



# 研究题目

## 城市“大树据”

基于迁移学习与多源数据的城市生态空间识别、分类、评价系统

参赛者：祝朝阳，张珊珊，刘晟楠，夏俊雄，任鱼跃，王旭颖，杨圣洁，董俊，黄少坡

参赛单位：北京工业大学 城市建设学部

投稿方向：生态系统提升与绿色低碳发展

报名编号：D1334

基金支持：疏解背景下基于生态系统服务的城市中心区生态空间评价、规划及模拟—以北京为例（批准号：51908004）



# 目录

CONTENT

- 1 研究问题
- 2 研究方法
- 3 数据说明
- 4 模型算法
- 5 实践案例
- 6 研究总结



# 研究 问题

## 研究背景——生态文明背景下的高密度城市建成区的绿色发展



### 生态文明下的城市建设

十八大以来，生态文明建设纳入“五位一体”总体布局，在城市建设方面，《关于推动城乡建设绿色发展的意见》提出推动**绿色城市、森林城市、“无废城市”**建设，深入开展绿色社区创建行动，改善城乡居民环境，形成绿色低碳生活风尚。



### 对城市树木要素的关注

国际许多城市已形成成熟完善的**树冠摸查、管理、规划体系**，如波士顿树冠评估、《伦敦城市森林计划》等。在国内，广州越秀区通过《越秀树冠规划》关注绿地系统中最具生态效益的要素——树冠，**通过扩大树冠质量和数量造福人民生活**。



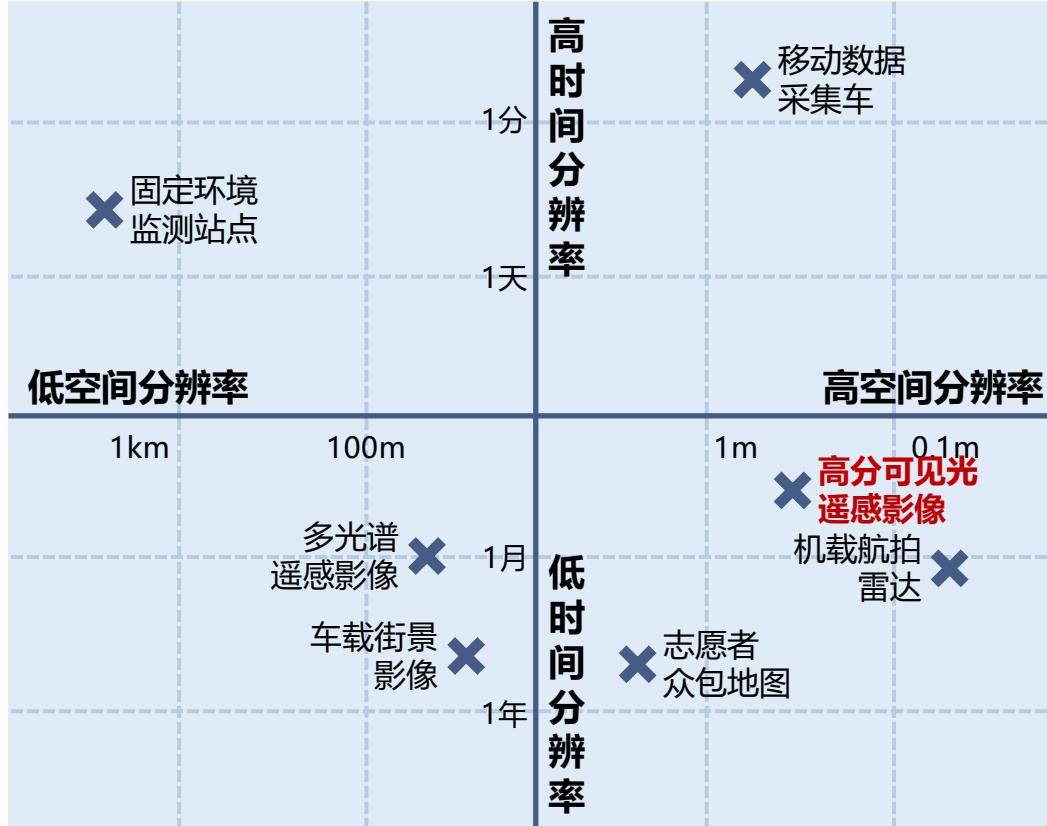
### 城市绿色更新

随着外延式扩张的城市发展模式难以继，总体上迈入城市更新时代，以**城市生态优化为前提、绿色社区建设为主要单元、基础设施绿色化改造为重要环节**的功能复合、生态友好、成本集约的城市绿色更新成为新时代城市发展的重要议题。

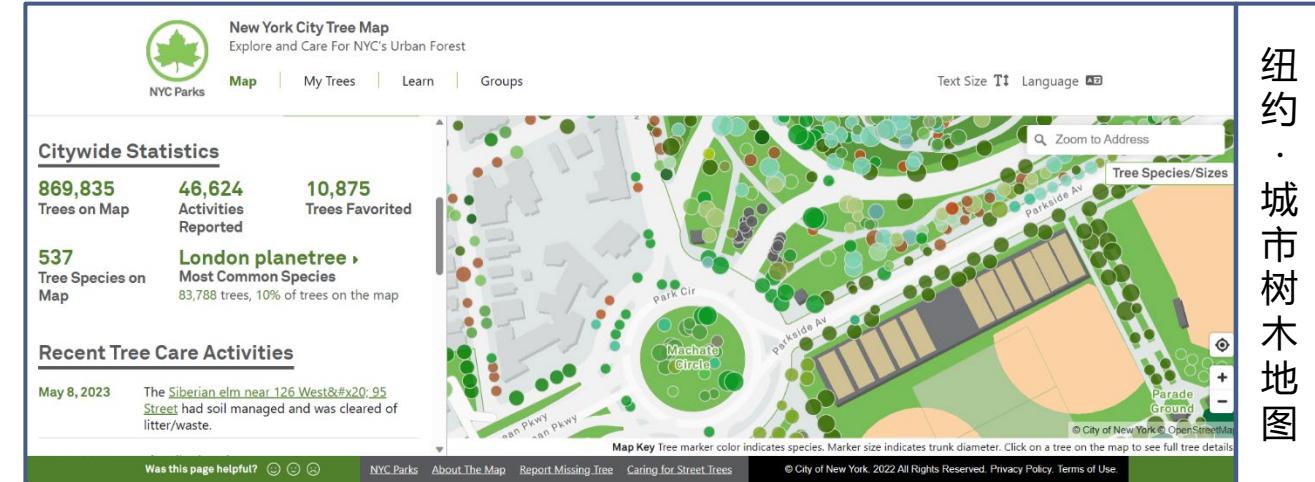


# 研究 问题

## 研究目的①——高效构建城市树木与生态资源地图



对城市生态环境感知的数据来源非常多，但或是**数据获取存在困难**，或是**无法反映城市中心这一精细尺度下的情况**。而高分可见光遥感与机器学习的结合能够有效解决这一问题。



纽约·城市树木地图

MIT·绿视率地图



# 研究 问题

## 研究目的②——构建符合城市特征的生态系统服务测度方法

### 生态系统服务

#### 支持服务

提供栖息地  
养分循环  
土壤形成  
初级生产  
.....

#### 供给服务

食品供给  
原材料供给  
药用资源  
遗传资源  
.....

#### 调节服务

空气净化  
废物分解  
病虫害防治  
雨洪蓄滞  
.....

#### 文化服务

休闲体验  
精神疗愈  
科普教育  
灵感启发  
.....

### 现有生态系统服务测度模型

名称	模块	输入	输出类型
InVEST	固碳	土地利用/ 覆盖.....	生态系统的空间制图
	净水	土地利用、 DEM.....	
	.....	.....	
i-Tree Eco	空气净化	树种、冠层、 胸径.....	一定范围内的 服务统计值
	缓解径流	树种数据库 城市信息 .....	
	.....	.....	
SOLVES	文化服务	环境数据、 调查数据.....	文化服务 的空间制图

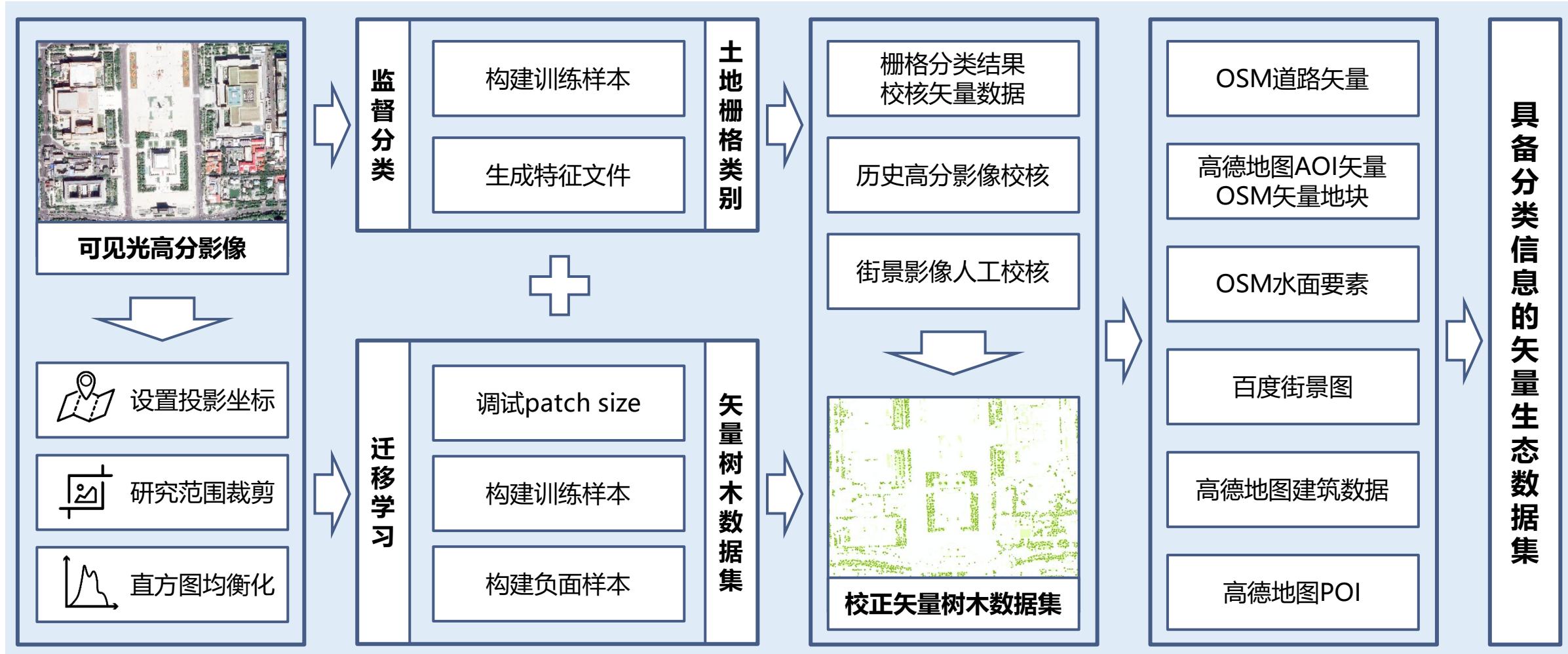
在高密度城市中心，由于生态空间相对有限，对生态系统服务主要关注在**调节服务与文化服务**。

现有测度或是在宏观的城市群、区域层面进行测度，或是以微观的单体树木属性层面进行测度。**缺少对城市中心、街道层面的测度方法**。



# 研究方法

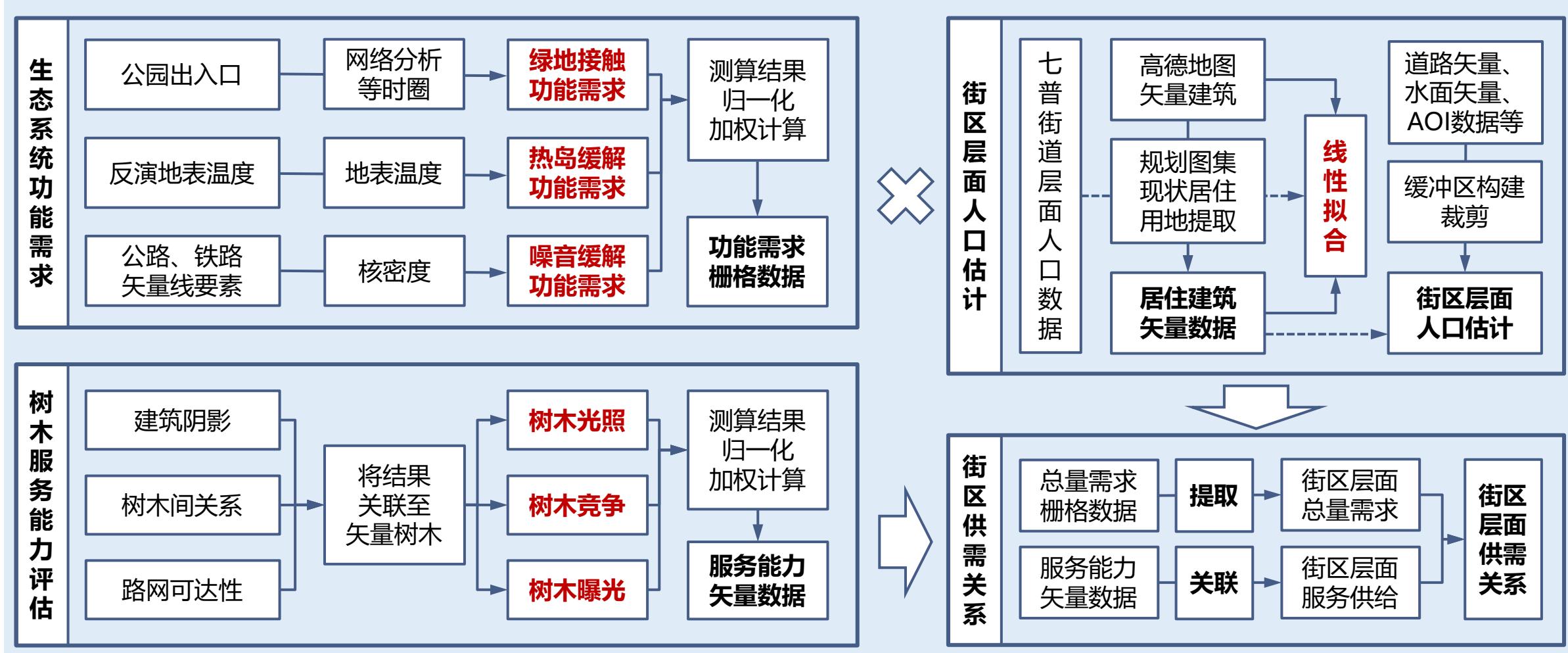
## 基于机器学习的生态空间要素识别





# 研究方法

## 基于矢量要素的生态服务与供需分析





# 数据说明

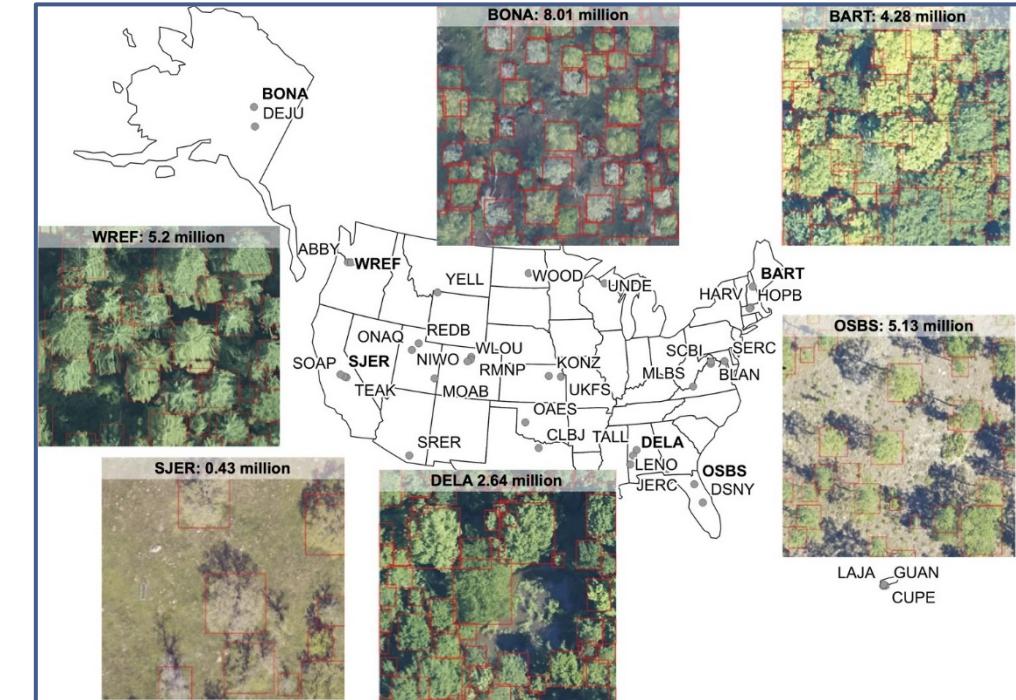
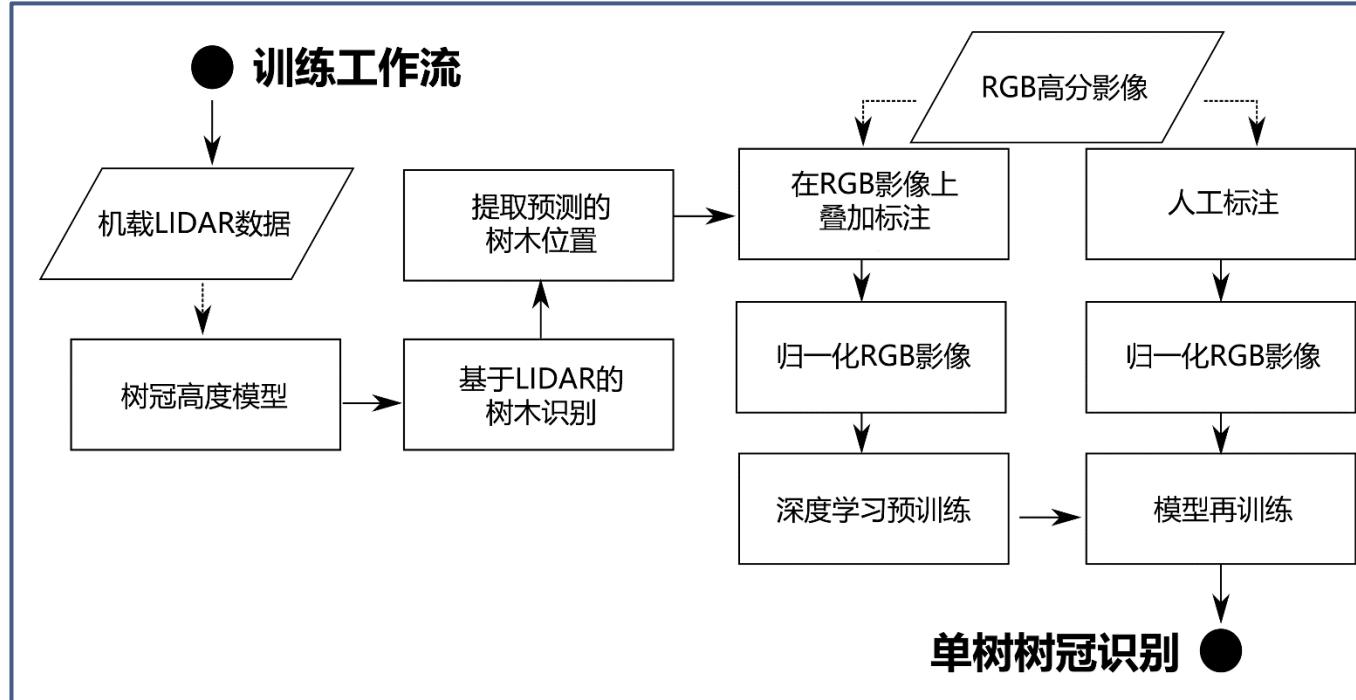
## 高分遥感影像+多源网络数据

数据名称	数据来源	数据说明
高分遥感影像	谷歌地球历史影像	夏季的高分影像对树木的识别较为准确，本研究选取2020年9月18日的谷歌历史影像进行分类
遥感影像数据	Google Earth Engine	选取Landsat8 OLI_TIRS进行地表温度反演，成像时间为2021年06月19日，云量为0.14%
矢量道路数据	OpenStreetMap	OpenStreetMap中的road类型
面状公园数据	高德地图AOI	以OpenStreetMap中的park类型为主，高德地图AOI中的旅游景点作为补充
	OpenStreetMap	
面状水面数据	OpenStreetMap	以OpenStreetMap中的water_a类型为主，并对缺失的莲花河等部分进行补充
建筑高度数据	高德地图建筑面要素	对部分现状已不存在的建筑进行删除
街景影像数据	百度街景图	用于部分树木的校核
规划图集	首都功能核心区控制性详细规划图集	用于现状用地与建筑的校核



# 模型 算法

## DeepForest深度学习算法与数据集



DeepForest应用**卷积神经网络 (CNN)**进行深度学习训练，其中最大的挑战是训练数据集的获取，该方法结合**无监督 (LIDAR) 和监督 (人工标注) 方法构建训练模型**，并共享了模型训练结果，可以通过注释和训练模块扩展模型对特定场地分类的精确性。

DeepForest团队借助美国国家生态观测网络 (National Ecological Observatory Network, NEON) 的机载观测平台调查，**构建了美国37个场地约1亿棵树的开源数据集**，能够较准确利用RGB高分影像实现对树木的识别<sup>[1]</sup>。

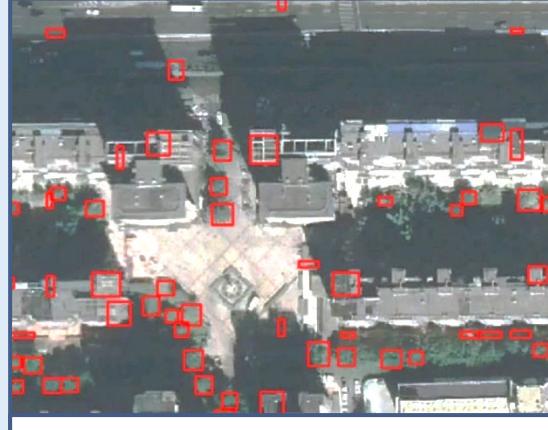
[1] Weinstein, B. G., Marconi, S., Bohlman, S. A., Zare, A., Singh, A., Graves, S. J., & White, E. P. (2021). A remote sensing derived data set of 100 million individual tree crowns for the National Ecological Observatory Network. *Elife*, 10, e62922.



# 模型 算法

## 预训练模型的典型分类错误与处理方法

### 典型分类错误



①因建筑阴影而无法识别



②对建筑屋顶的错误识别



③对连片树丛的错误识别



④对特定树种的错误识别

### 错误分类的处理方法

#### 问题一

- ①采用不同时相的高分影像数据对阴影区进行人工补充
- ②采用街景图对行道树进行识别

#### 问题二

- ①构建训练数据集的负样本
- ②采用监督分类结果对人工表面的分类结果进行删除

#### 问题三

- ①采用历史高分影像进行校核

#### 问题四

- ①构建具有特定特征的训练数据集



# 模型 算法

## 研究中运用的其他模型算法

### 单窗算法地表温度反演

覃志豪单窗算法 (Mono-window Algorithm) 是陆地表面温度的经典算法，根据地表热辐射传输方程推导出利用Landsat热红外波段数据反演地表温 (完整公式见报告11-12页)：

$$T_s = [a * (1 - C - D) + (b * (1 - C - D) + C + D) * T_6 - D * T_a] / C$$

其中 $T_s$ 为地表真实温度， $a$ 、 $b$ 为常量， $C$ 、 $D$ 为中间变量， $T_a$ 为大气平均作用温度， $T_6$ 通过普朗克公式的反函数获取。

### 太阳辐射区域测算

研究通过ArcMap对建筑高度栅格测算建筑阴影对研究区太阳辐射的影响，由于该方法计算速度较慢，因而将建筑栅格重采样至5米。在参数设置上，对研究区2023年含月间隔的整年，间隔1小时的辐射区域进行测算。计算公式如下 (完整公式见报告12页)：

$$Global_{tot} = Dir_{tot} + Dif_{tot}$$

其中 $Global_{tot}$ 为总辐射量，通过将直接辐射量 $Dir_{tot}$ 和散射辐射量 $Dif_{tot}$ 相加获得。

### 树木竞争情况测算

研究将识别的树木矩形范围中心与平均边长构建树木的圆形范围，对圆形的矢量树木构建半径为3米的缓冲区，识别缓冲区内的树木数量，数量越高表示树木的竞争情况越强。

### 基于网络分析的可达性与服务区构建

研究通过对北京四环内OSM矢量道路进行筛选并构建网络数据集，假定5公里/小时的步行速度对步行的时间可达性进行测度。

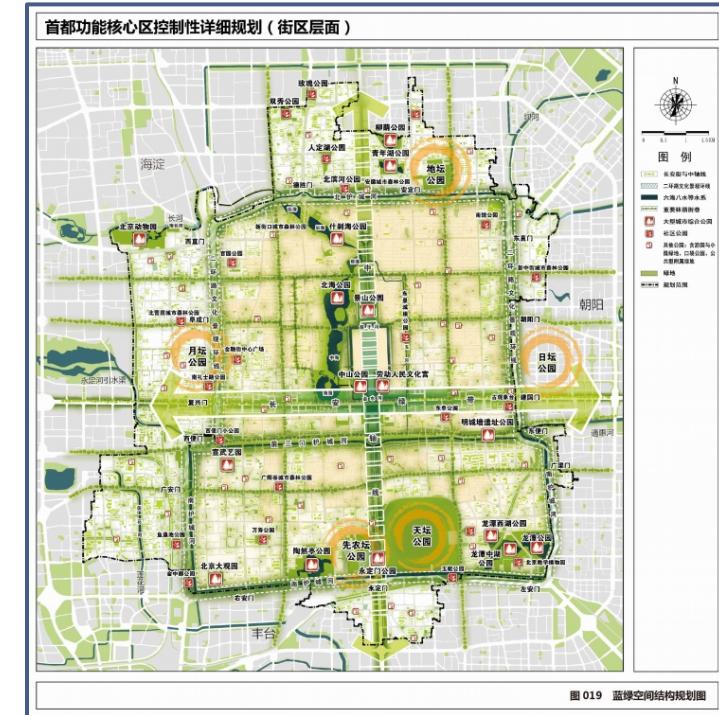
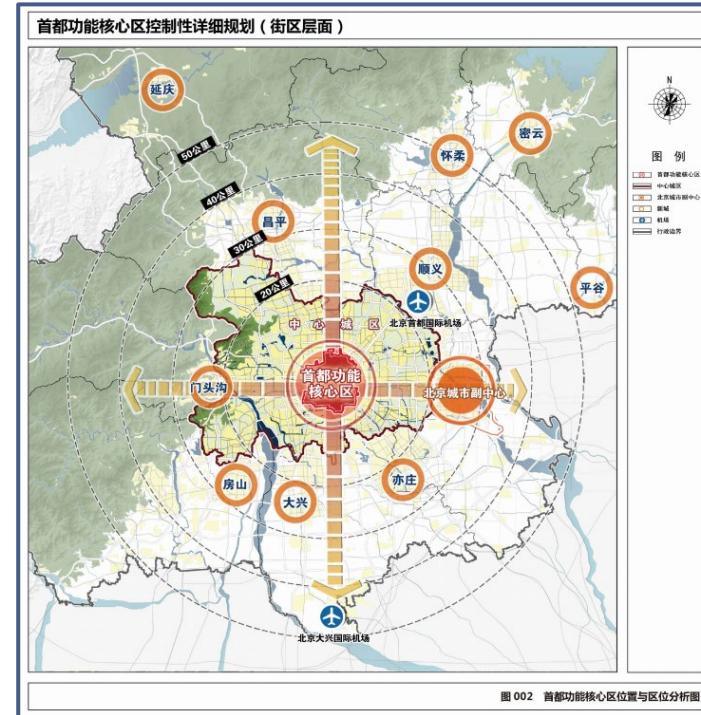
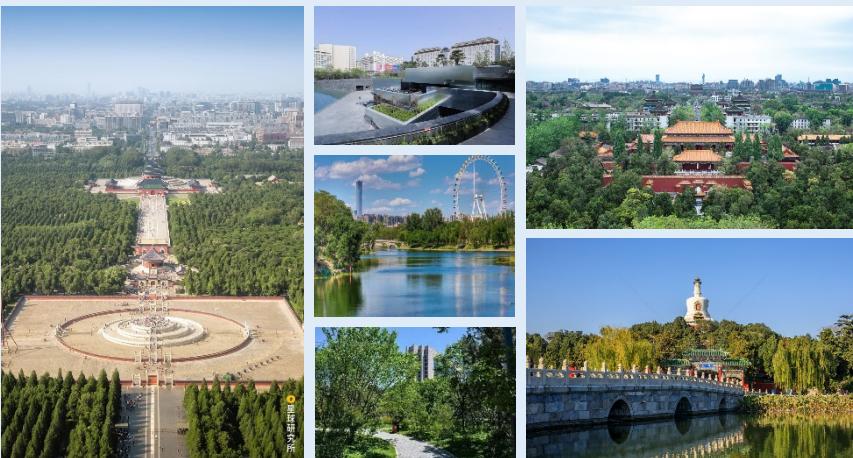


# 实践 案例

## 北京首都功能核心区概况

研究拟以北京首都功能核心区（简称“核心区”）为研究范围，包括北京市东城区和西城区，总面积约92.5平方公里，2022年初常住人口约181.2万人，并贡献了全北京市1/5的GDP，达8601.2亿元。

**核心区是北京减量更新的重中之重**，区内有景山、北海、后海、天坛、陶然亭、动物园等重要城市生态空间，此外还有天安门广场、西单广场、北京展览馆广场等大中型城市敞开空间，这些空间具有较强的生态服务功能，对支撑北京高质量发展和高品质生活具有重要意义。



### 规划要求

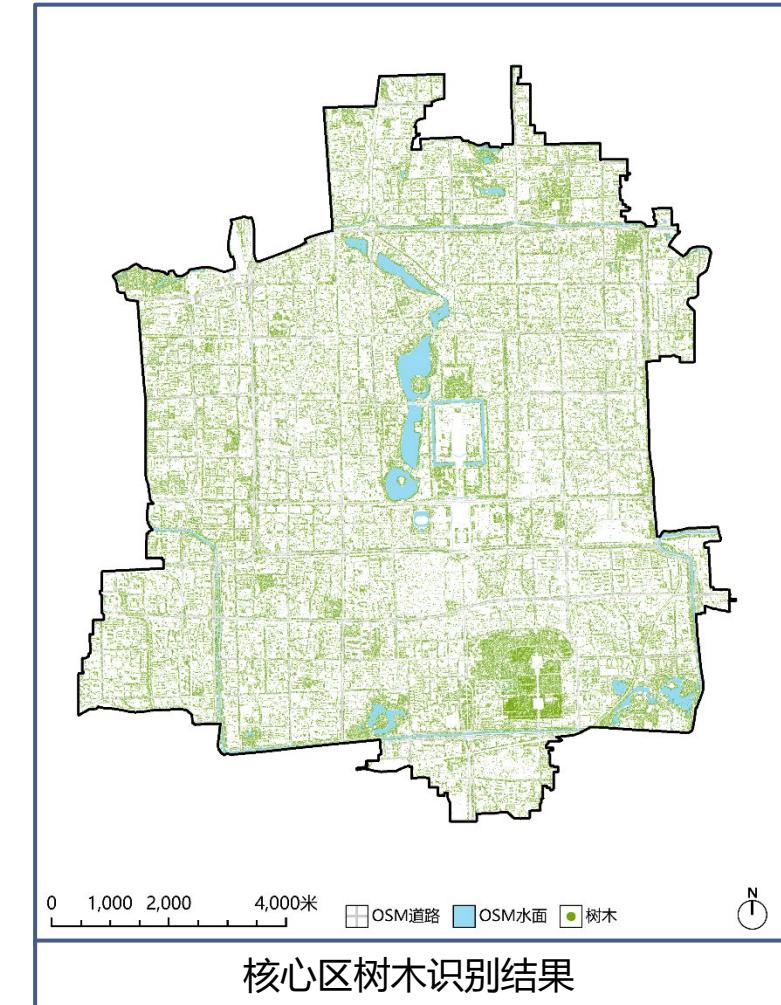
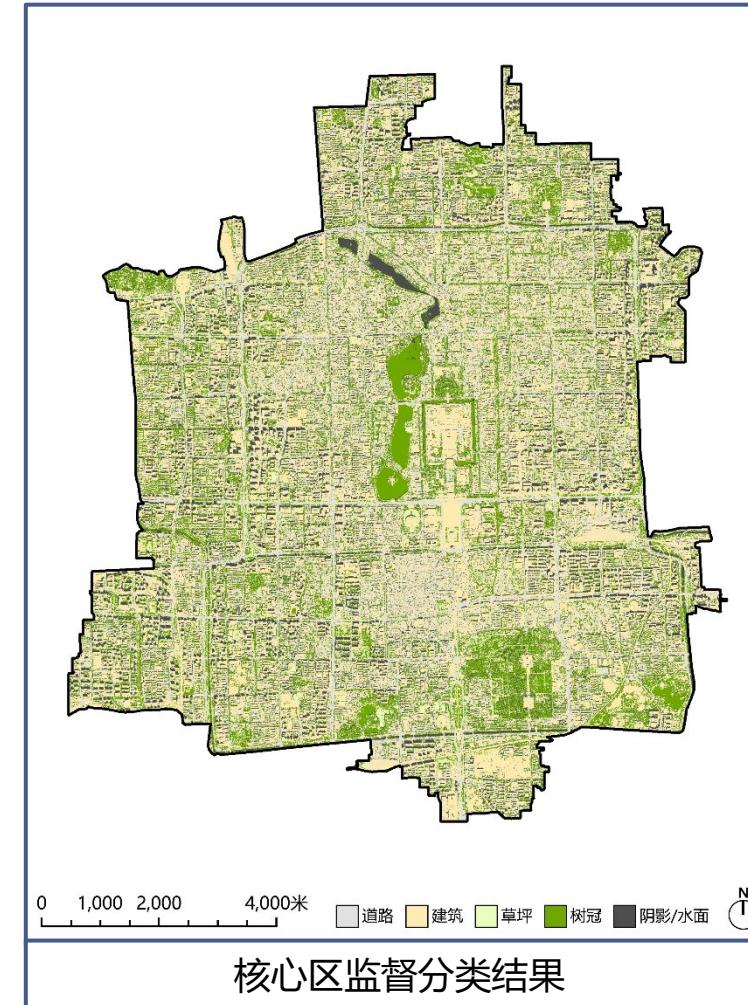
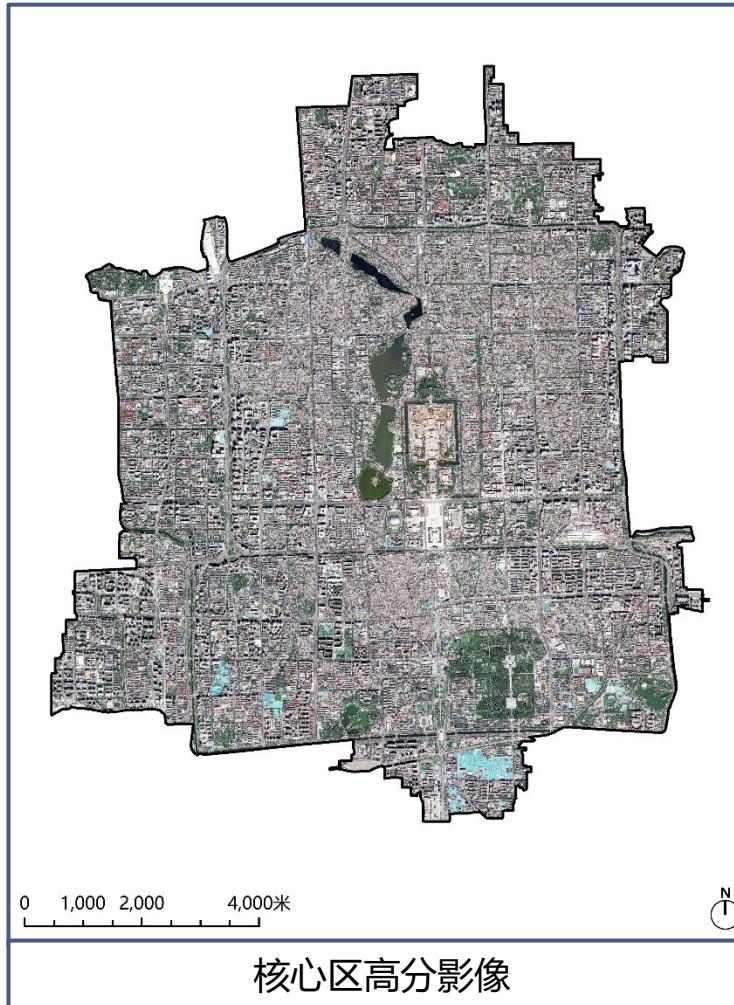
建设高品质宜人城市环境。以长安街中轴线为骨架、历史文化要素为基底，重塑水绿空间。结合疏解腾退空间，增加公园绿地、小微绿地和公共型附属绿地等不同形式的绿色空间。

建立健全古树名木及大树保护信息库，加强生长状态监测，积极改善树木生长环境。因地制宜实施大树补植，形成绿树掩映、万树成荫的老城绿貌。



# 实践 案例

## 北京核心区城市基础生态地图的构建

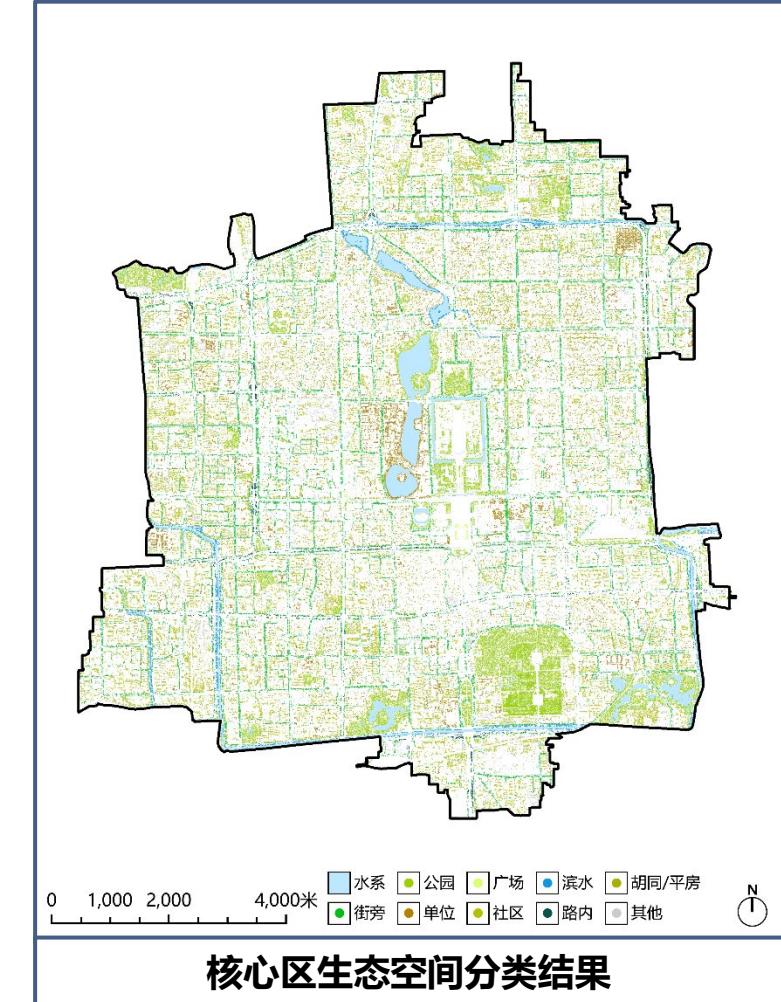




# 实践 案例

## 基于多源数据的北京核心区生态空间分类方法与结果

判定顺序	要素分类 <sup>[1]</sup>	要素内涵	判定方法
1	水系生态空间	河流水系、湖面	OSM中水面要素结合高分影像补充
2	公园生态空间	向公众开放的公园绿地和名胜场所对应的生态空间	OSM中公园面要素结合高德AOI公园面要素补充
3	广场生态空间	大中型城市广场	高德AOI中广场面要素识别
4	滨水生态空间	河流沿线、湖面沿线	水系要素与OSM道路要素相交的面，并通过水系要素选择
5	路内生态空间	道路中间绿化带、立交桥景观绿地等	OSM主要道路进行线转面，并删除街道空间
6	街旁生态空间	道路两侧行道树、林荫道等	OSM主要道路构建缓冲区
7	单位生态空间	各类单位、学校、医院等地块内部生态空间	结合高德POI、AOI与规划图集对功能界定
8	胡同/平房生态空间	胡同、平房区和四合院的生态空间	通过高德建筑高度数据实现胡同/平房与社区的区分
9	社区生态空间	居住小区内部的生态空间	

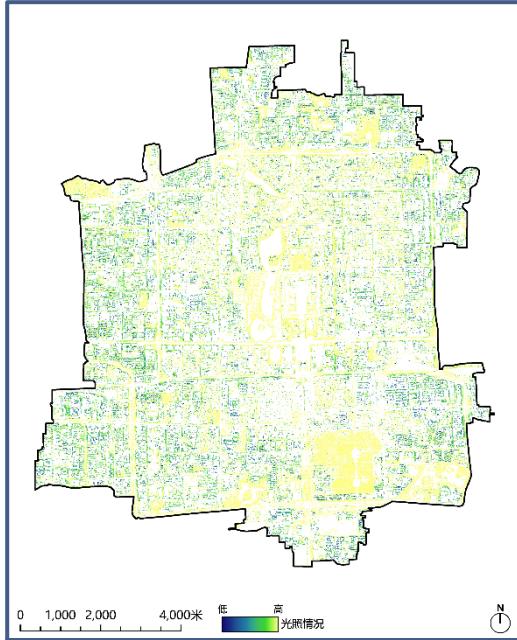


[1]郑善文,马默衡,李福等.高密度城市核心区生态空间界定与评价——以北京为例[J].规划师,2021,37(03):64-71.

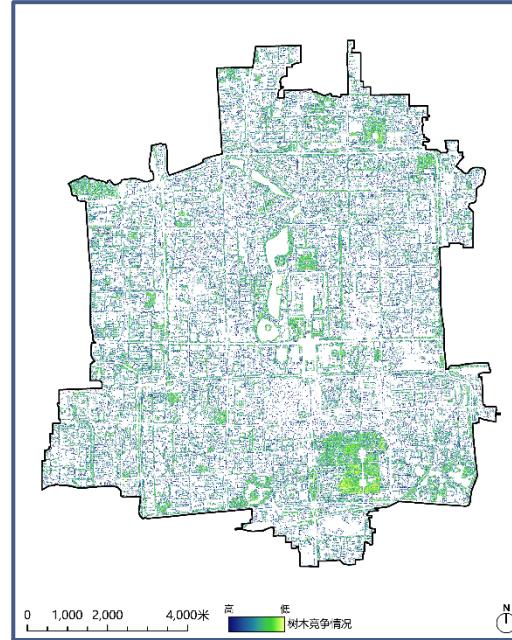


# 实践 案例

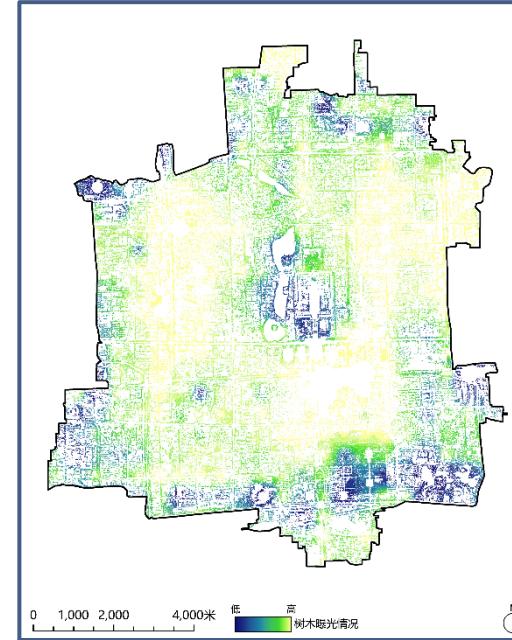
## 树木服务能力半定量评估



**树木光照情况**



**树木竞争情况**

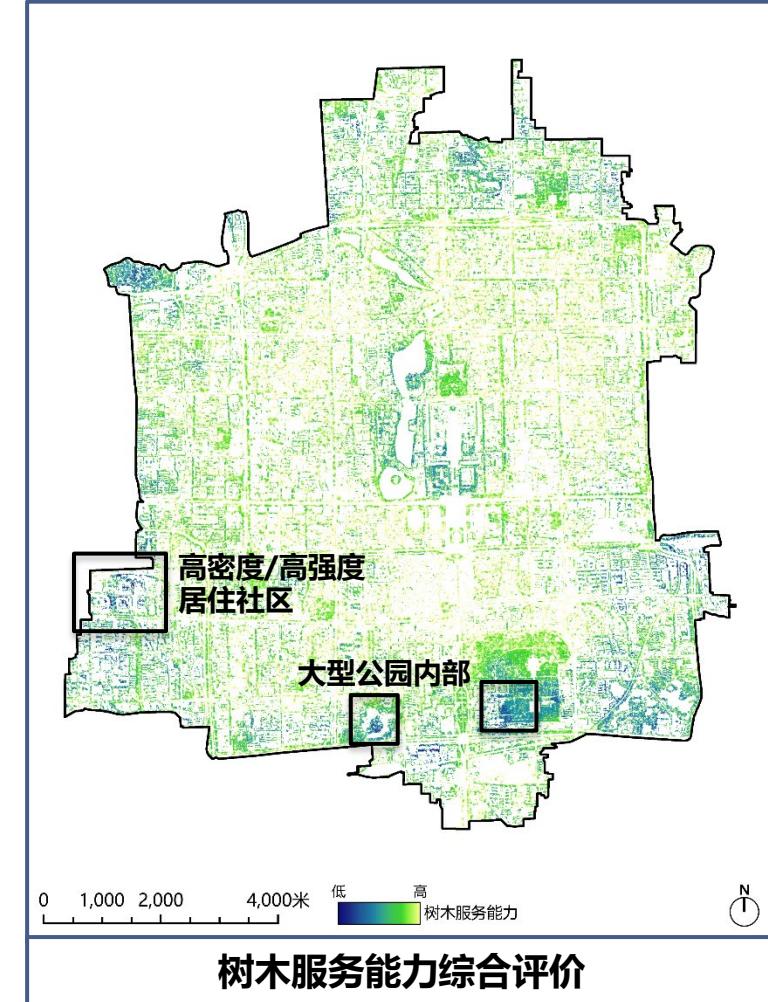


**树木曝光情况**

**树木光照情况：**在核心区这一高建筑密度的环境中，建筑阴影对树木固碳释氧、净化空气等服务具有显著影响，因而通过太阳辐射区域测算建筑阴影的影响。

**树木竞争情况：**高密度的树木存在对阳光、氧气、水分、养料等的竞争而导致部分树木生长状况不佳，需要人为控制种植密度，因而通过统计树冠3米内的树木数量反映竞争情况。

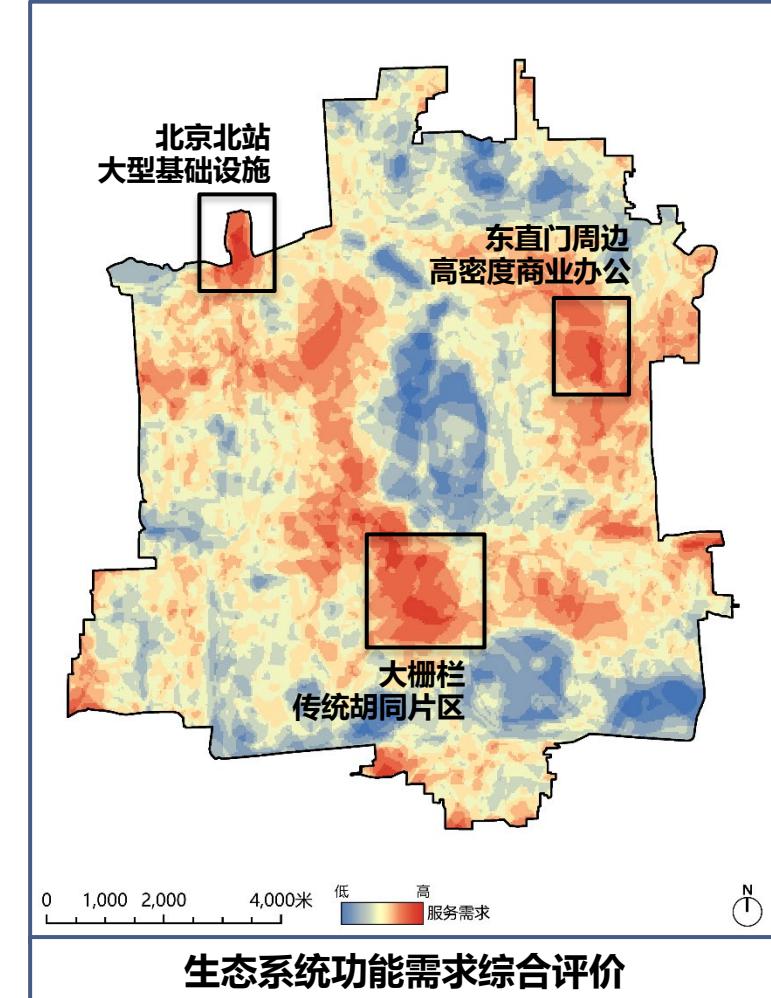
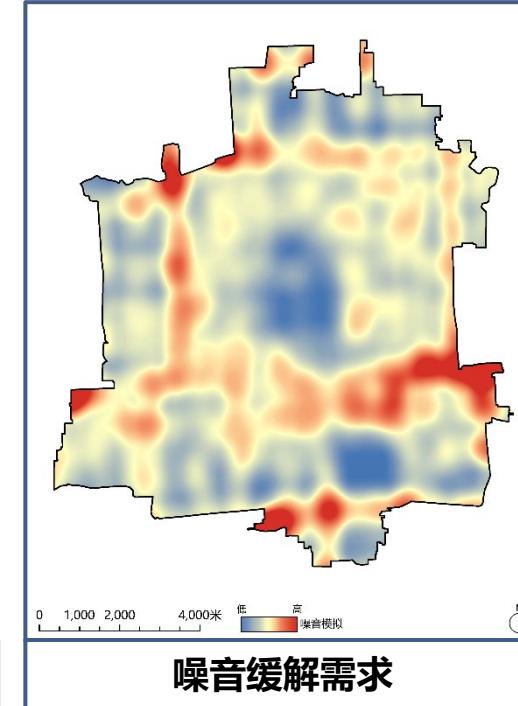
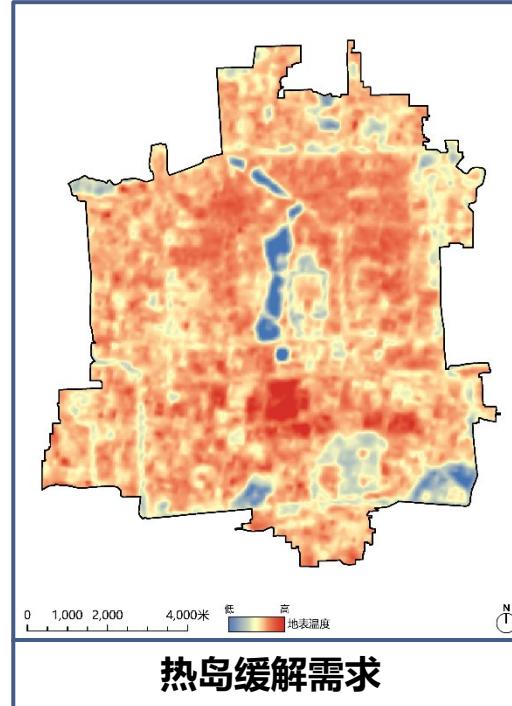
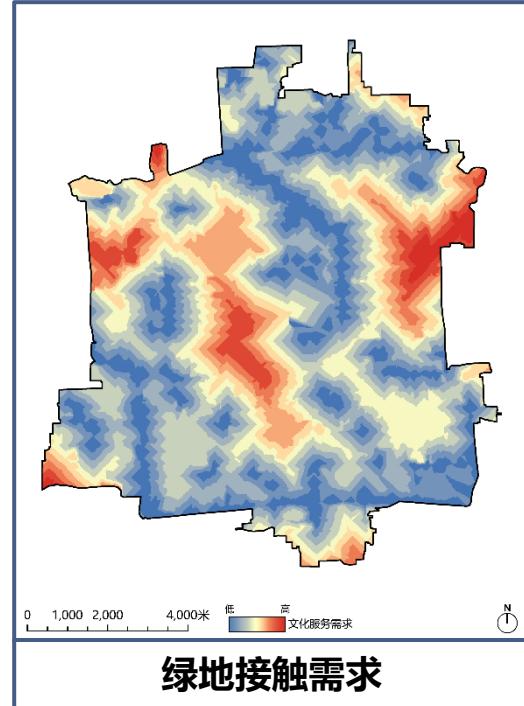
**树木曝光情况：**树木可达性/曝光度越高越能够提高城市的绿色感知，因而通过对四环内构建道路网络，进行OD成本矩阵测算，通过反距离权重构建可达性栅格反映树木曝光情况。





# 实践 案例

## 生态系统功能需求半定量分析



**绿地接触需求：**公园绿地是城市文化服务的重要载体，通过对研究区及周边主要公园出入口为出发，构建等时圈范围，识别现状公园可达性差的区域，从可达性角度反映公园使用需求。

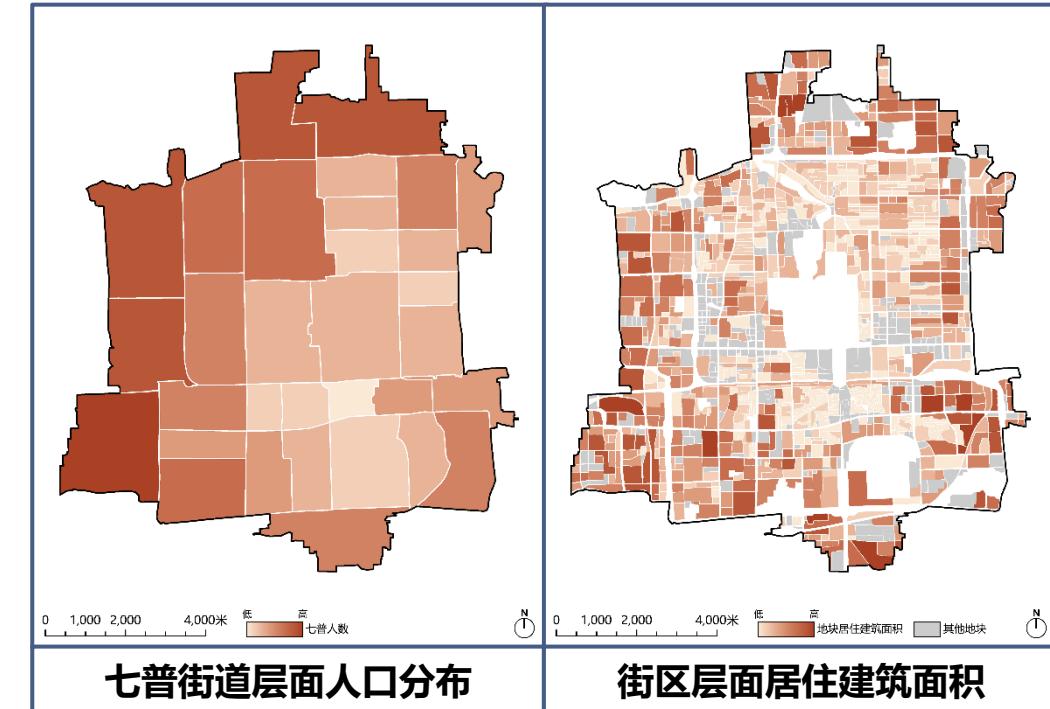
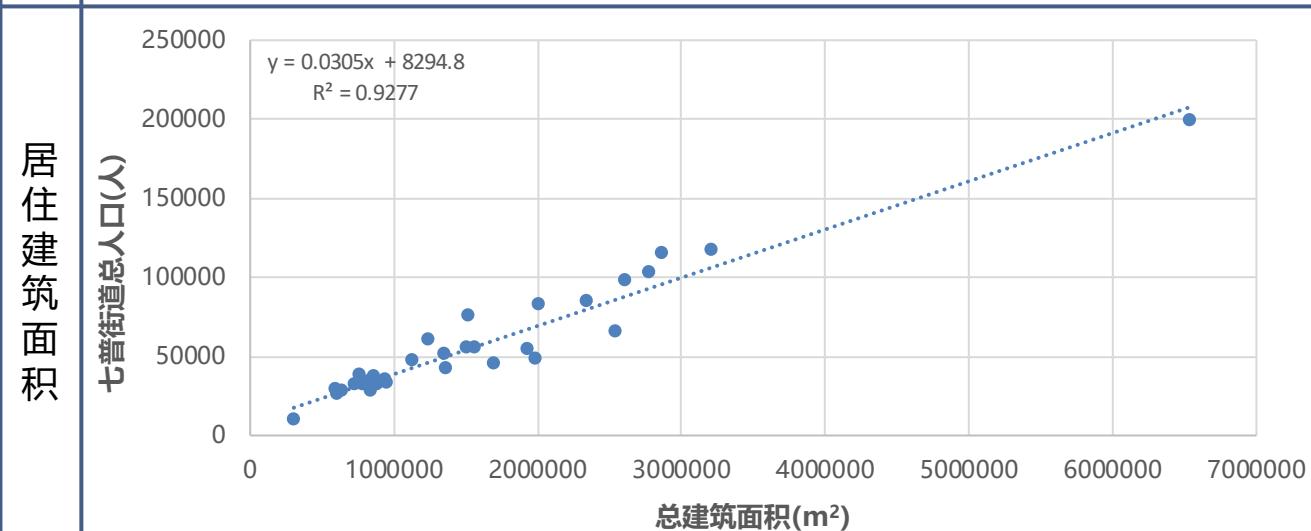
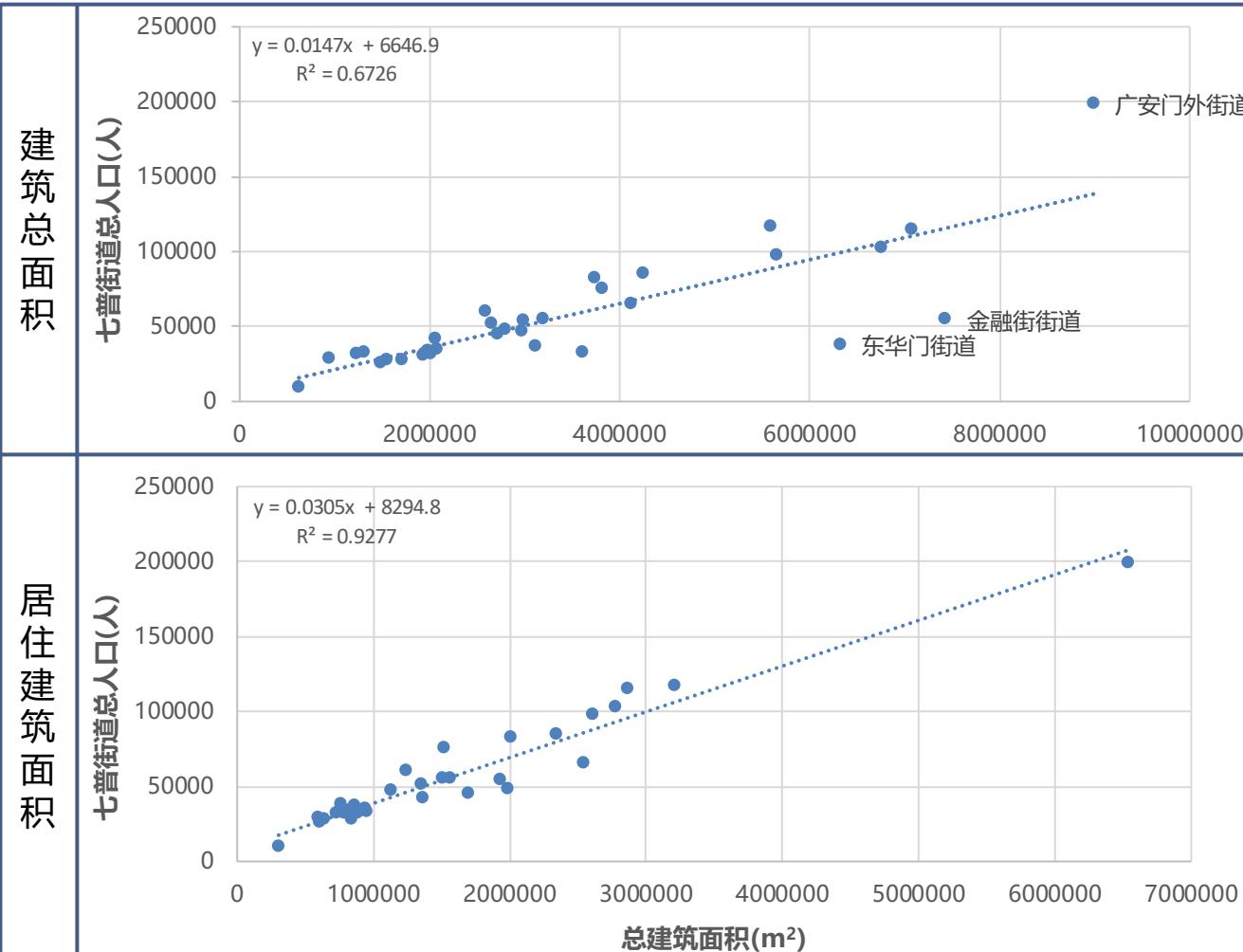
**热岛缓解需求：**树木、水体对城市热岛具有缓解作用，通过GEE平台及Landsat8 OLI\_TIRS数据，运用单窗算法对地表温度进行反演，识别现状的城市热岛。

**噪音缓解需求：**树木能够较好缓解各种噪音对日常生活的影响，研究对道路与地表轨道交通线路的噪音影响分级，通过核密度分析模拟噪音影响范围。



# 实践 案例

## 街区尺度人口估计



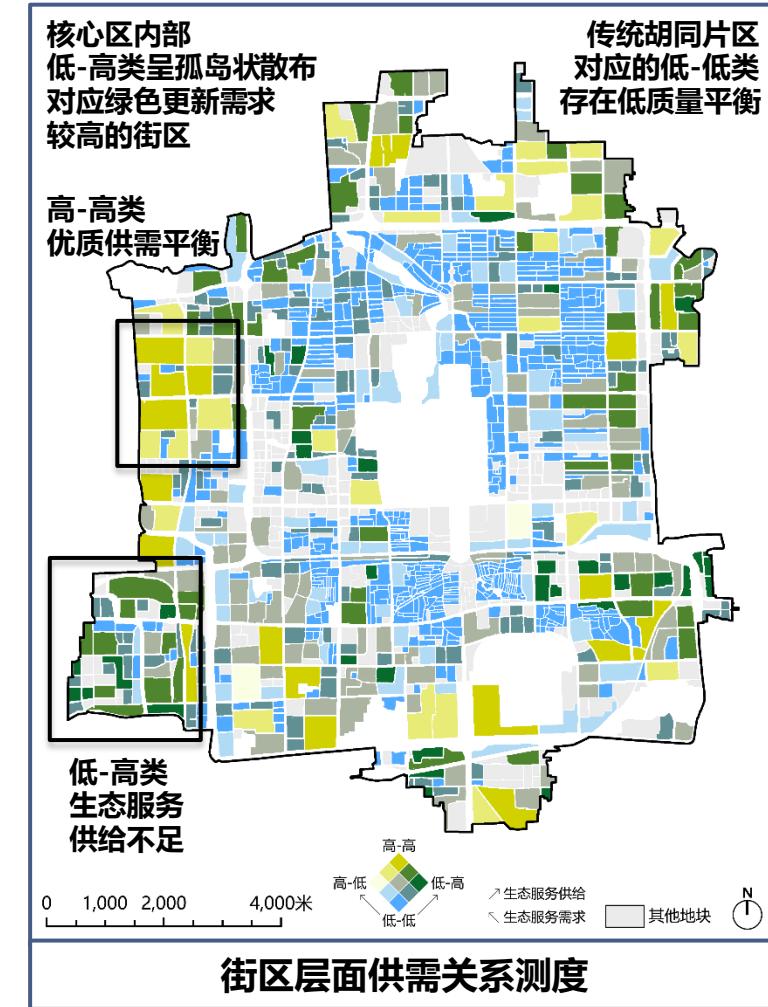
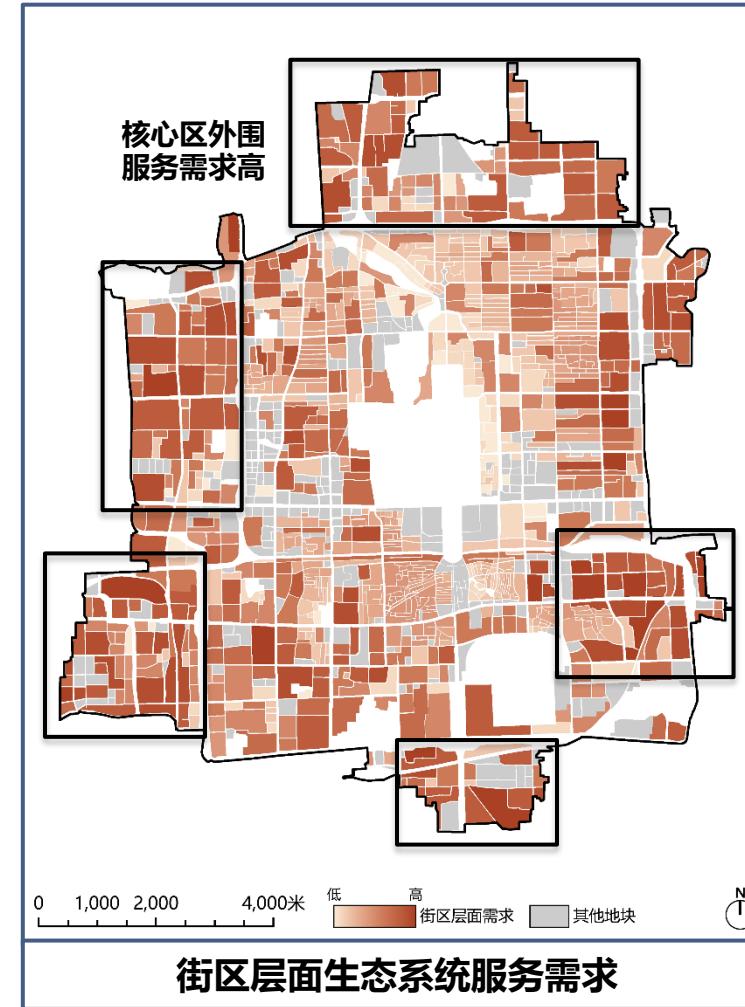
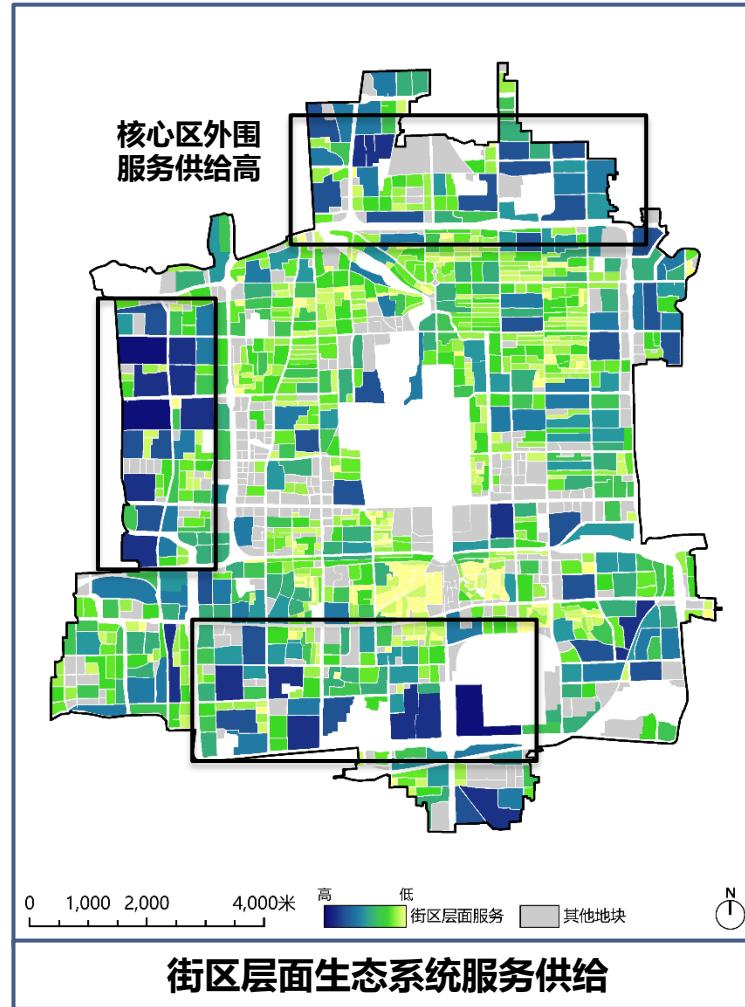
传统对于人口数量的测度往往通过人口普查、人口网格等方式进行，但前者数据粒度相对较低、后者往往与实际人口分布存在较大偏差。

通过将街道建筑面积与人口进行关联，其中**居住建筑面积与人口普查人数的相关性较高**，因而通过街区居住建筑面积估算街区尺度的人口并反映人群需求。



# 实践 案例

## 核心区街区层面生态系统服务供需测度





# 研究 总结

## 研究创新点与应用前景

### 创新点

采用迁移学习方法  
对生态空间进行高精度识别  
**降低了数据获取门槛，简化了本地计算需求**

运用多源网络数据  
对城市生态空间实现高效分类

运用多源网络数据  
及矢量树木数据  
对高密度城市中心的街区层面  
生态系统服务供需关系实现测度

### 应用前景

运用高分遥感数据与迁移学习算法  
**实现对城市树木的长期动态监测**

构建公众参与的信息平台  
实现对树木信息的深度采集  
基于i-Tree等树木层面的模型进行  
生态系统服务高精度量化测度

结合成本效益模型  
对高密度城市核心区  
**存量绿色更新进行更加准确的经济测算**