

手机大数据在城市空间规划与管理中的应用： 框架与案例

同济大学建筑与城市规划学院教授
大数据与城市空间分析LAB主任

王德

2017年12月

信令数据

- 手机与基站之间联系或周期确认状态的记录
- 近似全样本、全时、附带空间信息—契合需要！
- 居民空间活动的最全面最直接记录



上海市手机数据概述

- 数据范围：

2014年某两周上海市域移动数据

- 基站概况：

全市域约36000个基站，中心城区基站间距100-300米，郊区1000-3000米。

- 记录数：

每天4-8亿条记录

- 用户数：

总记录用户数约2300万人，每天记录用户数1600-1800万人
(约占2014年上海2415万常住人口的70%)



应用框架

• 内容

- 人口动态分析
- 建成环境评价
- 规划实施评估
- 现状问题诊断
- 特定设施、活动分析
- 模拟、优化
- 规划监测监控平台构建

成果

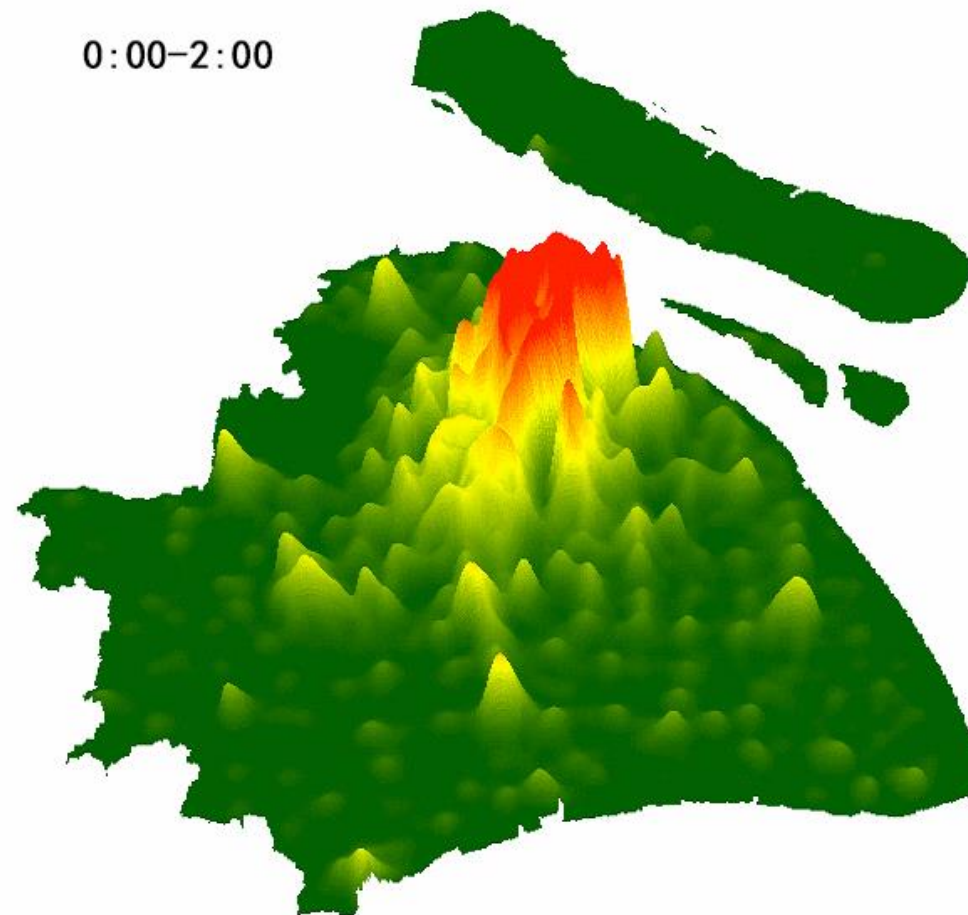
- 一套现状图：定期
- 一组指标体系：定期
- 规划管理、编制支撑系统

• 空间单元

- 市域
- 市区
- 区县
- 街道、控规单元
- 部分特定设施

人口动态分析：高频时空动态

- 动态分布
- 居住与就业人口
- 通勤
- 在场人口：构成分解



一日周期特征

1 市级中心

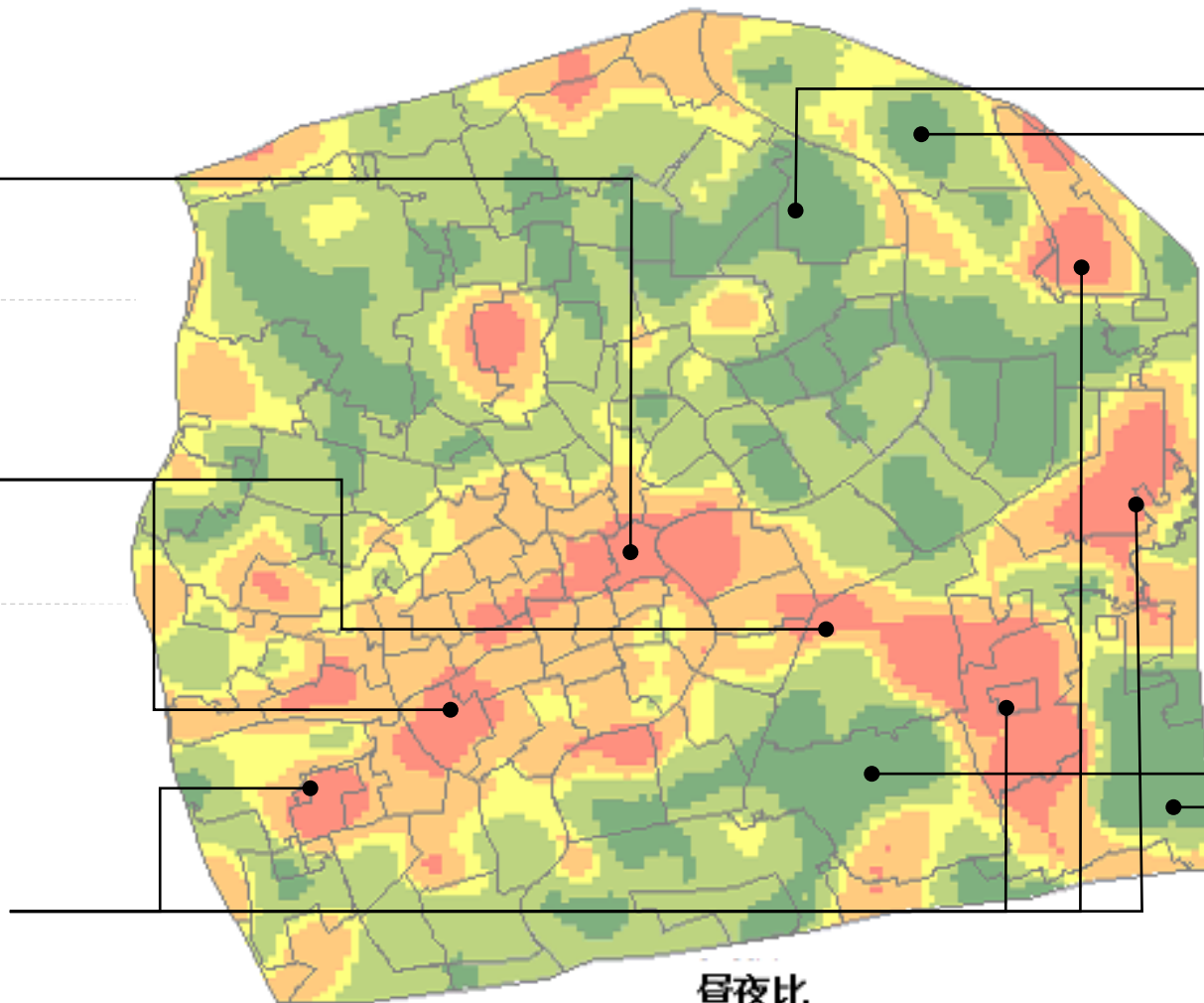
南京东路、
陆家嘴.....

2 副中心

徐家汇、
花木.....

3 就业中心

张江高科技园区、
漕河泾园区、
金桥出口加工区、
外高桥保税区.....



1 新建大片集中居住区

新江湾城.....

2 村镇集中居住区

北蔡镇
高桥镇.....

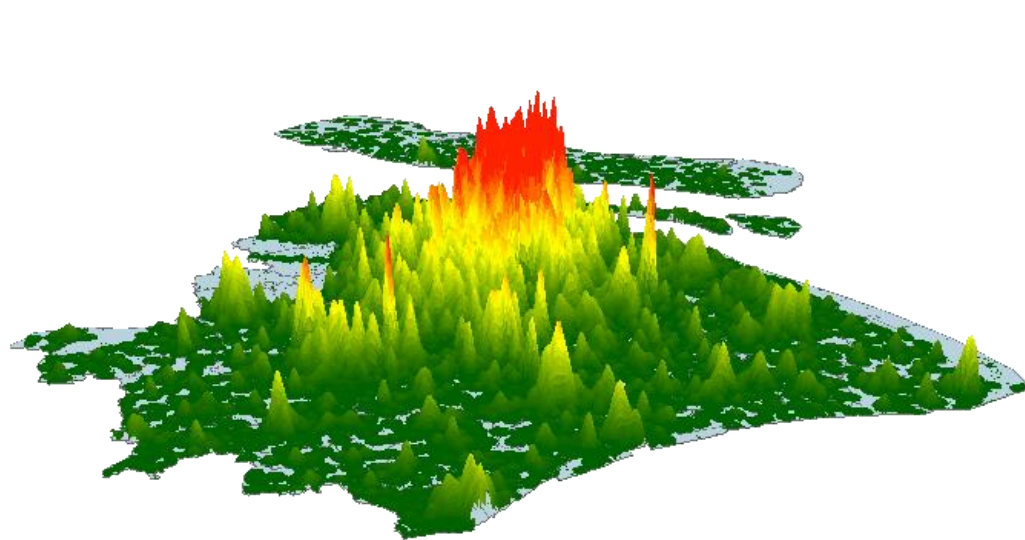
3 集中安置区

张江东部孙桥.....

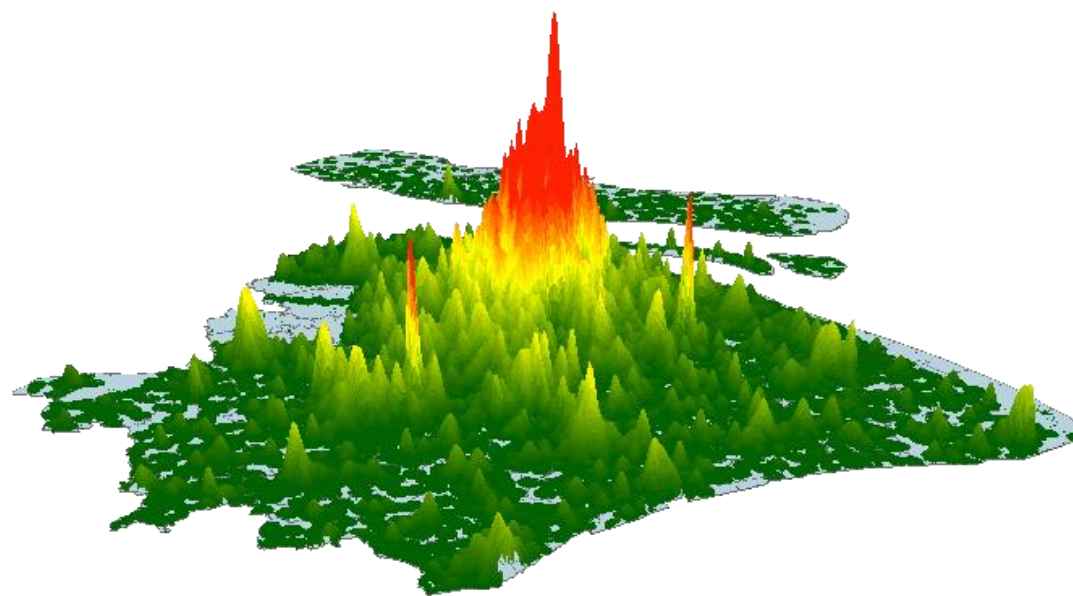
昼夜比

- 夜晚明显高于白天 (0.91-1.33)
- 夜晚略高于白天 (1.34-1.60)
- 相对均衡 (1.61-1.80)
- 白天略高于夜晚 (1.81-2.50)
- 白天明显高于夜晚 (2.51-6.74)

人口的居住和就业地分布



居住人口密度



就业人口密度

识别规则

在场人口：指某一时间点在某一区域内出现的人口数

常住人口：指在固定区域内长时间居住的人口数（天数 ≥ 10 天）

流动人口：指短时间在出现的人口（天数 ≤ 4 天）

识别结果

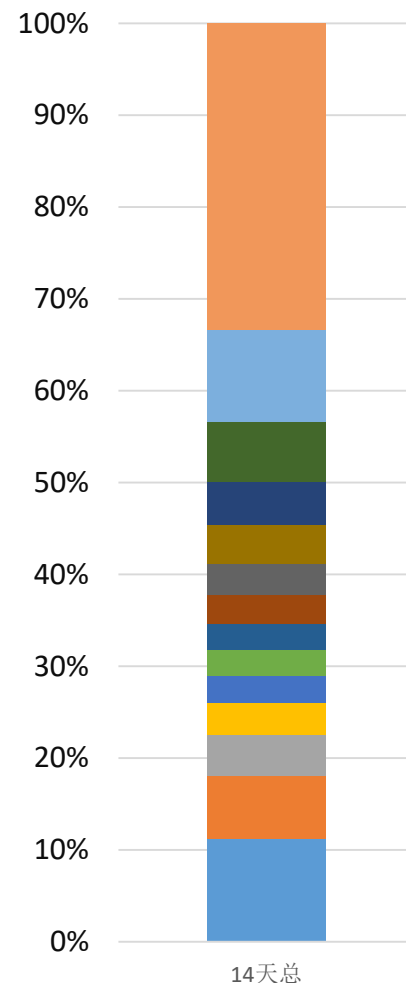
14天总人口：2419.3万人

14天总常住人口：1421.6万人（99+115+156+243+806）

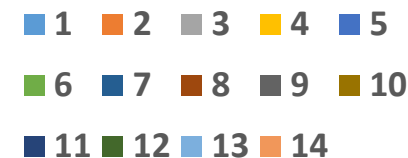
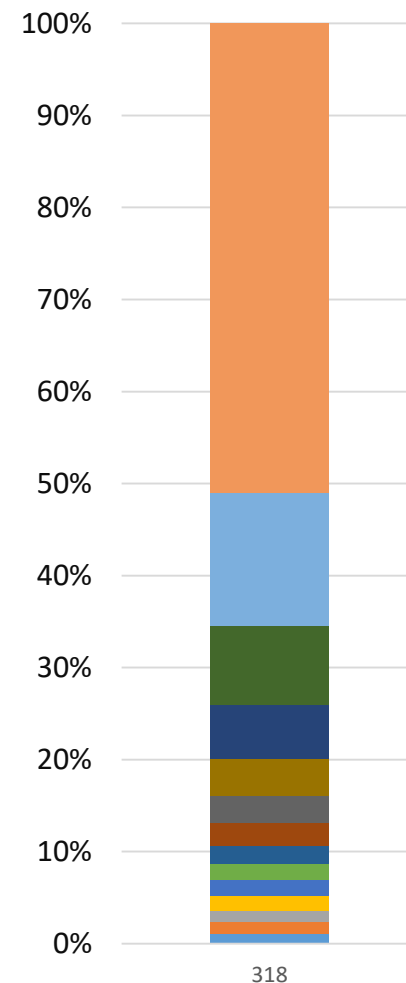
14天总流动人口：628.9万人（272+166+107+83）

对于14天总体来说，流动人口占比**26.0%**，常住人口占比**58.8%**，能识别出**84.8%**的样本；对于某一天而言常住人口占比**83.9%**，流动人口占比**5.3%**，能识别出**89.2%**的样本。

不同停留天数
群占比



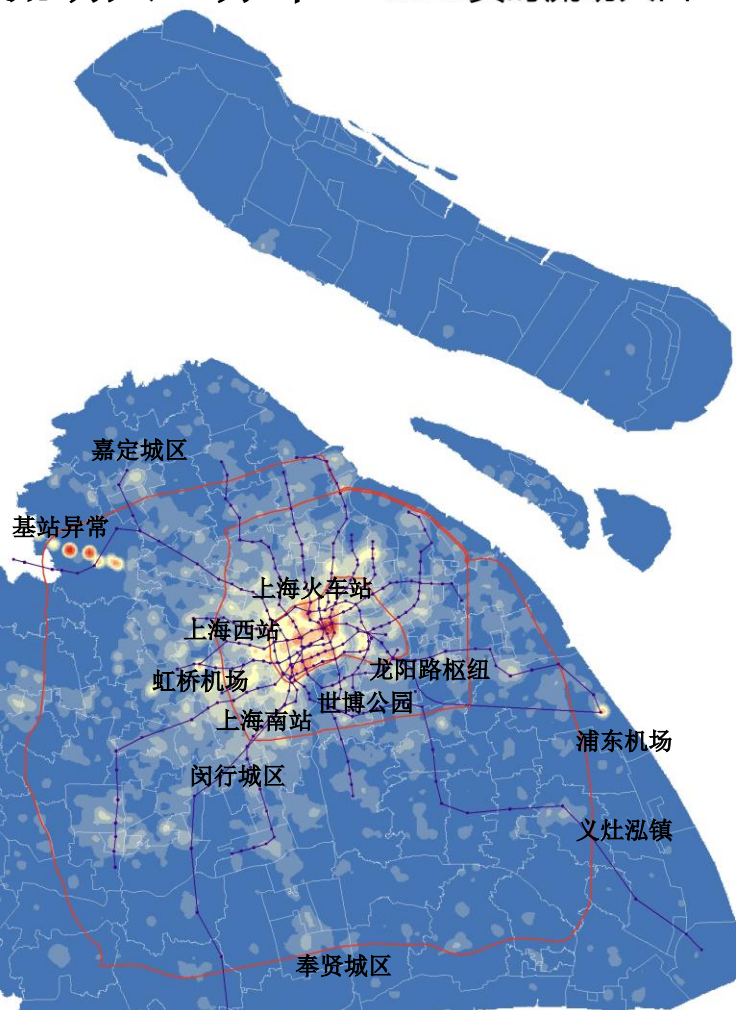
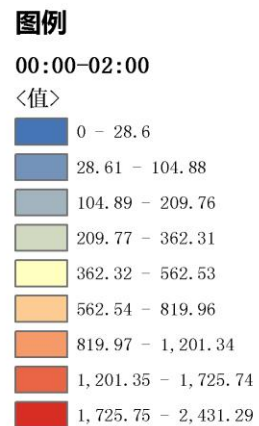
群占比



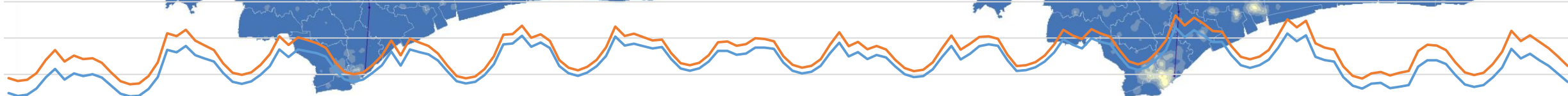
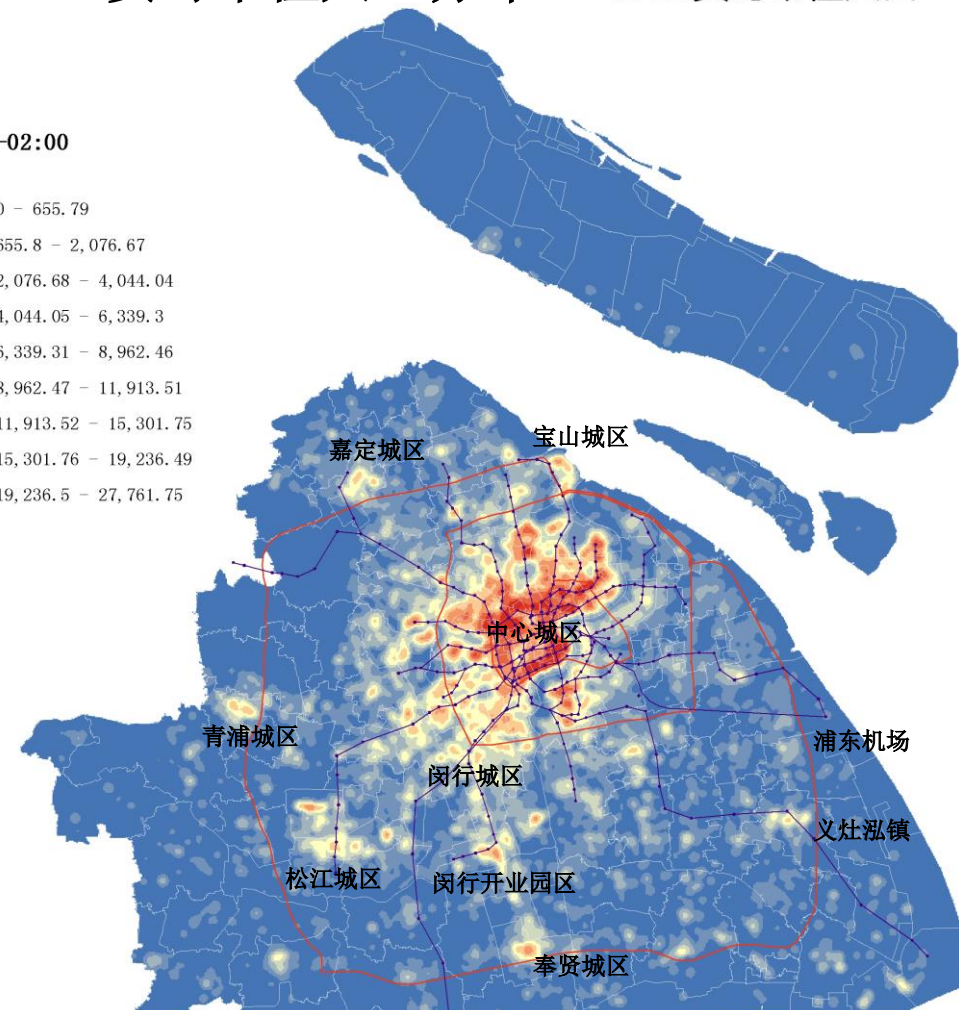
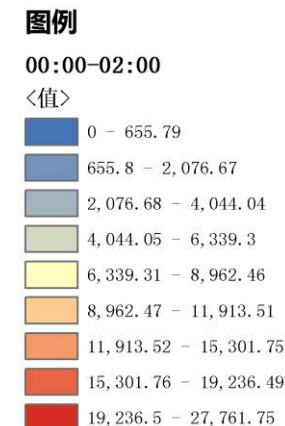
2

活动强度的空间分布

0318实时流动人口分布 0318实时流动人口

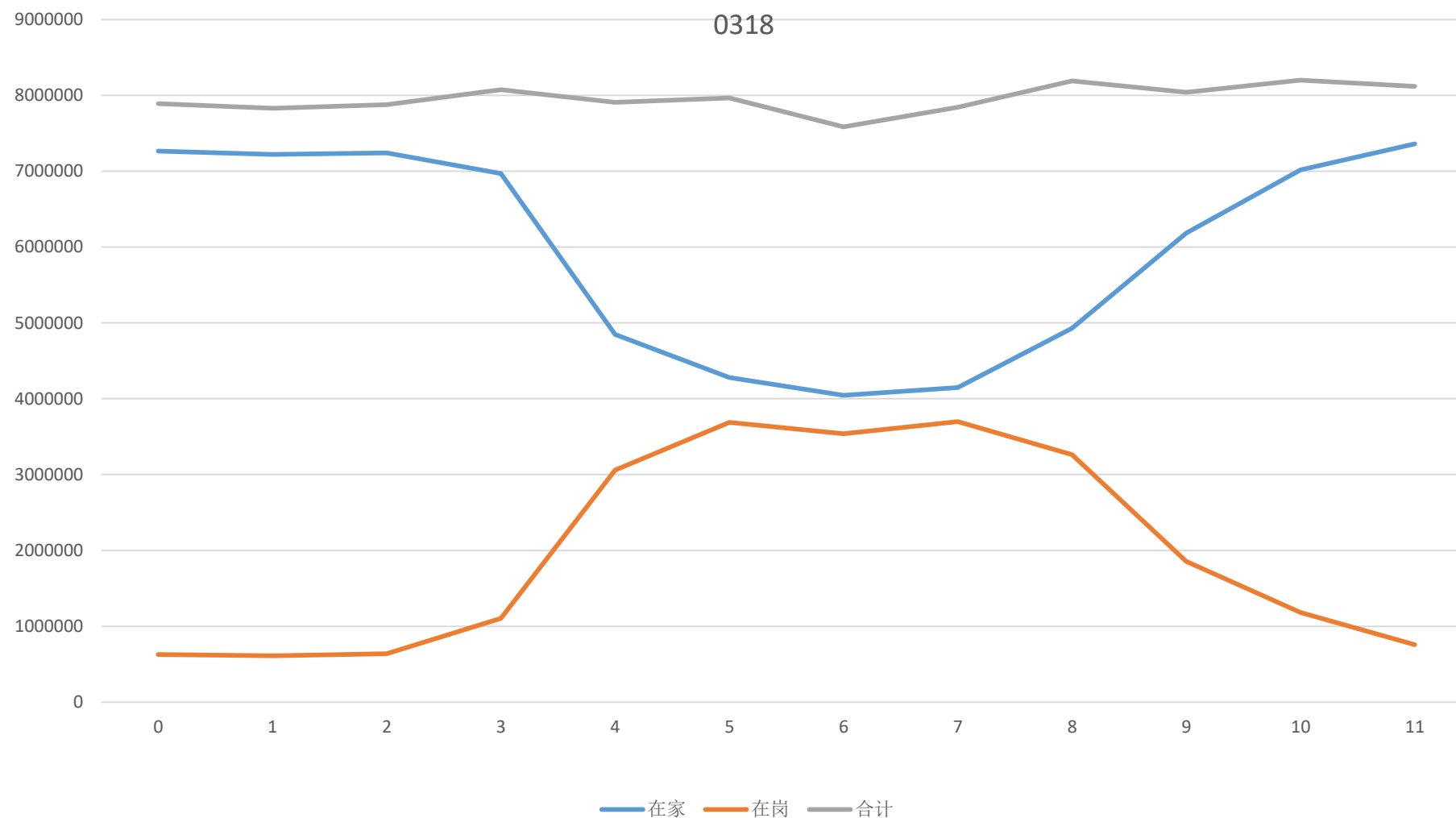


0318实时常住人口分布 0318实时常住人口



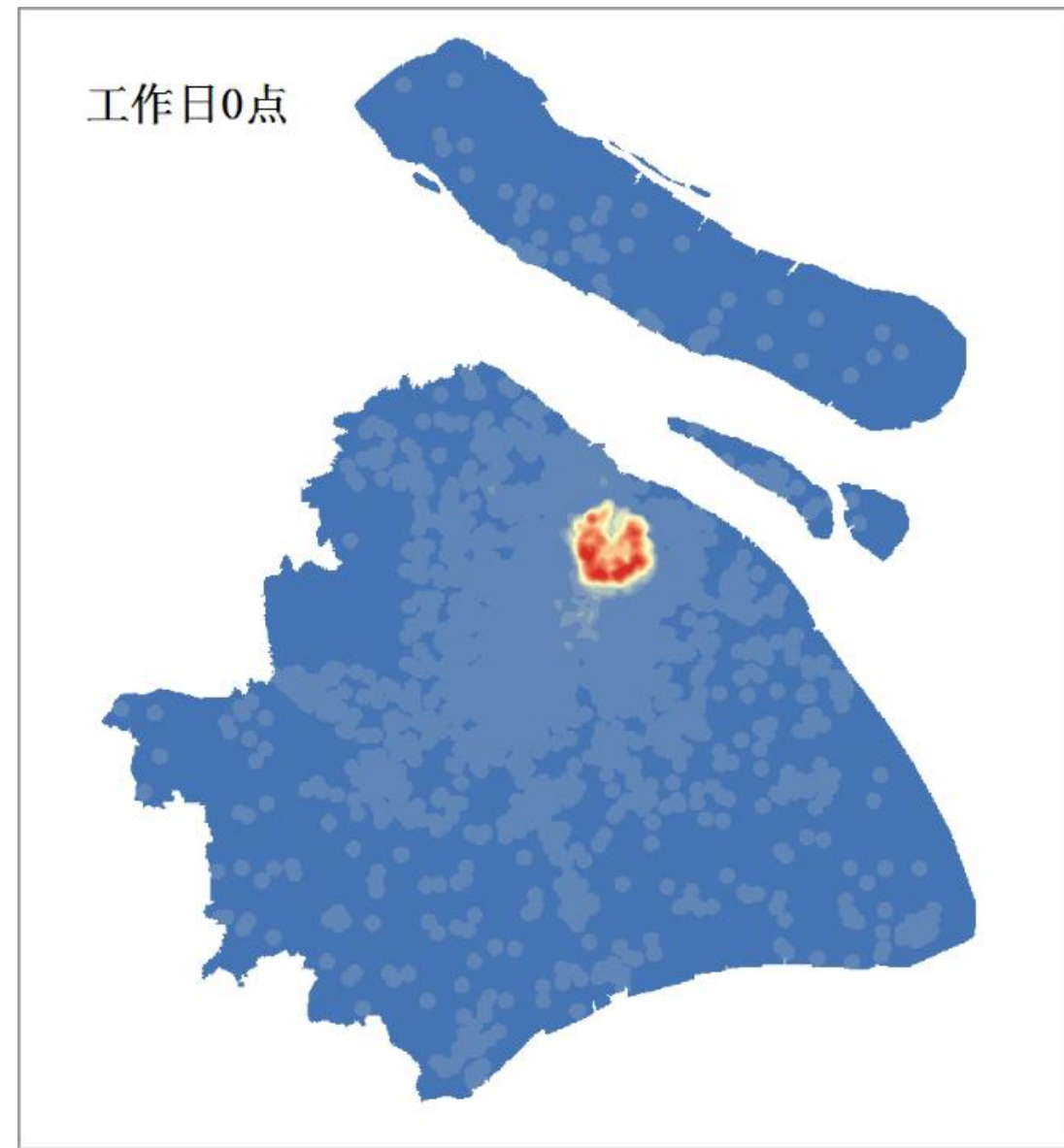
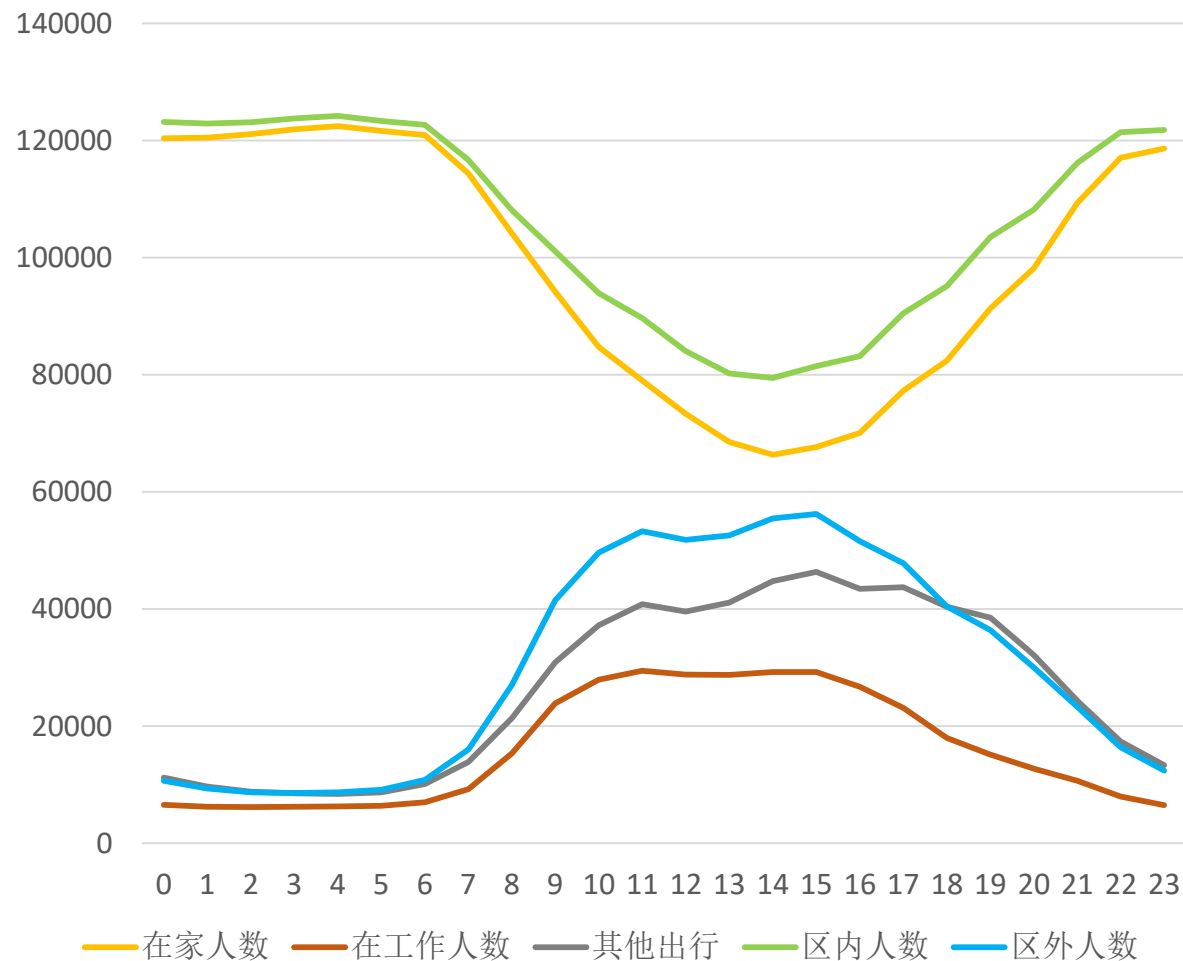
0318在家、在岗人数

羽玩



居住人口动态

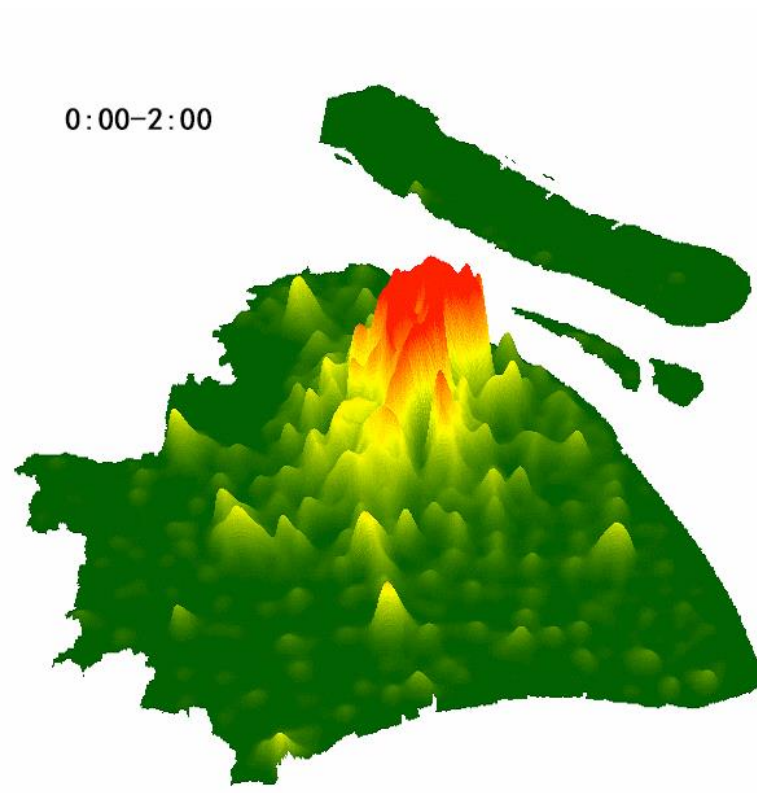
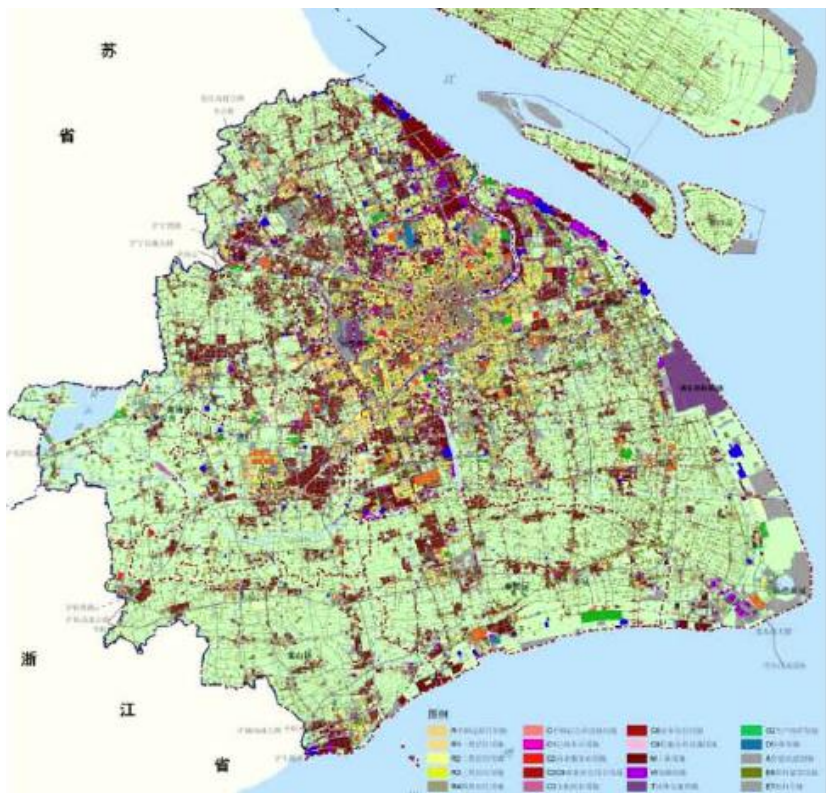
H1W0: 前往区外就业的居民分布变化



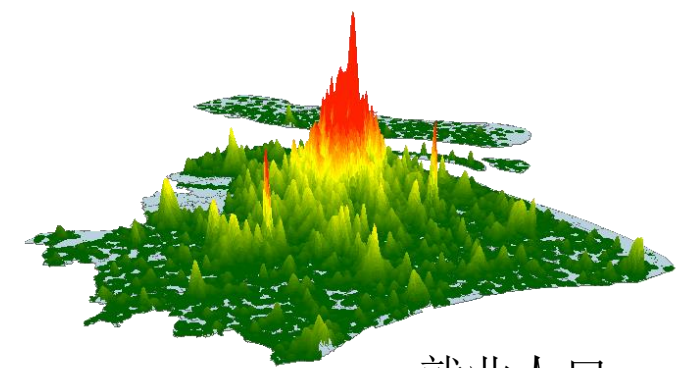
建成环境评价/规划实施评估

- 用地强度分析
- 用地混合度
- 职住平衡
- 中心识别，影响区划分
- 服务水平、配套水平评估

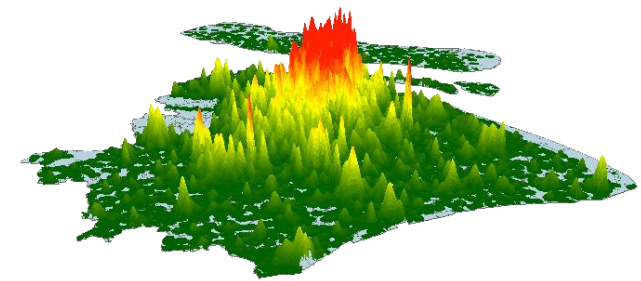
不同用地与不同性质人口叠加



分时人口

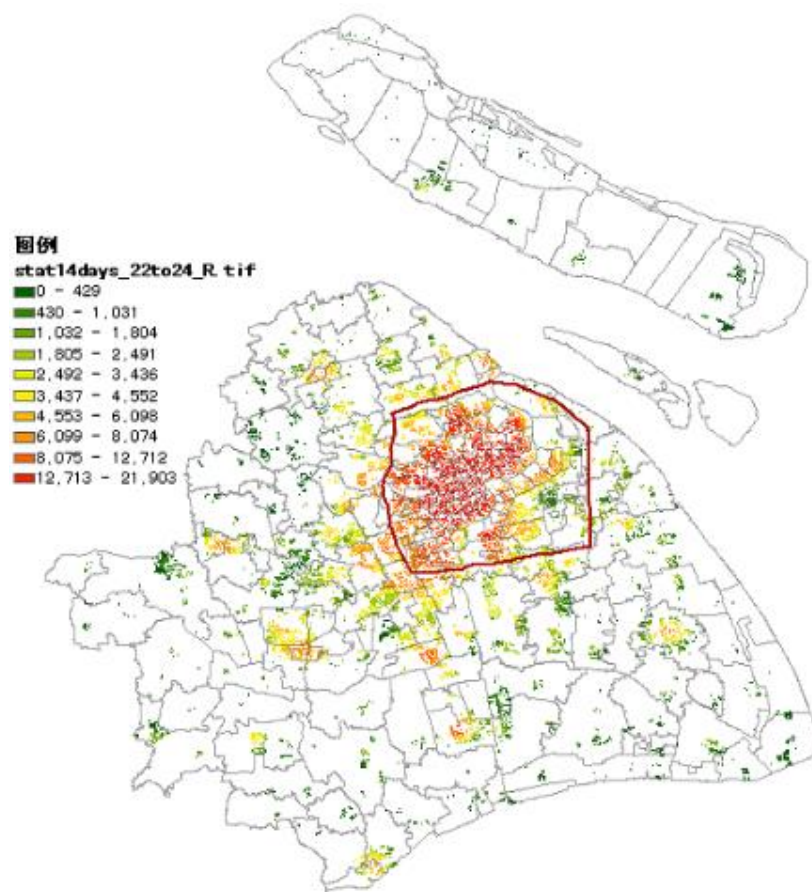


就业人口

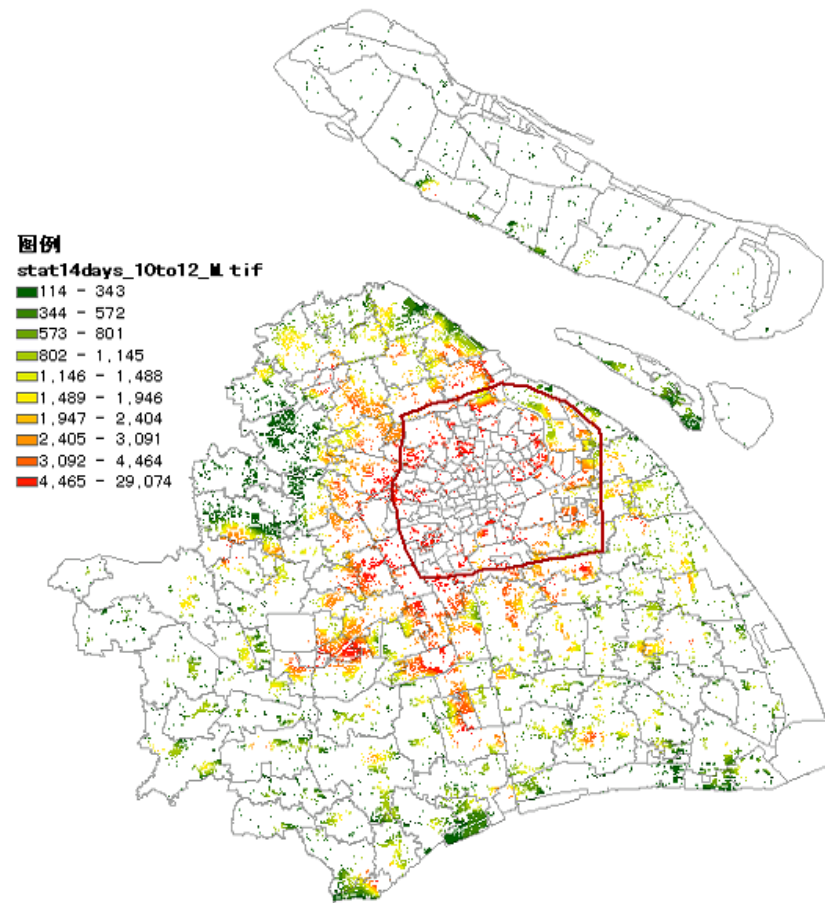


居住人口

人口与用地叠加



晚上22-24点人口密度多天平均值与居住用地叠加



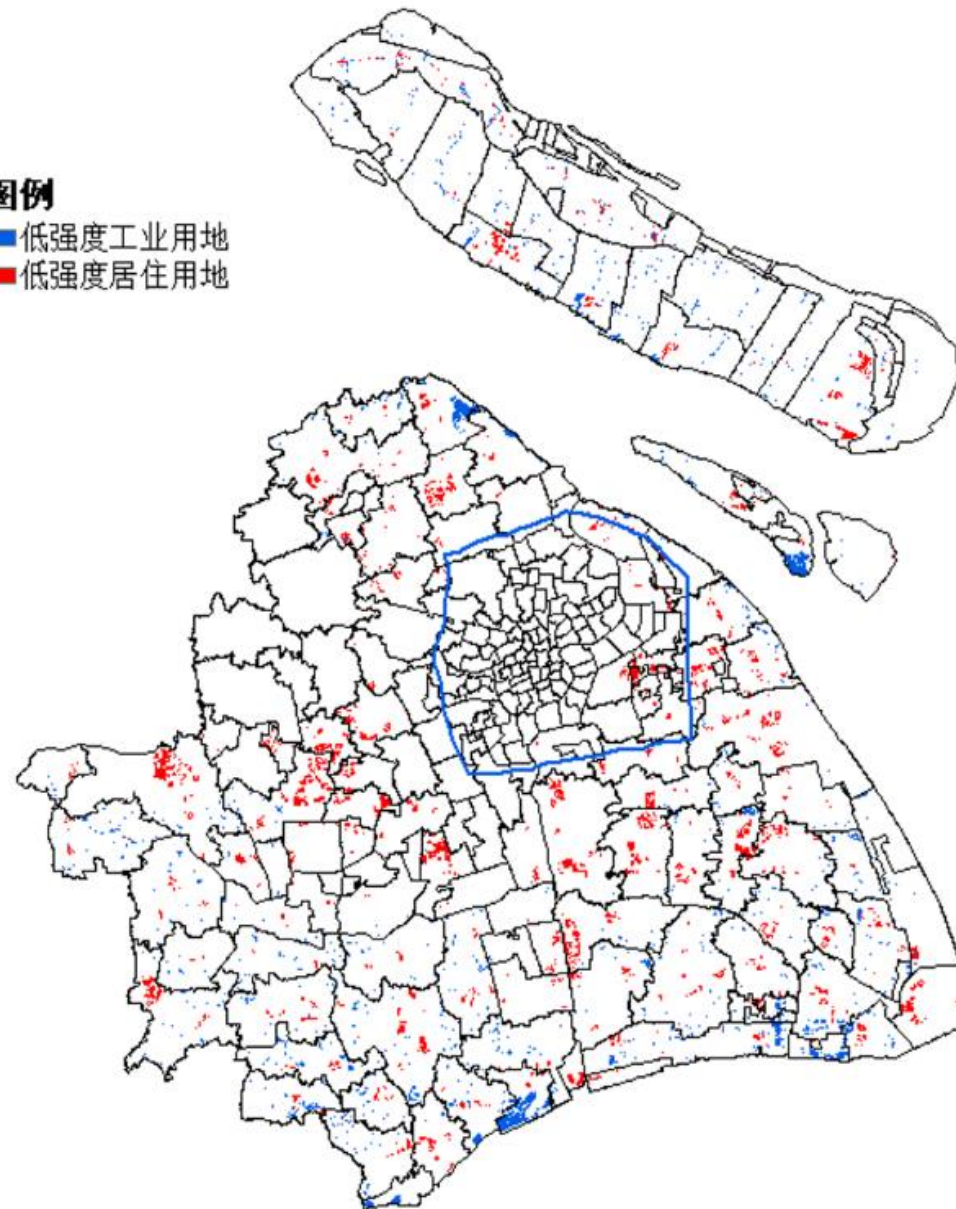
白天10-12点人口密度多天平均值与工业用地叠加

低强度用地

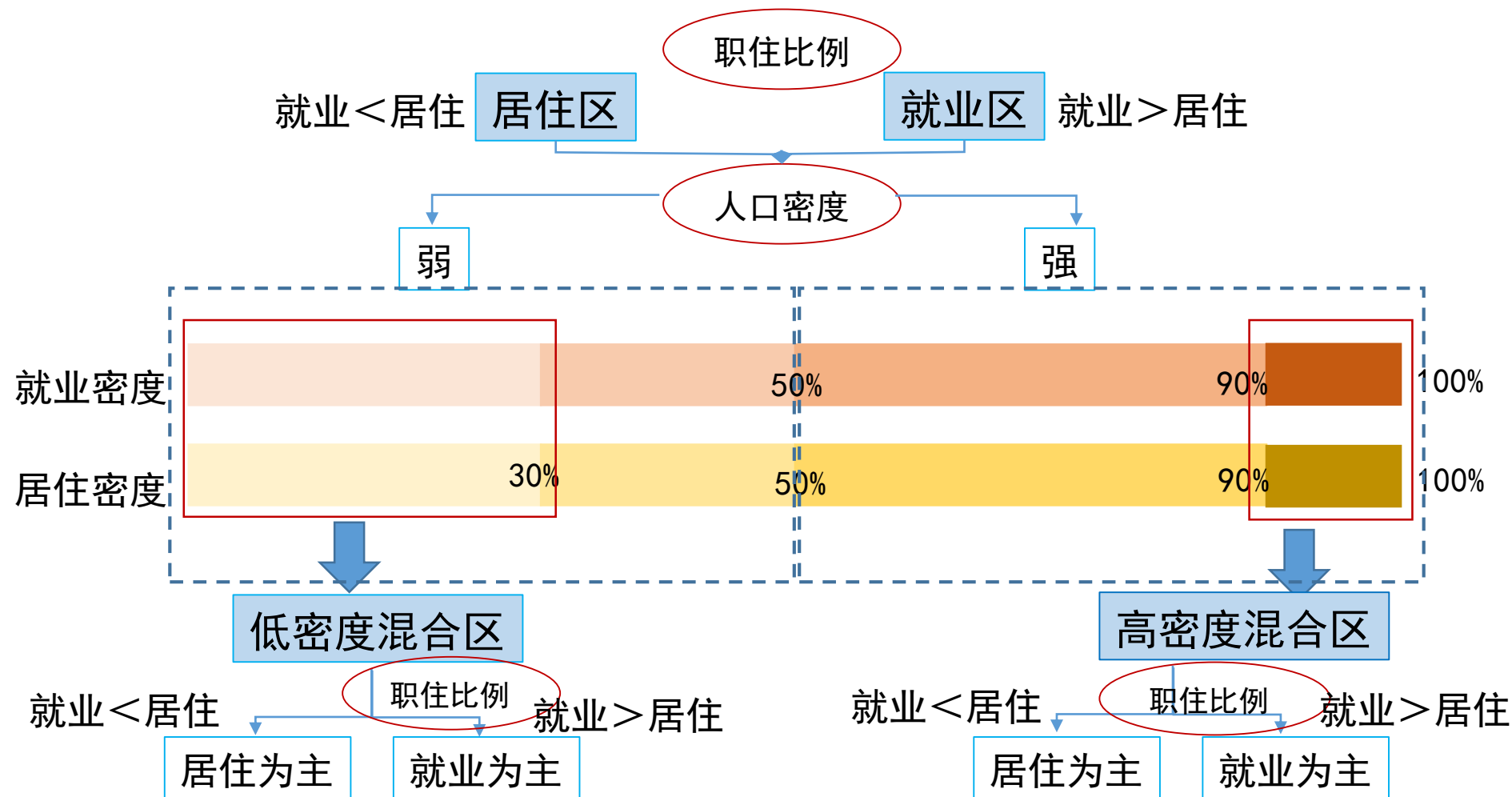
用地类型	低强度用地 面积（公里）	比例
居住用地	39.49	7.40%
工业用地	40.24	5.89%

图例

- 低强度工业用地
- 低强度居住用地



功能混合特征区划分

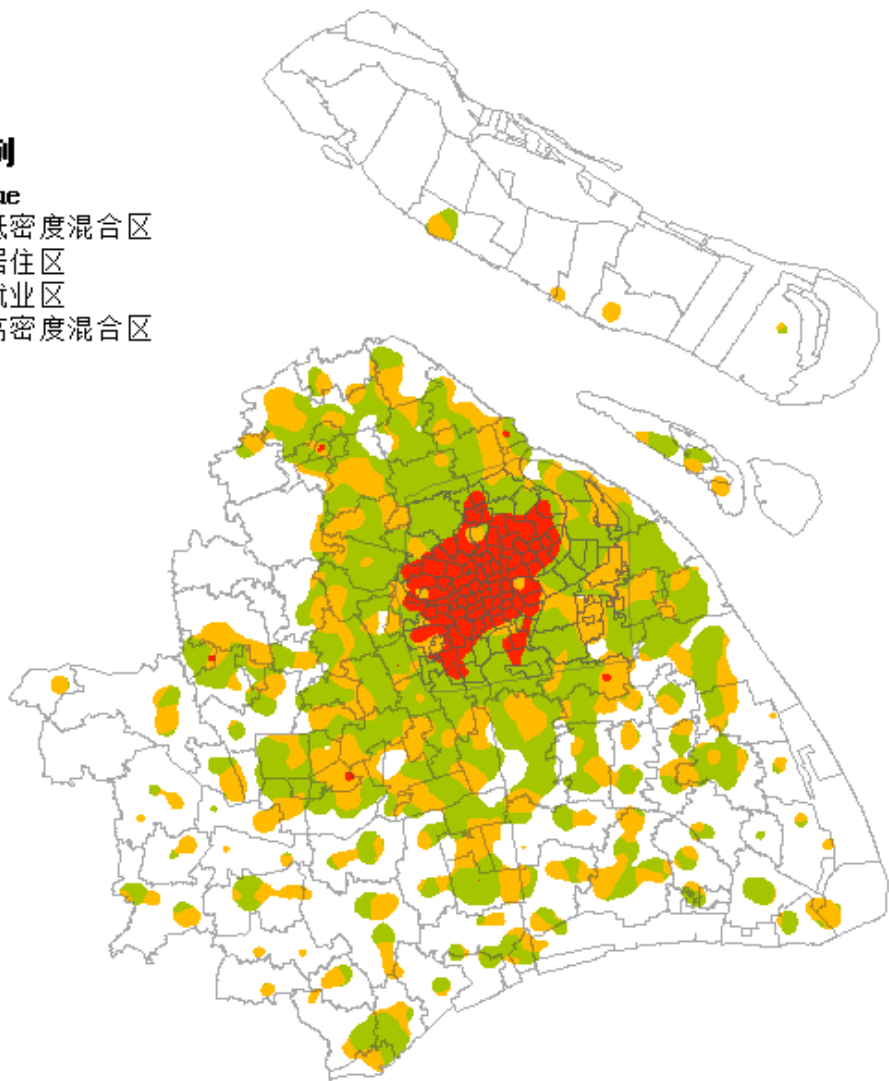


功能混合特征区划分

图例

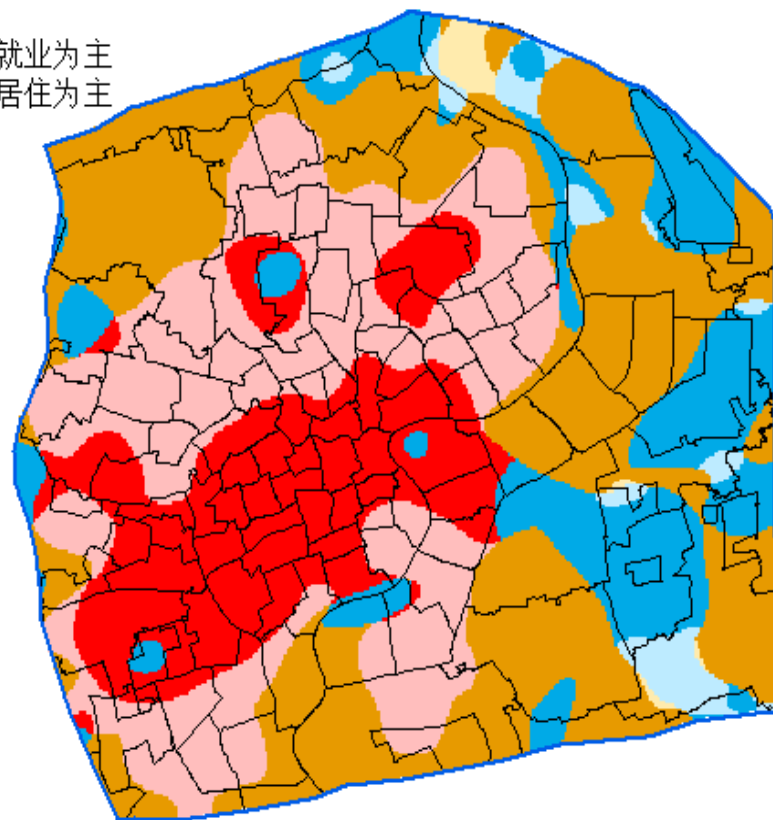
Value

- 低密度混合区
- 居住区
- 就业区
- 高密度混合区

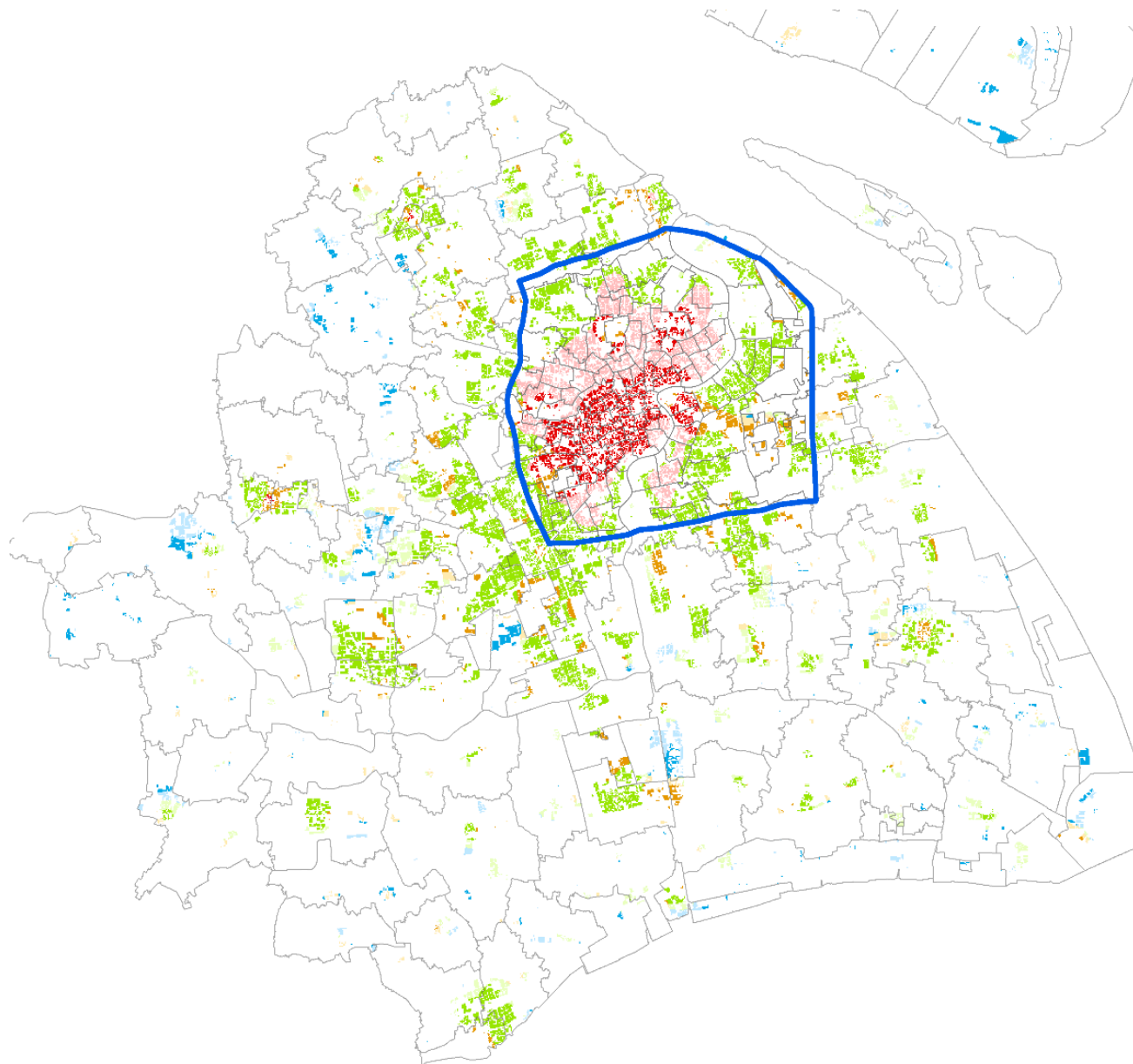
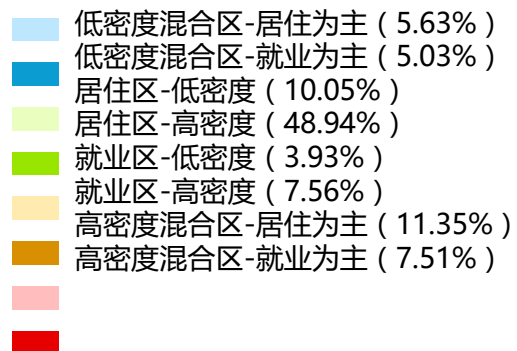


图例

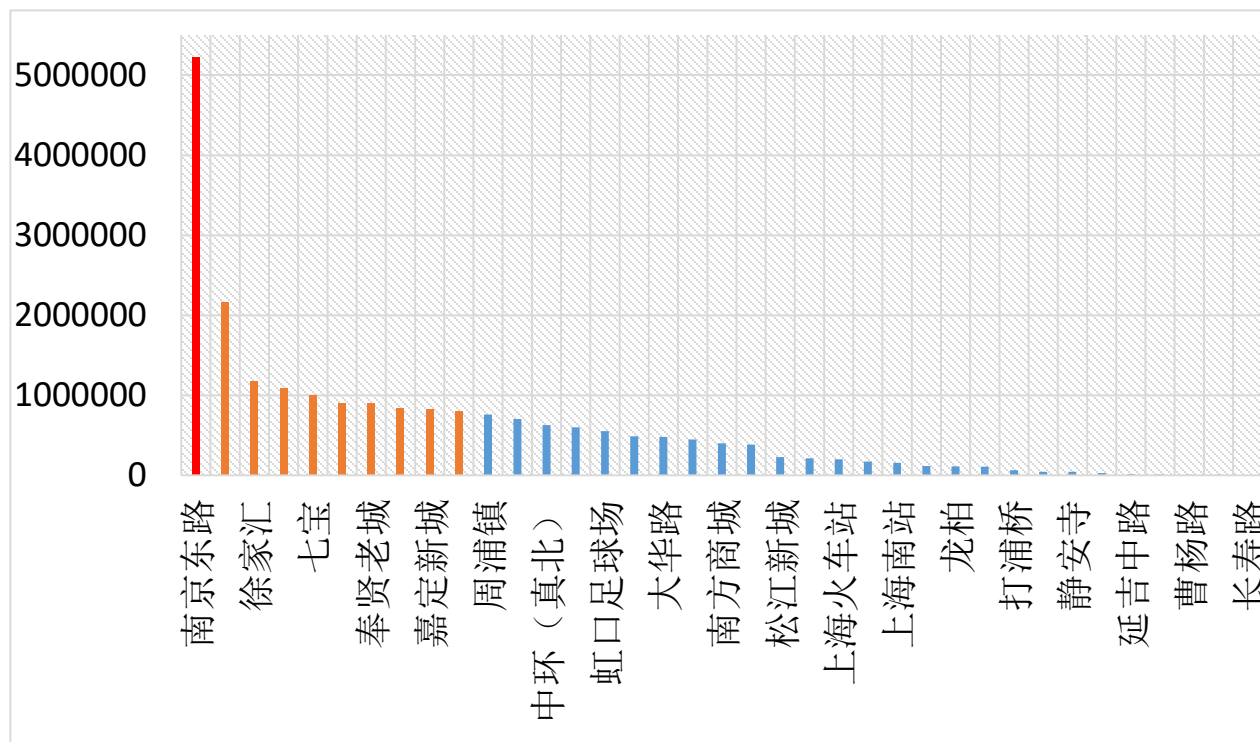
- 高密度混合区——就业为主
- 高密度混合区——居住为主
- 居住区——低密度
- 居住区——高密度
- 就业区——低密度
- 就业区——高密度



居住用地的功能叠加



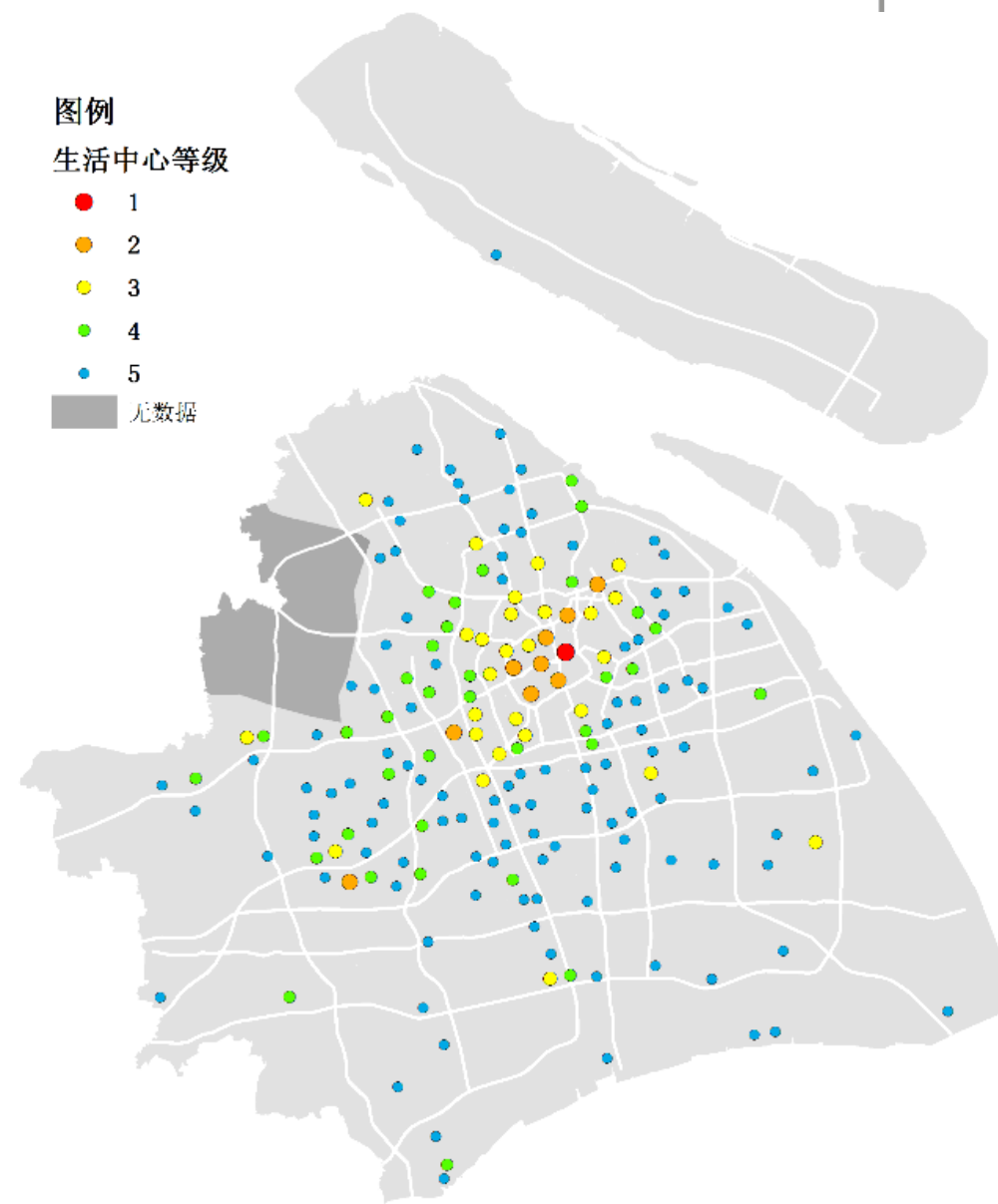
生活中心识别与评价



图例

生活中心等级

- 1 (Red dot)
- 2 (Orange dot)
- 3 (Yellow dot)
- 4 (Green dot)
- 5 (Blue dot)
- 无数据 (Grey area)



一套图

基于手机数据的规划现状分析图集

目录及说明

维度	子类别	序号	评价指标	解释说明	评价单元	
					街道尺度	栅格
居住与就业	居住与就业分布	1.	人口动态分布	2 小时间隔人口动态分布	.	▲.
		2.	居住人口密度	统计单元内的居住人口密度, 单位: 人/平方公里	.	▲.
		3.	就业岗位密度 (710 万)	统计单元内的就业岗位密度, 单位: 人/平方公里	.	▲.
	职住关系	4.	昼夜人口比	统计单元内, 白天人口数/晚上人口数	▲.	.
		5.	职住平衡指数	计算单元内职住平衡指数 (名义、居住、就业三张)	▲.	.
通勤出行状况	通勤活动分布	6.	通勤人口居住密度	统计单元内的通勤人口居住密度, 单位: 人/平方公里	.	▲.
		7.	通勤人口就业密度	统计单元内的通勤人口就业密度, 单位: 人/平方公里	.	▲.
	通勤距离	8.	通勤生活圈	每个街道向外 (向内) 最多的五个通勤方向	▲.	.
		9.	远距离通勤起终点	.	.	▲.
		10.	平均通勤距离	统计单元内的居住通勤人口的平均通勤距离, 单位: 人/平方公里	▲.	.
		11.	生活性服务平均出行距离	统计单元内, 居住人口外出平均距离	▲.	.
生活性出行状况	12.	生活性服务对外依赖	统计单元内的居住人口中, 在外区获得生活服务频	▲	.	

城市运行状态规划实施实时监测监控

- 第三方大数据、独立、客观、全面
- 实时数据接入、实时指标发布、跟踪指标定期发布

- 状态变化，指标体系监控
- 重大事件影响评估、重大项目实施效果
- 政策实施监控、效果评价
- 低成本

一组指标

居住及就业

总记录人口	1616万
常住人口数	1321万
总流动人口数	294万
中心城区工作人口/ 中心区居住人口	107.1%
中心城区昼夜比	112%

通勤

通勤人口/ 常住人口	56.8%
平均通勤 距离	3.8km
近距离通 勤占比 (0 值)	49%
远距离通 勤占比 (>20km)	1.1%

消费休闲

每日出行人次	205万
平均每人每周 出行次数	0.77
平均出行距离	6.04 km
近距离出行占 比(6km以内)	56%
远距离出行占 比 (>20km)	12%
高频出行人群 占比(周均>1.5 次)	47.5%

土地利用

低效居住用 地占比(低于 1000/km ²)	7.4%
低效工业用 地占比(低于 500/km ²)	5.89%
高密度混合 用地占比	3.81%
以就业为主 的居住用地	
以居住为主 的工业用地	
村镇建设用 地	

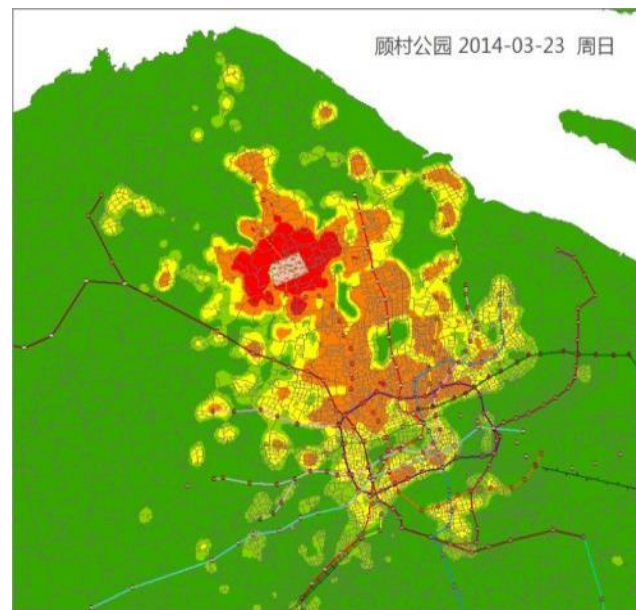
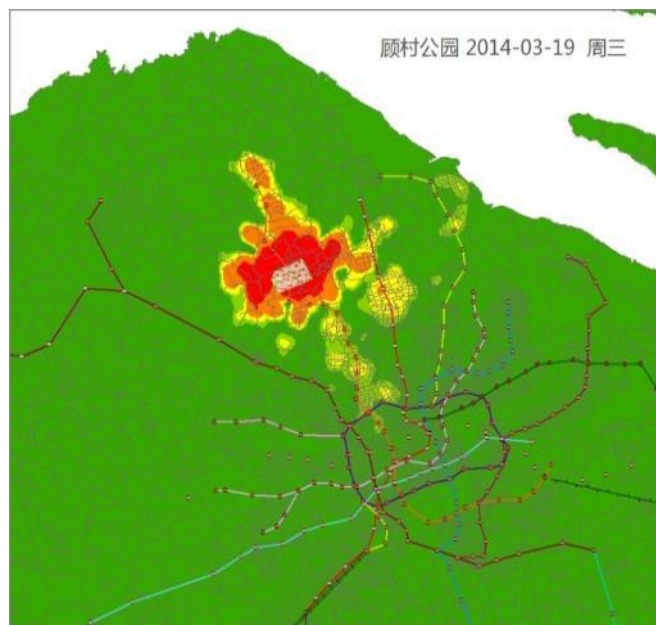
异常

人数 (10日)	175 万
人数异常比例 (每日)	8%
异常基站比例 (10日)	1.1%
极端异常人数比 例 (每日, 标准 差>2.8)	0.3%
极端异常基站数 (10日累计,标准 差>2.8)	0.07 %

特定问题、人群分析

方家

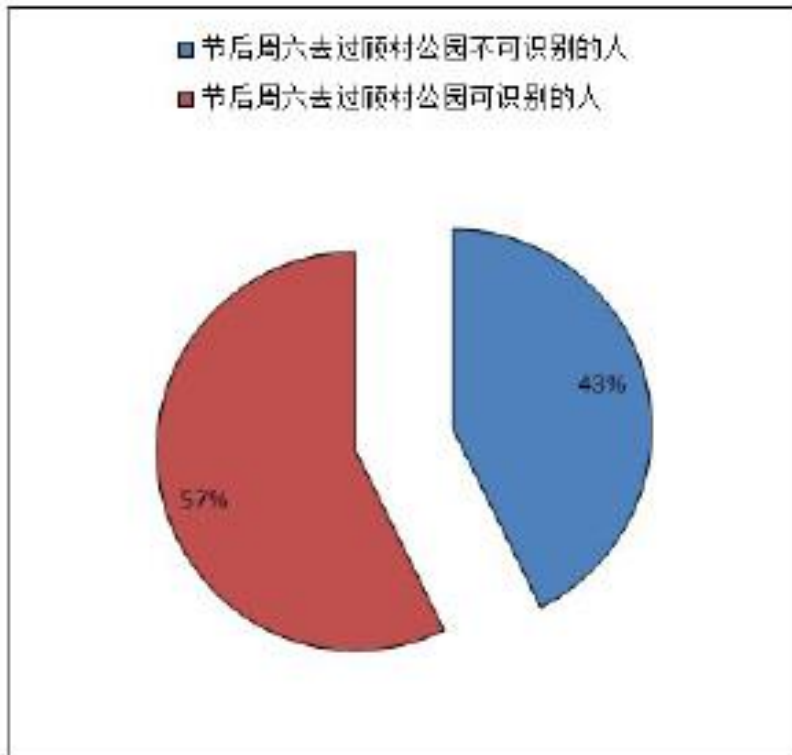
顾村公园（樱花节）的参观者来源及预警



节后周六顾村公园的游客，节前周六行为类型是什么：



公园	商业区	居住区1500千米范围内
徐家汇公园	南京东路	
人民公园	虹口龙之梦	
复兴公园	大宁商圈	
淮海公园	静安商圈	
大宁灵石公园	徐家汇商圈	
闸北公园	淮海中路	
延中绿地	五角场商圈	



节后周六游客8.9万条记录中，节前周六可读取**5.1万**条记录。



在哪儿？
可能在做什么？

大数据说：

“樱花节可能改变了
 $14600+4624+2047$
 $=21271$ 人
(占可识别人数42%)
的周末游憩内容。”



1.46万 看电视 睡觉 室内休息

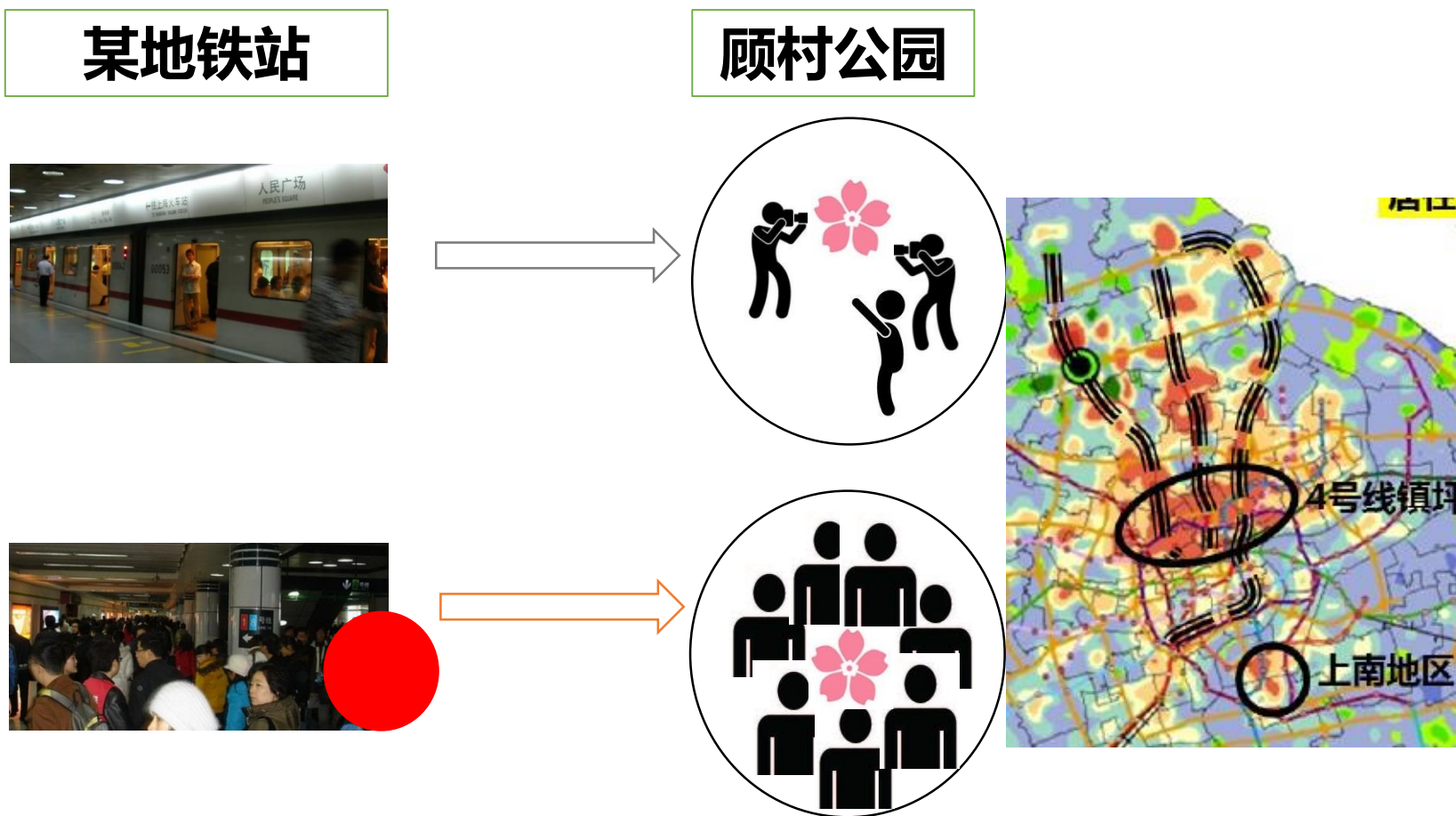


4624人 购物 聚会

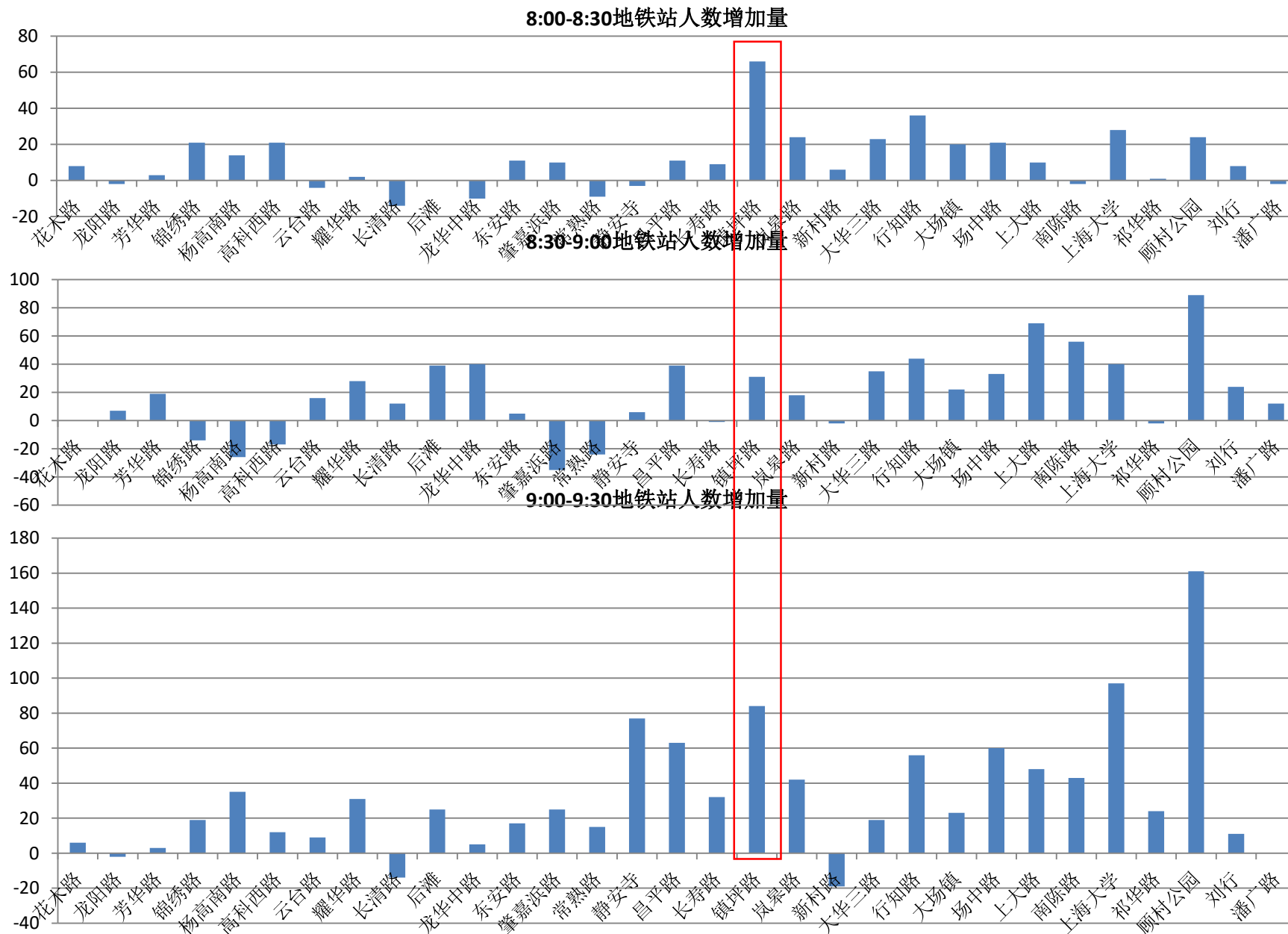
2047人 公园

基于手机信令大数据的顾村公园樱花节大客流预警

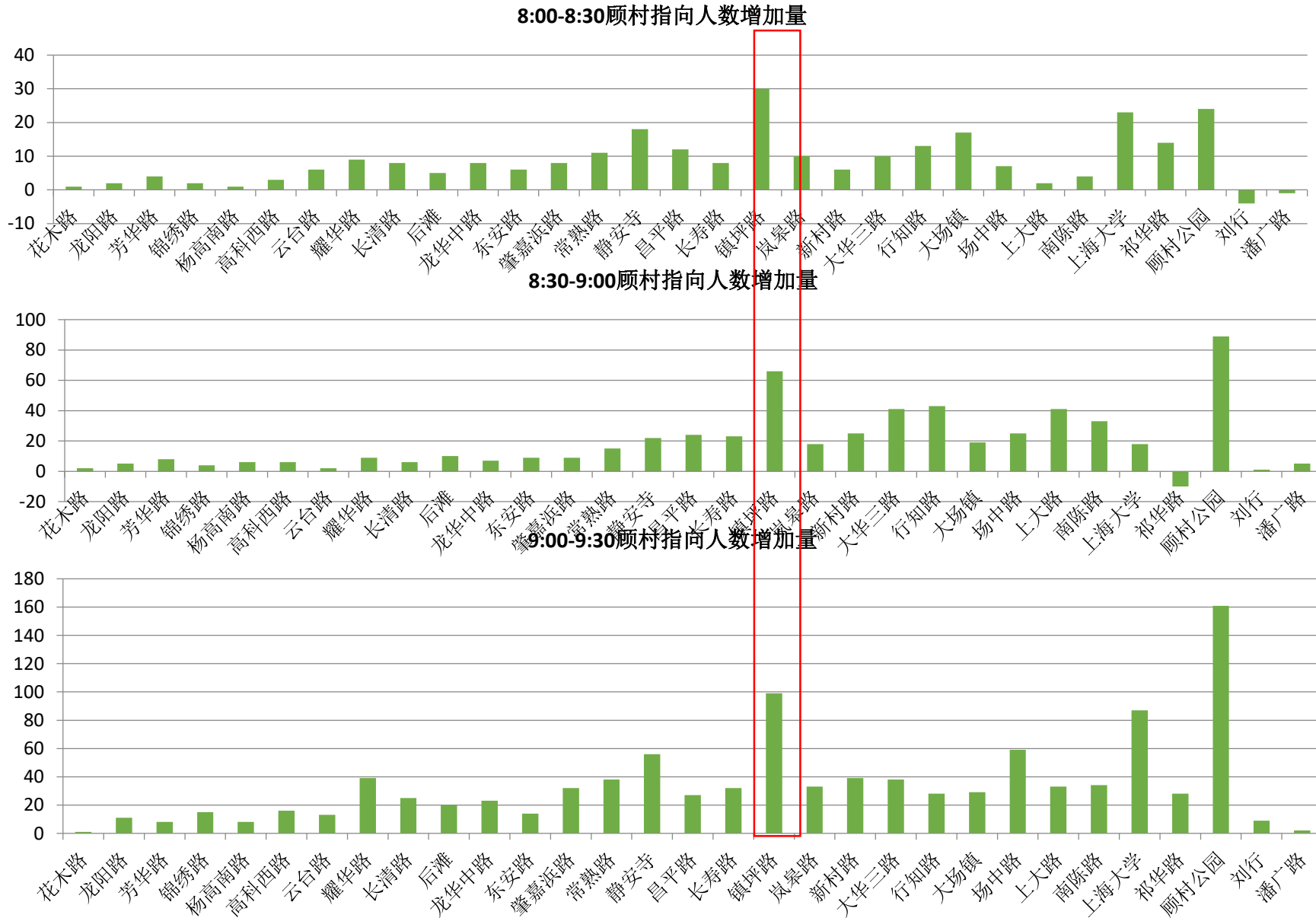
目标：用1-2个地铁站点获取的手机数据**异常**进行在园人数**异常**的预警。



3.22 (节后周六) 比3.15 (节前周六) 增加的7号线乘客数量



3.22 (节后周六) 比3.15 (节前周六) 增加的7号线顾村指向乘客数量



9:00-9:30镇坪路站比节前周六增加 **356人** 开始红色预警。

$Y=EX$?

用比例简化表达公园人数与地铁站增量
人数之间的关系

镇坪路地铁站每增加 **1人** ;
相当于在园实际人数
499人。

根据上海旅游景区最大承载量要求 , 顾村公园极限承载值 :
177600人

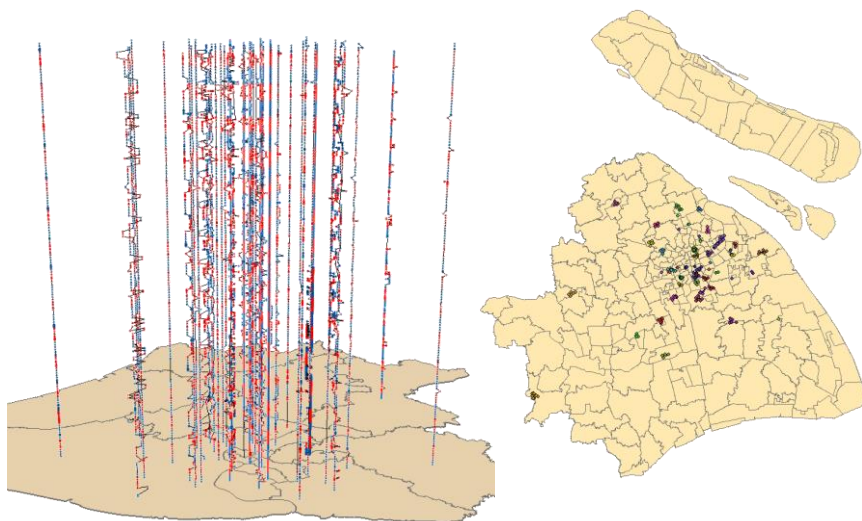
7:00-7:30静安寺站比节前周六增加 **223人** 开始红色预警。

比入园高峰时间提前至少2个小时！

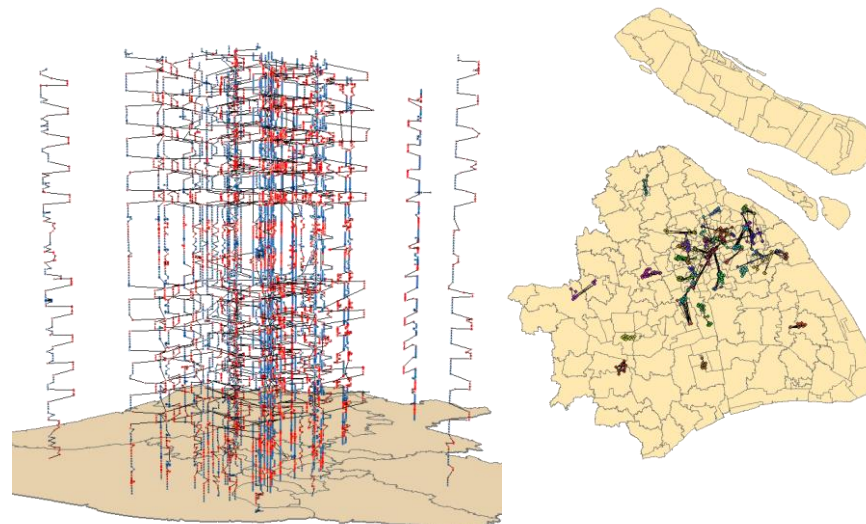
根据上海旅游景区最大承载量要求，顾村公园极限承载值：
177600人

居民个体活动模式识别

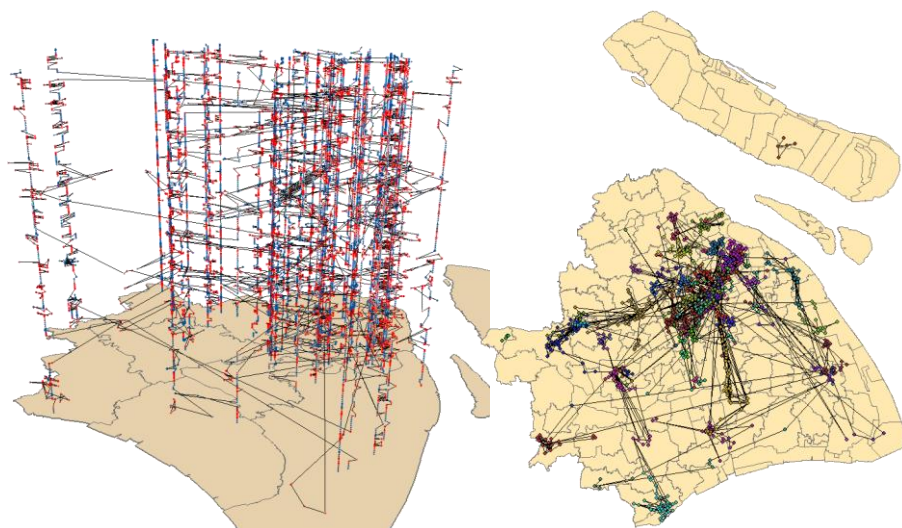
谢栋灿



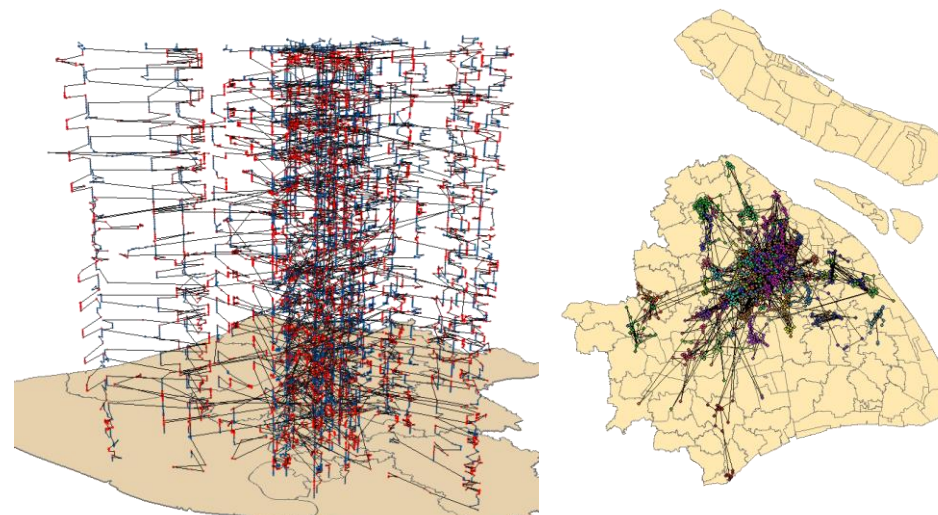
居家不出行人群



规律工作人群



居家加随机出行人群



工作加随机出行人群

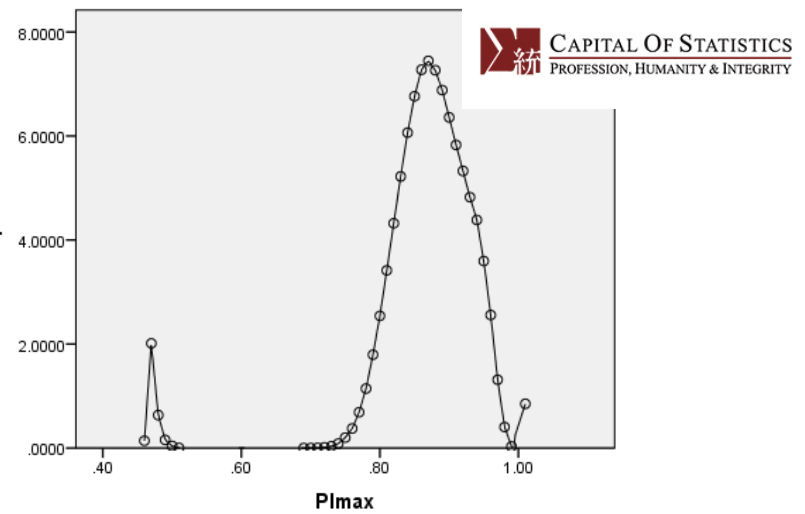
居民个体活动模式(individual activity pattern)

- 个体活动模式的识别(Individual activity pattern recognition)
 - 样本总数 39万
 - 根据居民个体是否有规律出行或随机出行。

活动模式	规律工作	其他规律出行	其他随机出行	人数	比例
无出行	无	无	无	6.0万	15.4%
仅有随机出行	无	无	有	15.2万	38.9%
有规律工作出行	有	有/无	有/无	13.4万	34.4%
有其他规律出行	无	有	有/无	4.4万	11.3%

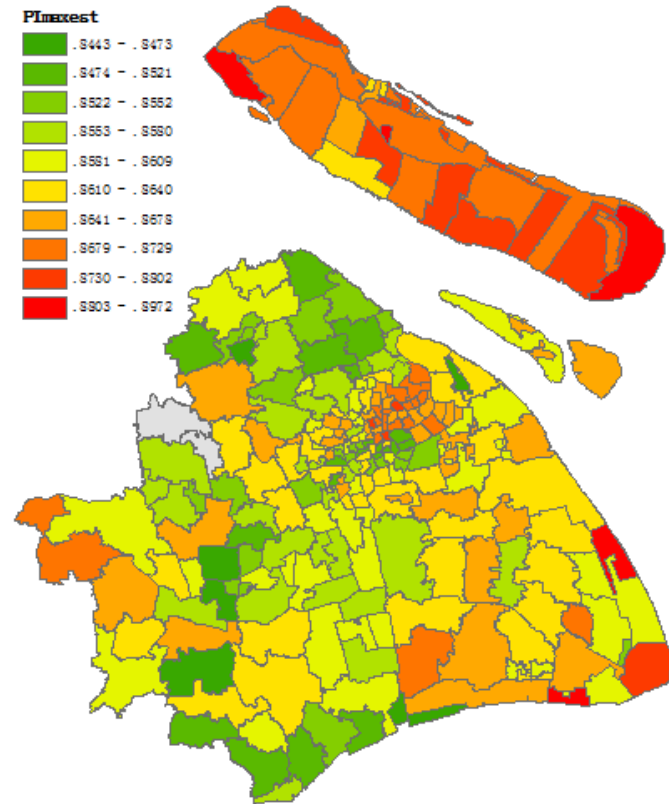
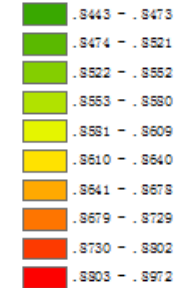
个体定量指标 (Individual quantitative index)

- 轨迹的可预测性(predictability of trajectory)
 - 计算方法
 - 每2小时取一个点
 - 归并到500m栅格
 - Fano's inequality
 - 去除过高记录人群
 - 频繁的跳基站记录会影响指标
 - 全市均值 0.8602，最小值0.4561
 - 概率密度分布
 - 最高值在0.87左右
 - 各街道平均值的空间分布
 - 内环线内高，崇明高
 - 宝山、嘉定、松江、金山、奉贤新城低



图例

Pimaxest



球迷识别

Identification of the Fans

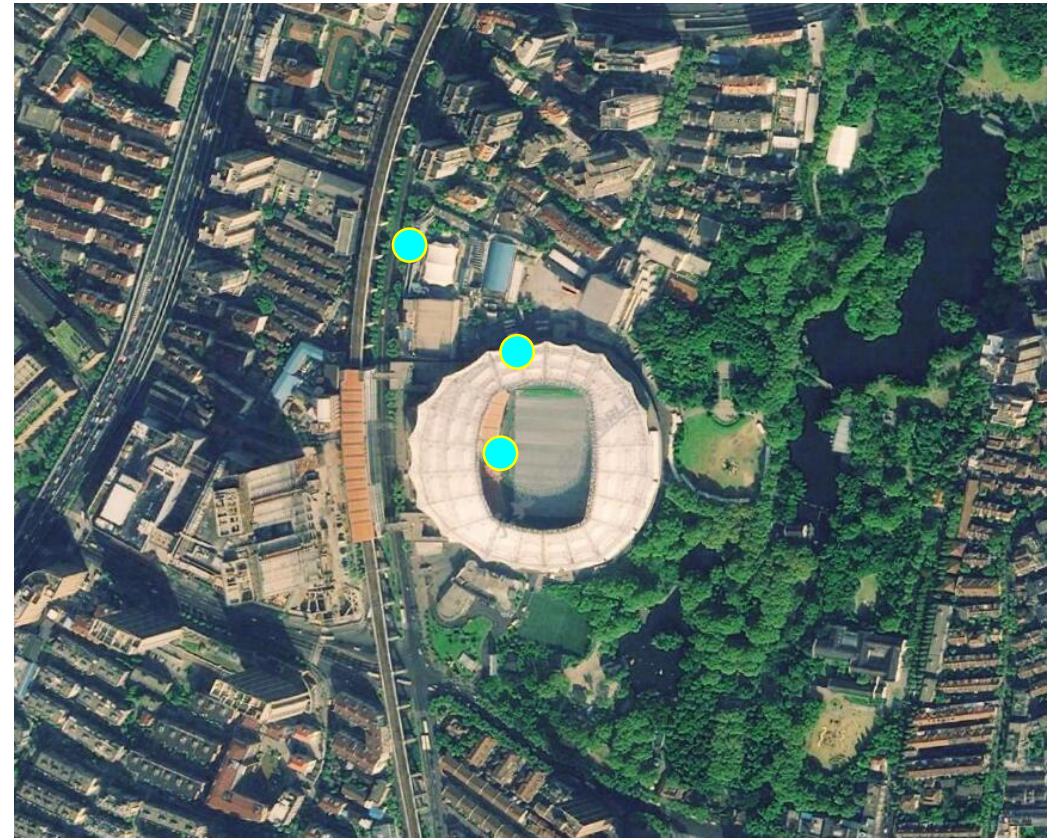
识别方法：

The Way to Identify:

取开赛前半小时到球赛结束后半小时之间在所选基站中有2次以上记录且除去工作地以及居住地为所选基站的人群。

虹口足球场

识别球迷人数：**7597人**



球迷居住地分布

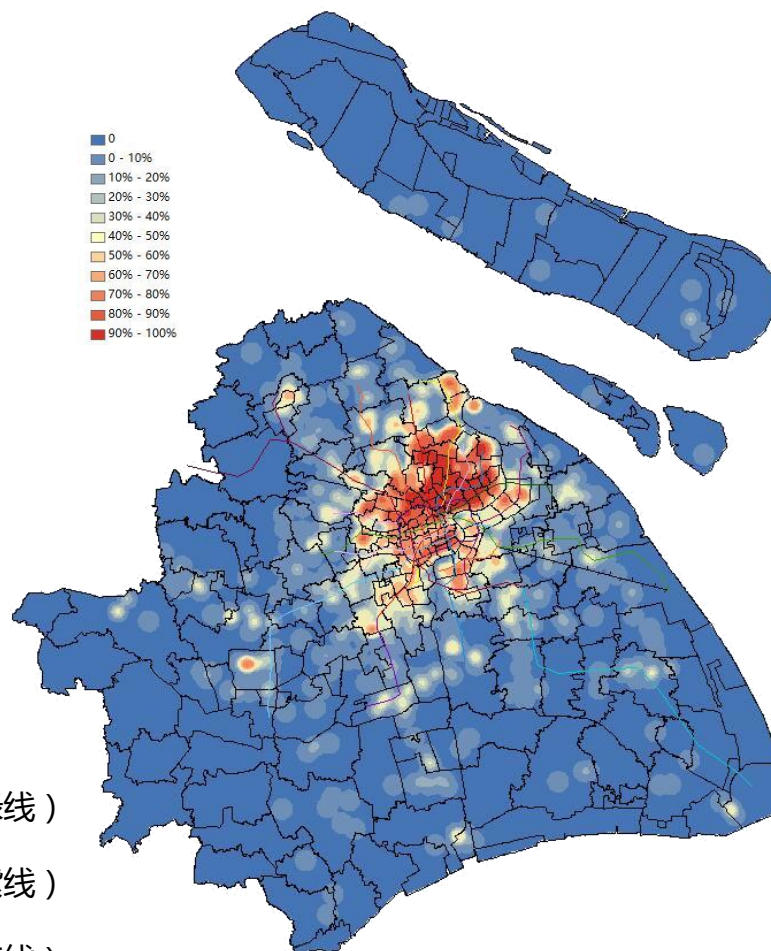
Distribution of Fans' Residence

1、球迷家分布

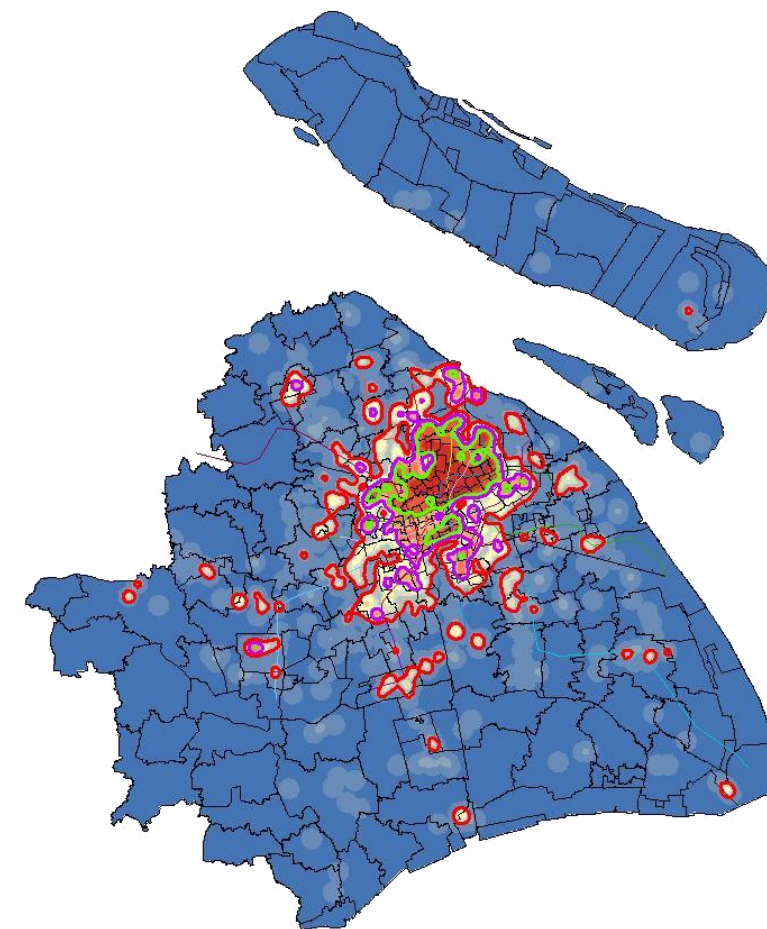
- 分布区域几乎涵盖整个上海市域
- 主要集中于中心城区及近郊

2、分布圈层

- 核心：8.7人/平方公里，覆盖率达到50%（绿线）
- 次级：4.4人/平方公里，覆盖率达到70%（紫线）
- 边缘：1.1人/平方公里，覆盖率达到90%（红线）



球迷家分布



球迷家分布圈层



球迷轨迹分析

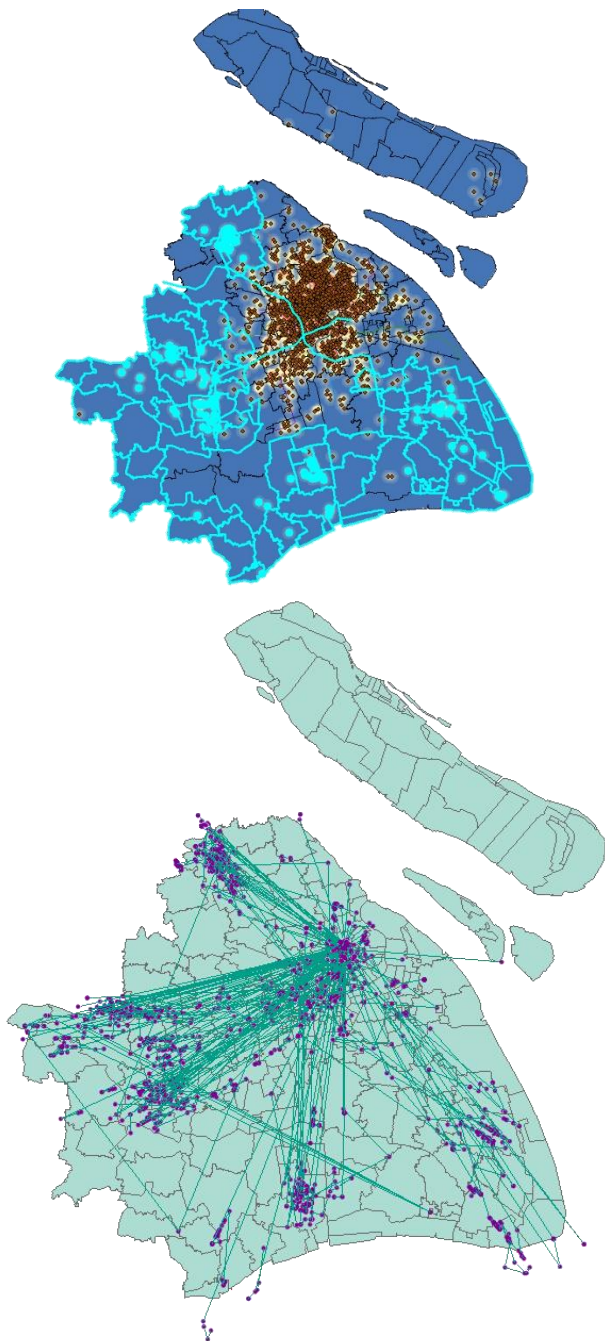
Analysis of Fans' Trajectories

球迷时空轨迹

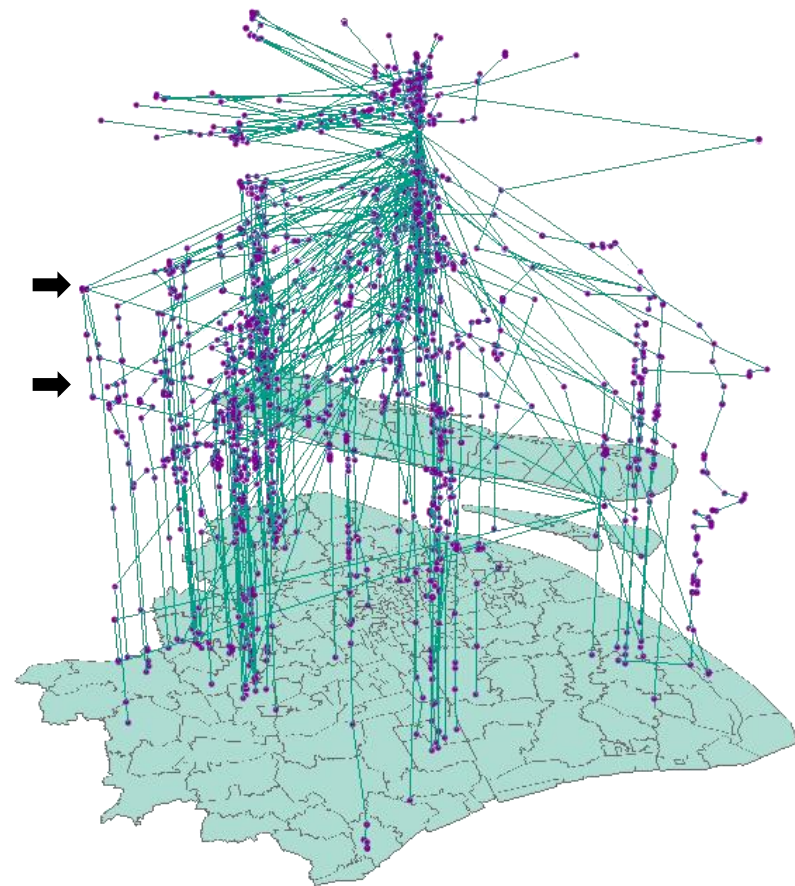
Space-time Trajectories

远郊球迷3.15时空轨迹图

- 出发时间：15:00-17:00
- 目标点非常明确，大多直奔目的地



1700
-
15:00



远郊球迷时空轨迹

对周边商业体影响分析

Analysis of Impacts on Commerce

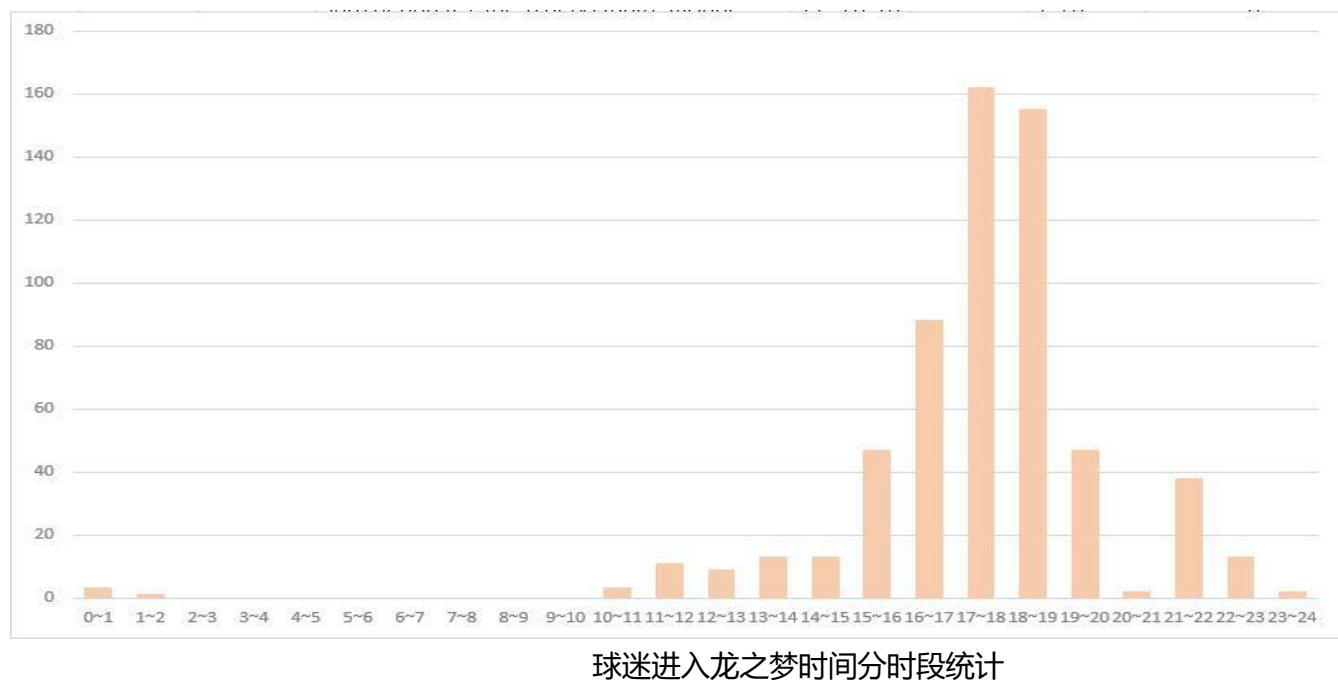
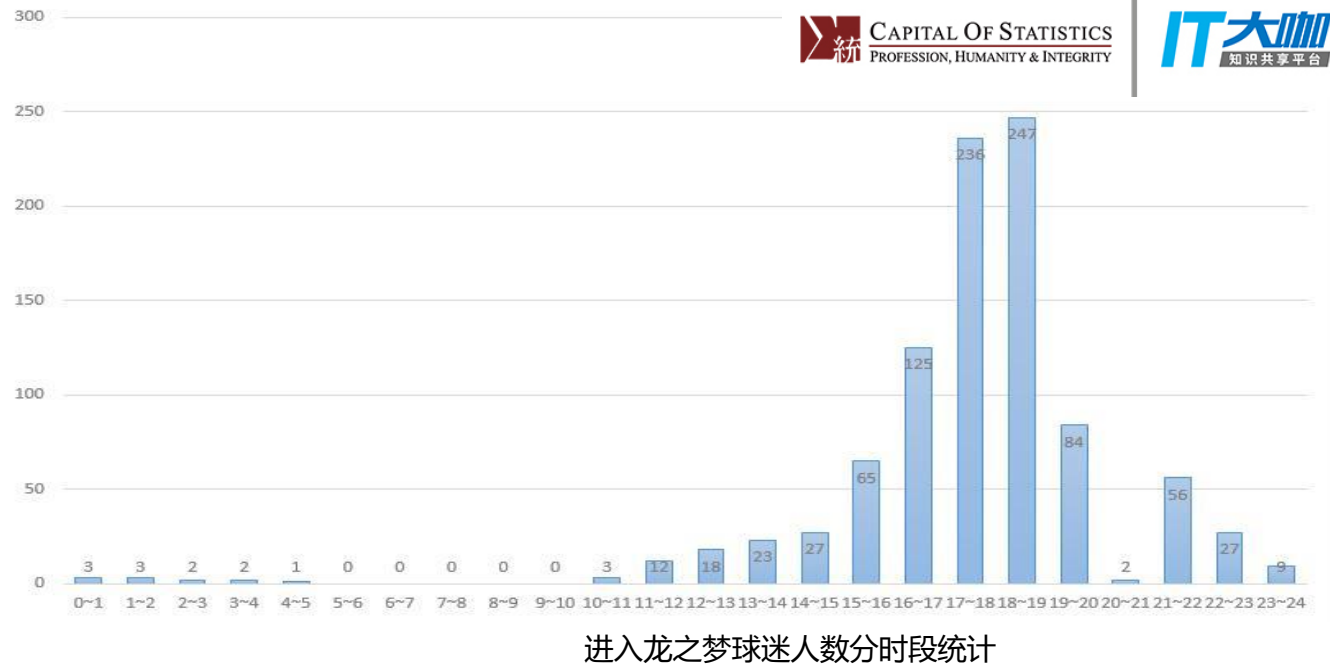
虹口球赛对龙之梦的影响分析

Analysis of Impacts of the Match in Hongkou on Longzhimeng

- 共有**1451**人进入过龙之梦，占总球迷人数的**19%**
- 11:20开始有人进入龙之梦
- 第一波增长：16:00—18:00 **下午吃饭时间**
- 19:00开始增长停止
- 第二波增长：21:30—22:00 **球赛结束后**

对龙之梦的营业的促进作用

- 总人数**：按当天总球迷人数15000计算，进入龙之梦的球迷人数为**2900**人。
- 总停留时长**：按数据所得人均停留30分钟计算，总停留时间为**1450**小时
- 占比**：该时段龙之梦总顾客数为8900人，在龙之梦停留的球迷占该时段总顾客数的**33%**。



- 谢谢聆听，请批评指正！

王德
同济大学建筑与城市规划学院教授
大数据与城市空间分析LAB主任