

基于多源数据的城市公共中心体系识别

——以杭州市萧山区为例¹

阮一晨¹, 刘声^{※2}, 李王鸣¹

(1. 浙江大学建筑工程学院, 中国浙江杭州 310058; 2. 浙江大学城市学院, 中国浙江杭州 310015)

【摘要】: 城市公共中心体系的识别是引导其健康发展的重要基础, 文章立于城市中观层面, 从供需两方面入手建立识别系统, 以公共服务设施及其使用者作为评价识别对象, 采用传统数据、POI 及手机信令等多数据源。通过定性分析与定量数据相结合的方式识别公共中心布局及其体系, 判别萧山区公共中心多级多中心结构。结论主要有: ① 中心布局呈现“政区化”的整体特征。② 公共服务资源具有“内聚外散”、“北高南低”的特征。③ 中心体系依托道路网与边缘接近初步形成。④ 公共中心体系存在整体能力不足, 次级中心体量过小, 主中心依赖度过大的问题。

【关键词】: 城市; 多源数据; 公共中心; 体系; 识别; 公共服务

【中图分类号】: TU98 **【文献标志码】:** A **【文章编号】:** 1000 — 8462(2019)02 — 0103 — 07

DOI:10.15957/j.cnki.jjdl.2019.02.012

城市公共中心体系是公共服务功能在城市层面的空间载体, 其更新与演变是城市服务功能提升拓展的具体展现, 同时也是保障人民美好生活愿景的重要物质基础。其理论研究可追溯至 1940 年代哈里斯、乌尔曼等人提出的多中心城市结构理论^[1-2], 但其内容上有别于一般意义的中心, 而侧重于公共服务要素集中形成的中心。随着以人为本的思想越来越深入地被运用到当今规划实践中, 国内城市愈发重视以公共服务为核心资源来吸引高端人才与产业, 城市公共中心也从被动配置地位逐渐转向主动引导地位, 对促进城市空间融合、人居环境提升与产业发展起到重要引领作用。为引导公共中心体系健康稳定发展, 其识别判定日趋重要。

识别根本目的在于探索个体中心空间布局, 而后明确各中心功能与层级上的关系, 从而进一步发现其特征与问题所在, 为判断未来发展趋势乃至决策选择奠定基础。同时, 也是解构城市空间结构的有效路径, 对规划编制、城市治理、公共政策制定起到重要的基础性作用^[1]。

“公共中心体系”语境包含了两大主要内容, 即“中心”与“体系”^[3]。其中, “中心”即要素高度集中, 且对周围区域要

¹收稿时间: 2018-02-13; 修回时间: 2018-05-05

作者简介: 阮一晨(1992—), 男, 浙江绍兴人, 博士研究生。主要研究方向为城市规划理论与技术。E-mail:869074519@qq.com。

※通讯作者: 刘声(1985—), 女, 浙江杭州人, 讲师, 硕士。主要研究方向为城乡规划与设计。E-mail:liUS@ZUCC.edu.cn。

素具有主导作用的地区^[4-6]，其识别以半参数与非参数方法为主^[3]，具体有两步法^[7-9]、密度阈值法^[10]等，受传统统计数据所限，上述方法要求研究者对研究对象有较深入的了解，并有大量相关先验结论予以辅助^[11-12]。随着规划数据源在类型、数量、精度上的不断提升，定性方法开始回归，促使识别方法趋于多元，以定性与定量相结合的方法为主，有一元空间线性回归^[3]、局部空间异质性分析^[13-14]、基于多种数据的分级判断^[2]及 Vasane 通勤联系方法^[15]等。“体系”的识别多建立在中心识别基础上，通过分类或聚类方法结合实际经验而成，具体有 k-mean 聚类^[3]，相等间距气分位数与自然间断法^[15]等。

总体而言，已有研究主要存在三方面不足：一是研究对象上，学者们或聚焦于单一类型的专项中心，或聚焦于整体城市空间，将公共服务体系作为一个整体的研究较少；二是数据源上多采用单一维度，或从物质空间上（包括各类设施指标、经济指标、静态人口指标等及其相互组合），或从使用者角度上（包括手机信令、签到数据、点评数据等）对公共中心进行讨论；三是观点上，由于中心具有“尺度敏感”的特性^[1]，而现有研究或从区域层面及以北京、上海、广州为主的特大城市入手，或立于社区尺度的微观层面，对于中观尺度的公共中心关注较少。公共中心体系是一个相对独立的系统，且考虑到功能互补与集约配置的特性，其构成要素之间存在着较强的联系，因而将其作为一个整体进行研究具有突出的可行性与必要性。县市区是中国城市基本行政单元，主导其范围内各级中心的规划、建设、管理，往往能形成完整的中心体系。因此，区县中观尺度与公共中心体系研究较契合。同时，公共服务的效用依靠其供给与需求之间的平衡来实现^[16]，其供给来源和供给结果构成完整的供需过程，因此在对公共中心体系的识别上，供需维度结合较单一维度能更为全面地体现公共服务要素的集、散状态。因此，本文从供给与需求两大维度出发，选取传统数据以表征设施能级、POI 以表征中心复合性、手机信令数据以表征使用者数量，建立识别系统以识别中心并判断层级体系，同时，以杭州市萧山区为例实证检验，以求探索大城市中观层面公共中心体系识别方法。

1 公共中心体系识别系统构建

识别系统的基本构建思路为：中心是体系的基本构成单元，也是体系层级的具体表现形式，故而在识别顺序上，采用先“中心”，再“体系”的基本逻辑；同时，识别中心体系的命题势必包含了中心数量、位置、功能、等级四方面的内容，为此，本文将研究范围分为若干栅格并视之为构成现有中心的基本单元，继而引入“中心度”概念，通过计算各单元中心度以识别中心数量、位置，随后通过分析中心度大小与构成，来判断中心等级与功能。因此，识别系统依次为三个环节：中心度计算、中心识别、体系层级识别。

1.1 中心度计算

公共中心体系本质是由各类各级公共服务设施组合而成的复合型空间^[17]，从设施入手对其进行评价识别更具有可操作性，具体的设施共分 7 类依据已有研究，包括教育、医疗卫生、文化、体育、商业金融、社会福利、行政办公。

“中心度”为各栅格单元服务能力的表征，由“供给维度”和“需求维度”构成。其中，“供给”表征指标一般分为三方面：一是对“量”的表述，有直接采用设施数量^[18]，也有采用某类设施的规模控制指标，或者分级分类指标^[19]。二是对“质”的表述，或与第一类指标相结合^[17]。本文采用分级分类指标，即“设施能级”以直观反映设施“质”与“量”，并引入虚拟变量构成指标，以区分不同级别设施能级之差。第三方面是对“类”的表述，一般依附于“量”的表达，本文认为其实质上是对设施复合性与中心空间活力的体现，因而在研究中对其实单独表现，表征指标参照现有研究^[20]，采用 POI 数量与类型。

“需求”的表征指标一般来源于问卷、访谈等形式中关于需求的直接提问，考虑到被调查者有隐藏自身偏好的倾向，同时其“隐性需求”较难被问卷所反映^[21]，但可以通过实际设施使用情况来反映，因此本文借鉴蒂布特模型^[22]中“用脚投票”的选择机制，采用设施使用来表现设施需求，表征指标采用手机信令数据，统计固定时段内目标栅格平均访问人数^[3]。

中心度计算采用点模式分析，常见的有样方法、基于 vomnoi 图的密度法与核密度估计^[23]，根据众多国内学者的研究，设施辐射能力并非随距离等距衰减，而是随距离或时间变化呈现“长尾曲线”形式^[18,24]，因此本文采用核密度估计，能较好地反映

“距离衰减效应”^[23]。其中，对于搜索半径的确定，参考国内学者研究多采用的经验距离 0.5~1.5km^[13]，同时依据众学者对居民出行的研究，本地型居民日常非通勤出行距离中位数在 0.5~1.9 km^[13]，本文采用 1.2 km。

确定权重目的在于拟合各项指标对于中心度的贡献程度，本文中采用专家赋分法，向具有多年实践经验的城市规划从业人员发放问卷征询意见，问卷内容主要为两方面：一是从三类指标出发，针对其对公共中心体系贡献度做出评价；二是从设施类型出发，针对其能级与其他设施合置的契合度。

中心度最终计算过程分两步，先依据三个数据源通过核密度估计各自计算中心度。其中使用者数量和 POI 类型统计均采用 500 m×500 m 栅格，而后将三个中心度归一化后的数值加权叠加，即：

$$Y_i = \sum_{n=1}^3 (W_n \times M_{in})$$

式中：Y_i表示标号为 i 的栅格单元中心度；W_n表示编号为 n 的指标权重；M_{in}标示编号为 i 栅格的 n 号指标中心指数；n=1, 2, 3 时，分别表示设施能级、中心复合性与使用者数量。

1.2 中心识别

中心即指对周边地区存在巨大吸引力的区域，换言之，即为市场要素集聚，且对其范围内市场要素存在支配作用的区域^[5]，因此中心需满足以下两大条件：明显高于区域市场一般均值；中心周边要素随距离衰减。本文据此来选取可能作为中心的区块，由于数据精度较高，采用直观考察的方式能简洁有效地识别中心^[26]，因此，本文中采用定性判断的方式识别中心，判断标准即为：

①搜索中心范围。借鉴密度阈值法的理念，对中心度进行局部莫兰指数分析 (Anselin local Mo-mn's I)，将高一高聚类 (high-high cluster) 与高一低异常 (high-low outlier) 两类区间确定为潜在中心范围，以此区分中心与一般起伏或微小的波动。而该范围并非为各中心辐射范围的总和，而是中心的“门槛距离”，即在要素集中度上能维持中心的最小范围，同时也是中心峰值所在的范围。

②搜索中心峰值。借助可视化的方式可以较为直观地识别峰值栅格 (即极高值) 所在，以峰值栅格为中心，若中心各方向上栅格中心度皆随距离呈单调下降，则该区域为中心及其基本范围，以此来区分理想山峰状中心与一般曲面^[3]。

③合并中心。上述步骤后有两种情况有待判断：一是对于范围相连的中心，若两者峰值间距离小于搜索半径 (即 1.2 km)，则其同属一个中心；若大于该值，则观察两者峰值连线上的最低值，若其超过两者峰值中较低者的 1/2，亦同属一个中心，否则视为两个独立中心。二是对于范围不相连而峰值距离在搜索半径内的中心，若其峰值连线上的引力平衡点 (以各自峰值为质量) 在其中一个中心范围内，则属于同一个中心。

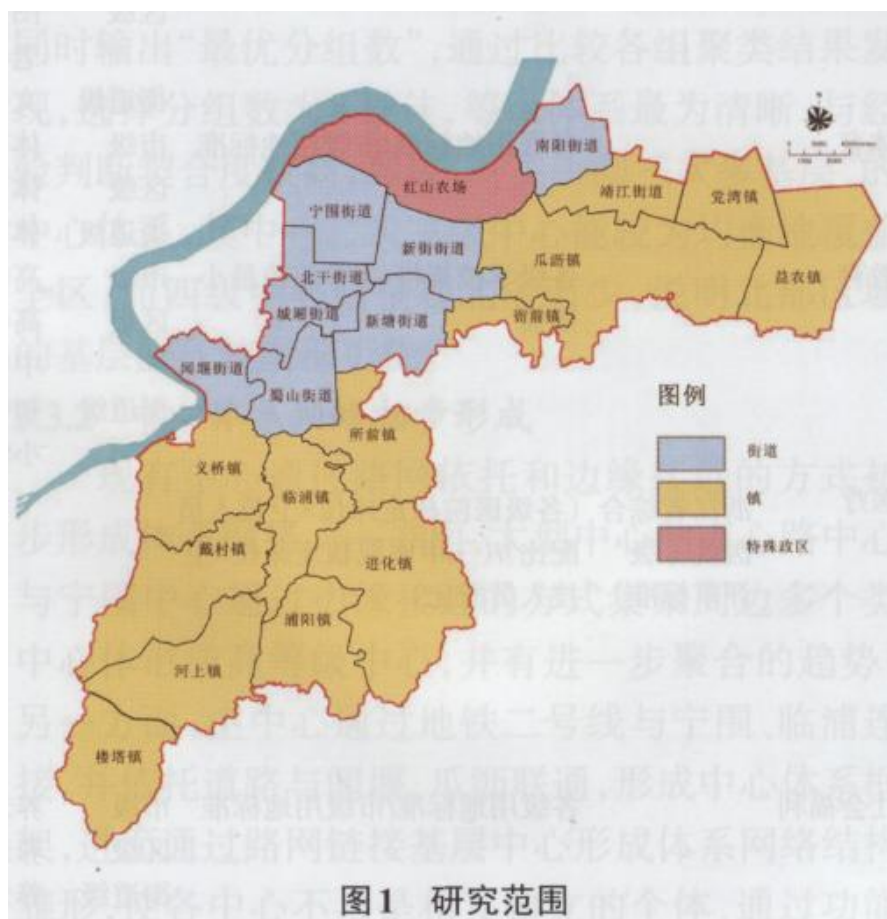
1.3 体系层级识别

一般来说，层级判断采用的方法为：通过对中心范围内栅格的表征指标加总，获取各中心的中心度总和，进而通过对中心峰值的空间聚类，以判断体系层级数量及中心个体在各层级的分布状态^[3]。本文认为中心层级由其峰值与范围共同决定，因而通过对两者的聚类以判断层级。

2 研究范围与数据来源

2.1 研究范围

研究范围为杭州市萧山区行政辖域，其面积共 960 km²，包括 8 个街道，13 个建制镇及 1 个特殊行政区。萧山区位于杭州南部，由于钱塘江北岸的公共中心不可避免地受到自然地形阻隔，使得萧山区公共中心体系具有“7 定的独立性，这是其能够被单独切块作为研究对象的必要前提，具体如图 1。



2.2 数据来源与处理

2.2.1 设施等级据

该数据源自 2016 年杭州市规划局对萧山区给类公共服务设施的统计，统计内容包括名称、位置与等级规模。如前文所述，本文引入虚拟变量以展现设施能级间的差异，其数值依据各类设施标准中的主要指标而确定见表 1。

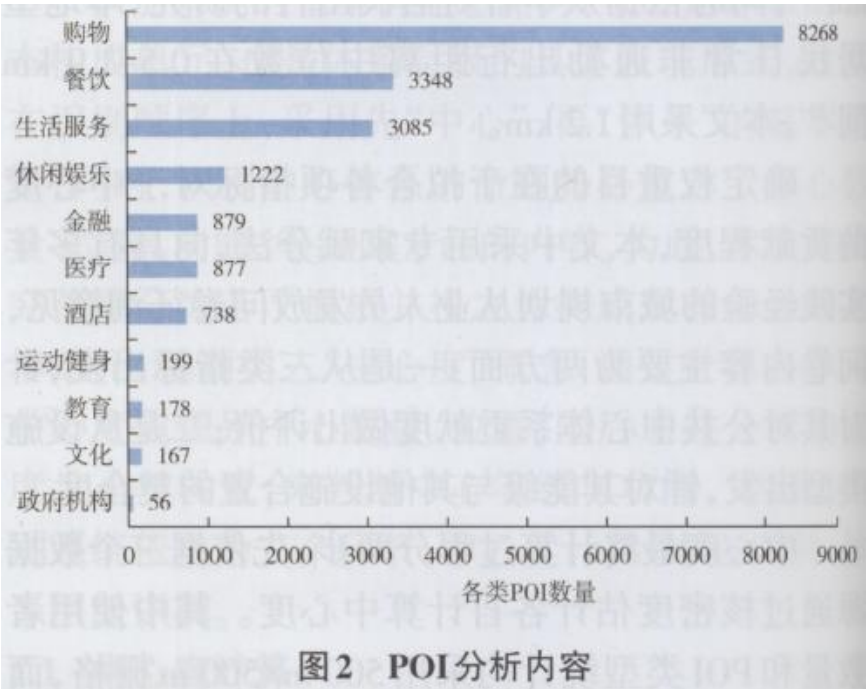
表 1 设施能级虚拟变量

类型	参考标准	指标计算方法	级别	设施内容	分值
行政办公	《萧山区统地方财政/区级财政 计年鉴》		区级	区政府	10
			街道级	街道办事处、镇政府	0.1-0.7
文化		各级用地标准/市级用地 标准	市级	图书馆、文化馆、博物馆、青少年活动中心、老年活动中心、10 公园广场	
			区级	图书馆、文化馆、博物馆、青少年活动中心、公园广场	3
				老年活动中心	1
			街道级	文化活动中心、公园广场	1
体育		各级用地标准/市级用地 标准	市级	体育中心	10
			区级	体育中心、健身活动中心	5
			街道级	体育中心	3
教育		各级学校规模/高等院校 最小规模	市级	高等院校	10
			区级	高中	4
				中等职业学校、特殊教育学校	3
			街道级	初中、九年一贯制学校	2.5
				小学	1.5
医疗	浙江省综合(各级医院核定床位×卫技 医院等级评人员配比)/(三甲医院核 审标准 定床位×卫技人员配比)			三甲医院	10
				三乙医院	6.9
				三丙医院、急救中心、疾控中心、卫生监督所	5
				二甲医院	2.8
				二乙医院	1.2
				二丙医院	1
				一级及未评级医院、卫生院	0.5
社会福利		各级用地标准沛级用地标 准	市级	养老院、老年护理院、老年大学、残疾人救助康复机构、儿10 童福利院	
			区级	养老院、老年护理院、老年大学、残疾人救助康复机构、儿4.3 童福利院	
			街道级	养老院	1.3
商业金融			市级	商业综合体	10
		各级用地标准/市级用地 标准	区级	百货商场、大型超市	6
			街道级	银行营业所、邮政所	3
				中小超市、中小餐饮、农贸市场	1.5

设施理论上与空间单元相匹配，可分为市级、区级、街道级、社区级，其中社区级设施体量较小，服务力与范围有限，与街道级以上的差距较大，对中心体系贡献度微弱，故不将其纳入计算。

2.2.2 百度地图 POI 数据

数据源自 2017 年 10 月百度地图 POI 采集，按照百度地图 API 分类共采集萧山区境内 11 大类设施位置信息约 1.9 万条。指标包括 POI 选取百度 POI 数据类型如图 2。



2.2.3 手机信令数据

源自 2015 年 9 月（7~13 号）为期一周的中国移动手机信令脱敏数据，其内容为该周内每天两个高峰时段（上午 8~10 点，下午 4~6 点）的移动用户出行记录，为符合研究需求，对其进行预处理以获取生活性出行的数据：首先检索用户七日内在萧山区内的出现频率，将 ID 出现 4 天及以上者视为本地用户，其余剔除；进而检索本地用户在目的地栅格的出现频率，出现频率在 2 天及以下作为使用者予以统计，平均每个时段约 12 万条出行记录。

2.3 权重计算与检验

本次调查共发放 23 份问卷，剔除部分具有明显偏差的问卷后，共回收有效问卷 20 份。通过判断矩阵获得权重，经检验，两者一致性比率 (CI/RI) 都为 5%^[27]之下，通过一致性检验，各指标权重见表 2。

表 2 指标分级权重

编号	一级指标	权重	编号	二级指标	权重
V1	设施能级	0.27	VII	行政服务	0.054
			V12	文化服务	0.099
			V13	体育服务	0.106
			V14	社会福利	0.205
			V15	医疗服务	0.177
			V16	教育服务	0.061
			V17	商业金融服务	0.297
V2	中心复合性	0.36	V21	POI数量	0.5

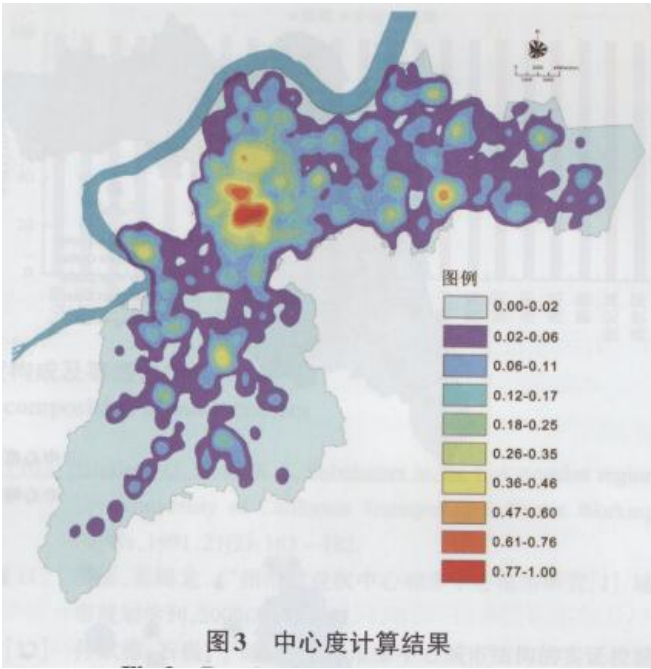
			V22	POI类型	0.5
V3	使用者数量	0.37	V23	使用人数	1

从结果可见，三类一级指标权重基本接近，而在设施能级的二级指标权重则出现显著的分异，商业金融和医疗服务的比重较大，体现这两大类在居民日常生活中的重要性较高，与其他类型设施合置的契合度较好。

3 实证研究与分析

3.1 中心度分析:整体内聚外散、北密南疏格局

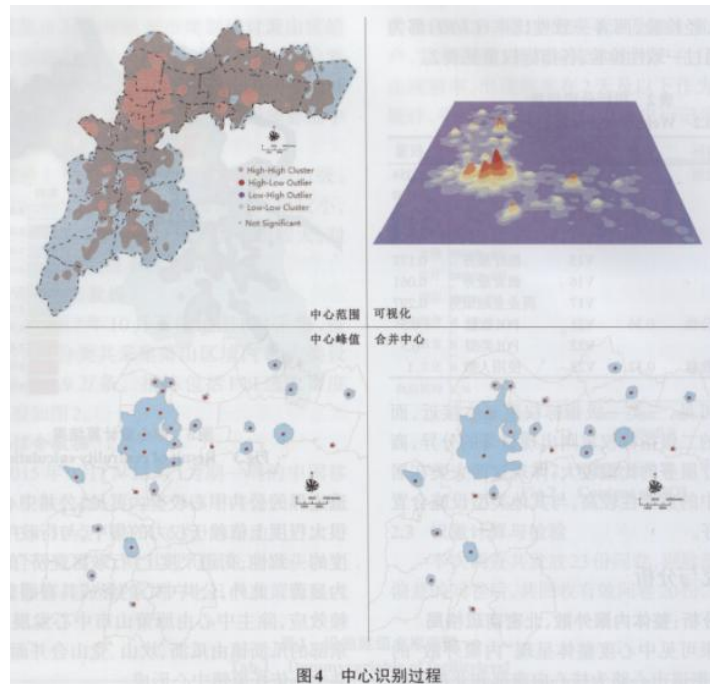
计算结果可见中心度整体呈现“内聚外散”的形态，以城厢街道市心路为核心向南部和北部逐渐降低，核心周边呈现连绵成片的高值区域，同时也呈现出“北密南疏”的显著差异，南部中心度迅速收缩，仅围绕部分乡镇扩展，这与南部的自然地形有较大的关系。市心路主要包括市民广场与杭州南站两大热点区域，而奥体中心与区内唯一三甲医院(区中医院)两处等级较高的单体设施由于使用者数量较少，在中心度上并不显著；此外，在该区域以西的闻堰街道湘湖周边，及该区域以东的瓜沥镇中心及南部临浦镇中心形成三大次热区域;并在北干、宁围、靖江、南阳、临浦等镇或街道形成再次级的热点区域(图 3)。



3.2 中心识别与布局特征

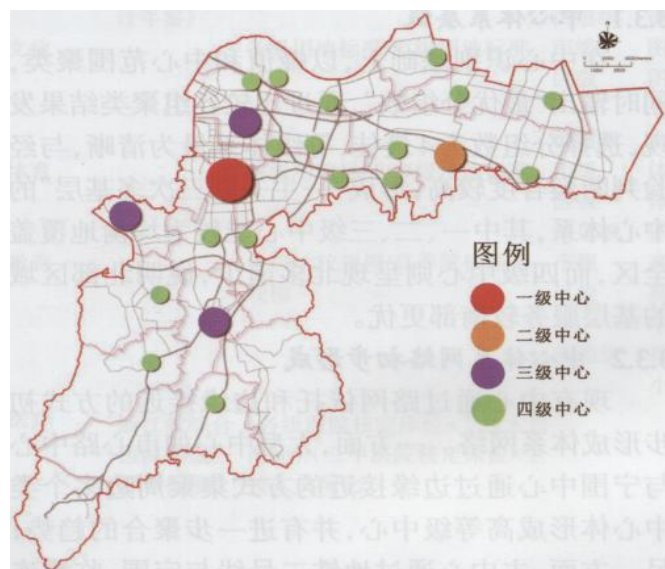
3.2.1 中心识别

在研究范围内共搜索出 28 处峰值，经合并后共有 22 处中心，大部分中心均呈理想的单峰状，城厢街道与宁围街道的中心影响范围较大，呈现多处起伏，同时该地也是设施集聚度最高，多样性最强的区域(图 4)。



3.2.2 中心“政区化”布局模式

中心体系的空间分布呈现明显的“政区模式”，如图 5。中心的分布基本与行政单元相匹配，跨街道边界的公共中心较少。可见，公共中心的形成在很大程度上依赖于权力的集中，与行政中心存在高度的一致性，街道尺度上“行政区经济”的效应仍较为显著。此外，公共中心的形成具有明显的路径依赖效应，除主中心由原萧山市中心发展而来外，区东部的瓜沥镇由瓜沥、坎山、党山合并而成，现有公共中心依托原镇中心形成。



级别	数量	位置
一级	1	市心路
二级	1	瓜沥
三级	3	闻堰、临浦、宁围
四级	17	世纪城、新街、高教园、衙前、坎山、南阳、空港、党湾、党山、浦阳、戴村、义桥、所前、南站、花木城、蜀山、桥南

图 5 中心体系识别结果

3.3 中心体系识别

3.3.1 中心体系层级

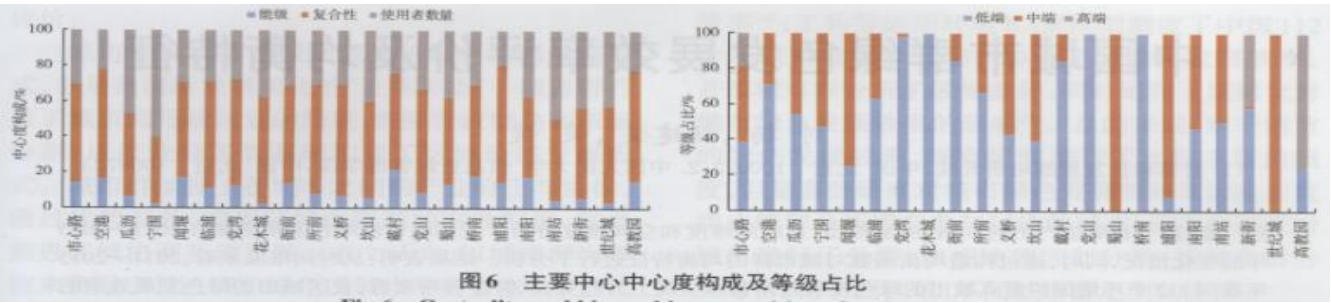
在中心识别基础上，以峰值和中心范围聚类，同时输出“最优分组数”，通过比较各组聚类结果发现，选择分组数为 4 最佳，等级体系最为清晰，与经验判断契合度较高，形成“一主一副三次多基层”的中心体系，其中一、二、三级中心能较为均衡地覆盖全区，而四级中心则呈现北多南少，说明北部区域的基层服务较南部更优。

3.3.2 中心体系网络初步形成

现有中心通过路网依托和边缘接近的方式初步形成体系网络。一方面，大型中心如市心路中心与宁围中心通过边缘接近的方式集聚周边多个类中心体形成高等级中心，并有进一步聚合的趋势；另一方面，主中心通过地铁二号线与宁围、临浦连接，并依托道路与闻堰、瓜沥联通，形成中心体系框架，进而通过路网链接基层中心形成体系网络结构雏形，使各中心不再是相互独立的个体，通过功能连接与互补，扩大服务范围。

3.3 中心度构成及问题

从中心度构成上看，一、二级中心三项指标较为均衡，且使用者数量绝对值较大，可见需求承载能力较强。三级中心中，临浦、宁围则属于成形较早的老城区，与之相对的，闻堰设施数量较多而使用者少，供给较为超前。从设施等级上而言，大部分中心以中端设施为主，高端设施主要集中于市心路中心周边，瓜沥作为二级中心亦以中低端为主，设施等级与中心位次不匹配(图 6)。



总体而言，萧山区目前的公共中心体系处于一个低等级的成熟阶段向高等级转变的过渡期，当前最为突出的问题有二：一是整体服务能力不高，现状虽有“一主一副多次”较为完整的体系，但高等级设施占比过小，使其整体服务能力较低。二是主中心依赖度过大，次级中心体量过小，覆盖不完全，且高等级设施几乎完全集中于主中心附近，周边中心发展较为滞后。

4 结论与讨论

公共中心体系的本质功能在于满足市民多样的需求,公共服务体系的识别应当囊括供给、侧两方面,本文探索了两者结合的多源数据下公共服务体系的识别方法,通过建立评价体系以理性融合各类数据,以求在城区尺度上得出空间精度更高、对规划实践指导意义更强的结果,主要的结论如下:

经识别萧山区共有 4 级体系 22 个中心,中心布局与政区高度一致。公共服务资源整体上呈现“内聚外散”分布,使用者承载力上也相应地表现出主中心区域较强,而周边较勉强的状态。高等级的资源更显集中性,主要集中于市心路附近,中心布局也具有显著的南北差异。现状在中心的基础上依托道路及边缘接近已初步形成体系,体系的主要问题在于整体服务能力不足,次级中心体量较小且主中心依赖度过大,由于主中心的边界已跨越多个街道,能力几近饱和,因而加快建设 1~2 处高等级的中心,提高次级中心的服务能力,从而形成服务范围与市民日常活动范围相适应的多核心公共中心体系是当下可选的较优策略。

参考文献:

- [1]罗震东,朱查松.解读多中心:形态、功能与治理[J].国际城市规划,2008,23(1):85 -88.
- [2]张亮,岳文泽,刘勇.多中心城市空间结构的多维识别研究——以杭州为例[J].经济地理,2017,37(6):67 - 75.
- [3]晏龙旭,张尚武,王德,等.上海城市生活中心体系的识别与评估[J].城市规划学刊,2016(6):65 - 71.
- [4]赵燕菁.空间结构与城市竞争的理论与实践[J].规划师,2004,20(7):5 - 13.
- [5]Mcmillen D P. Nonparametric Employment Subcenter Identification[J]. Journal of Urban Economics, 2001, 50(3):448 — 473.
- [6]M. C. Central Places in Southern Germany by W. Christaller[J]. Economic Geography, 1966,43(3):275 - 276.
- [7]Mcmillen D P, Smith S C. The number of subcenters in large urban areas[J]. Journal of Urban Economics, 2003, 53(3): 321 - 338.
- [8]Mcmillen D P, McDonald J F. A Nonparametric Analysis of Employment Density in a Polycentric City[J]. Journal of Regional Science, 1997,37(4):591 -612.
- [9]孙斌栋,魏旭红.上海都市区就业——人口空间结构演化特征[J].地理学报,2014, 69(6):747 - 758.
- [10]Giuliano G, Small K A. Subcenters in the Los Angeles region[J]. University of California Transportation Center WorkingPapers, 1991, 21(2): 163- 182.
- [11]蒋丽,吴缚龙.广州市就业次中心和多中心城市研究[J].城市规划学刊,2009(3) :75-81.
- [12]孙斌栋,石巍,宁越敏.上海市多中心城市结构的实证检验与战略思考[J].城市规划学刊,2010(1):58 - 63.
- [13]钮心毅,丁亮,宋小冬.基于手机数据识别上海中心城的城市空间结构[J].城市规划学刊,2014(6):61 - 67.

-
- [14]丁亮, 钮心毅, 宋小冬. 利用手机数据识别上海中心城的通勤区[J]. 城市规划, 2015, 39(9): 100-106.
- [15]丁亮, 钮心毅, 宋小冬. 上海中心城就业中心体系测度——基于手机信令数据的研究[J]. 地理学报, 2016, 71(3): 484-499.
- [16]范柏乃, 金洁. 公共服务供给对公共服务感知绩效的影响机理——政府形象的中介作用与公众参与的调节效应[J]. 管理世界, 2016(10): 50-61.
- [17]章飙, 杨俊宴, 任焕蕊. 基于城市公共中心体系的服务产业空间分布与影响机制研究[C]//2013 中国城市规划年会. 2013.
- [18]秦萧, 甄峰, 朱寿佳, 等. 基于网络口碑度的南京城区餐饮业空间分布格局研究——以大众点评网为例[J]. 地理科学, 2014, 34(7): 810-817.
- [19]吴欣. 西北地区东部县城公益性公共设施适宜性规划指标体系研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2013.
- [20]陈蔚珊, 柳林, 梁育填. 基于 POI 数据的广州零售商业中心热点侧与 iL 态集聚观分析[J]. «W», 2016, 35(4): 703-716.
- [21]罗永泰, 王丽英. 论城乡公共产品的隐性需求开发与有效供给[J]. 中央财经大学学报, 2006(10): 1-5.
- [22]曹荣湘. 蒂布特模型[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2004.
- [23]禹文豪, 艾廷华. 核密度估计法支持下的网络空间 POI 点可视化与分析[J]. 测绘学报, 2015, 44(1): 82-90.
- [24]黄建中, 胡刚钰, 李敏. 老年视角下社区服务设施布局适宜性研究——基于步行指数的方法[J]. 城市规划学刊, 2016(6): 45-53.
- [25]塔娜, 柴彦威, 关美宝. 北京郊区居民日常生活方式的行为测度与空间——行为互动[J]. 地理学报, 2015, 70(8): 1271-1280.
- [26]Gordon P, Richardson H W, Wong H L. The distribution of population and employment in a polycentric city : the case of Los Angeles[J]. Environment & Planning A, 1986, 18(2): 161-173.
- [27]杜之韩. 判断矩阵一致性检验的新途径[J]. 系统工程理论与实践, 1998, 18(6): 102-104.