



Architectural
DigitalFUTURES 2023

校园图像感知分析

Campus Sensing - Powered by Multi-dimensional Imagery Data, GIS, and Deep Learning

第十三届建筑数字未来暑期工作坊
13th Architectural DigitalFUTURES Summer Workshops

导师 Instructor

助教 Assistants



龙瀛



苏南西



张业成



Architectural DigitalFUTURES 2023

学员 Participants

31位学员来自世界各地的16所高校



江雨童



张桓嘉

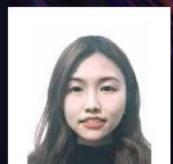


康洪越



王圣淇

无人机组



沈小洁



陈忆湄



公丕欣



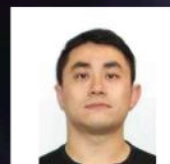
黄婧



林丽丽



刘天明



刘博宇

打猎相机组



黄至瑀



李立群



吴芳凝



唐艺宁



张雯婷



王磊



赵洲晔



孙珂



崔秦毓

穿戴相机组



赵旭凯



古尤龙



李梅康



李冠宏



张涛源



费凡



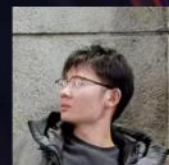
袁亮



任佳雯



李雨娇



祁墨



高力腾

GoPro组



教学内容



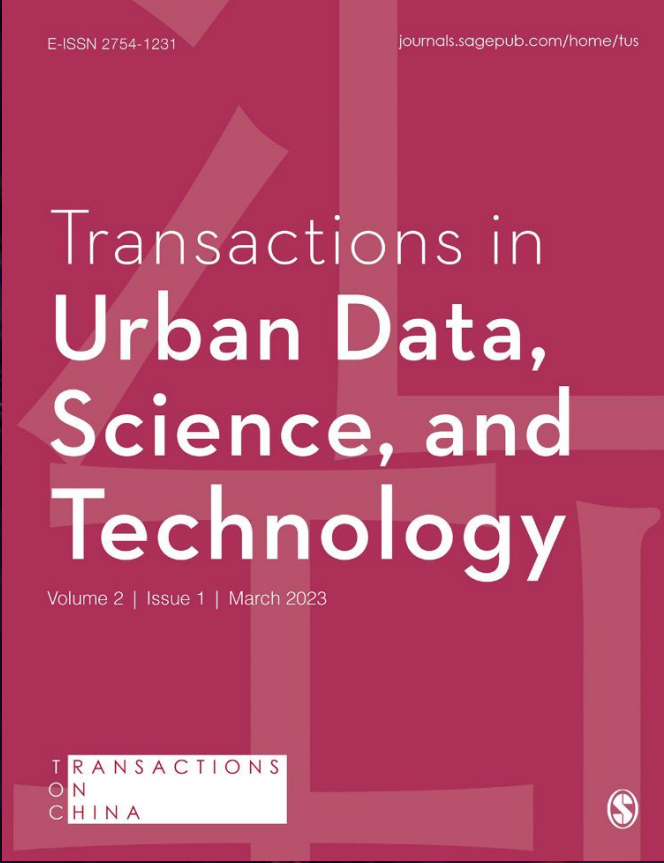
北京城市实验室的同学给工作坊学员做论文分享



中期汇报交流现场



大数据背景下的城市科学



E-ISSN 2754-1231

journals.sagepub.com/home/tus

Transactions in Urban Data, Science, and Technology

Volume 2 | Issue 1 | March 2023

TRANSACTIONS
ON
CHINA

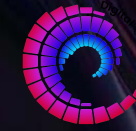


Transactions in Urban Data,
Science, and Technology



既有数据的局限性

- 现有的图像数据（如遥感图像、商业街景图像等）在开放度、分辨率、覆盖度、时效性、时间覆盖、图像视角等方面存在局限性。
- 数据密集型研究范式的背景下，需要更多维度、尺度、以及更高精度的数据。



主动城市感知

固定感知： 服务于对热点地区的连续长期监测，提供环境状态的高分辨率的时间变化情况



灯杆



树木



墙壁



5G基站

移动感知： 移动传感为扩大固定感知的空间覆盖范围、降低成本和提高传感灵活性提供了巨大潜力



手持



背包式



自行车



机动车



执法巡逻车

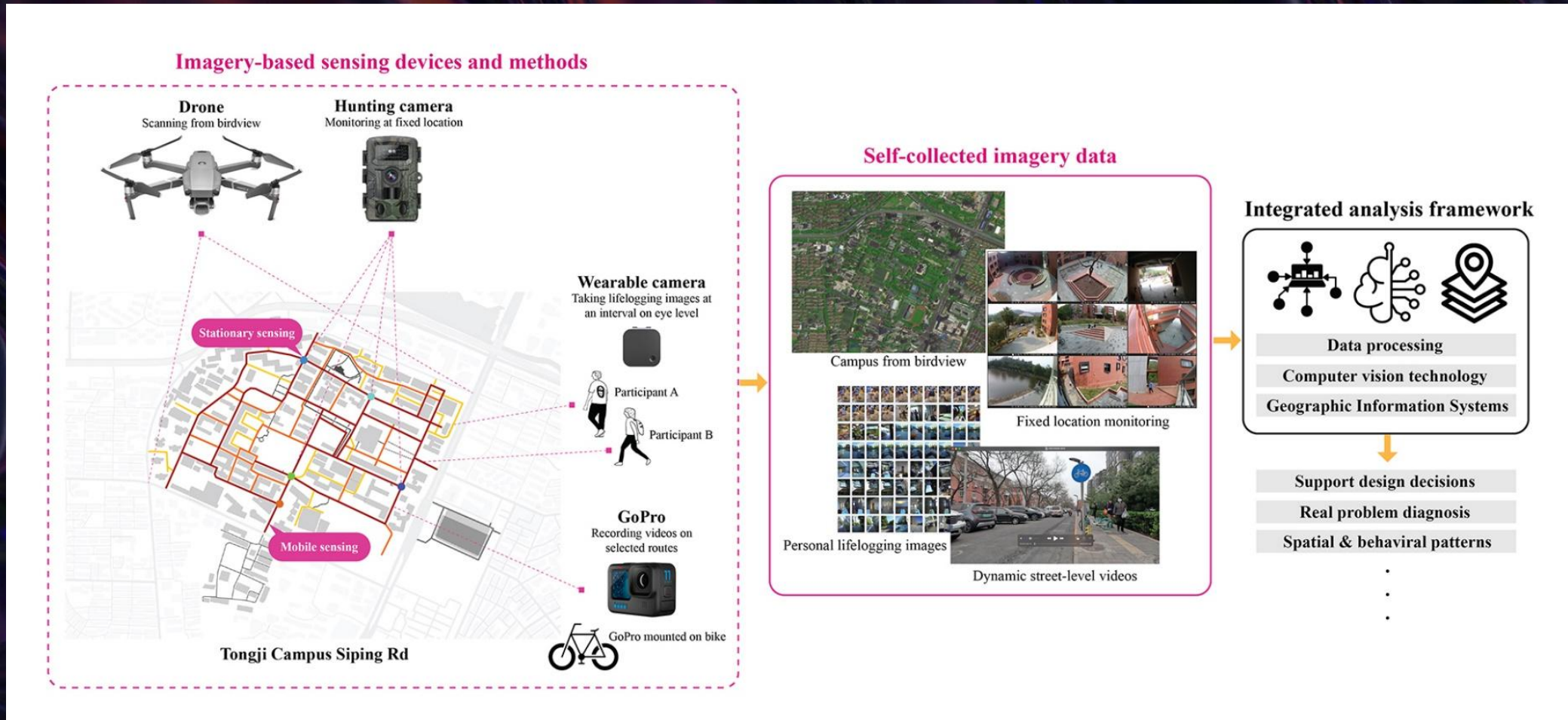


探索校园感知





工作坊总体技术架构



本次工作坊使用了无人机、GoPro、打猎相机和穿戴式设备等对同济校园进行了多维度的感知分析



基于UAV的图像校园感知： 建筑屋面与立面的低碳化改造评估

1. 研究背景

无人机作为新的测绘工具，能提供比卫星遥感更精细的图像信息，并能够观测到立面的信息，是有潜力的城市研究工具。

建成环境的低碳化研究需要更丰富的城市数据与模型和科学方法。本研究将探索无人机遥感模型在建筑低碳化研究中的作用。



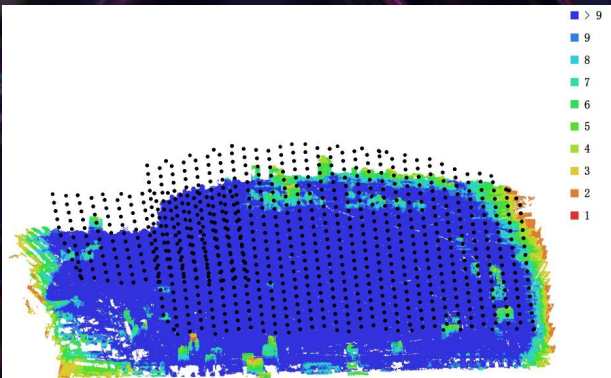
2.数据采集



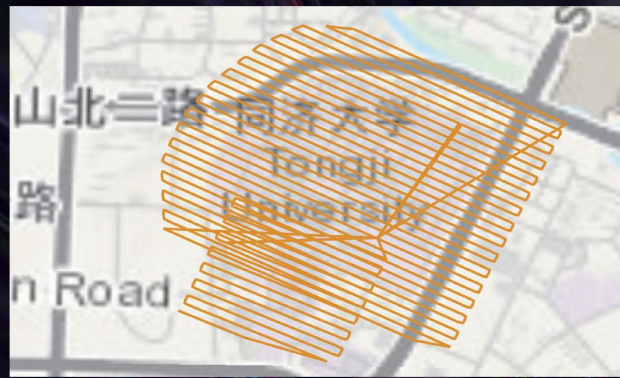
无人机参数: DJI Mavic Classic



摄像头参数: RAINPOO D2M



航点和重复率实验



无人机航线规划

种类	信息
全域图像数据	共拍摄W、A、S、D、X五个方向共12870张, 分辨率6000*4000
节点图像与数据	针对性拍摄校园图像344张, 分辨率960*540, 视频共15分
点云模型	生成的密集点云个数 97,909,862
平面正射影像图	每个像素点对应面积为 0.23m*0.23m, 文件大小3.05G



3. 数据分析

屋顶-低碳化改造的适应性评价标准

分类	标准	适应性评价
a. 高度	高度在40m以下的	绿化屋面或光伏屋面
b. 面积	面积在200m ² 以上的	绿化屋面或光伏屋面
c. 坡度	10° 以下的屋面为平缓的屋顶；10° -60° 为倾斜的屋顶；60° -90° 判断为屋顶物体	平屋顶——绿化屋面或光伏屋面
d. 坡向	判断平坡屋顶	坡屋顶——光伏屋面
e. 可达性	有上人楼梯间	绿化屋面

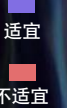
筛选过程

适宜性评价

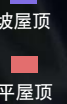
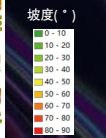
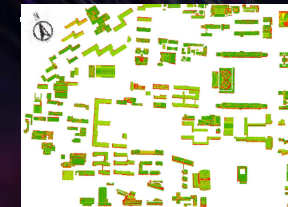
a. 高度



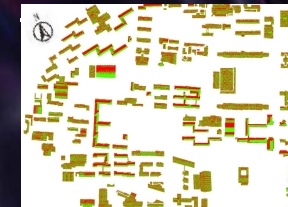
b. 面积



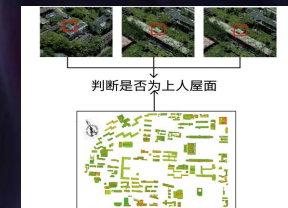
c. 坡度



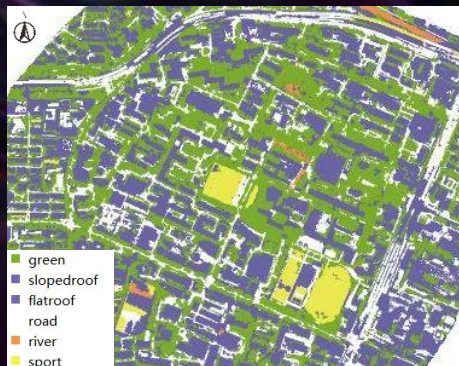
d. 坡向



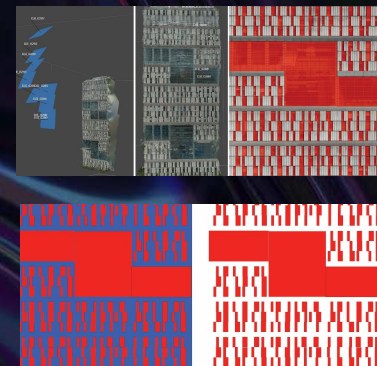
f. 可达性



正射影像-类型分割

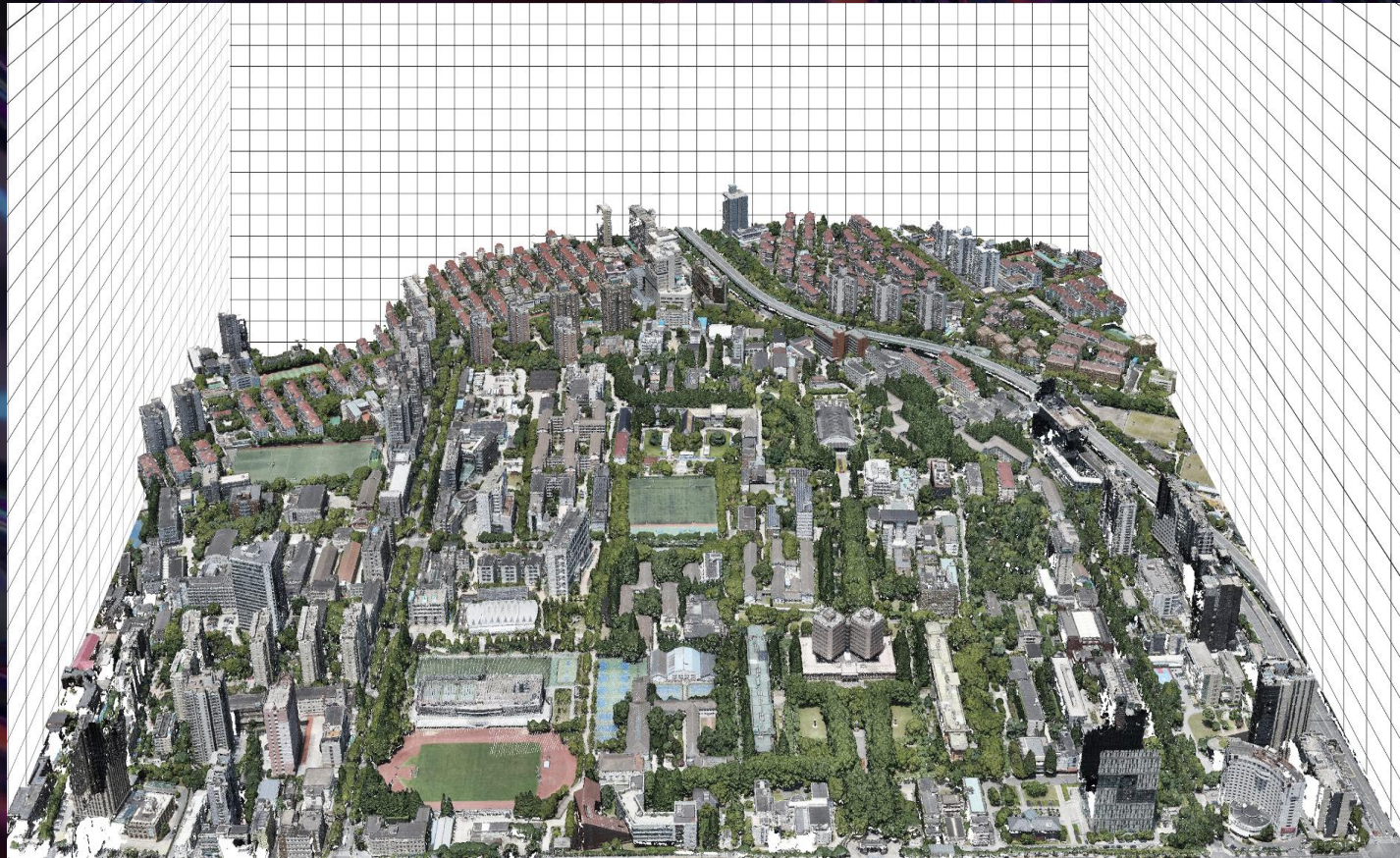


立面-低碳化改造研究路径





4. 结果发现



■ 适宜
□ 不适宜



■ 适宜
□ 不适宜



■ 适宜
□ 不适宜

- 校园全域适合进行绿化改造的屋顶面积占总面积的35.20%
- 校园全域适合进行光伏改造的屋顶面积占总面积的56.75%
- 以衷和楼南立面为例，窗墙比为81.9%，可被替换的玻璃面积为3931.2m²



5.工作场景



学习无人机的拍摄方法



操作无人机拍摄建筑立面



数据信息处理与分析



1. 研究背景

GoPro 相机易于上手操作，并且能够全面采集校园内部的最新图像，全面反映校园的客观物理环境，借助深度学习模型，分析步行环境与其放松效应的关系。

我们的研究问题是：

- 什么样的步行环境让学生感到更加放松？
- 同济校园内不同品质的步行环境是如何分布的？



2.数据采集



图像采集路线

于10:00-11:00, 13:00-14:00, 17:00-18:00三个不同的时间段完成了同济大学道路图像的采集, 累计得到72GB的1080p、30帧的视频, 每100帧抽取一张图像, 共4635张



与自行车配套的采集设备

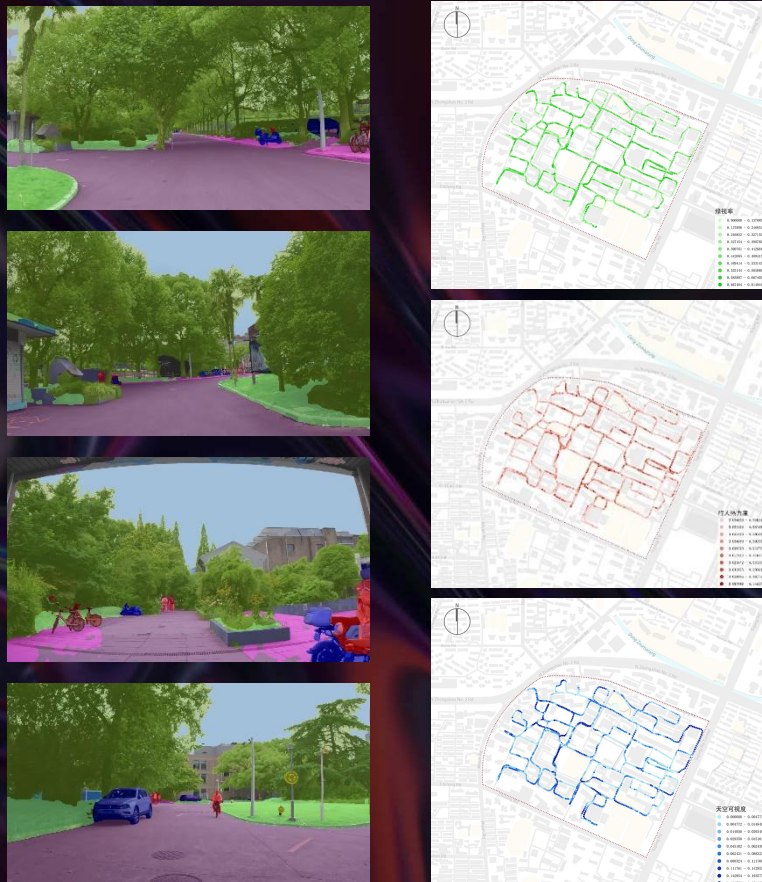


视频抽帧提取街景照片

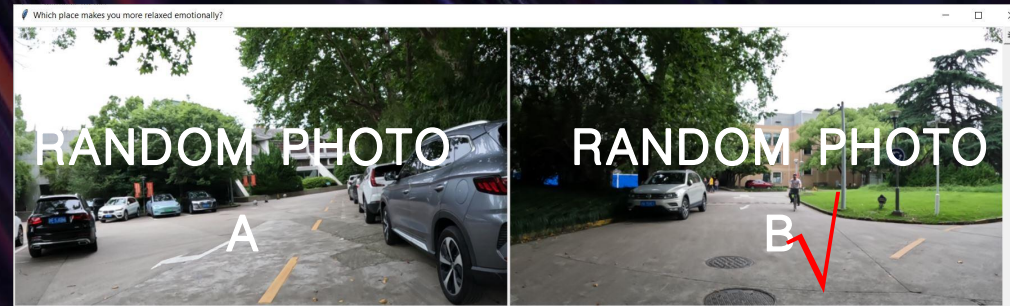


3. 数据分析

客观环境分析 (语义分割) : OCRNet



主观感受分析 (主观打分+深度学习模型ViT训练)



上图哪一个场景让你感到情绪上更加放松?

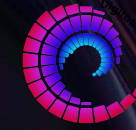
模型预测结果示例



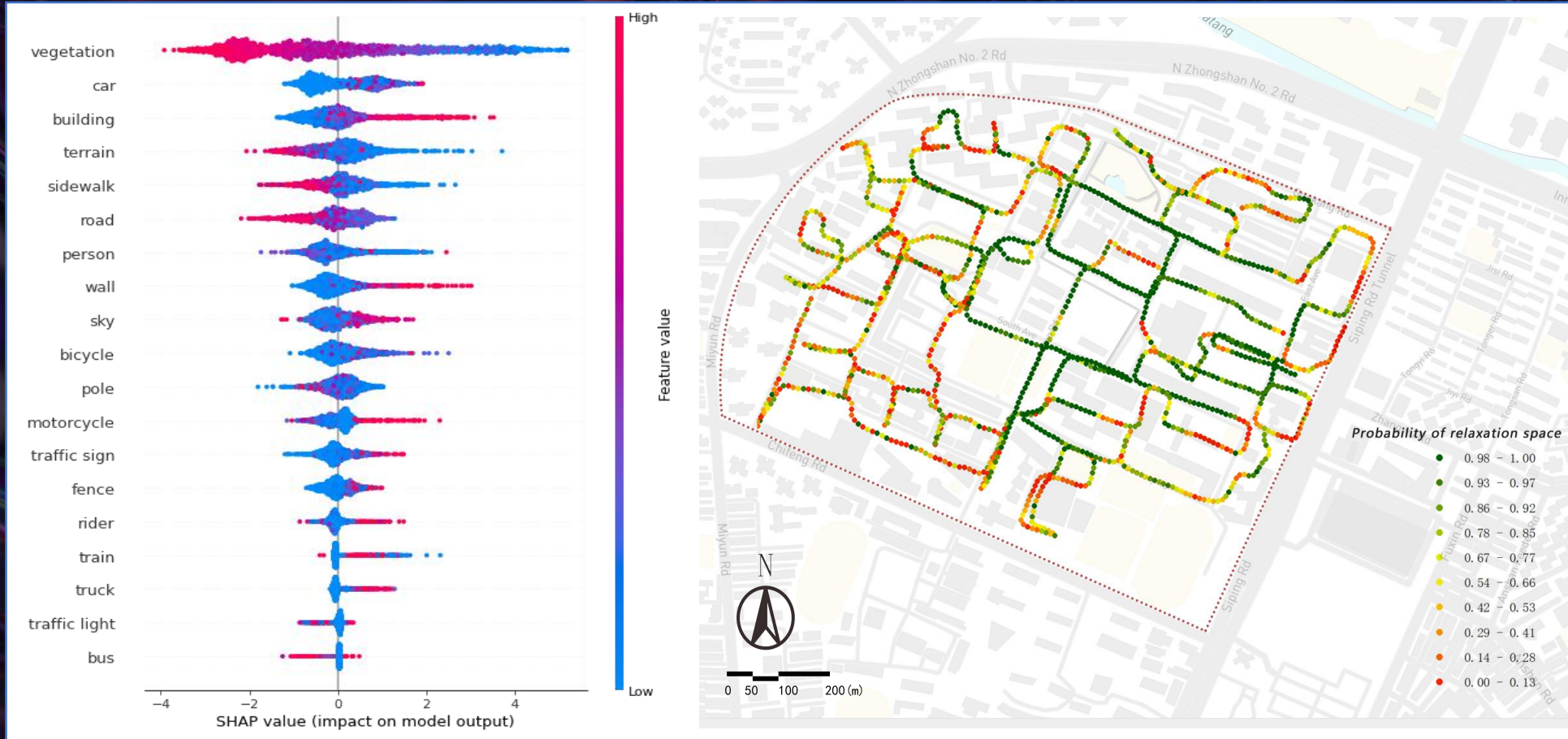
积极概率 0.909
消极概率 0.091



0.059 0.941



4. 结果发现



1.正相关前五的要素：乔木、地被植物、人行道、道路、行人；

2.负相关前三的要素：建筑、墙体、天空。

3.校园内最积极的空间位于同济大学东南区域，以教学南楼、中德学院、中法中心等为主要空间。



5.工作场景



图像采集小组



小组工作场景



1. 研究背景

- 空间的活力在评价空间质量和吸引力上起着重要作用，相较于以往低样本调查或低精度定位获取的人群活力数据，主动感知技术能够实现对个体环境感知与行为活动的精准反馈。
- 图像采集技术手段（如：打猎相机）的进步已允许研究者实现对校园人群活动与物质环境的长时段、高精度捕捉，针对人本尺度公共空间的活力建模成为新可能。



2.数据采集

采集工具

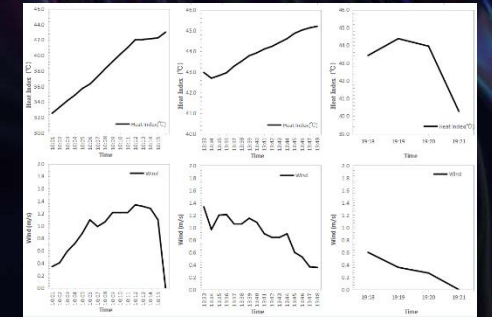
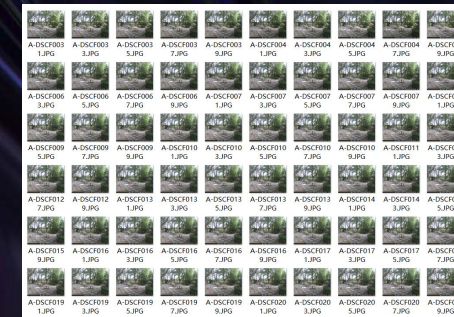
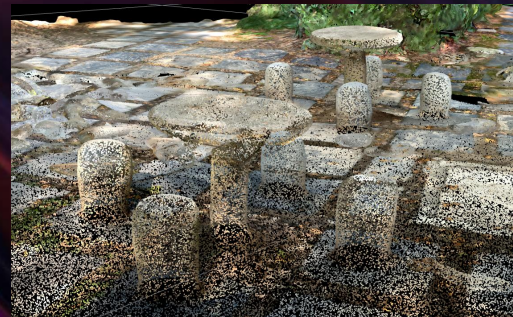
iPad Pro (2台)

在线问卷

打猎相机H881 (4台)

风热设备Kestrel5500 (1台)

原始数据



采集数量

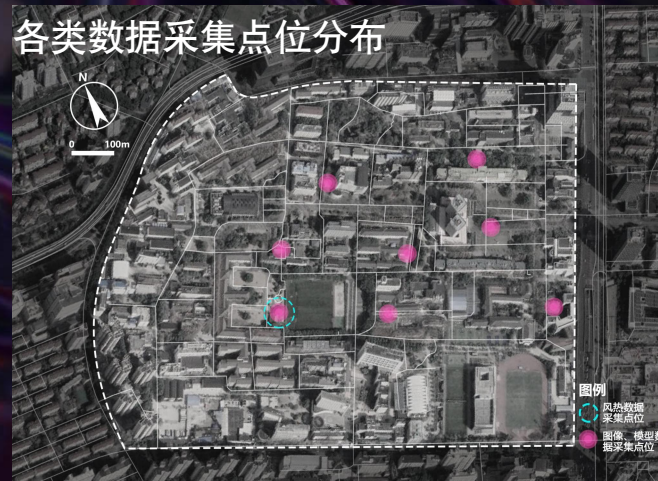
共扫描公共开放空间模型8个

共搜集到问卷88份

图片26455张, 视频840分钟

共采集风、热数据684条

各类数据采集点位分布



三维模型采集



打猎相机



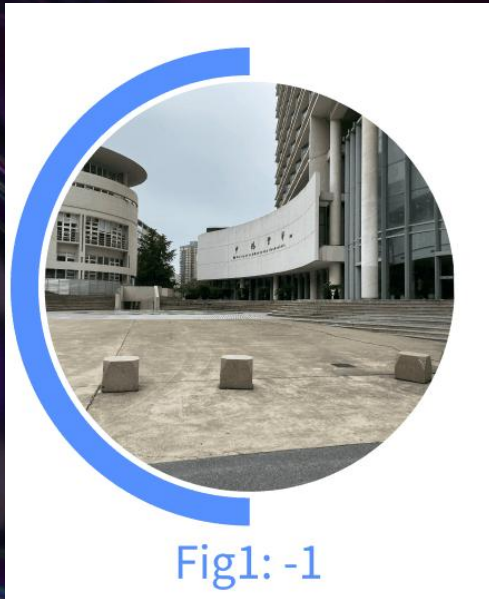
打猎相机架设



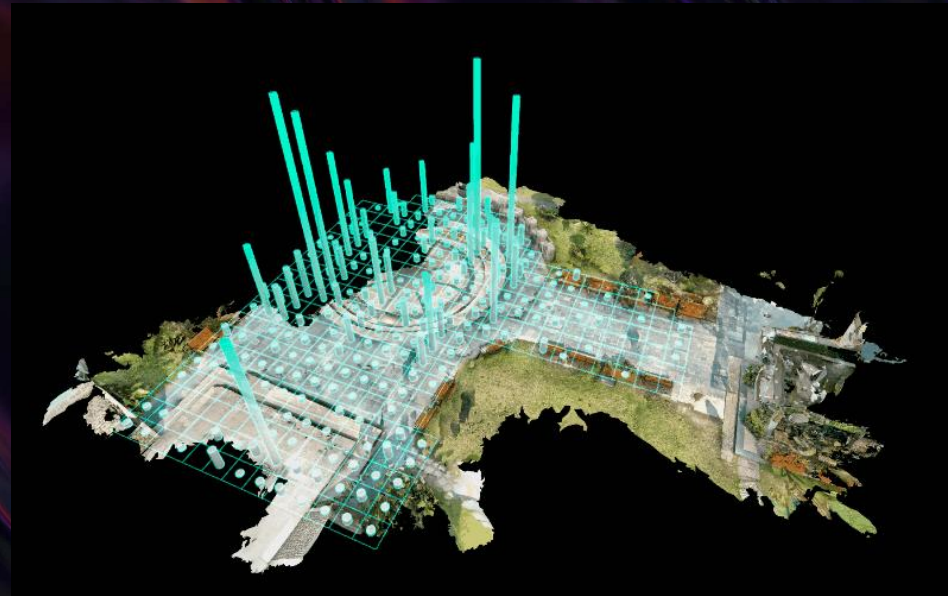
风热设备架设



3.数据分析



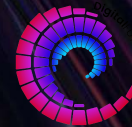
基于问卷数据
生成主观感知



基于 Metascan与Grasshopper
生成三维空间人群分布热点

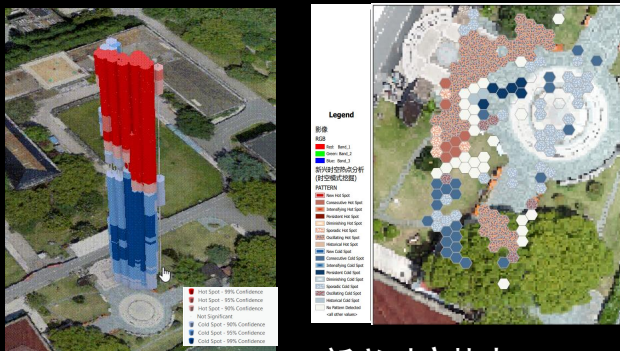


基于Yolo-SlowFast
生成行为活动轨迹



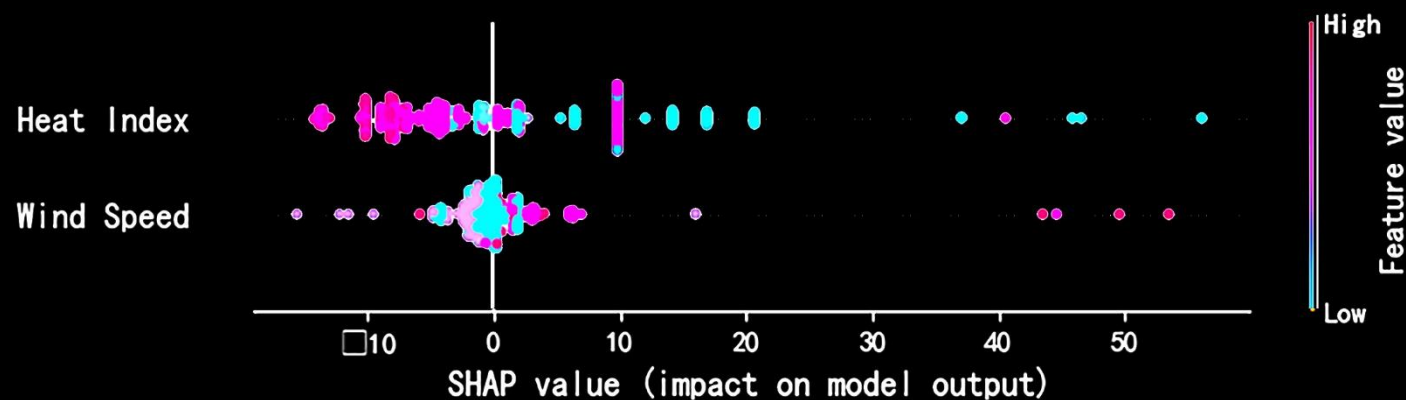
4. 结果发现

人群行为时空聚集特征的分析与挖掘



- 通过对音乐广场人群活动数据的挖掘发现，人群活动聚集时段主要出现在每日傍晚。

风热环境对行人活动影响的非线性建模与可解释性分析



- 风速对行人数量体现正向影响
- 热感指数对行人停留时间体现为负向影响



5.工作场景

数据分析与处理



设备架设



三维扫描建模



问卷调研





1. 研究背景

- 对电子设备的依赖使得大学生的屏幕暴露激增，并引发安全、健康等一系列问题。在校园中，在人车混杂的道路上使用手机的现象屡见不鲜，屏幕暴露的时空规律亟需研究。
- 穿戴式相机可提供记录个体活动的大量图片数据，蕴含了丰富的个体行为与时空信息，形成个体生命日志，可以有效描述个体在空间中的行为特征。



2. 数据采集

I 感知数据收集

■ 穿戴式设备

- 穿戴相机采集
间隔30秒采集照片
- 穿戴式手环采集GPS



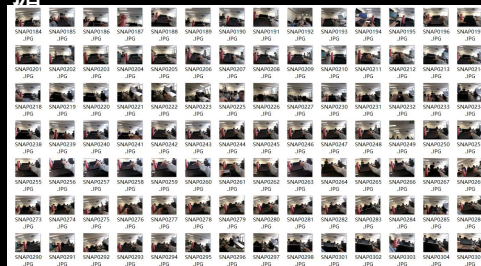
设备及佩戴



数据采集

■ 导出数据

- 将穿戴相机当日照片备份
数据

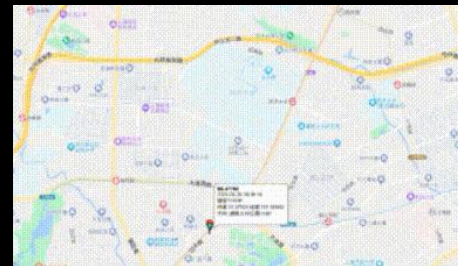


照片采集

- 通过网站导出当日轨迹数



一日照片流

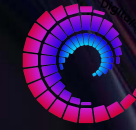


GPS轨迹

感知数据采集共招募到23名志愿者，
6月26日至6月28日采集到99825条数据，
其中室外25399条，室内74426条。

采集数据（其中1人示例）

采集日期	室内图像数量	室外图像数量	总计
2023/6/26	1080	378	1458
2023/6/27	984	332	1316
2023/6/28	1168	395	1563
总计	3232	1105	4337



3.数据分析

I 数据清洗

数据安全保证

- 清除包含隐私图像



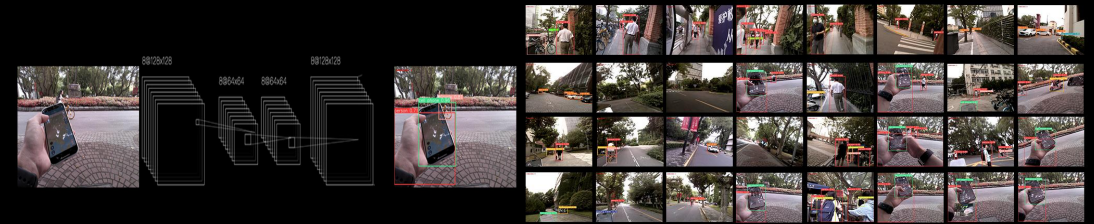
白平衡处理

- 保证数据处理精度



I 屏幕暴露强度

- YoloV8目标检测
- 检测手机屏幕是否使用



I 屏幕暴露位置

ResNet图像语义分割: 检测是否为室外空间

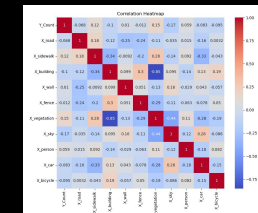


I 感知分析

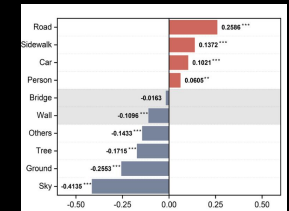
屏幕暴露时空分析



屏幕暴露相关性分析



屏幕暴露影响因素分析





4.结果发现



(a) 早晨, 12点前 (不包含尾端, 下同)

(b) 下午, 12-16点

(c) 晚上, 16点后

不同时间段校园内手机屏幕暴露地点地图

- 早晨和晚上校园户外的屏幕暴露空间分布类似 (皮尔逊相关系数为0.522, $p < 0.01$)。
- 屏幕暴露度在中午高、晚上低。



5. 工作场景



数据采集



研究分析



拍摄照片样例



收集到的同济大学校园数据总结

无人机组

四平路校区：
校园航拍图
校园航拍视频
校园点云模型
校园网格模型
校园数字高程模型

GoPro组

四平路校区：
72GB道路运动相机摄影视频
4635张基于视频提取出的图像
2500多次街景图像人工评分语义分割得到的19类要素占比图像分类得到的积极消极概率

打猎相机组

8个校园场景三天的：
视觉偏好
视频
图片
全景
风速
体感温度
数据三维模型
内部空间设计
(座椅、活动设施等)

穿戴式相机组

23名志愿者4天个体视角图像
23名志愿者GPS轨迹



我们的发现总结

组别	研究题目	发现总结
无人机组	基于UAV的图像校园感知： 建筑屋面与立面的低碳化改造 评估	<ul style="list-style-type: none">· 产出屋顶低碳化改造的潜能分类地图，校园全域适合进行绿化改造的屋顶面积占比35.20%，适合光伏改造的占比56.75%· 以袁和楼南立面为例，窗墙比为81.9%，可被替换的玻璃面积为3931.2m²
GoPro组	校园步行环境与其放松效应相 关性研究	<ul style="list-style-type: none">· 校园平均绿色覆盖率为0.51，天空覆盖率的平均比例为0.06；· 行人密度呈现出中心密、外围松的特征模式中心区域的最高密度可达14.49%。该模式与放松的感觉相似，表明诱导放松的场景更有可能受到人们的青睐
打猎相机组	户外环境与人群跟踪的校园空 间活力建模	<ul style="list-style-type: none">· 户外环境对个体环境感知与行为活动存在影响· 通过时序数据研究风热环境对行人活动的影响，结果表明，场地内风速对行人通过数量有正向影响，热感指数与人群停留时间有负向影响
穿戴式相机组	通过穿戴式相机评估校园手机 屏幕暴露感知	<ul style="list-style-type: none">· 早晨和晚上校园户外的屏幕暴露空间分布类似（皮尔逊相关系数为0.522，$p < 0.01$）；· 屏幕暴露度在中午高、晚上低



技术总结-硬件

无人机组

DJI Mavic 3 Classic 1台

自带相机像素：2000万
自带相机照片分辨率：5280 × 3956



Rainpoo D2M 1台

照片像素：1亿
照片分辨率：6000 × 4000



打猎相机组

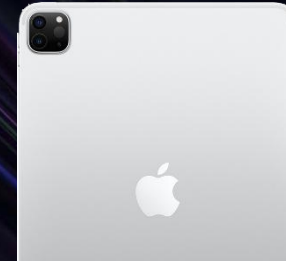
H881打猎相机 4台

照片像素：1000万
视频分辨率：1080p



iPad Pro 2台

照片像素：1200万
雷达镜头测距方式：dToF



Kestrel 5500气象仪 1台

风速检测范围：0.4~40.0 m/s
热指数检测范围：21.1~54.4℃



GoPro组

GoPro HERO10 Black 3台

照片像素：2300万
视频分辨率：5.3K 60fps



穿戴式相机组

穿戴式相机 21台

照片像素：500万
拍摄方式：间隔30s自动拍摄



穿戴式GPS手环 21个

GPS数据精度：每30s更新GPS点位





技术总结-软件

手机软件	Metascan FootPath GPS GS DJI Pro	   	雷达相机录制 测绘轨迹规划导航 地理定位信息记录 航线规划
电脑算法	PSPNet / Segment Anything (SAM) OCRNet ResNet-18 / YOLO v3、v5、v8 ViT-base-patch16	  	语义分割 物体识别 图像物体识别 (CNN)
电脑软件	SlowFast MicroSoft Trueskill Rhino&GH Pix4D Capture Agisoft / Pix4D Mapper Arcgis Pro Cloud Compare Visual Studio Code	         	图像物体识别 (Transformer) 视频物体检测 评级系统与匹配算法 建模与数据可视化 航线规划 三维点云生成 数据分析与可视化、三维点云处理 三维点云处理 代码脚本管理



Architectural
DigitalFUTURES 2023

谢谢大家!