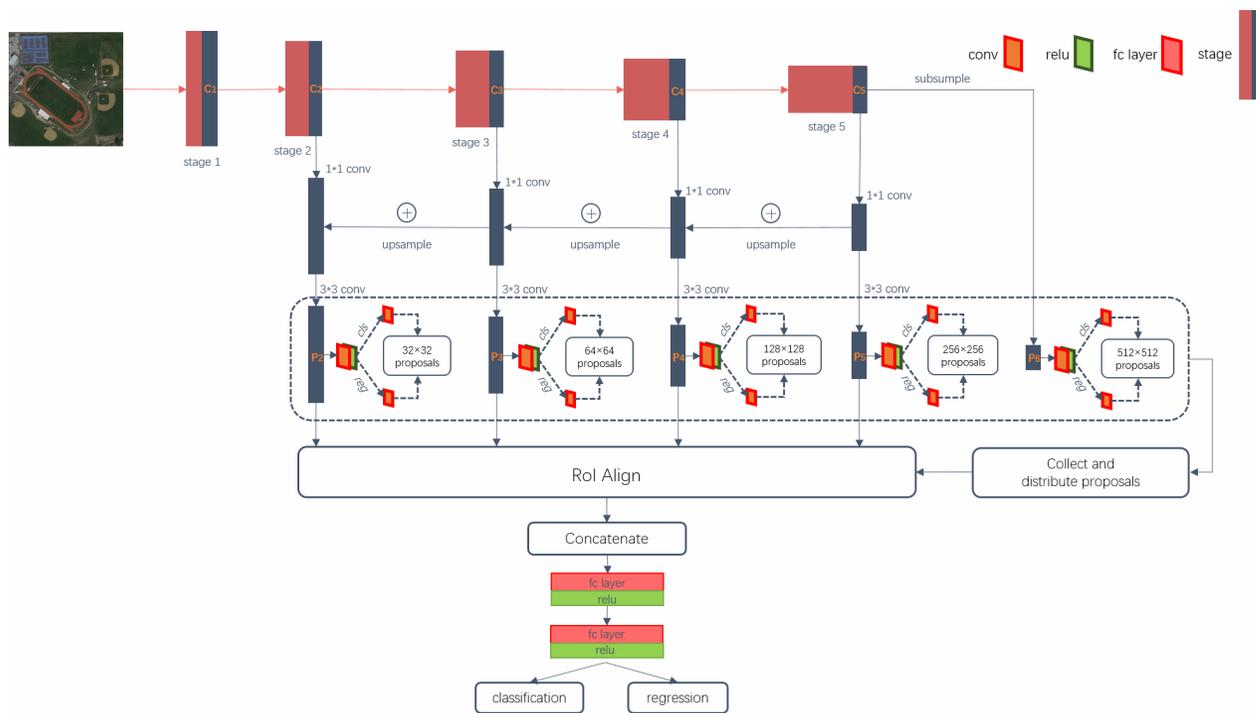
提出了一种有效的基于区域的高分辨率遥感影像目标检测框架——双多尺度特征金字塔网络(Double Multi-scale Feature Pyramid Network, DM-FPN)

DM-FPN同时结合了弱空间分辨率、强语义特征和高空间分辨率、弱语义的特征，在检测小目标方面具有很大的优势

为了增加训练数据的多样性，克服输入图像的尺寸限制，提出了几种多尺度训练策略。还提出了多尺度预测和自适应类别非极大值抑制(adaptive categorical non-maximum suppression, ACNMS)策略以提高检测性能

DM-FPN在DOTA数据集水平框目标检测竞赛中排名第一（截至2019年5月1日）

## 2.6.3 多类地物水平框目标检测



DM-FPN框架

### Task2 - Horizontal Leaderboard

Show 10 entries

Search:

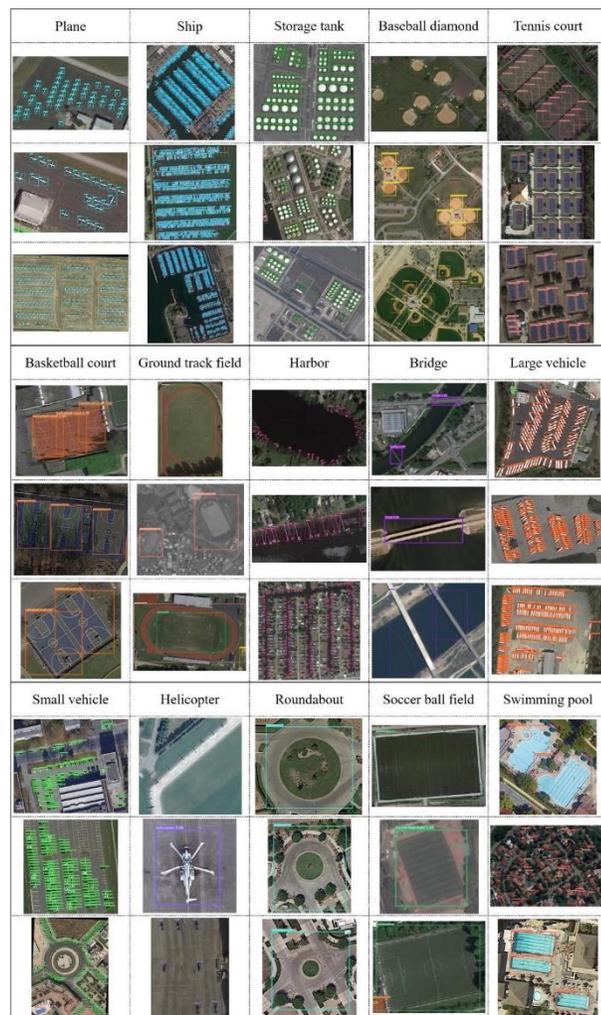
Team Name	mAP	Plane	BD	Bridge	GTF	SV	LV	Ship	TC	BC	ST	SBF	RA	Harbor	SP	HC	Date
CVEO	0.79	0.883	0.841	0.598	0.778	0.786	0.826	0.872	0.909	0.819	0.862	0.679	0.672	0.835	0.803	0.694	2018-09-28 08:21:05.289517
yangxue	0.746	0.9	0.815	0.553	0.733	0.721	0.749	0.781	0.909	0.824	0.863	0.645	0.62	0.756	0.767	0.549	2018-09-29 05:27:53.183306
Detector	0.738	0.882	0.797	0.51	0.746	0.665	0.767	0.839	0.904	0.803	0.838	0.627	0.648	0.788	0.753	0.499	2018-09-12 15:58:38.465811
VCL	0.73	0.898	0.824	0.517	0.738	0.645	0.733	0.851	0.909	0.797	0.843	0.549	0.596	0.676	0.737	0.64	2018-09-10 01:43:10.901917
liuqingqing	0.728	0.899	0.809	0.519	0.693	0.707	0.735	0.779	0.906	0.773	0.843	0.595	0.602	0.75	0.746	0.564	2018-08-26 15:11:26.823076
majidazimi	0.725	0.9	0.777	0.534	0.733	0.735	0.65	0.782	0.908	0.791	0.848	0.572	0.621	0.735	0.702	0.581	2018-06-11 00:03:56.394049
changzhonghan	0.72	0.887	0.751	0.526	0.592	0.694	0.788	0.845	0.906	0.813	0.826	0.525	0.621	0.766	0.663	0.601	2018-08-09 02:36:24.920446
Qiao	0.705	0.872	0.783	0.512	0.671	0.69	0.707	0.84	0.903	0.779	0.807	0.518	0.633	0.711	0.649	0.504	2018-10-06 11:36:04.142440
lwc	0.701	0.894	0.738	0.477	0.528	0.74	0.739	0.872	0.909	0.793	0.812	0.475	0.562	0.735	0.71	0.537	2018-07-05 13:58:12.318548
2120170825	0.7	0.894	0.757	0.473	0.51	0.747	0.708	0.872	0.909	0.784	0.813	0.432	0.588	0.749	0.728	0.536	2018-07-07 12:05:26.710053

Showing 1 to 10 of 48 entries

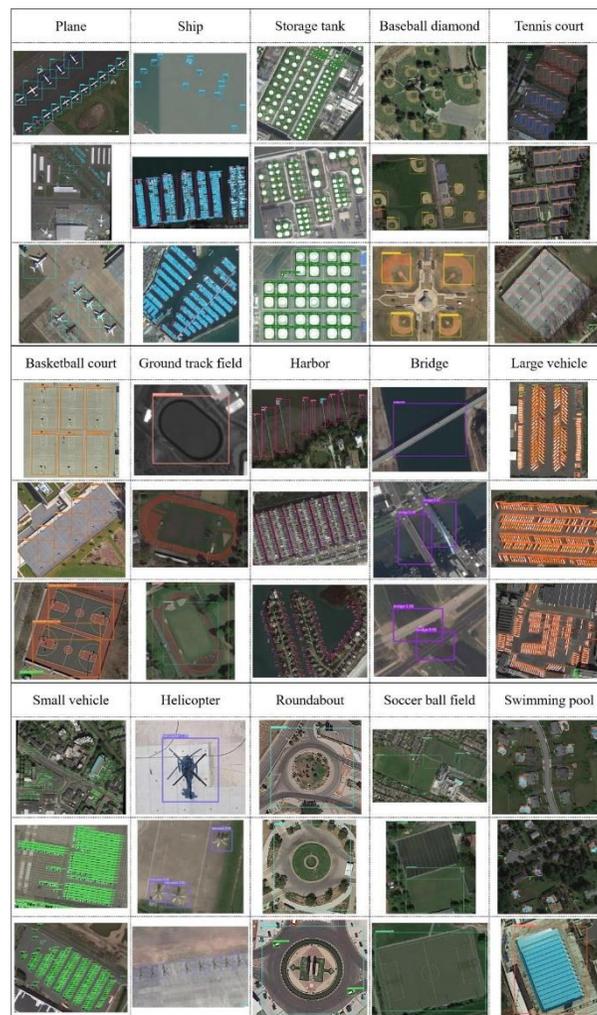
Previous  2 3 4 5 Next

在DOTA数据集水平框目标检测竞赛中取得0.793的mAP成绩

## 2.6.3 多类地物水平框目标检测结果



DM-FPN在DOTA验证集上的检测结果



DM-FPN在DOTA测试集上的检测结果



DM-FPN在单景遥感影像上的检测结果

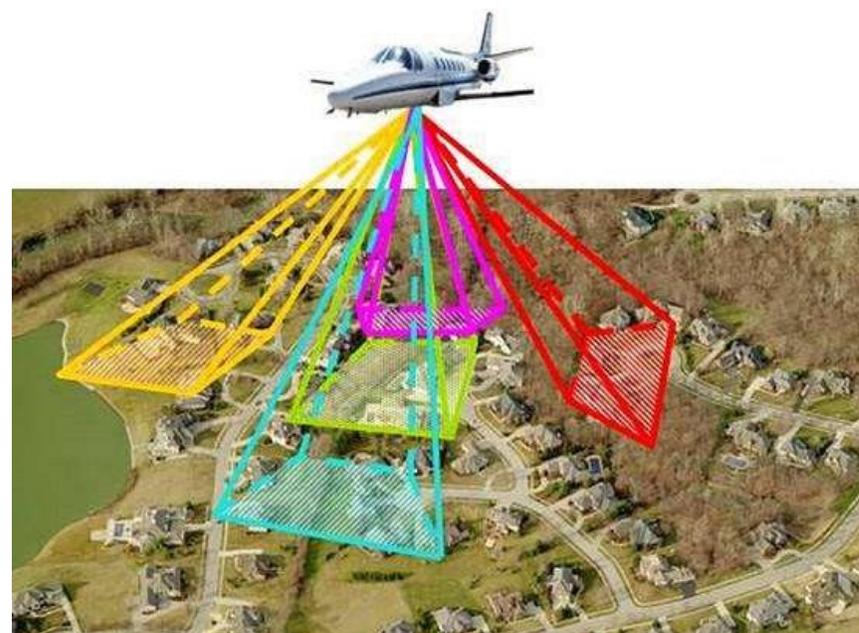
## 2.7 三维影像数据处理与应用

2.7.1 倾斜摄影

2.7.2 倾斜摄影三维建模

## 2.7.1 倾斜摄影

- 通过从一个个垂直、四个倾斜、五个不同的视角同步采集影像，获取到丰富的建筑物顶面及侧视的高分辨率纹理。它不仅能够真实地反映地物情况，高精度地获取物方纹理信息，还可通过先进的定位、融合、建模等技术，生成真实的三维城市模型。该技术在欧美等发达国家已经广泛应用于应急指挥、国土安全、城市管理、房产税收等行业。



倾斜摄影

## 2.7.2 倾斜摄影三维建模



通过无人机倾斜摄影倾斜制作长江大学3D校园模型

# 3 应用

3.1 遥感影像智能解译

3.2 空间地理信息大数据处理平台

3.3 遥感时空大数据综合应用

## 3.1 遥感影像智能解译

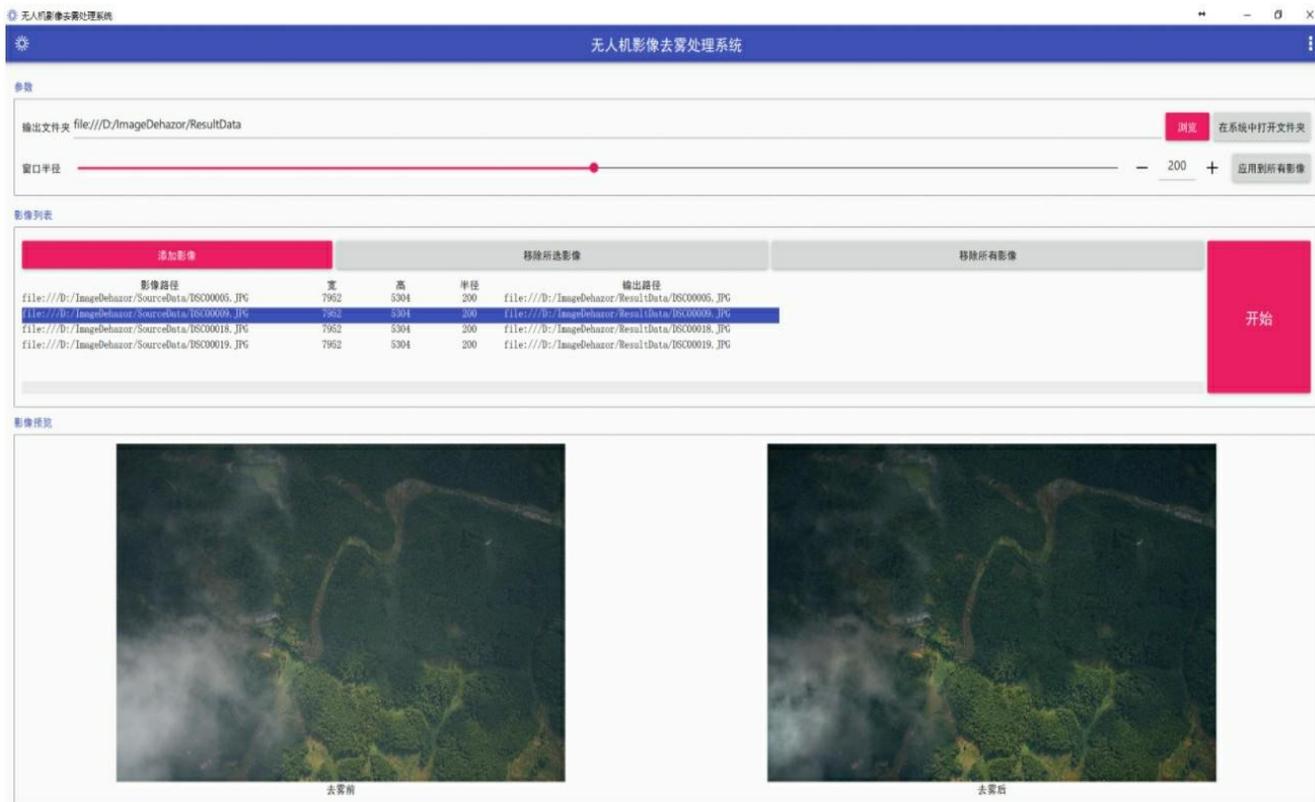
3.1.1 无人机影像去雾平台

3.1.2 无人机影像土地利用监测数据变化检测系统UCDS

3.1.3 面向对象高分辨率遥感影像处理系统CDTStudio

3.1.4 遥感影像智能处理平台Smart-Spatial Studio

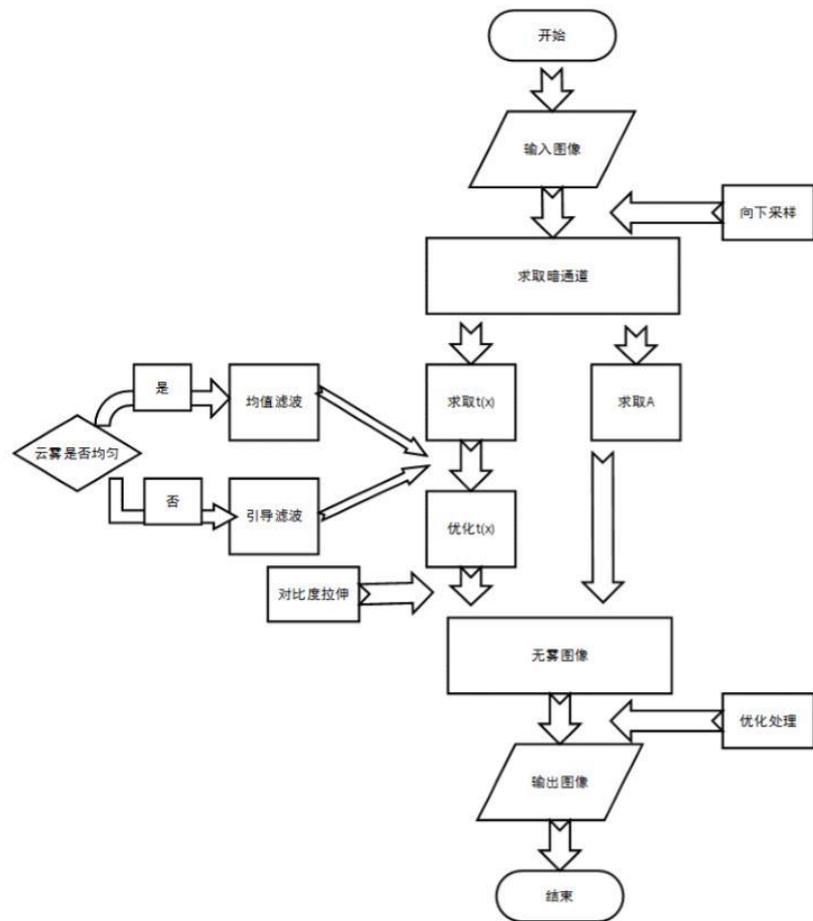
## 3.1.1 无人机影像去雾平台



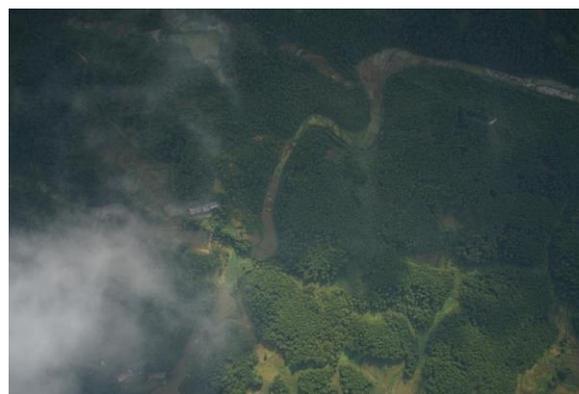
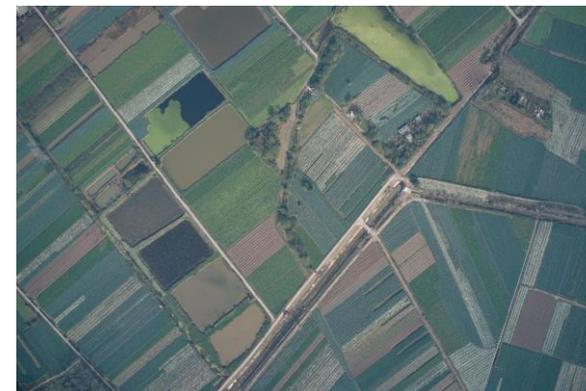
无人机图像去雾平台使用优化后暗通道先验的去雾算法，对无人机图像进行去雾处理，得到清晰的遥感图像。

去雾算法使用C++语言编写实现，平台界面使用Qt设计

### 3.1.1 无人机影像去雾平台--去雾流程



去雾流程



去雾前后影像对比结果

## 3.1.2 无人机影像土地利用监测数据变化检测系统UCDS

与安徽省第四测绘院合作

系统实现了完整的面向对象变化检测流程，这其中就包括了影像分割、属性特征提取、影像分类等算法与半自动交互地物提取工具

发表相关学术论文一篇（SCI），出版专著《遥感影像变化检测》

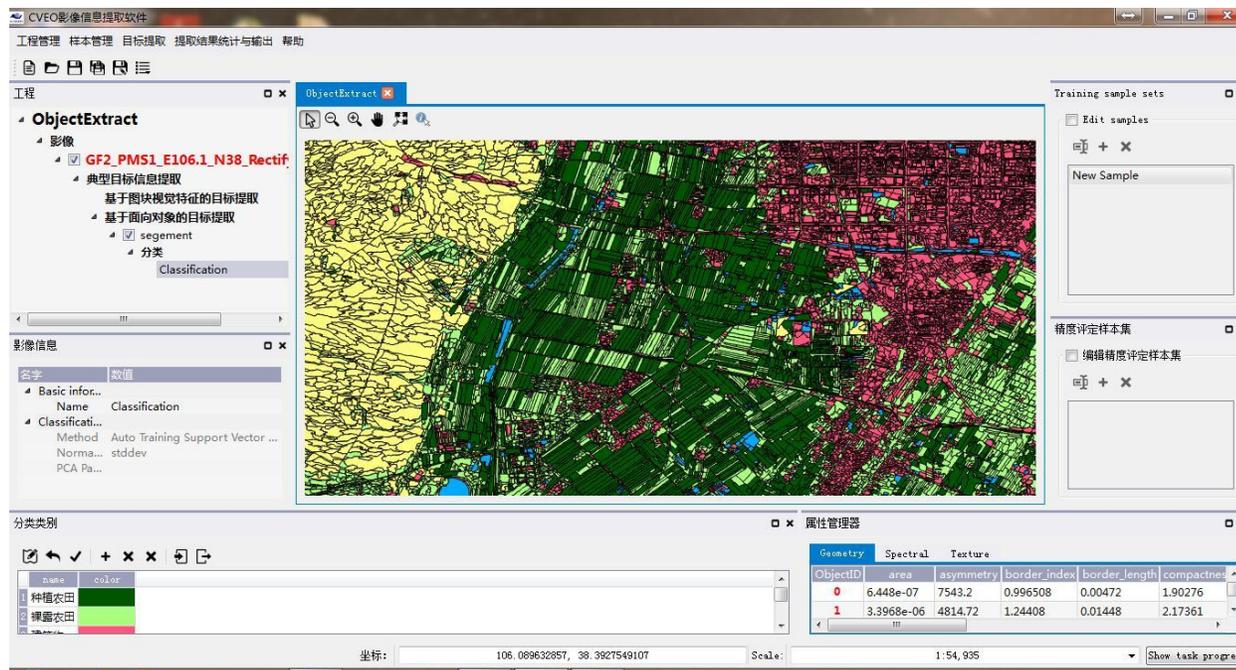
系统将面向对象的变化检测技术产品化。在2015-2017年间，该项目成果已产生新增直接效益1231.3万元



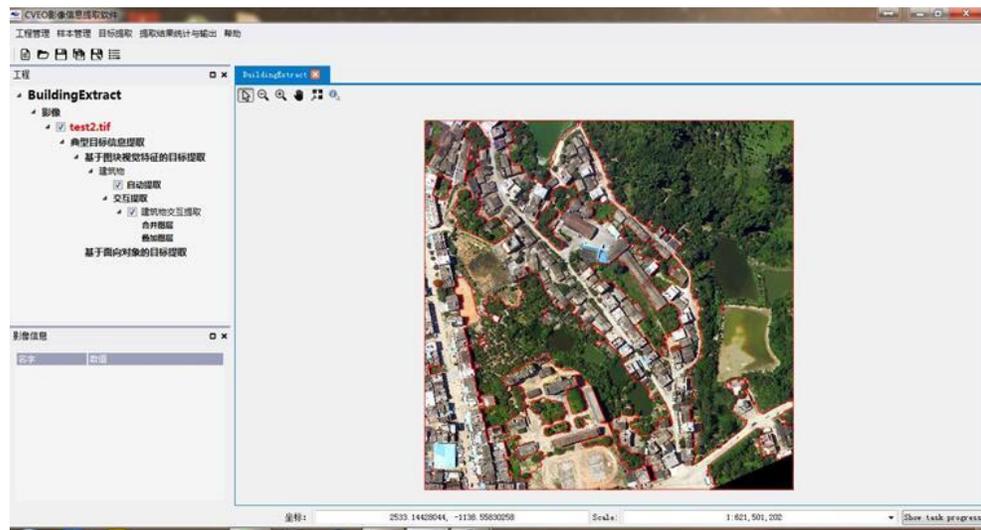
### 3.1.3 面向对象高分辨率遥感影像处理系统CDTStudio

CDTStudio是一个遥感影像面向对象分析与变化检测桌面应用程序，采用GPL协议开源

CDTStudio基于Qt框架，主要开发语言为C++，能跨平台编译运行。CDTStudio采用Qt的插件机制开发，所有算法均以插件形式存在



### 3.1.3 面向对象高分辨率遥感影像处理系统CDTStudio



自动提取地物



交互式提取地物

## 3.1.3 面向对象高分辨率遥感影像处理系统CDTStudio

### 实现算法

#### 影像分割

- 基于图论最小生成树分割
- SLIC超像素分割

#### 分类器

- SVM
- Bayes
- KNN
- 决策融合

#### 属性生成器

- 光谱特征
- 形状特征
- 纹理特征

#### 自动阈值算法

- OTSU

#### 半自动地物提取算法

- Snakes
- Grabcut
- OneCut

#### 基于像素变化检测算法

- 差值法

#### 面向对象变化检测

- 叠置分析

### 其他功能

空间数据可视化

项目的序列化

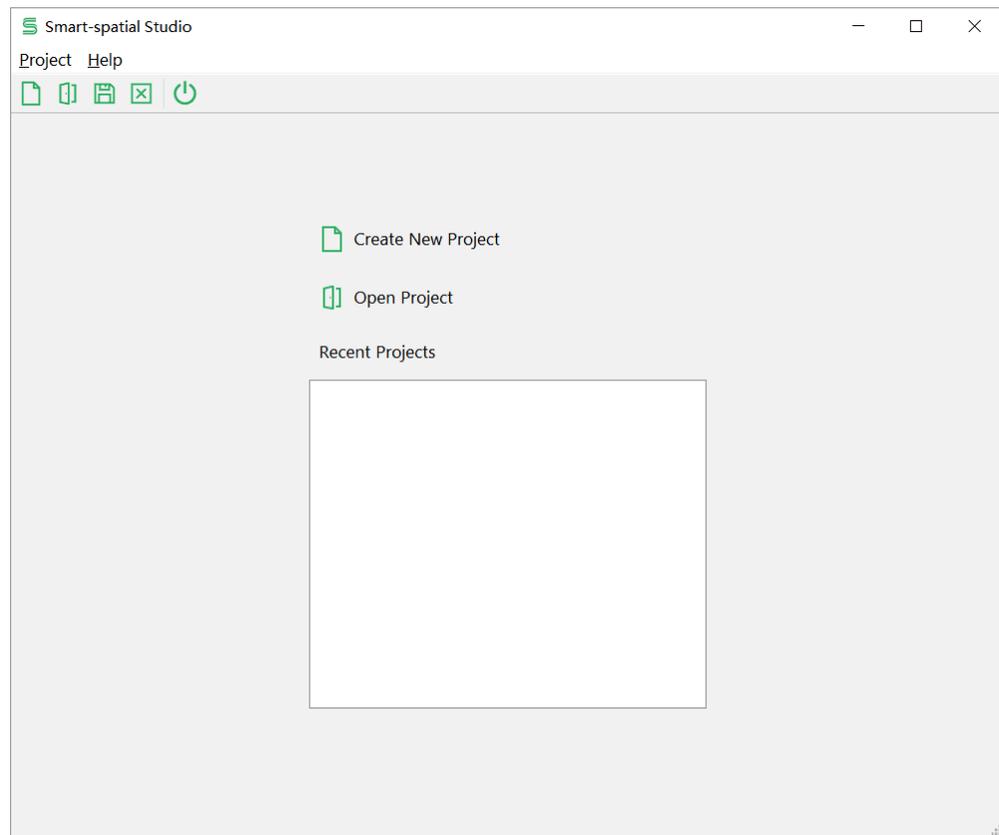
编辑训练样区

多语言支持（中  
英）

分类结果精度评  
定

.....

## 3.1.4 遥感影像智能处理平台Smart-Spatial Studio



Smart-Spatial Studio 是一款由CVEO小组开发的基于Qt框架的遥感影像处理平台。它由若干任务模块共同组成，可以用于遥感领域的图像处理，算法研究，产业应用等等各个方面。该平台目前仍处于完善和发展的阶段，它包含或计划包含了以下若干子模块

- 遥感影像质量改善。包括但不限于云雾去除，超分辨率重建等等；
- 目标检测。包括对舰船目标的检测与分类，飞机、球场、桥梁等各种遥感影像常见地物的检测等等；
- 变化检测。包括像素级别/图斑级别的地物变化检测，可以大幅提高人员作业效率；
- 语义分割与场景分类。包括像素级别/影像级别地将影像按不同需要划分为居民地、植被等等类别；
- 其他。Smart-Spatial Studio平台具有优秀的可扩展性，可以便捷地添加所需要的任何工程模块。

## 3.1.4 遥感影像智能处理平台Smart-Spatial Studio

The screenshot displays the Smart-Spatial Studio interface. The main window is titled "Raw Data1" and contains several panels:

- Image List (Data Management):** A table listing image files with columns for Name, Status, Tag, Georeferenced, and Type. The table is circled in blue with the label "数据管理".
- Overview (Image Overview):** A preview window showing a satellite image of a landscape, circled in blue with the label "影像概览".
- Details (Image Information):** A panel on the right containing metadata for the selected image, circled in blue with the label "影像信息".

Name	Status	Tag	Georeferenced	Type
100000003.bmp	✓ OK	test	✗ Unknown	link
100000005.bmp	✓ OK	test	✗ Unknown	link
100001314.bmp	✓ OK	test	✗ Unknown	link
100001585.bmp	✓ OK	test	✗ Unknown	link
butterfly.jpg	✓ OK	test	✗ Unknown	link
city.jpg	✓ OK	test	✗ Unknown	link
desert.jpg	✓ OK	test	✗ Unknown	link
flower.jpg	✓ OK	test	✗ Unknown	link

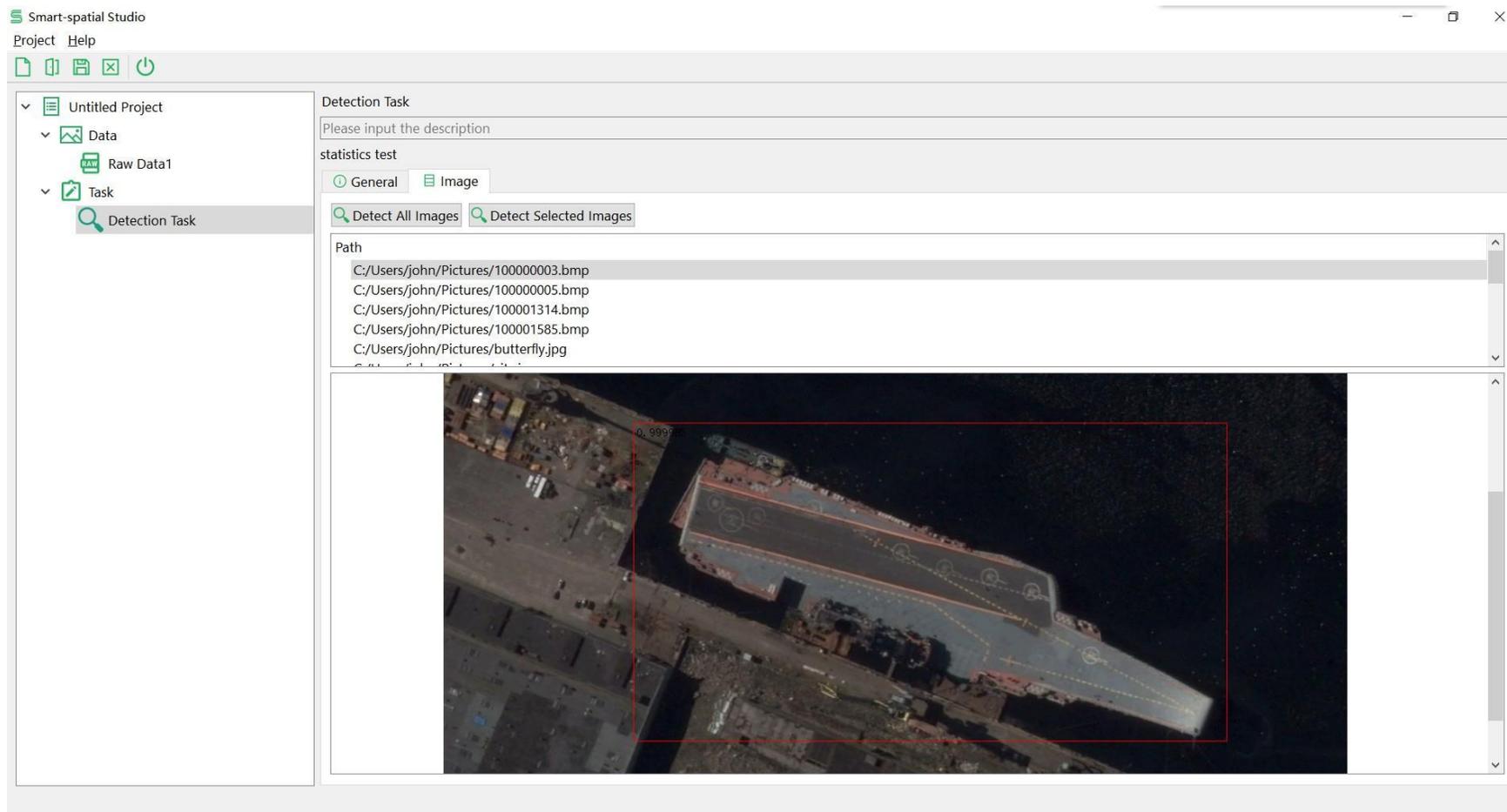
File Information:

- File Name: sas.tif
- File Location: C:/Users/john/Pictures
- Size: 40833 \* 20305
- Band Count: 3
- Nodata Value: None

Spatial Reference:

- Georeference: unknown
- Projection:
- EPSG: 3785
- Details: LOCAL\_CS["EPSG:3785", GEOGCS["unknown", DATUM["unknown",

## 3.1.4 遥感影像智能处理平台Smart-Spatial Studio



舰船检测功能模块效果演示

## 3.2 空间地理信息数据处理平台

3.2.1 农村土地承包经营权系统

3.2.4 第二次全国地名普查数据处理系统

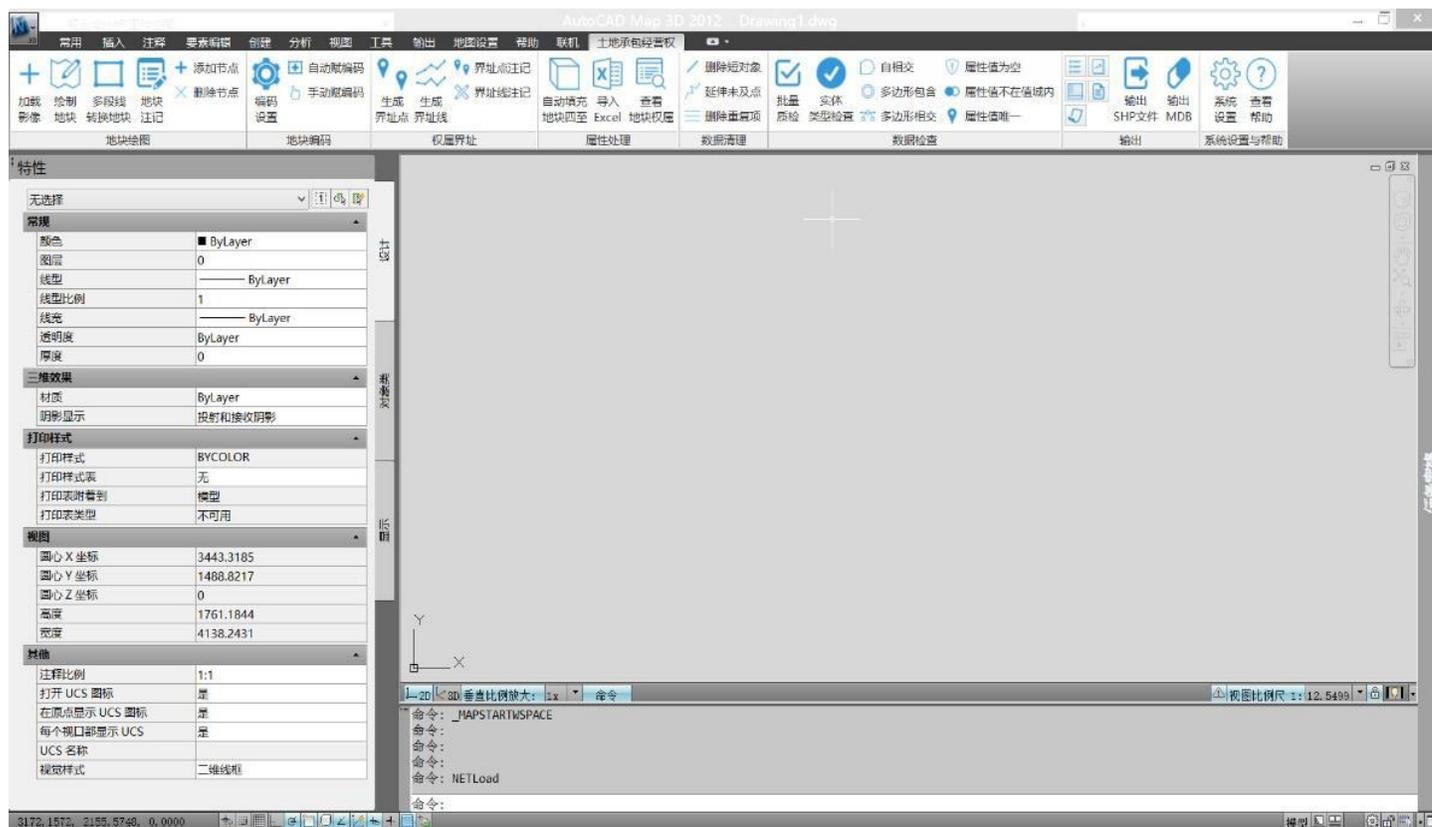
3.2.2 航空摄影测量外业调绘系统

3.2.5 第三次全国土地调查处理系统

3.2.3 内外业(测量、调查、建库)一体化地籍信息系统

3.2.6 基于OCR的地籍调查归档整理系统

## 3.2.1 农村土地承包经营权系统



系统主界面

基于AutoCAD Map 3D 2012平台、SQL Server 2008关系数据库搭建

集成开发环境选用Visual Studio 2010

实现地块绘制、地块自动编码、地块属性编辑处理、数据检查、成果输出等土地承包经营权调查系统需要的功能

自动将地块信息输出成各种地块确权信息图表格式，提高土地承包经营权确权的工作效率

## 3.2.1 农村土地承包经营权系统--功能

地块绘制	地块编码	权属界址	属性处理	数据清理	数据检查	输出	系统设置与帮助
<ul style="list-style-type: none"><li>• 加载影像</li><li>• 绘制地块</li><li>• 多线段转地块</li><li>• SHP文件导入</li><li>• 地块注记</li><li>• 添加节点</li><li>• 删除节点</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 编码设置</li><li>• 自动赋编码</li><li>• 手动赋编码</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 生成界址点</li><li>• 生成界址线</li><li>• 界址点注记</li><li>• 界址线注记</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 自动填充至地块四至</li><li>• 导入excel</li><li>• 查看属性</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 删除段对象</li><li>• 延申未及点</li><li>• 删除重复项</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 批量检查</li><li>• 实体类型检擦</li><li>• 自相交、包含……</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 输出SHP文件</li><li>• 输出MDB</li><li>• 公示表</li><li>• 公示图</li><li>• 地块调查表</li><li>• 承包合同</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 系统设置</li><li>• 查看帮助</li></ul>

## 3.2.2 航空摄影测量外业调绘系统



航空摄影测量外业调绘系统  
主界面

基于ArcGIS Runtime SDK for Android平台、Android操作系统、SQLite关系数据库、GDAL图形库，集成开发环境选用Android studio 4.0和MS Visual Studio 2013

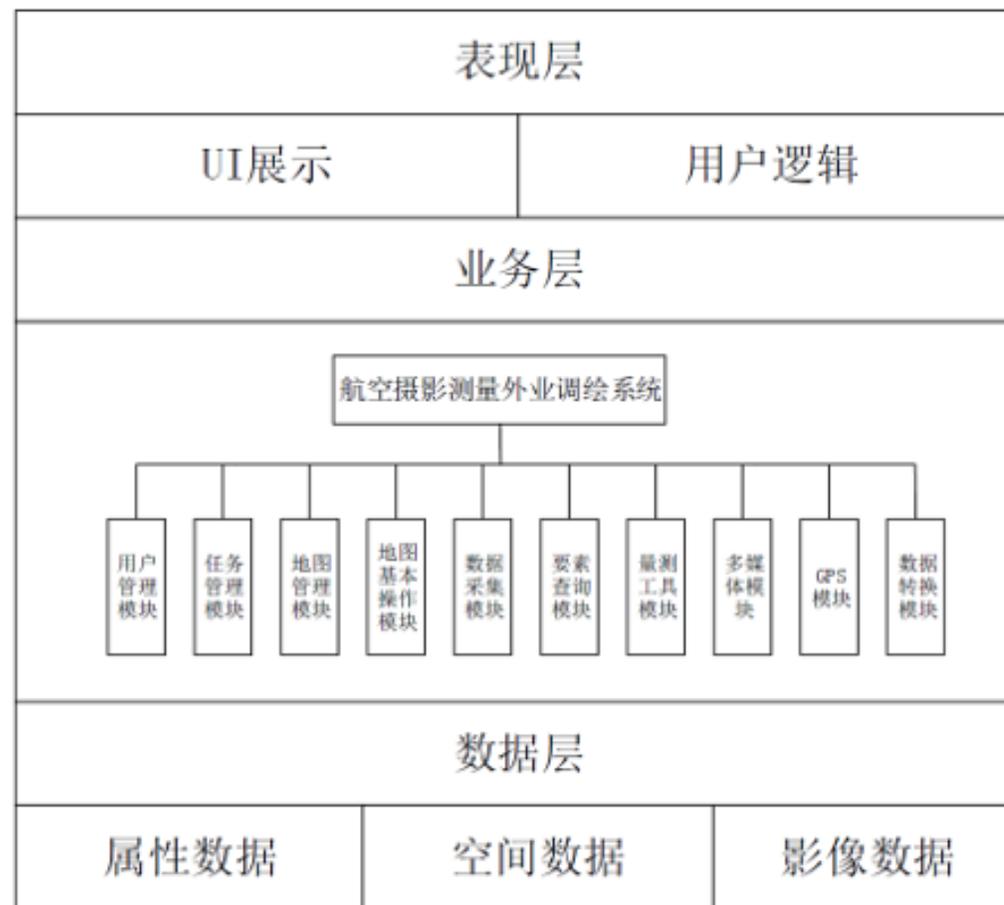
实现了在PC端的数据拼接，提高了数据入库效率，缩短了作业周期

通过ArcGIS Runtime SDK for Android平台和Android操作系统的结合，设计并开发了一套航空摄影测量外业调绘系统，通过界面设计，数据库设计，用移动通信技术和GIS技术实现界面和数据库的内容交互

## 3.2.2 航空摄影测量外业调绘系统

### 航空摄影测量外业调绘系统

- 用户管理模块
- 任务管理模块
- 地图管理模块
- 地图基本操作模块
- 数据采集模块
- 要素查询模块
- 量测工具模块
- 多媒体模块
- GPS模块
- 数据传输模块



系统架构

### 3.2.3 内外业(测量、调查、建库)一体化地籍信息系统—系统模块

#### 数据导入模块

- 数据导入
- 坐标计算
- 地物编码
- 自动展图

#### 图形绘制模块

- 点状地物交互绘制
- 线状地物交互绘制
- 面状地物交互绘制
- 地物修改及编辑

#### 地籍功能模块

- 地籍要素绘制
- 宗地处理及编辑
- 界址点处理
- 宗地查询

#### 图形检查模块

- 图形拓扑错误检查
- 宗地要素属性检查
- 地物属性检查

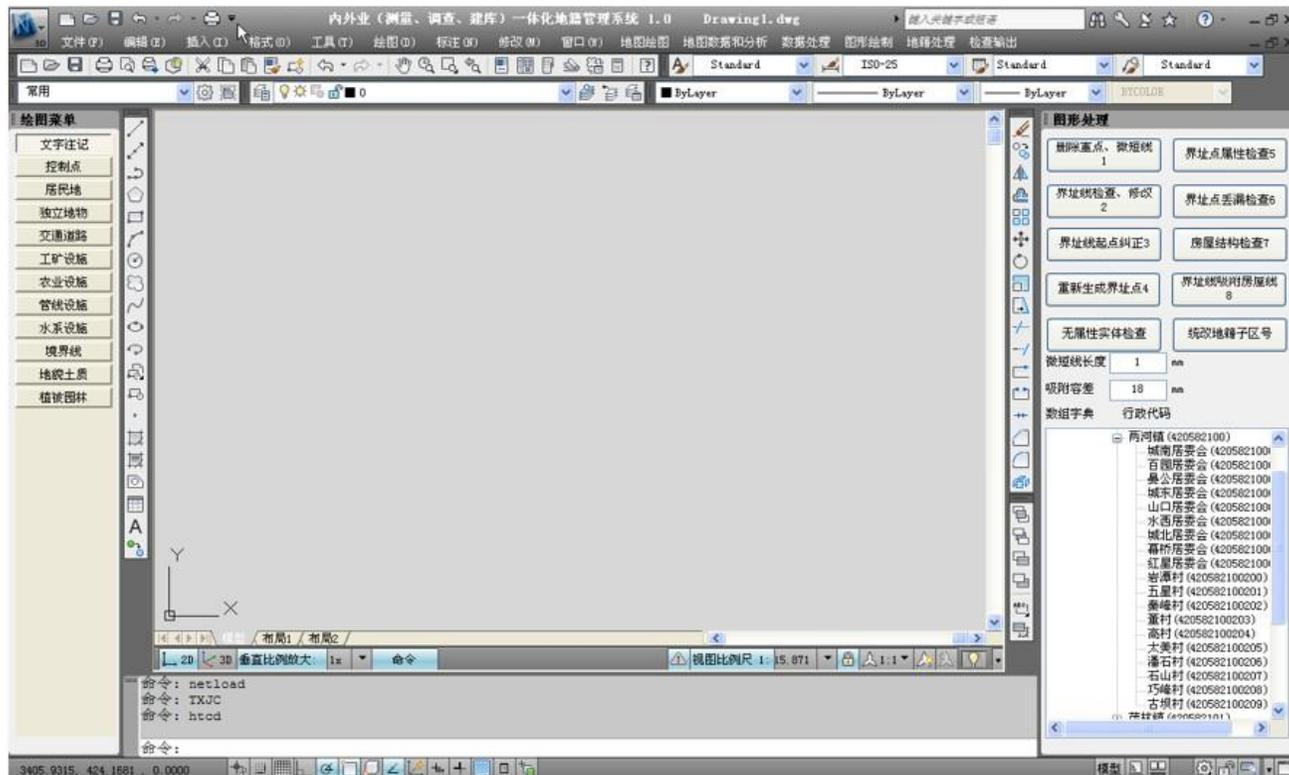
#### 数据入库模块

- 属性数据入库
- 空间数据转换入库
- 调查成果入库
- 成果管理及查询

#### 成果输出模块

- 汇总表格成果输出
- 图件成果输出
- 登记发证成果输出

## 3.2.3 内外业(测量、调查、建库)一体化地籍信息系统



系统主界面

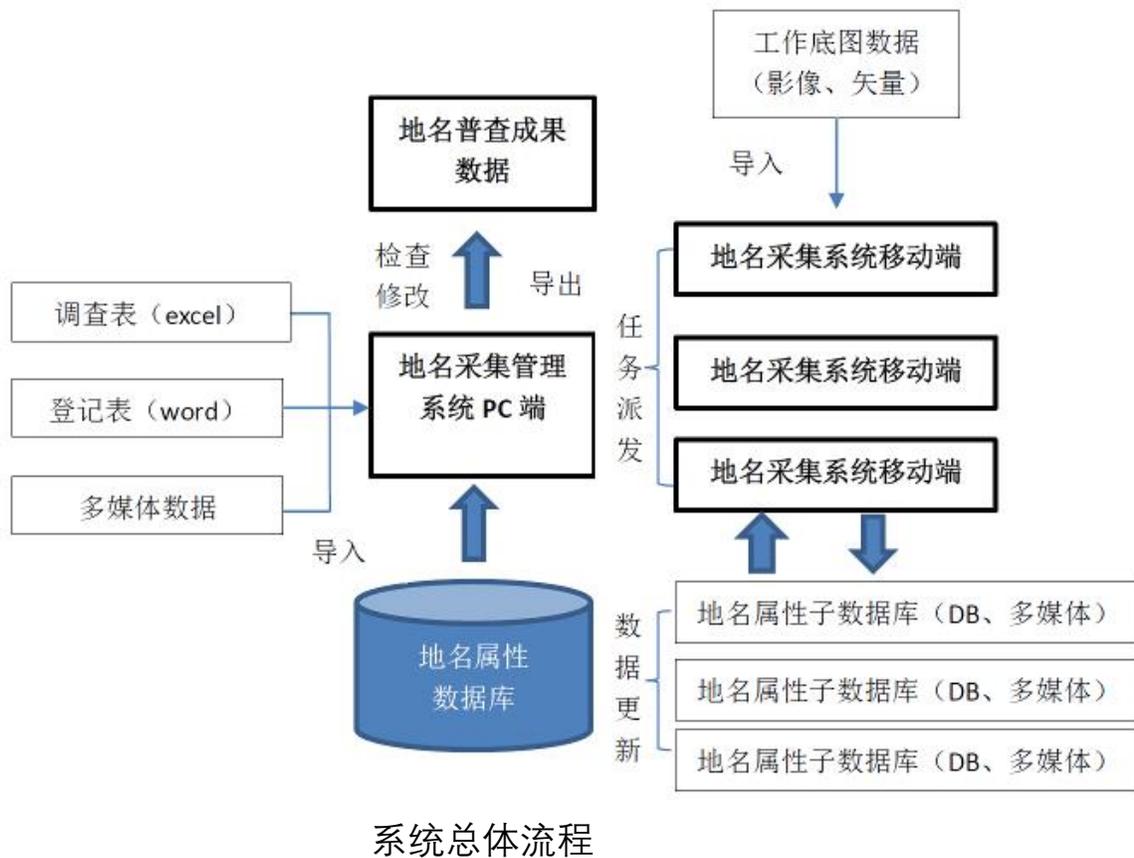
基于AutoCAD Map 3D 2012 平台、MS SQL Server 2008关系数据库、Flexcell Technology For .NET 4.0表格控件搭建

支持对空间数据的访问、处理和管理

实现空间数据的入库及管理，并能够与ESRI ArcGIS平台共用同一数据库，实现数据在不同GIS平台间的分布式控制与管理

可以实现从全站仪、GPS RTK野外数字测图数据导入和权属调查信息录入、图形绘制、数据检查、空间数据转换、土地数据库建库到调查登记成果输出一体的工作流程

## 3.2.4 第二次全国地名普查数据处理系统



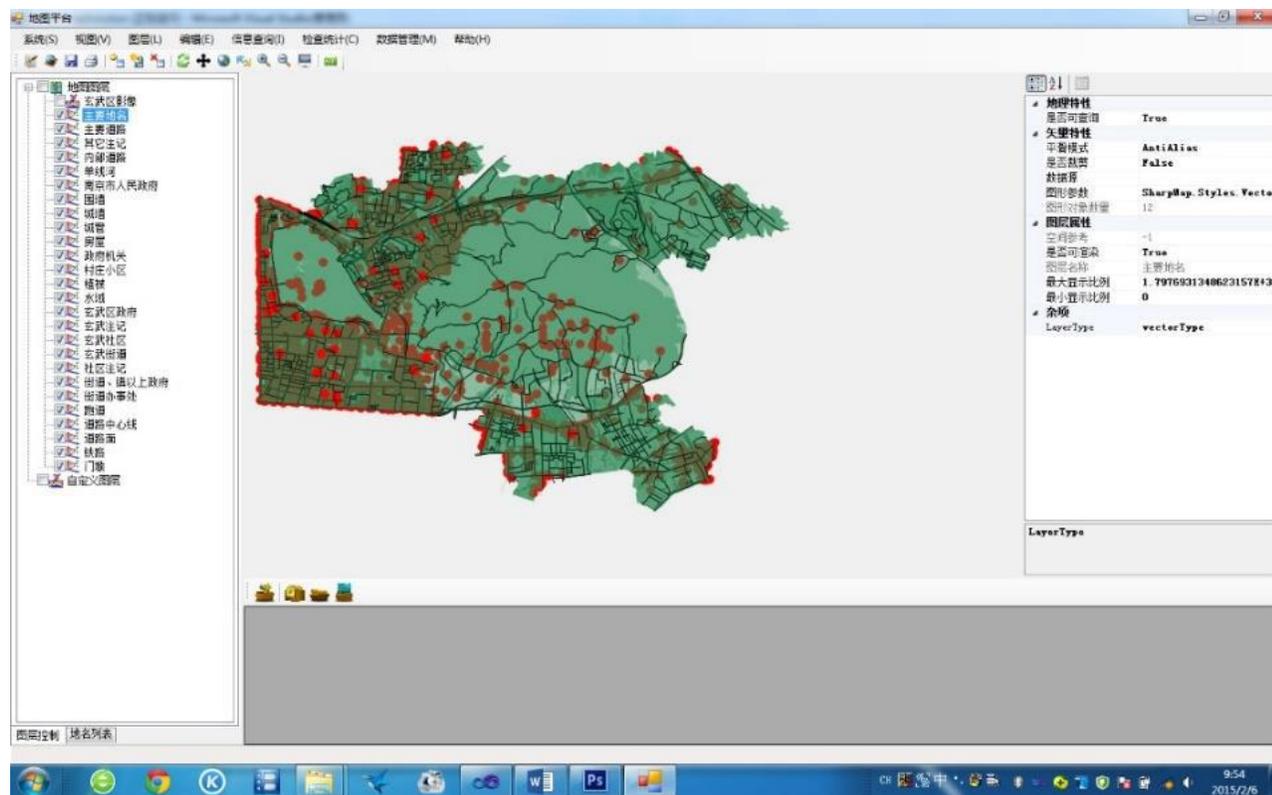
地名数据处理系统分为采集管理、地名数据管理系统以及移动终端系统三个部分

地名采集管理系统基于ArcGIS数据对地名信息进行处理。输入数据主要包括矢量数据、遥感影像等基础地理信息数据和地名目录、地名数据等地名专题数据

地名数据管理系统对地名属性信息进行管理和编辑功能，数据由移动终端和地名采集系统导入

移动终端系统用于地名普查人员外出实时采集处理数据

## 3.2.4 第二次全国地名普查数据处理系统--地名信息采集管理系统



地名信息采集管理系统主界面

数据库设置

数据管理

系统操作

图层控制

视图显示控制

地名数据处理

## 3.2.4 第二次全国地名普查数据处理系统--地名数据管理系统



地名数据管理系统主界面

数据管理

地名导入

地名信息查询

地名属性编辑

地名数据导入

## 3.2.4 第二次全国地名普查数据处理系统--移动终端系统



移动终端系统主界面

用户登录

密码设置

地图显示

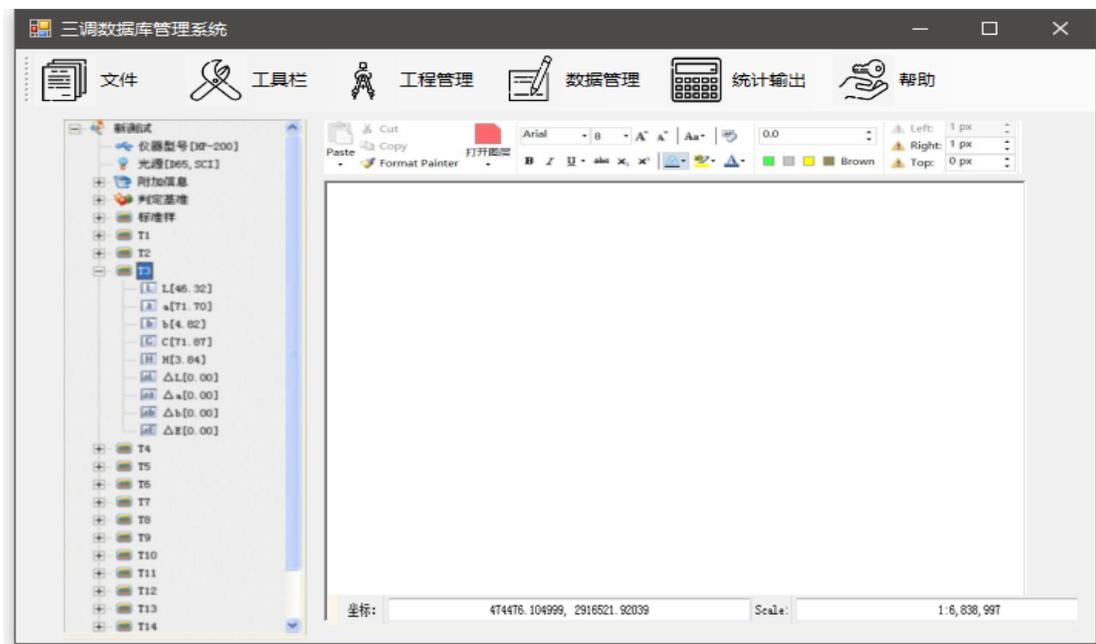
坐标定位

距离和面积量算

标注

Wi-Fi数据传输

## 3.2.5 第三次全国土地调查处理系统--数据库管理系统



数据库管理系统主界面

第三次全国土地调查数据库管理系统具备不同层次的土地调查数据、基础数据及专项数据的综合管理

针对不同的数据的存储、维护、更新、应用的特点，实现各类土地调查数据的入库、汇总、编辑、更新维护、数据分发、专题制图、查询统计分析等功能

为各类土地调查数据提供一体化管理，为三调综合分析系统提供数据支持

辅助作业单位快速、高效地完成年度土地变更调查工作，满足基层土地管理部门日常办公使用

## 3.2.5 第三次全国土地调查处理系统--数据库管理系统

数据管理模块



数据管理模块是系统运行的基础与支撑模块，三调数据库管理系统的主要业务都是围绕数据展开进行的。本模块包含了元数据管理、数据查询浏览、数据更新三个方面。

工程管理模块



三调工程文件是一个工程的索引文件，记录的是该工程名称、所指的数据源、各个专题及图层的名称、图层类型、显示比例等信息。工程管理模块可以这些信息获得各个图层的属性和图形信息。

统计输出模块

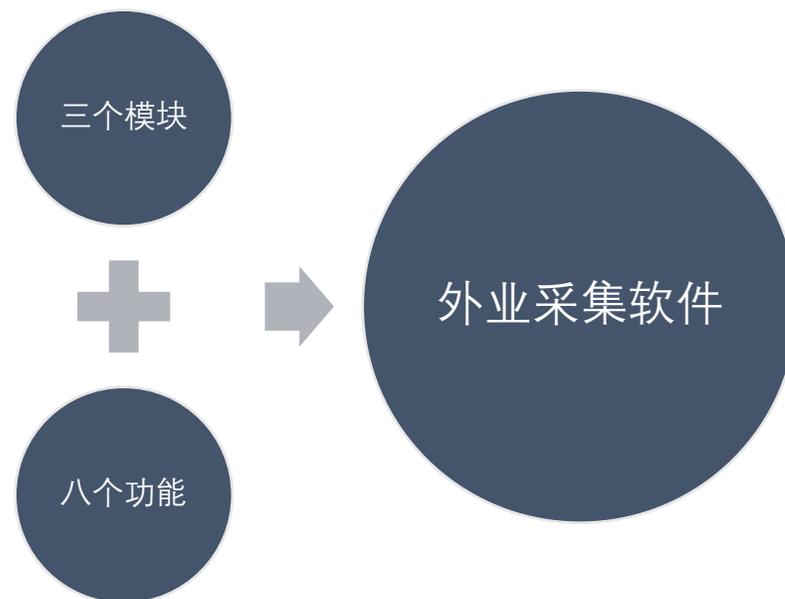


统计输出模块是三调数据库管理系统的核心功能模块。该模块主要对系统中的统计表、卡等进行数据汇总并打印。该模块可以统计相关的数据，以便于对数据进行分析并预算。

### 3.2.5 第三次全国土地调查处理系统--外业采集软件



外业调查软件可以帮助外业人员进行外业数据的采集与编辑，提供了完备而强大的矢量图形编辑工具，使外业调绘人员在工作过程中能够方便、快速、省时省力的完成外业调绘工作



## 3.2.5 第三次全国土地调查处理系统--外业采集软件



### 地图操作模块

- 系统中地图图层结构与ArcMap图层结构相类似，以树状和分组形式对地图图层进行控制和管理。
- 利用Android平台的多点触控消息机制和手势，实现地图放大、缩小、缩放于当前位置、旋转、双击放大、平移、滑动等多种操作，地图操作灵活流畅。



### 导航定位模块

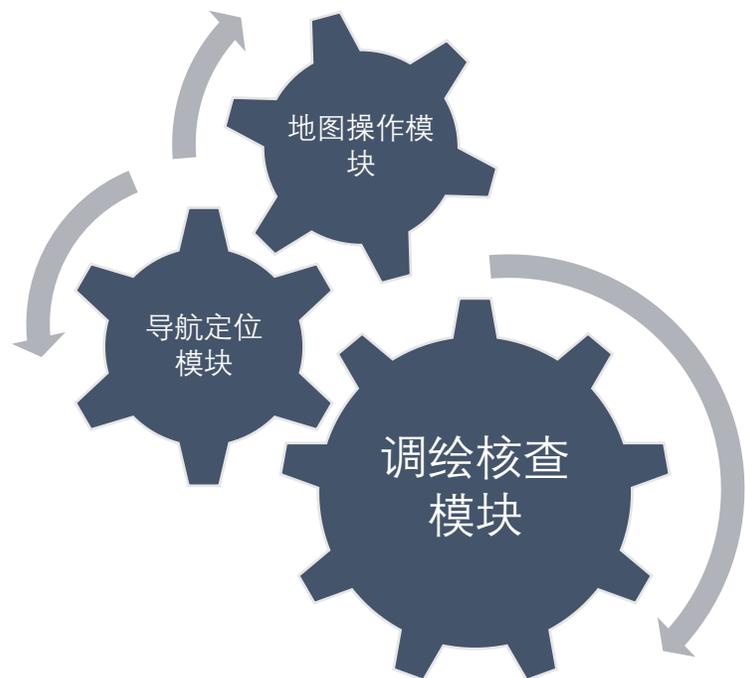
- 导航定位模块的GPS定位功能可以快速定位当前位置
- 系统后台实时记录导航轨迹，为管理者考核作业人员的工作情况提供可靠数据。



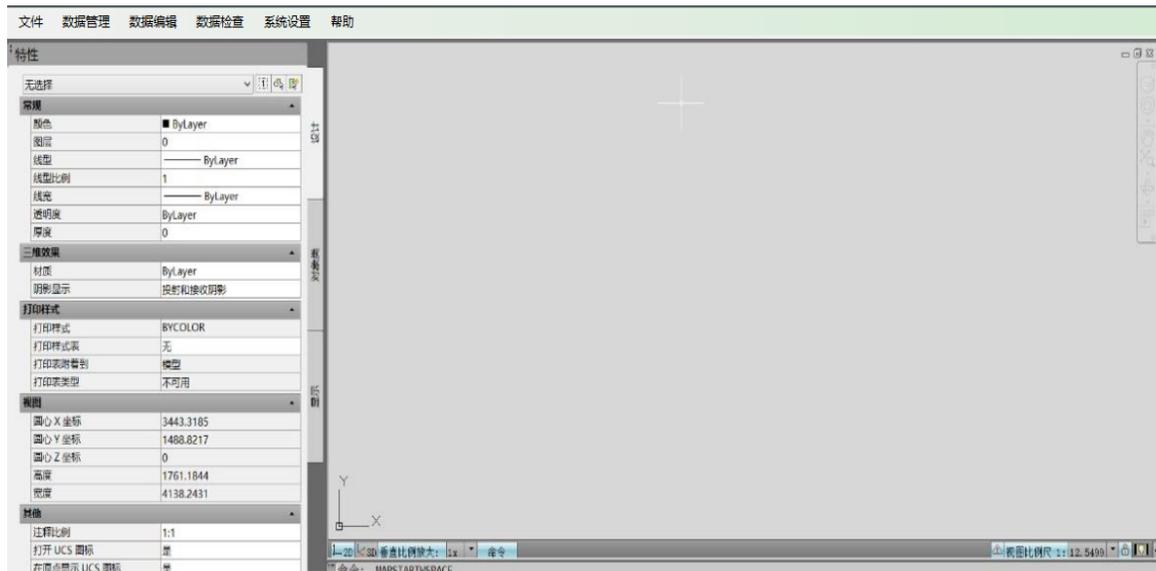
### 调绘核查模块

- 调绘核查模块是系统的主要功能模块
- 根据基础测绘样本采集要求设计照相机，支持横滚角、俯仰角、GPS星数的实时显示，超限相片报警，照片点编辑和预览，照片标绘等功能。

### 3.2.5 第三次全国土地调查处理系统--外业采集软件



## 3.2.5 第三次全国土地调查处理系统--内业生产建库软件



第三次全国土地调查内业生产建库软件主界面

按照三调数据库标准对外业数据进行整理、编辑、处理后统一格式，统一编码，最后对全部数据按图层逐层进行综合检查，直到达到三调数据库的标准。主要包括数据管理、数据编辑、数据检查模块

## 3.2.5 第三次全国土地调查处理系统--内业生产建库软件

### 数据管理

- 数据导入：导入坐标数据、矢量数据、栅格数据、文本数据等
- 地块编码：自动编码、手动编码
- 图形数据分层：按要素代码自动分层
- 属性数据录入：为图层录入属性信息

### 数据编辑

- 数据预处理：坐标转换、数据整合、数据编辑
- 地类数据编辑：属性编辑、图斑合并、添加注记
- 地籍数据编辑：宗地合并、分割、属性编辑、添加注记
- 栅格数据编辑：数字正射影像和数字高程模型的加载与裁剪
- 边界提取：农田保护界线提取、城镇开发边界提取、工业园区边界提取、地籍区边界提取

### 数据检查

- 图形检查：相交、重叠、共点、未封闭、空洞等
- 属性检查：数据结构不一致、字段名称和类型错误等
- 编码检查：不一致、遗漏、错误、代码字段值不符合标准等

## 3.2.6 基于OCR的地籍调查归档整理系统

### 功能

- OCR软件可以实现扫描文档图片按主题自动进行正确的归类整理，从而实现自动化的扫描文档归类工作。

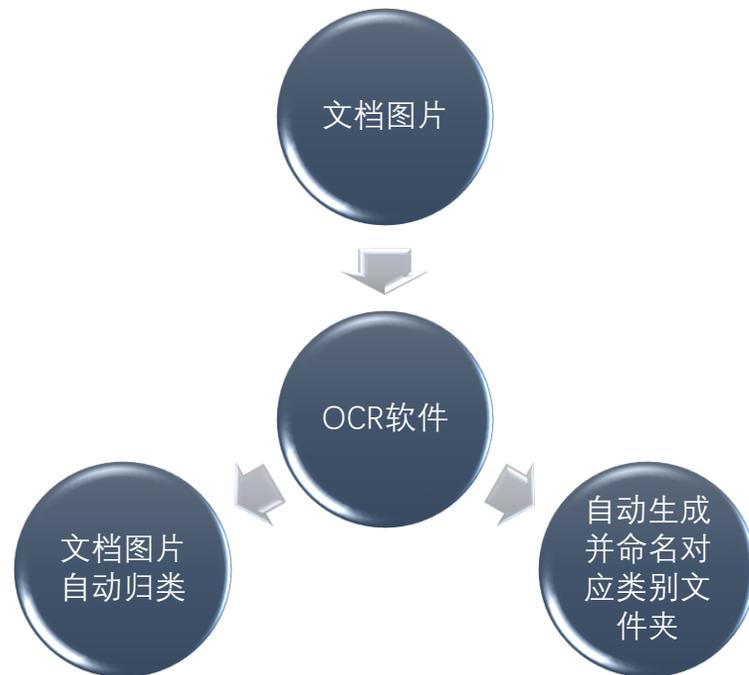
### 特点

- 自动化处理，工作效率高
- 可在CPU上处理运行
- 支持GPU并行加速处理

## 3.2.6 基于OCR的地籍调查归档整理系统

基于深度学习的光学字符识别  
与图像场景分类技术

基于C++与Python开发，将人  
工智能落地在地籍调查领域，  
极大提高工作效率



## 3.2.6 基于OCR的地籍调查归档整理系统

- 在地籍地块调查扫描文档图片归类 and 户主姓名提取中的应用



## 3.3 时空大数据综合应用

3.3.1 基于遥感时空大数据的违章建筑监测与管理系统

3.3.2 基于空间大数据技术的精准扶贫

3.3.3 湖北省土壤环境监测网络与信息發布系统

3.3.4 空天地一体化森林防火指挥平台

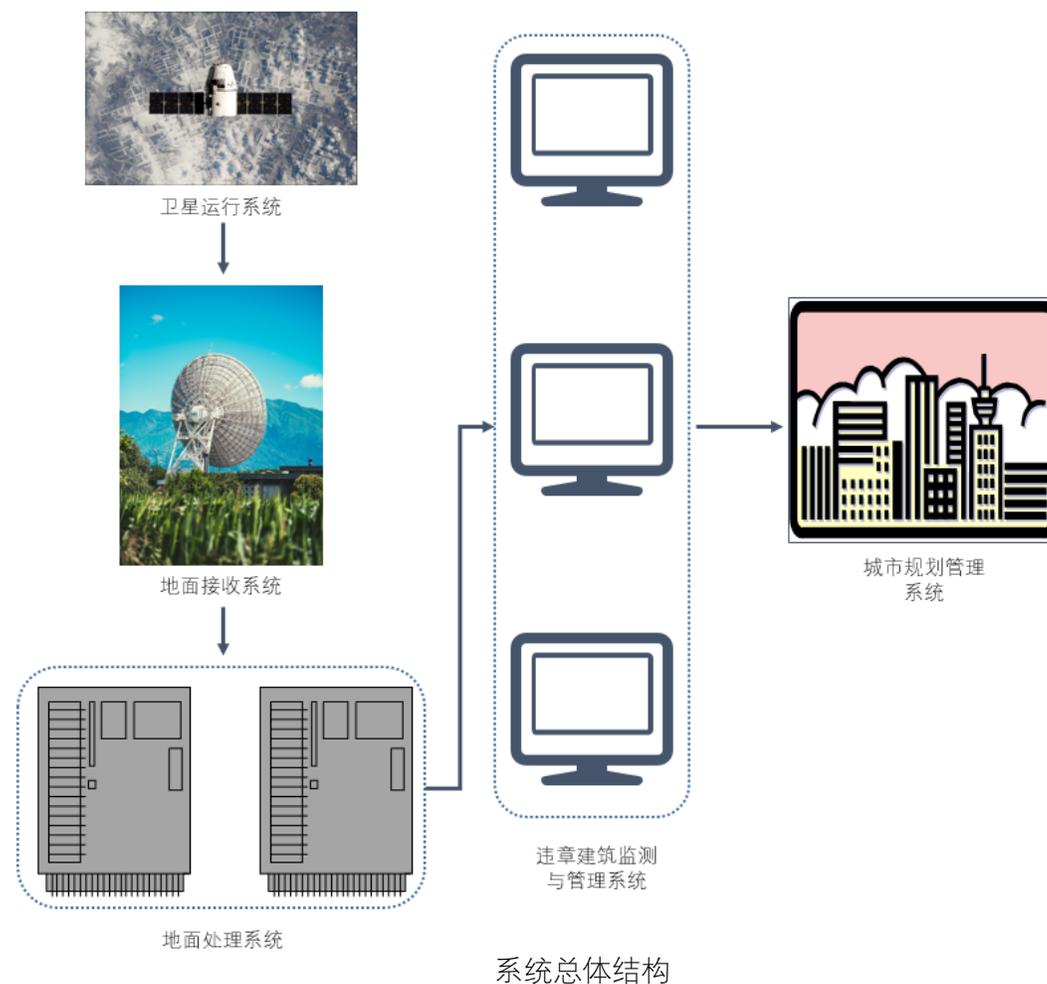
3.3.5 湖北省卫生监督执法指挥调度平台

3.3.6 江夏区民政勘界三维分析展示平台

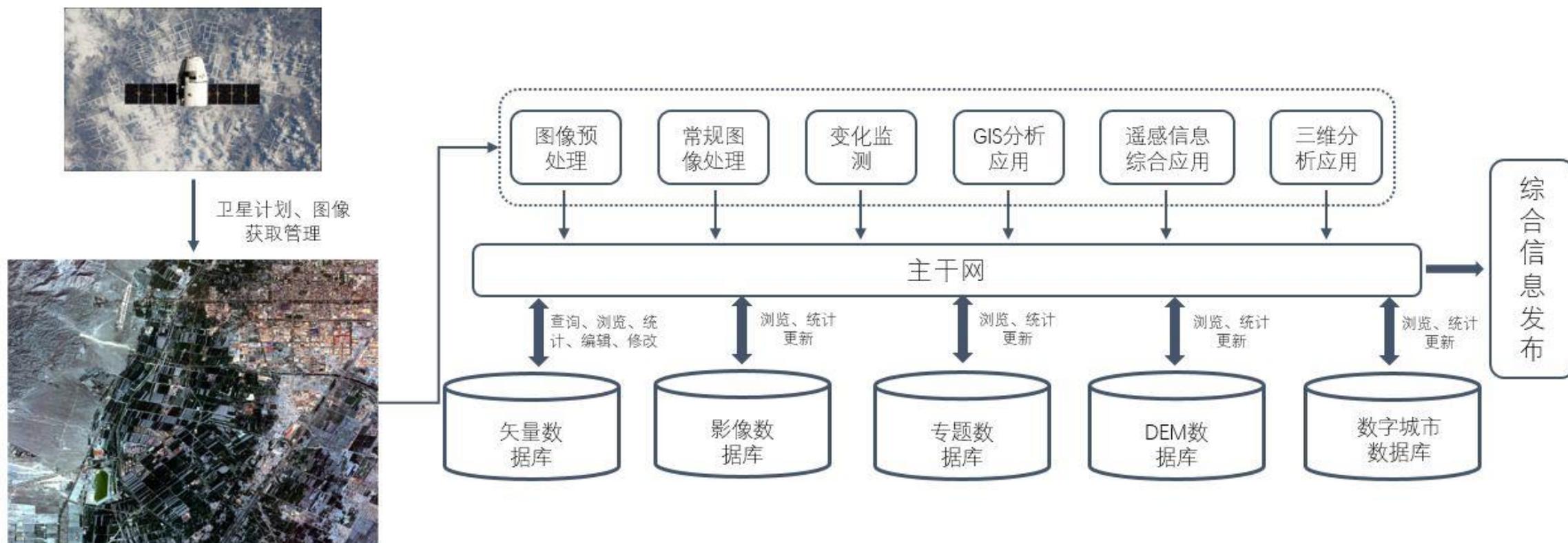
## 3.3.1 基于遥感时空大数据的违章建筑监测与管理系统的

### 主要功能

- 发现违章建筑，进行违章建筑的查处工作
- 数据处理
- 地理信息综合处理
- 图像目标变化检测
- 遥感、GIS数据信息共享
- 遥感、GIS数据信息的网络传输、控制和管理
- 网络信息安全防护
- 提供重点工程选址中相关辅助信息发布

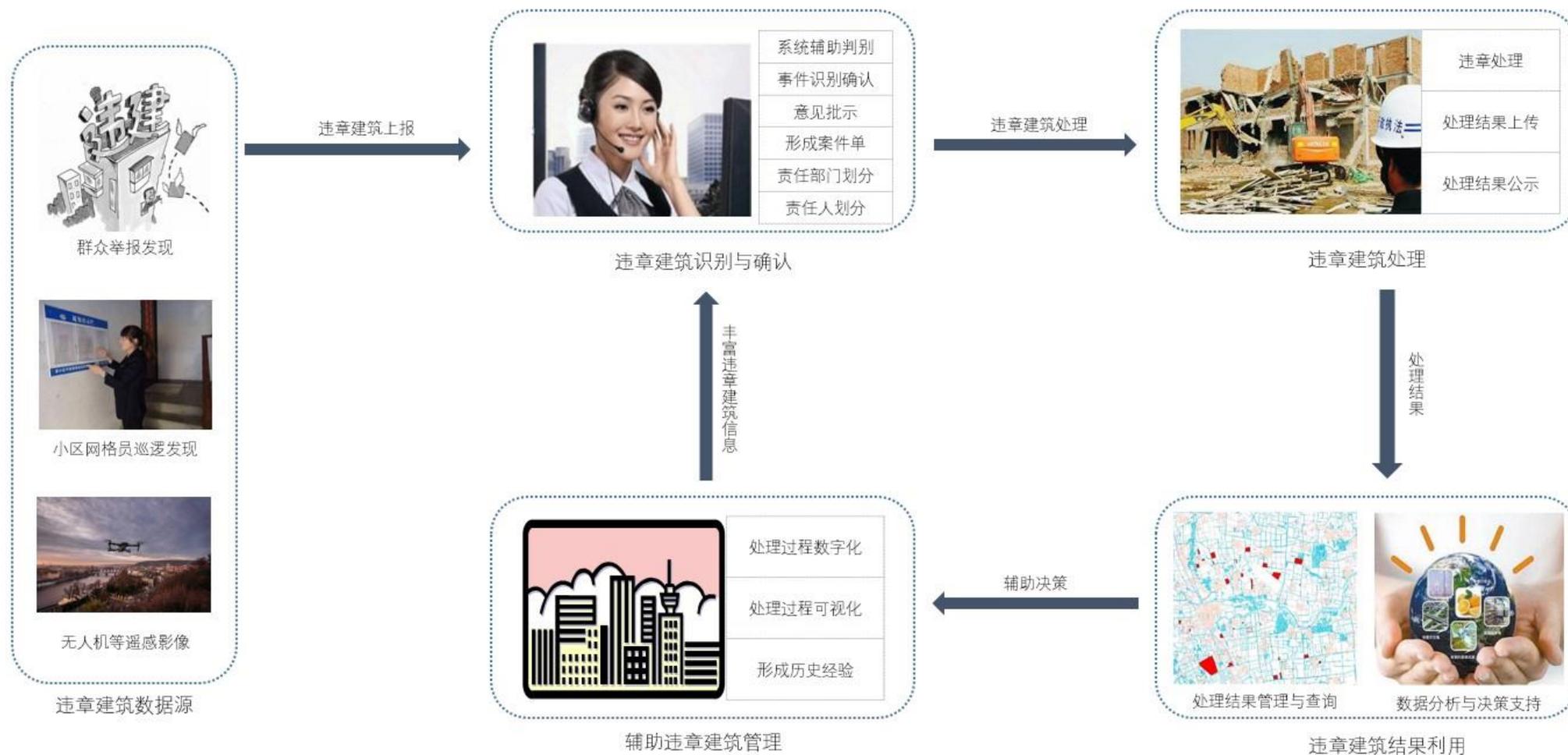


### 3.3.1 基于遥感时空大数据的违章建筑监测与管理信息系统框架



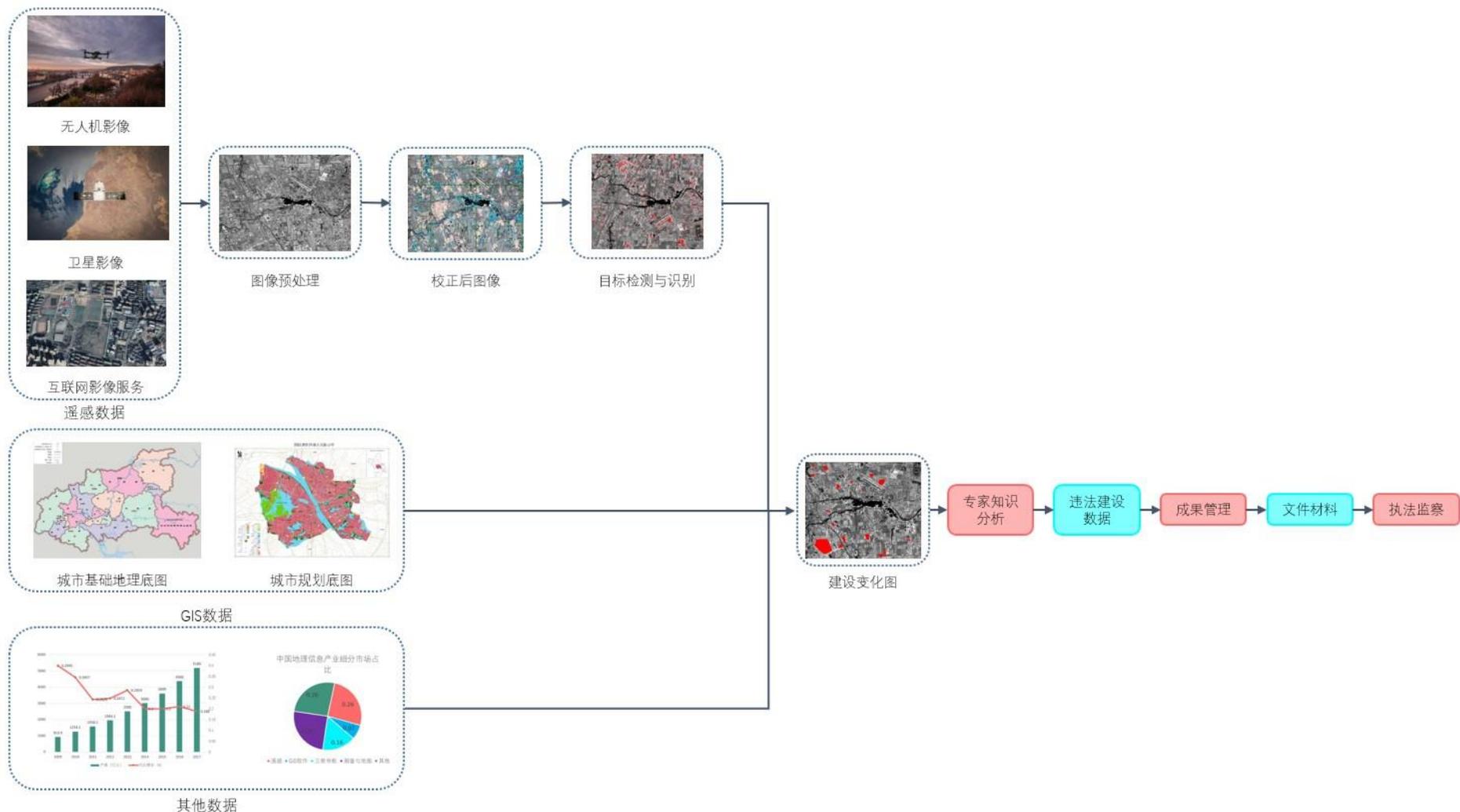
系统建设框架图

# 3.3.1 基于遥感时空大数据的违章建筑监测与管理系统框架



系统业务工作流程图

### 3.3.1 基于遥感时空大数据的违章建筑监测与管理系统



系统核心工作流程图

### 3.3.2 基于空间大数据技术的精准扶贫--以贵州省桐梓县为例



### 3.3.2 基于空间大数据技术的精准扶贫--以贵州省桐梓县为例



加载原房屋



绘制新增房屋



加载原房屋

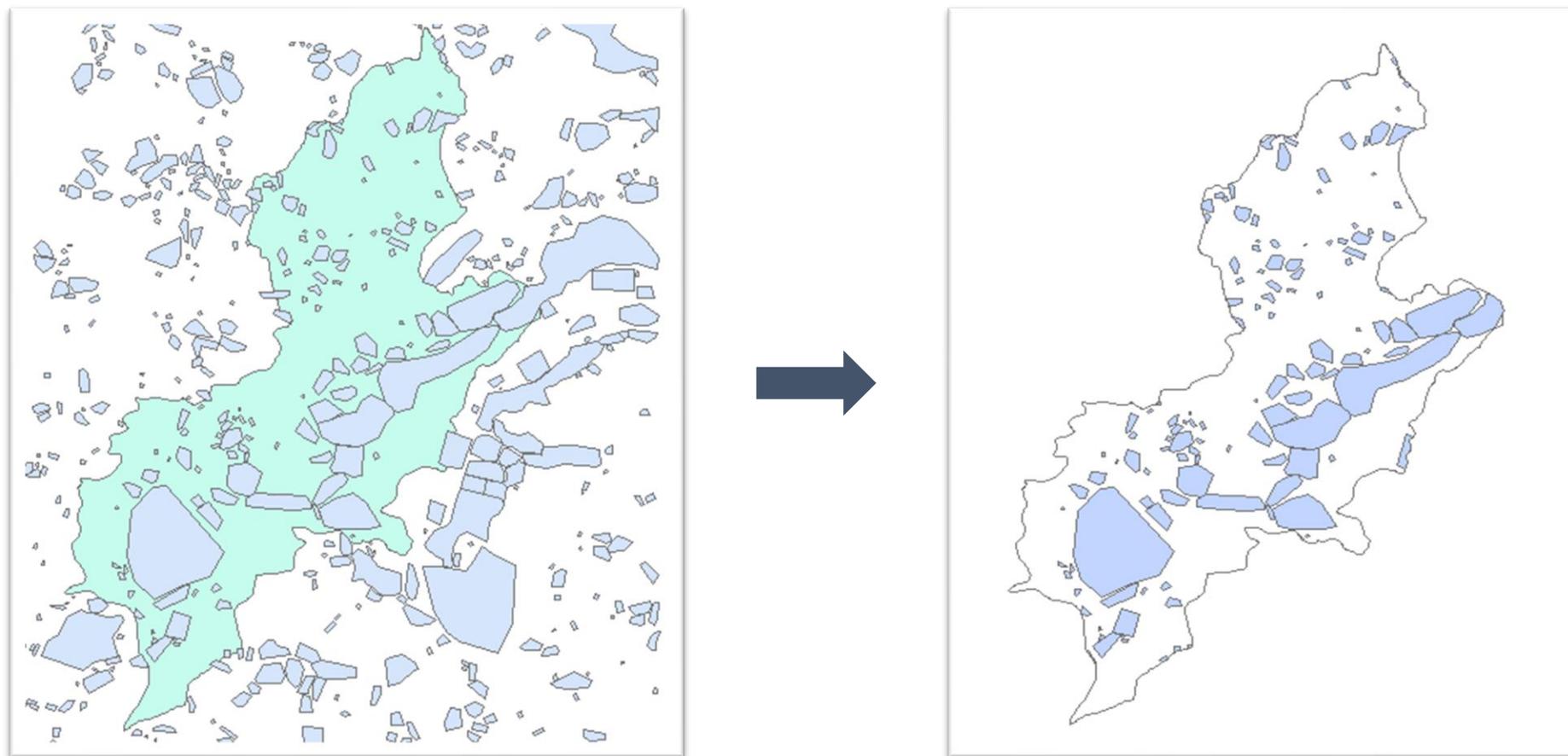


绘制减少房屋



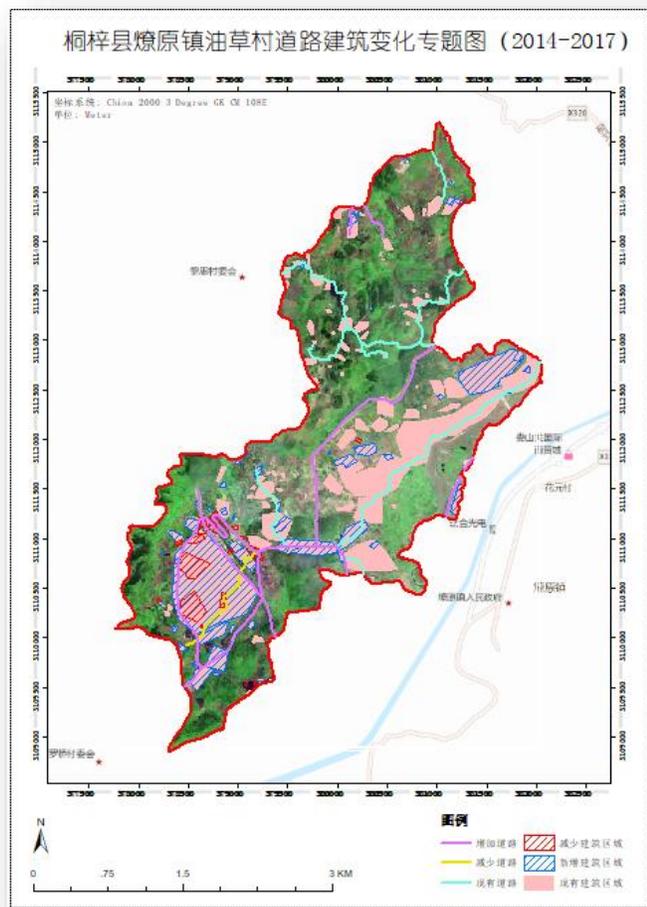
道路的变化：2014年到2017年

### 3.3.2 基于空间大数据技术的精准扶贫--以贵州省桐梓县为例

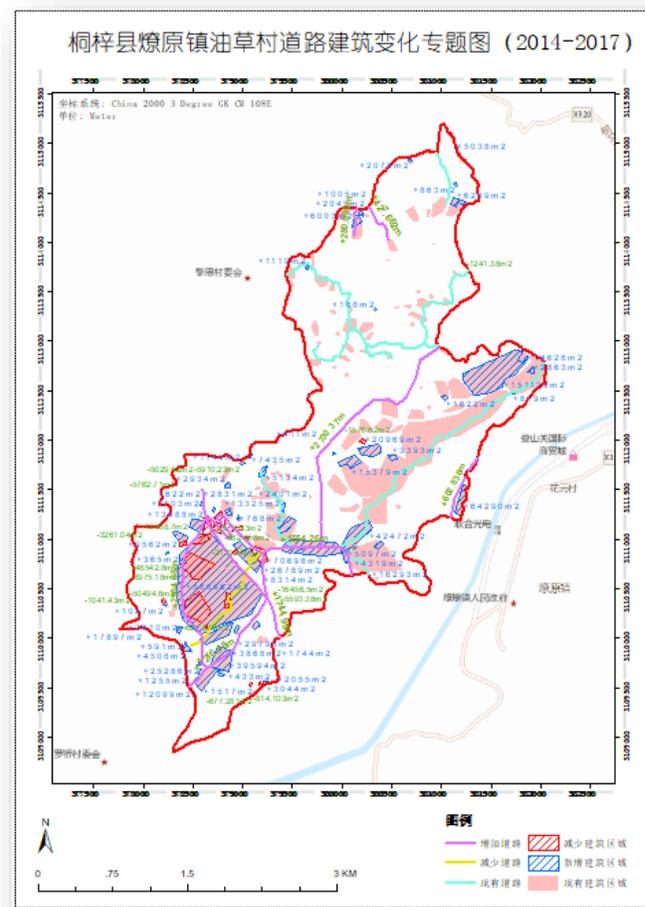


按行政区划裁剪图层

### 3.3.2 基于空间大数据技术的精准扶贫--以贵州省桐梓县为例



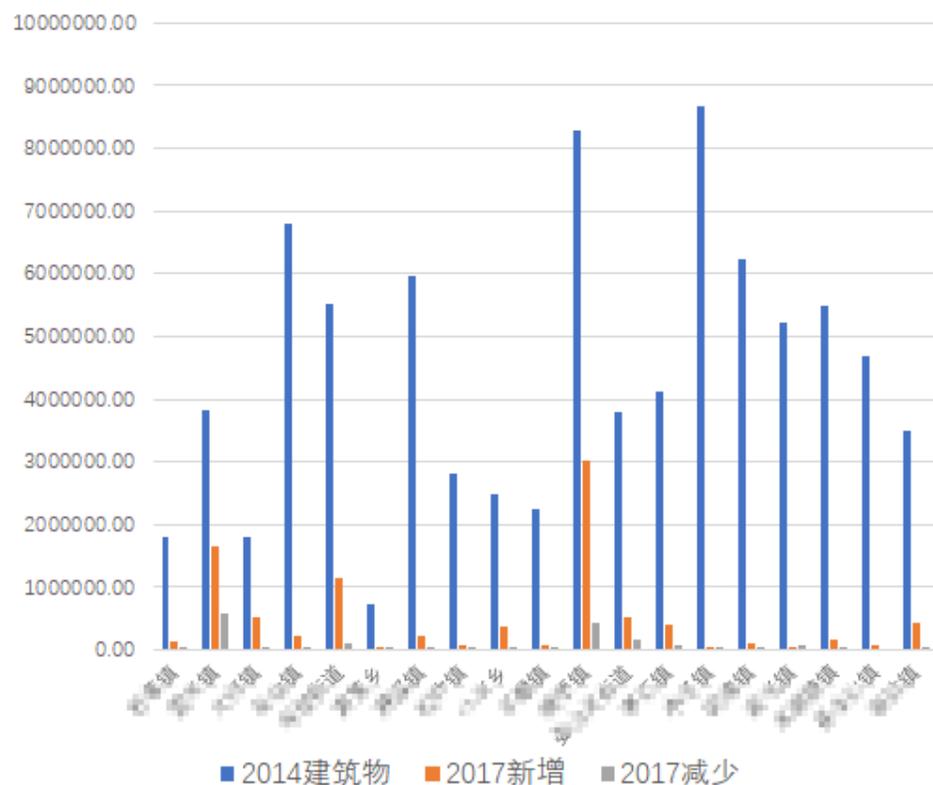
影像底图



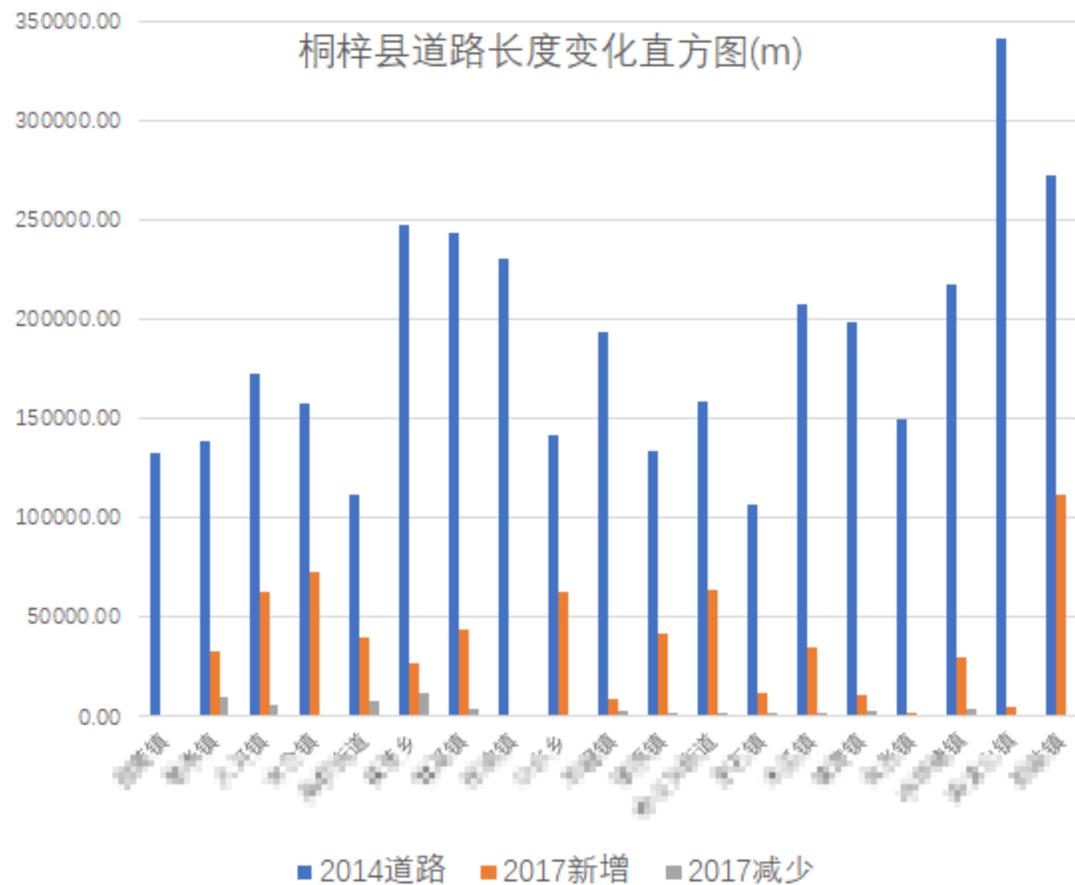
地图底图

### 3.3.2 基于空间大数据技术的精准扶贫--以贵州省桐梓县为例

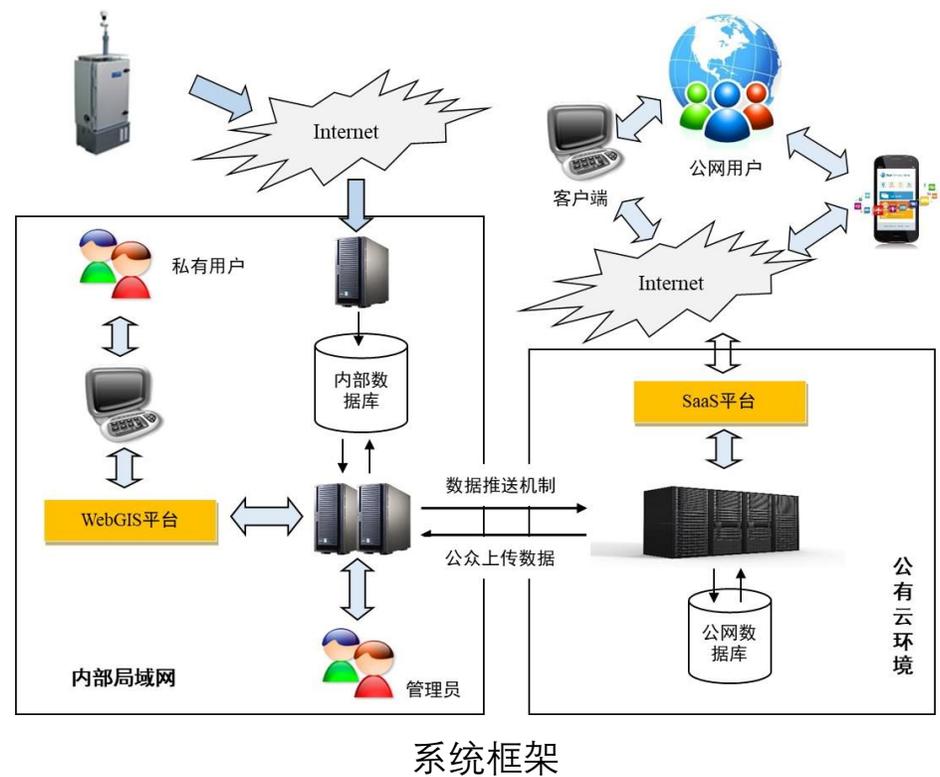
桐梓县房屋面积变化直方图(m<sup>2</sup>)



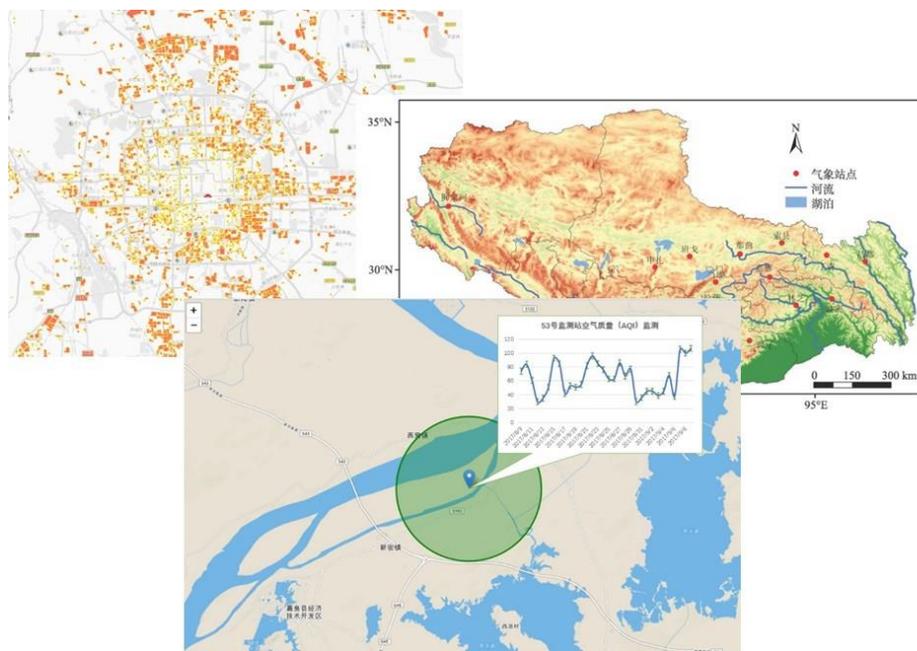
桐梓县道路长度变化直方图(m)



### 3.3.3 湖北省土壤环境监测网络与信息發布系統



### 3.3.3 湖北省土壤环境监测网络与信息发布时间



查询浏览效果示意图



环境监测分析统计示意图

# 3.3.4 空天地一体化森林防火指挥平台



## 3.3.4 空天地一体化森林防火指挥平台

- 基础地理信息数据
- 森林防火专题数据
- 森林资源数据
- 视频监控数据
- 实时气象数据

数据检测



- 火情预警
- 火点定位
- 预警提醒
- 预案管理

预警预案



- 预警文字信息编辑
- 预警产品地图标绘
- 生成预警文档与名单
- 火情信息通知下达

火情发布



- 救火资源调度
- 队伍组织调度
- 行进指挥跟踪
- 兵力部署
- 应急预案调阅

应急指挥

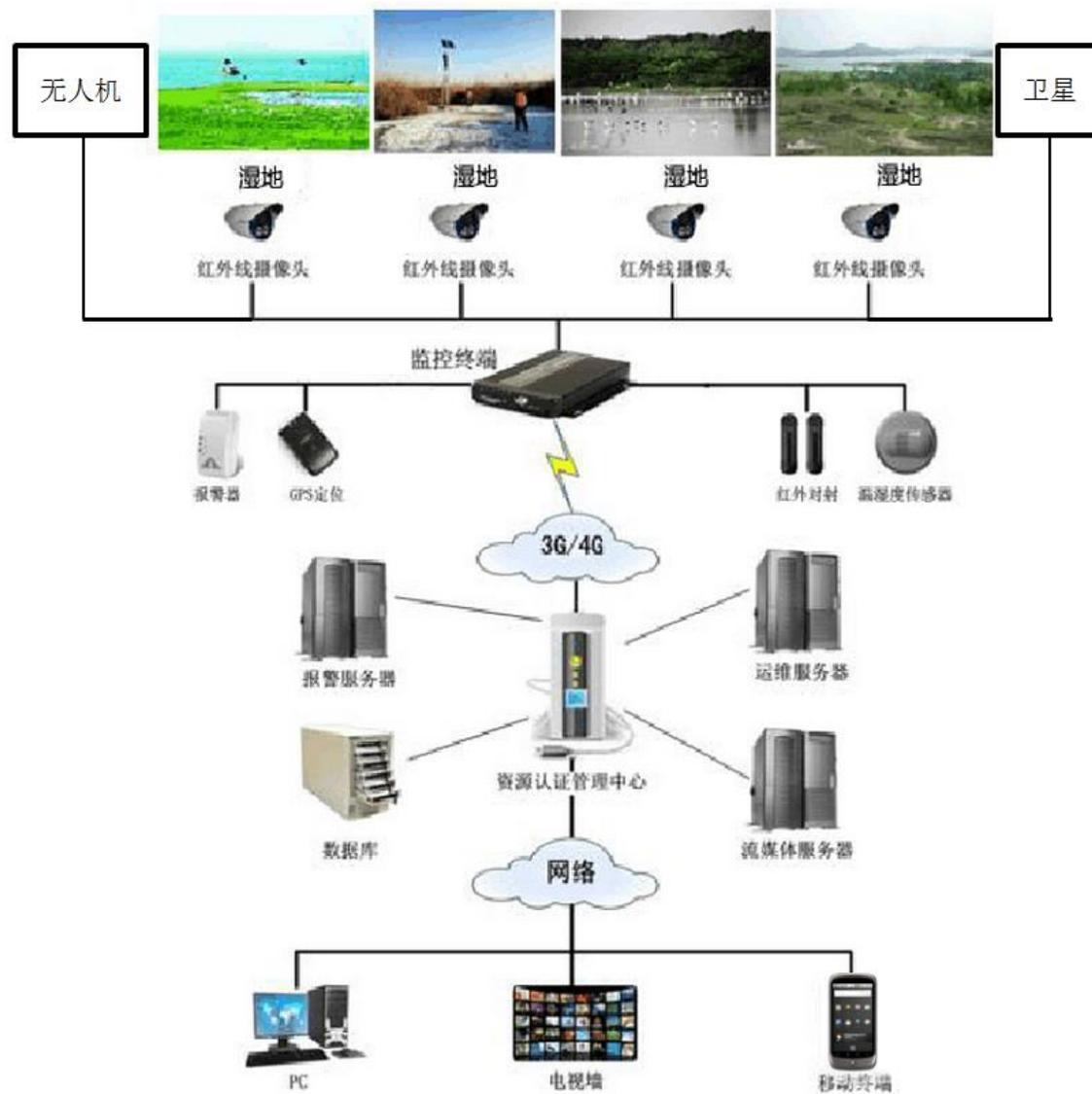


- 案件上报
- 办理结案

案件管理

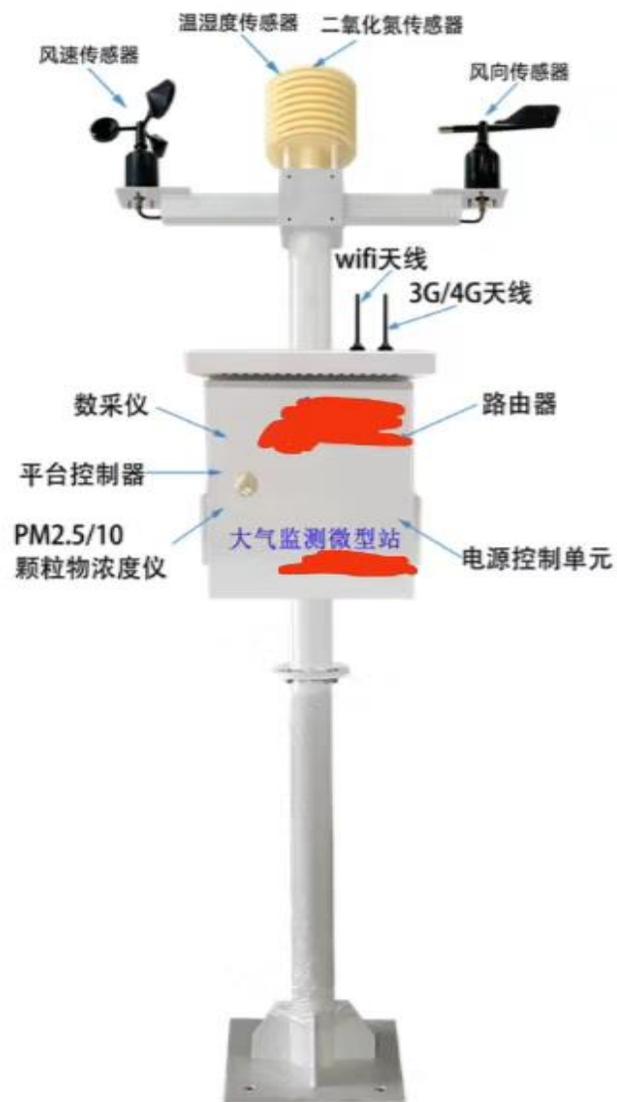


### 3.3.5 空、天、地一体化监测系统（湿地）



### 3.3.5 空、天、地一体化监测系统（湿地）

大气无线传感器

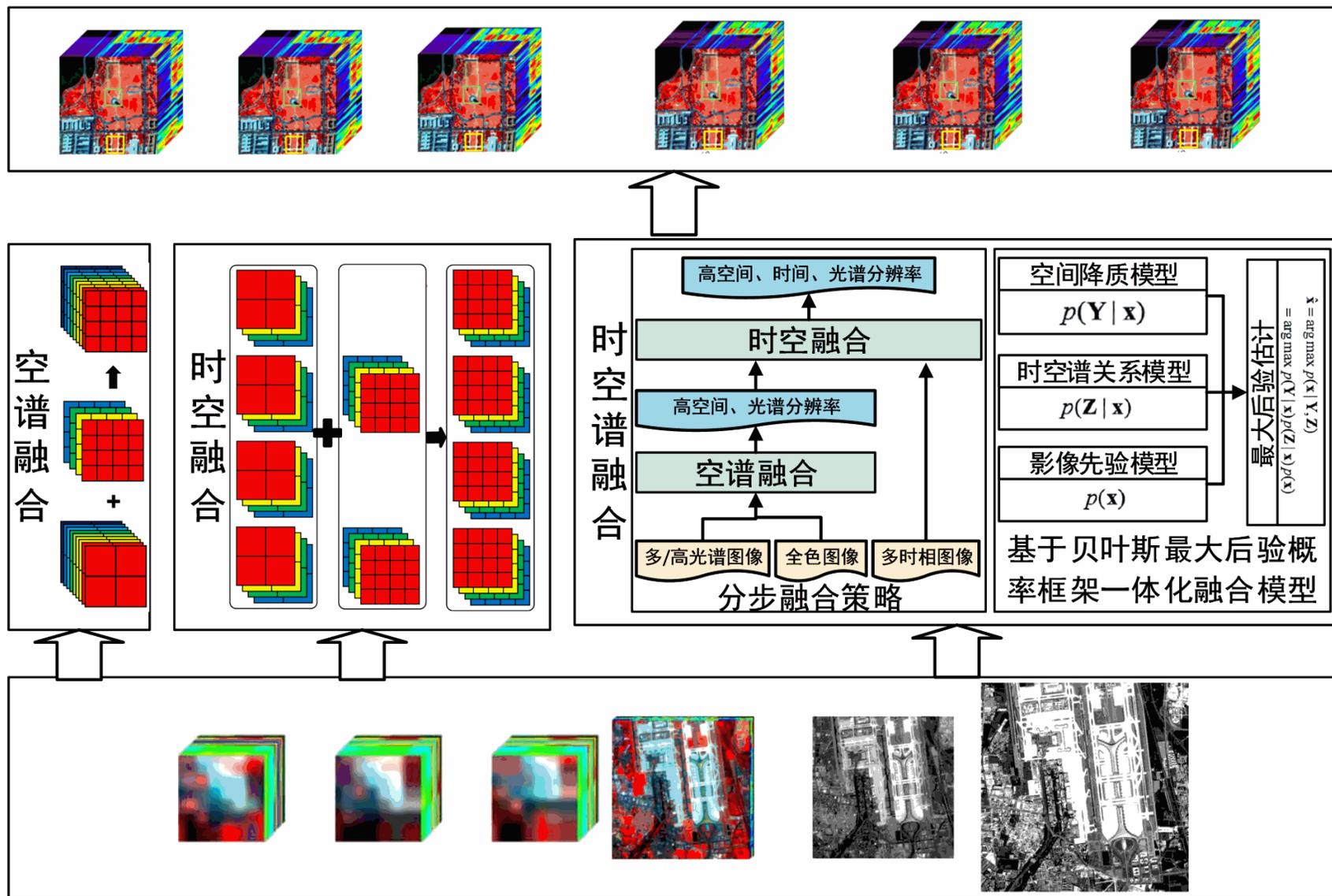


### 3.3.5 空、天、地一体化监测系统（湿地）



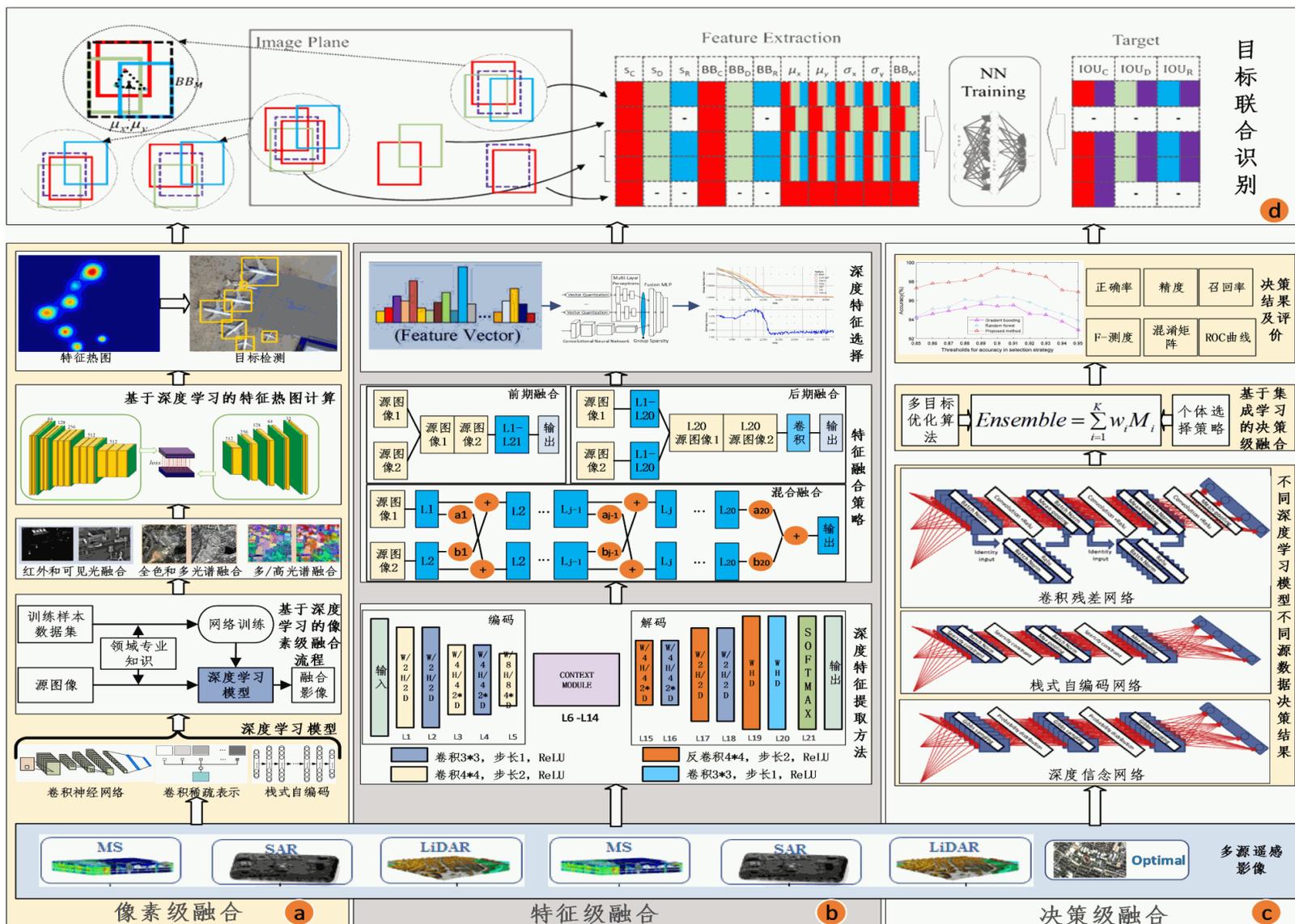
水质无线传感器

### 3.3.5 时空谱一体化超分辨率影像融合



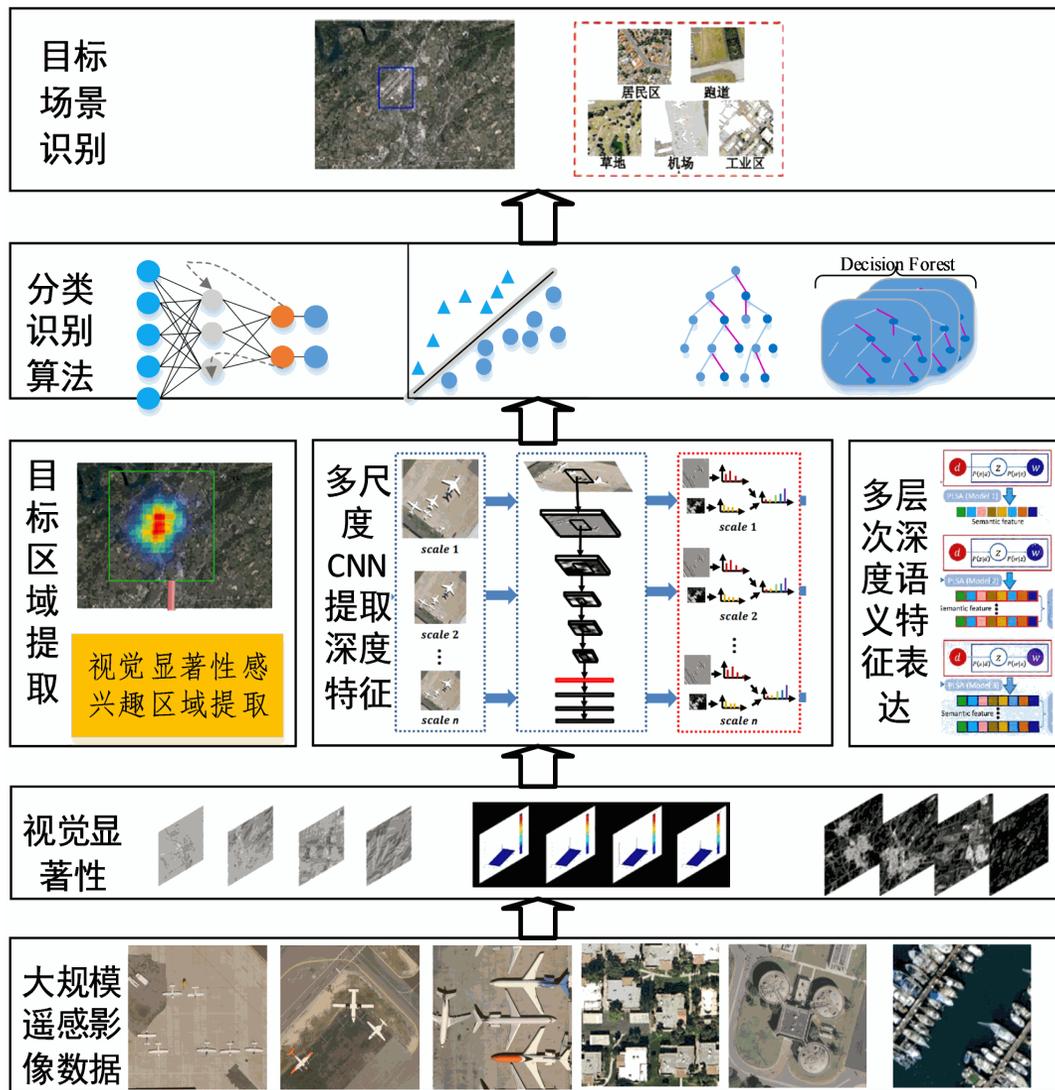
# 3.3.5 时空谱一体化超分辨率影像融合

多源遥感影像联合的目标识别



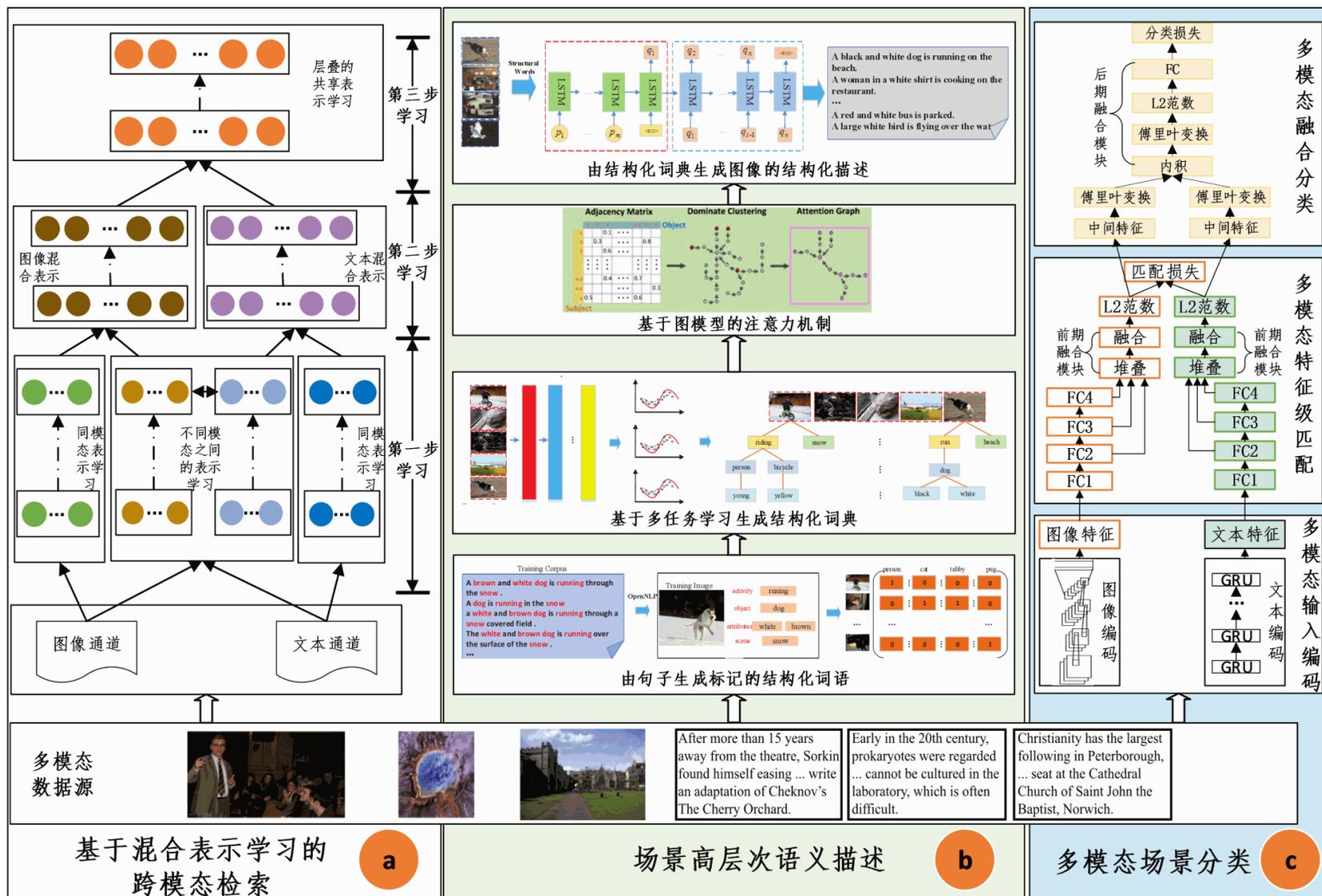
# 3.3.5 时空谱一体化超分辨率影像融合

大规模遥感影像目标与场景分类



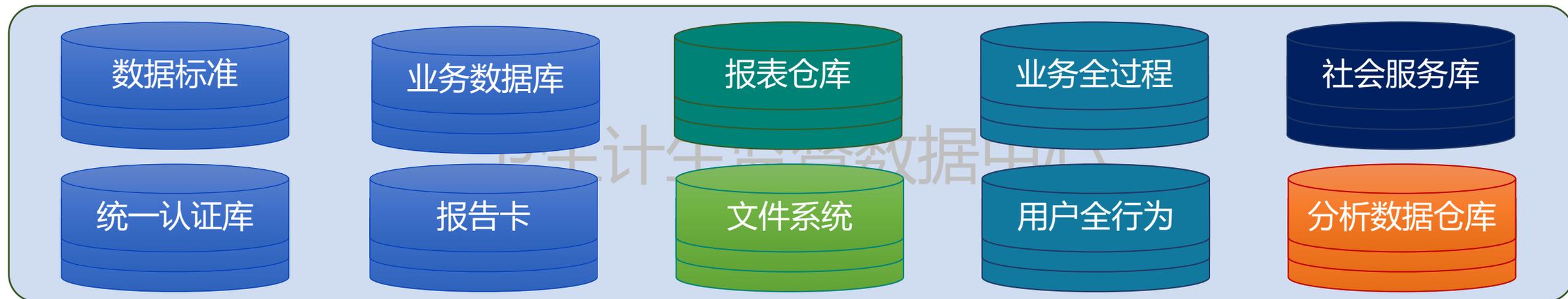
# 3.3.5 时空谱一体化超分辨率影像融合

多模态数据融合的高层次情报感知



### 3.3.6 湖北省卫生监督执法指挥调度平台

**融合**



### 3.3.6 湖北省卫生监督执法指挥调度平台





21:18:54

2019年01月14号  
星期一

# 监督执法指挥调度平台

湖北省



应监督单位: 13.25 万户    已监督: 16.58 万户次    案件查处: 4845 个    罚款: 1781.82 万元    执法在线: 6 人



执法记录仪: cveo006  
 当前位置: 114.354968,  
 30.529761

视频呼叫    电话呼叫





21:20:08

2019年01月14号

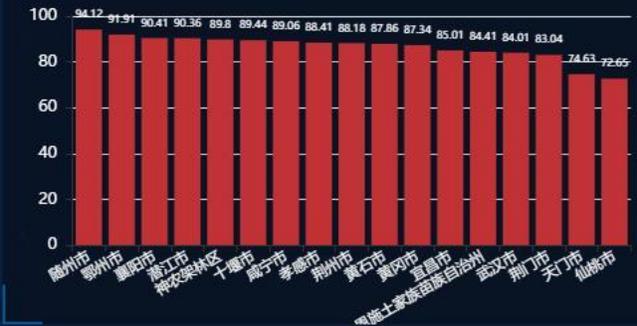
星期一

# 双随机任务专题图



### 2018年湖北省下半年双随机任务进展情况

任务完成率(%)



### 湖北省各级卫生计生监督机构双随机任务完成情况态势图

任务完成率(%)

任务完成率(%)

监督完成率(%)



### 湖北省各地双随机任务完成情况态势图

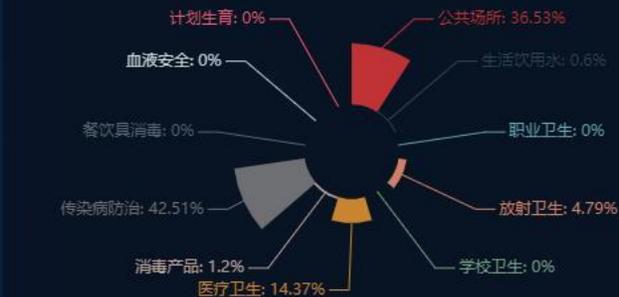
任务完成率(%)

任务完成率(%)

监督完成率(%)



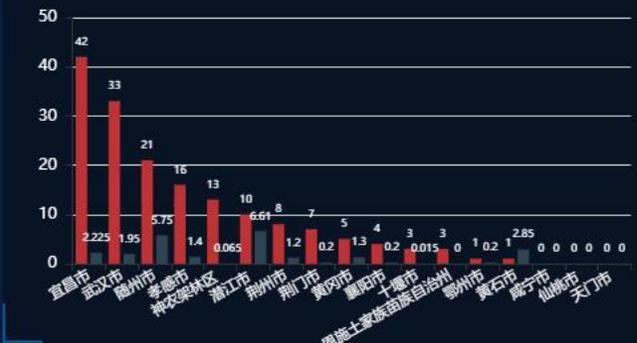
### 各专业双随机案件查处图



### 全省双随机查处案件数与罚款数 (总案件数:167 总罚款:23.96万元)

案件查处数

案件罚款数(万元)



### 任务完成率高于95%的监督机构

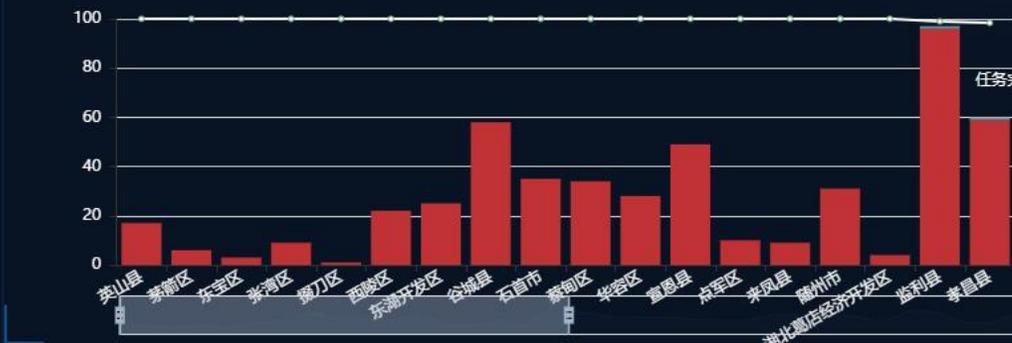
已完成

监督未检测

关闭

未执行

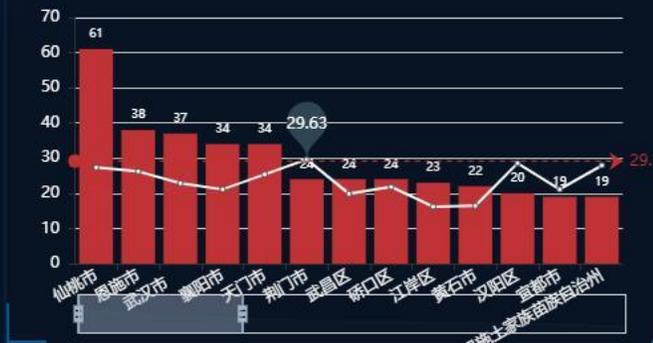
任务完成率(%)



### 任务关闭率高于15%的监督机构

任务关闭数

任务关闭率(%)



### 3.3.7 江夏区民政勘界三维分析展示平台

#### 三维智慧指界

- 图层管理
- 界线编辑
- 数据导出

#### 倾斜摄影模型加载

- 格式转换
- 模型展示

#### 三维量测

- 坐标量测
- 距离量测
- 面积量测

#### 地名管理

- 现今地名
- 曾用地名

#### 单体化

- 模型勾画
- SHP加载

# 江夏区勘界三维分析展示平台

- ☑ 三维智慧指界
- 三维导航
- ☒ 工具箱
- 🔍 区划地名查询

单体化



收起

基础数据

图层管理

矢量编辑

模型管理

数据查询

工具箱

单体化

主视角

全屏

管理

登出

基础数据



底图



谷歌影像标注图



谷歌影像图



必应影像图



ArcGIS在线影像图



天地图影像图



无底图 (蓝线)

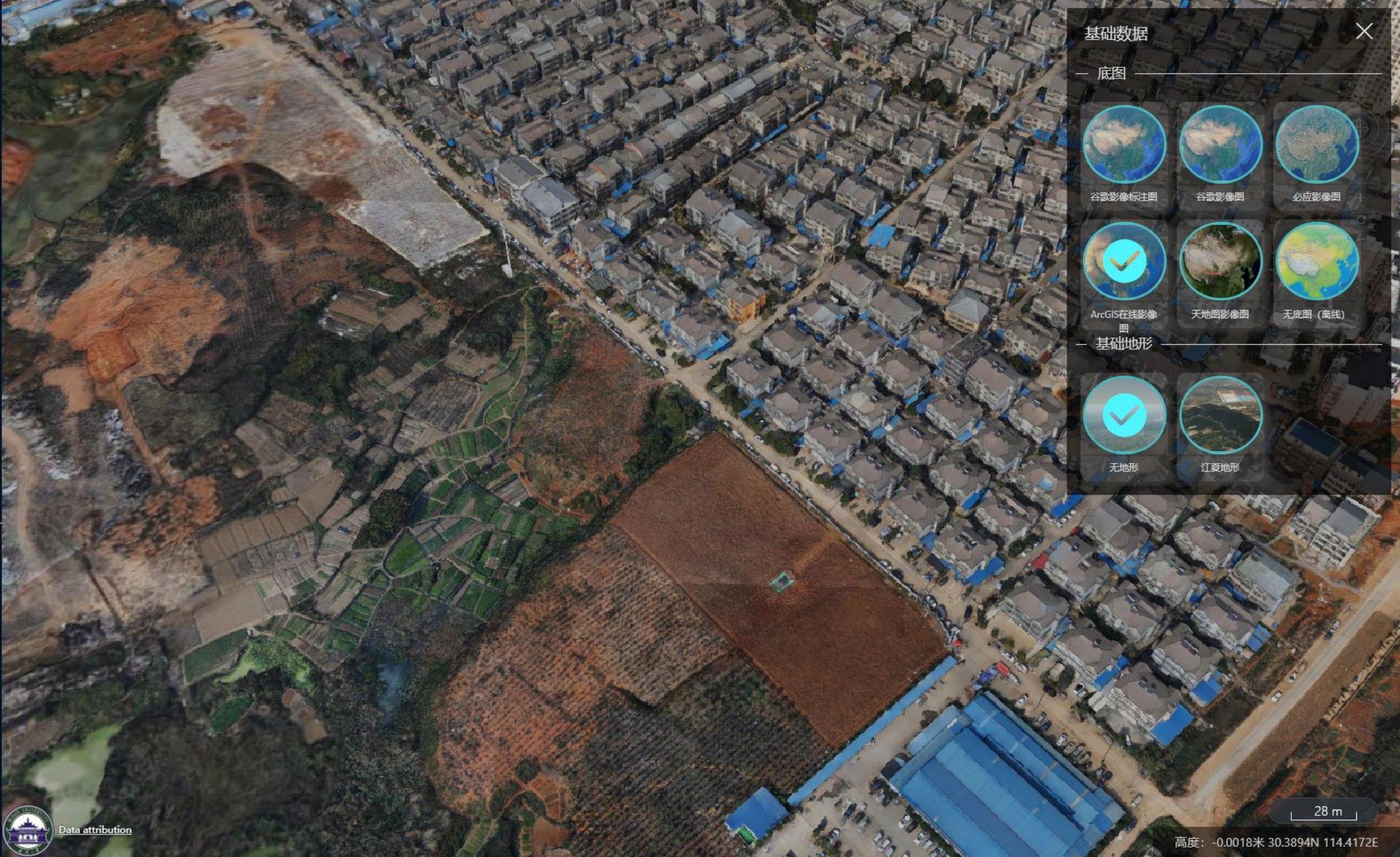


无地形



江夏地形

基础地形

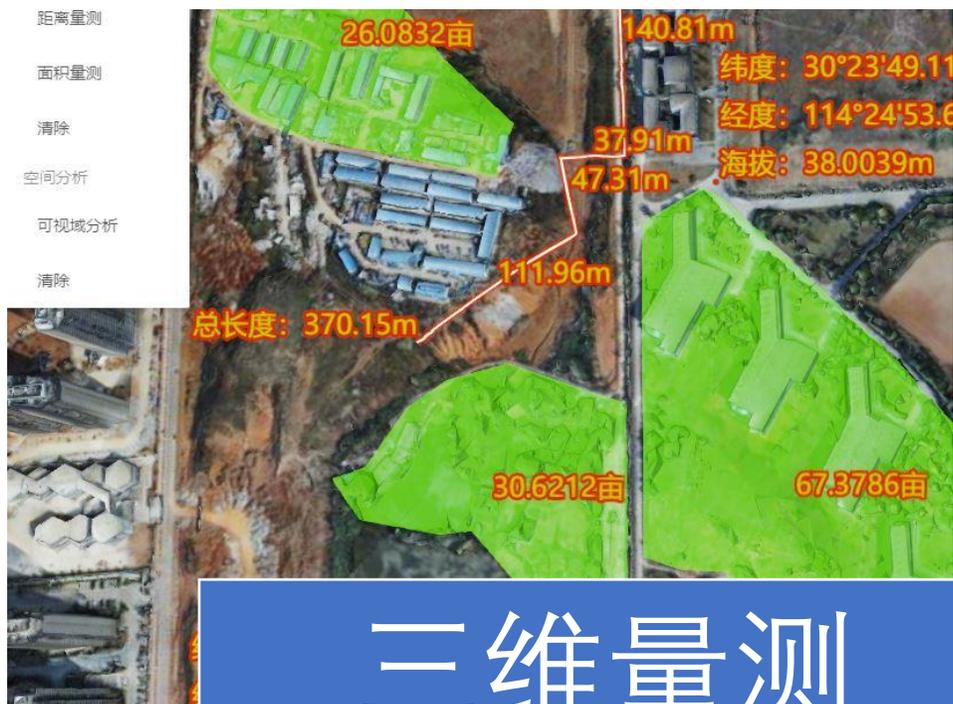


Data attribution

28 m

高度: -0.0018米 30.3894N 114.4172E

### 3.3.7 江夏区民政勘界三维分析展示平台

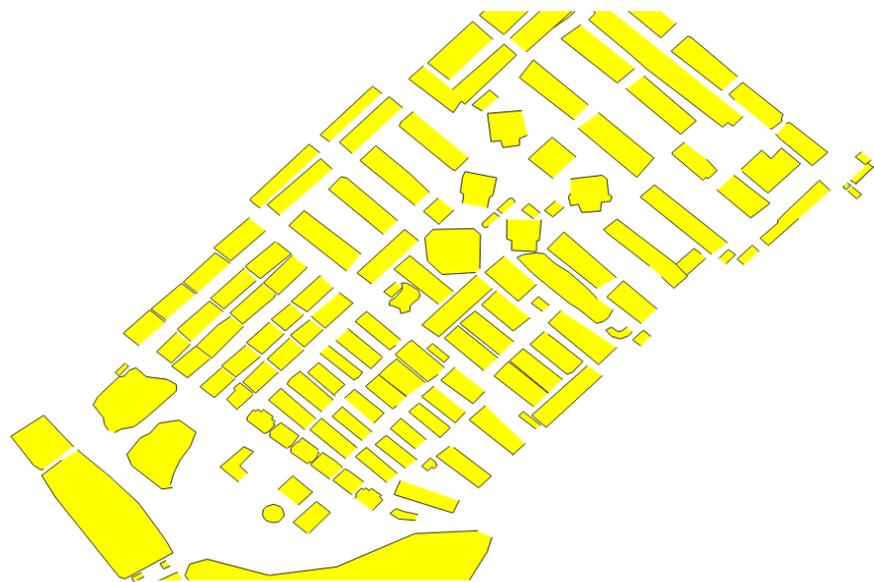


三维量测



界线编辑

### 3.3.7 江夏区民政勘界三维分析展示平台



导出GeoJSON



地名查询

# 谢谢！

武汉大学CVEO小组

<https://www.whu-cveo.com/>