

成都茶馆空间随机聚集分形特征研究

成 功^{1,2}, 李仁杰^{1,3}, 张军海^{1,3}, 傅学庆^{1,3}

(1. 河北师范大学资源与环境科学学院, 石家庄 050016; 2. 二十一世纪空间技术应用股份有限公司, 北京 100096;
3. 河北省环境演变与生态建设实验室, 石家庄 050016)

摘 要:以成都市茶馆游憩场点系统为研究对象,在全市尺度和著名旅游地标、著名茶馆为中心的0.5 km、1.0 km等多级尺度下,对各茶馆子系统随机聚集维数进行测算。研究发现成都市茶馆系统具有空间随机聚集分形结构特征,而且存在明显的尺度效应。全市尺度下,以天府广场(城市空间分布中心和市行政中心)为中心,成都茶馆呈离心状态分布,空间结构随机聚集性较弱。在0.5 km尺度下,以杜甫草堂等5个著名旅游地标为系统中心,茶馆子系统未能表现出明显的分形结构特征;以10个著名茶馆为系统中心,茶馆子系统空间分布呈向心状态分布,空间结构随机聚集性较强。在1.0 km尺度下,以著名旅游地标为系统中心,茶馆子系统多呈现双分形结构,随着尺度范围增大茶馆子系统分形结构特征发育趋于明显;以著名茶馆为系统中心的茶馆子系统,空间结构随机聚集性很强,因此著名茶馆是1.0 km尺度下的茶馆系统自我演化的聚集中心。案例证明分形理论可以在多种空间尺度下指示城市游憩场点系统的微观结构。

关 键 词:茶馆系统;空间结构;随机聚集维数;分形;成都

1 引言

分形系统是自然优化结构,具有自组织性以及无标度性特征。自然界存在很多分形体,如山川、河流、湖泊边界、海岸线等^[1-2]。人文系统分形结构也十分明显,国内学者在分形城市方面做了大量工作^[3],如城市等级体系^[4]、城市结构^[5-6]、城市生长^[7]、交通网络^[8]、城市人口^[9-10]等。城市游憩空间是城市复杂系统中的子系统,游憩空间结构的合理性直接影响其自身发展,进而影响城市系统健康发展。城市游憩场点系统形成是宏观与微观动力相互作用的过程,其发展受自然、人文等多种因素的影响,遵循从无序到有序、从一种有序到另一种有序,从有序到混沌的进化过程,最终趋向某种奇异吸引子,奇异吸引子的非整数维和无穷嵌套的自相似结构的特性,决定了分形理论和方法是研究城市游憩场点系统结构的最佳选择^[11]。

目前,应用分形理论对单一尺度下城市游憩场点空间分布研究较为常见,主要研究成果有:黄泰、保继刚等通过对苏州市城市要素的分形分析发现,

苏州游憩场点空间分布呈现核心松散、外围紧致的特征,城市交通也存在较好的分形特征^[12-13];许志晖、戴学军等通过南京市景区景点系统的分形分析,发现景区景点具有很强的空间聚集性,并表现出明显的空间分异特征^[14-16];杨国良等从省域尺度,应用分形理论观察四川省旅游景区(点)系统空间分布特征,并借助位序—规模双对数拟合方法分析四川省旅游规模分布规律^[17]。以上研究均表明,城市游憩场点系统空间分布分形特征在一定范围内是客观存在的。这些研究为不同尺度上的游憩场点分形特征及其空间分异研究奠定了基础。

茶馆是成都市休闲游憩文化的代表性案例,是该市游憩空间的一种特殊形式。本文以成都茶馆系统为研究对象,应用分形理论,借助ArcGIS软件平台,选择行政中心、著名旅游地和著名茶馆,在全市范围、0.5 km、1.0 km等多种空间尺度下,测量茶馆系统的随机聚集维数。论文试图发现茶馆系统的微观结构特征,寻找定量描述茶馆空间分布格局的有效方法。

收稿日期:2011-06; 修订日期:2011-09.

基金项目:国家自然科学基金项目(41171105, 40971089, 40701137);河北省高校重点学科建设项目。

作者简介:成功,女,硕士研究生,研究方向为地理信息建模。E-mail: chengcgongg@163.com

通讯作者:李仁杰(1975-),男,河北鹿泉人,副教授。从事地理信息建模与生态旅游研究。E-mail: lrjgis@163.com

2 研究方法 with 数据获取

2.1 随机聚集维数

随机聚集维数从系统一点相关角度出发,描述系统各要素围绕核心要素聚集状态。依据系统演化模型,如果在一定区域内系统各要素围绕某个中心呈现某种聚集分布状态,分形体回转半径 r 与系统总半径呈线性比例,即各方向上均匀变化,可利用回转半径法测算系统空间随机聚集维数^[7]。借助几何测度关系,半径为 r 的区域范围内,系统半径 r 与圆周内粒子数目 $N(r)$ 关系符合以下关系式:

$$N(r) \propto r^{D_f} \tag{1}$$

式中: D_f 为分维,其中半径 r 单位取值会对分维值产生影响,因此常将其转化为平均半径^[18],平均半径为:

$$R_s = \left(\frac{1}{S} \sum_{i=1}^S r_i^2 \right)^{\frac{1}{2}} \tag{2}$$

则有随机聚集分维关系式如下: $R_s \propto S^{\frac{1}{D}}$ (3)

式中: R_s 为平均半径; S 为区域内粒子个数; r_i 为第 i 个要素到系统中心的欧式距离(又称重心距); $\langle \dots \rangle$ 表示平均; D 反映的是系统内各要素围绕系统中心的随机聚集特征,即随机聚集维数。

计算随机聚集维数,首先选取系统中心要素为中心,测算其他各要素到中心要素重心距 r_i ,将 r_i 转化为平均半径 R_s ,改变 r_i ,得到对应的 R_s 值,进而得到对应的 S 值,求得 R_s 与 S 的对数,将 $(\ln R_s, \ln S)$ 绘制到平面直角坐标系中,并通过最小二乘法求得线性回归方程,进而求得分维值 D 。

2.2 随机聚集维数的地理意义

从系统空间结构意义上讲, D 反映了系统各要素由中心向四周密度衰减的特征,即反映了系统结构紧凑性特征。在一定区域范围内,系统各要素在随机聚集过程中,如果中心要素始终吸附相邻其他要素,要素聚合体屏蔽作用会使中心要素始终处于系统中心位置;如果在随机聚集过程中,中心要素不再吸附相邻要素,则会形成多个系统,每个系统围绕中心要素形成随机聚集体,而在系统整体范围内不存在明显聚集中心。但是对于整个系统而言,只要有随机聚集体形成,系统整体吸引力就是增加的^[19]。

二维空间中,若系统演化遵循有限扩散集团凝聚模型,分维值 $D \approx 1.78$,这只是存在于理想状态下,但一定存在统计意义上的自相似性与标度不变性。分维值 $D < 2$ 时,说明系统各要素从中心向周围腹地密度衰减,系统中各个要素围绕中心要素呈聚集分布状态,系统吸引力呈增加状态;当 $D = 2$ 时,说明系统从中心向四周均匀变化,系统分形性质已退化,是系统存在的一种特殊状态;当 $D > 2$ 时,说明系统各要素从中心向周围腹地密度递增,系统呈离心状态分布,系统吸引力弱化,系统是一种非常态空间分布状态。

2.3 数据获取

以成都市主城区作为研究区域,即以天府广场为中心,向四周扩展至三环路范围以内,通过对成都市各类专题地图以及统计资料的综合调研,并利用 Google Earth 上排名查询、MapABC 网络电子地图验证,获得成都茶馆样本 3500 多个,经过重复样本点剔除,最终确定有效样本点 3014 个,样本涵盖大众型茶馆、商务茶馆、传统型茶馆等多种类型。选取成都市中心位置(亦为行政中心)作为研究区域的区域重心;选取成都市二环以内文殊院、望江楼、杜甫草堂、武侯祠、青羊宫 5 个著名景点作为旅游地标,用以分析旅游地标与茶馆系统之间的空间关联性;选取圣淘沙茶园、大观园茶府、天域茶楼、悦来茶馆、成都画院露天茶馆、经典茶楼、老电影茶园、蜀风雅韵、顺兴老茶馆、鹤鸣茶园 10 个著名茶馆作为代表性茶馆,以代表性茶馆为中心探寻茶馆系统自我演化的聚集中心(图 1)。

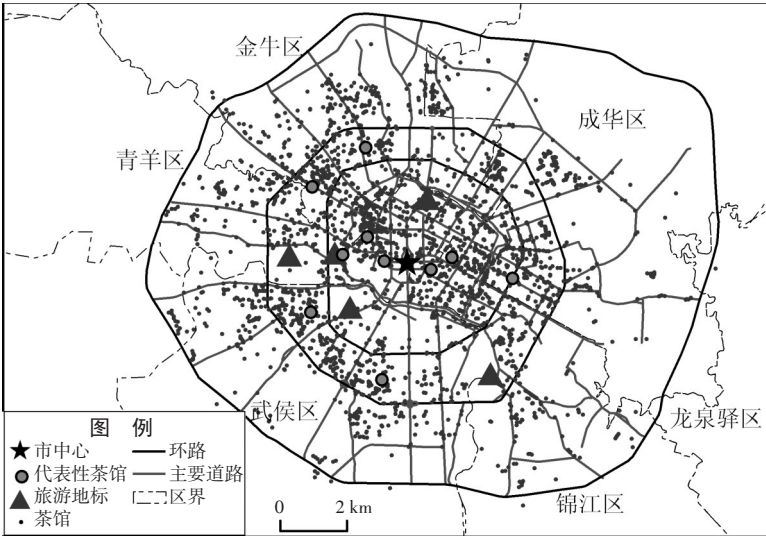


图 1 茶馆样本数据分布图

Fig.1 Map of the sample data distribution of teahouses

3 茶馆系统的多尺度随机聚集维数

任何一个系统都是具有层次性的等级体系,而成都市众多茶馆与该市行政中心以及一些著名旅游地标的区位关系,可以通过随机聚集维数的测算得到反映;同样在成都市茶馆系统中,一些茶馆处于中心地位,另一些茶馆则处于边缘地位,这种中心—边缘关系,也可通过随机聚集维数反映出来^[20]。论文选取杜甫草堂、青羊宫、望江楼、文殊院、武侯祠 5 个著名景点作为旅游地标,圣淘沙茶园、大观园茶府、天域茶楼、悦来茶馆、成都画院露天茶馆、经典茶楼、老电影茶园、蜀风雅韵、顺兴老茶馆、鹤鸣茶园 10 个著名茶馆作为代表性茶馆,对不同尺度下茶馆子系统分形特征及其空间分异进行对比分析。

3.1 全市尺度随机聚集维数计算与分析

对成都市茶馆系统从全市尺度范围进行测算,选取成都市中心位置天府广场(亦为行政中心)作为研究区域的重心,以该处为圆心作回转半径 r , 计算半径范围内茶馆数目 S , 通过改变 r 值得到相应茶馆数目,根据所得点列 (r_i, S) 计算对应的平均半径 R_s , 将点列 $(\ln S, \ln R_s)$ 标绘于直角坐标系上, 并进行线性回归分析, 测算得出全市范围内茶馆系统随机聚集分形维数双对数分布图(图 2)和全市范围内茶馆系统随机聚集维数测算数据表(表 1)。

表 1 全市范围内茶馆系统随机聚集维数测算数据表

Tab.1 The data table about the measurement of dimensions of random aggregation of tea-house system in a whole-city scale

中心	方程	R^2	$1/D$	D
市中心	$\ln R_s = 0.4848 \ln S - 2.5767$	0.9836	0.4848	2.0627

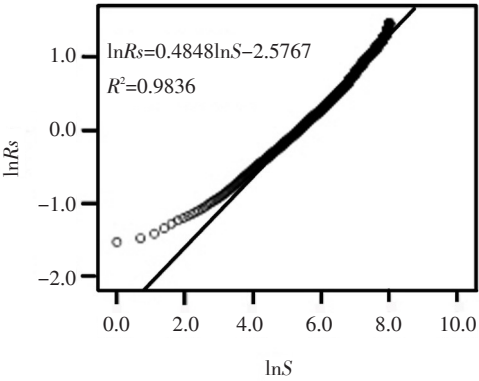


图 2 全市范围内茶馆系统随机聚集分形维数双对数分布图

Fig.2 Distribution map about the logarithmic of the fractal dimension of tea-house's random aggregation in a whole-city scale

图 2 中大部分点呈线性分布,具有明显无标度性,说明成都市茶馆系统在全市尺度范围内随机聚集分形结构特征客观存在,其无标度区间较宽,为较简单的单分形结构。通过对无标度区间内坐标点进行回归计算,可得线性回归方程(表 1),回归方程判别系数 $R^2=0.9836$,表明变量 R_s 变化过程中 98.36%由 S 引起,二者拟合程度很高。全市尺度下茶馆系统分维值为 $2.0627>2$,说明全市尺度下茶馆系统空间结构随机聚集性比较弱,茶馆密度从聚集中心向四周呈现递增趋势,而非递减,这是一种非正常聚集状态。成都市全市尺度茶馆系统尚处于有限扩散集团凝聚模型初始演化阶段,其行政中心对茶馆分布中心性作用较弱,对茶馆吸附作用较小,目前行政中心还不是茶馆系统自我演化的聚集中心。

3.2 吸引物中心 0.5 km 尺度随机聚集维数

3.2.1 旅游地标为中心的随机聚集维数

选取成都市区内 5 个著名旅游地标作为圆心,以 0.5 km 为半径做缓冲区,得到缓冲区内所有茶馆,依据上述方法,测算得出旅游地标 0.5 km 范围内茶馆系统随机聚集分形维数双对数分布图(图 3)和旅游地标 0.5 km 范围内茶馆系统随机聚集维数测算数据表(表 2)。

表 2 给出各子系统双对数线性回归方程及分维值 D ,表中除武侯祠为中心茶馆子系统外,其余景点为中心的茶馆子系统 D 值均远大于 2,说明景点周围 0.5 km 范围内茶馆系统空间结构的分形特征发育并不明显。在所选取的 0.5 km 尺度下,杜甫草堂、青羊宫、望江楼以及文殊院作为旅游景区核心区,在其旅游服务范围内,极大的发挥旅游服务优势,形成景区集团,对周围形成屏蔽作用,使周围地区其他旅游休闲行业发展受到限制,该区域内茶馆系统未发育出明显的分形特征。

表 2 旅游地标 0.5 km 范围内茶馆系统随机聚集维数测算数据表

Tab.2 The data table about the measurement of dimensions of random aggregation of tea-house system within 0.5 km away from the tourism land mark

中心	方程	R^2	$1/D$	D
杜甫草堂	$\ln R_s = 0.2157 \ln S - 1.3936$	0.9776	0.2157	4.6361
青羊宫	$\ln R_s = 0.2701 \ln S - 1.6809$	0.9677	0.2701	3.7023
望江楼	$\ln R_s = 0.1391 \ln S - 1.1230$	0.9803	0.1391	7.1891
文殊院	$\ln R_s = 0.2695 \ln S - 2.1727$	0.9885	0.2695	3.7106
武侯祠	$\ln R_s = 0.5944 \ln S - 2.3101$	0.9363	0.5944	1.6824

以武侯祠为中心茶馆子系统 D 值为 1.6824,说明武侯祠周围 0.5 km 尺度茶馆系统空间结构随机聚集性较强,但这种空间聚集性是否因为旅游景点对周围茶馆起到吸附作用,还需进一步探讨。

3.2.2 著名茶馆为中心的随机聚集维数

选取成都市区内 10 个著名茶馆为圆心,得到以 0.5 km 为半径缓冲区内所有茶馆,通过测算得出区域范围内茶馆系统随机聚集分形维数双对数分布图(图 4)和茶馆系统随机聚集维数测算数据表(表 3)。

根据以上结果,对所选著名茶馆 0.5 km 尺度茶馆系统随机聚集维数分析如下:

- (1) 各茶馆子系统空间聚集分形结构客观存在。图 4 中各子系统,点列均呈线性分布,并具有明显无标度区间。表 3 给出各子系统线性回归方程及相应分维值,表中各式均可通过显著性检验,这表明以各著名茶馆为中心 0.5km 尺度茶馆子系统随机聚集分形结构客观存在。
- (2) 多数茶馆子系统呈现单分形结构。由图 4 可以看出,多数茶馆系统是简单的单分形结构,形

表 3 著名茶馆 0.5 km 范围内茶馆系统随机聚集维数测算数据表
Tab.3 The data table about the measurement of dimensions of random aggregation of tea-house system within 0.5 km away from the famous teahouse

中心	方程	R^2	$1/D$	D	R_s
成都画院	$\ln R_s = 0.8883 \ln S - 4.0950$	0.9807	0.8883	1.1257	≤ 0.1621
	$\ln R_s = 0.3716 \ln S - 2.7023$	0.9975	0.3716	2.6911	> 0.1621
大观园	$\ln R_s = 0.6702 \ln S - 3.7410$	0.9945	0.6702	1.4921	--
鹤鸣	$\ln R_s = 0.7966 \ln S - 3.8542$	0.9848	0.7966	1.2553	--
经典	$\ln R_s = 0.6050 \ln S - 2.9654$	0.9550	0.6050	1.6529	--
老电影	$\ln R_s = 0.5980 \ln S - 3.1294$	0.9666	0.5980	1.6722	--
圣淘沙	$\ln R_s = 0.7524 \ln S - 3.8268$	0.9962	0.7524	1.3291	--
蜀风雅韵	$\ln R_s = 0.5183 \ln S - 2.8217$	0.9946	0.5183	1.9294	--
顺兴	$\ln R_s = 0.4130 \ln S - 2.4832$	0.9939	0.4130	2.4213	--
天域	$\ln R_s = 0.5847 \ln S - 3.3109$	0.9739	0.5847	1.7103	--
悦来	$\ln R_s = 0.5382 \ln S - 3.1922$	0.9952	0.5382	1.8580	--

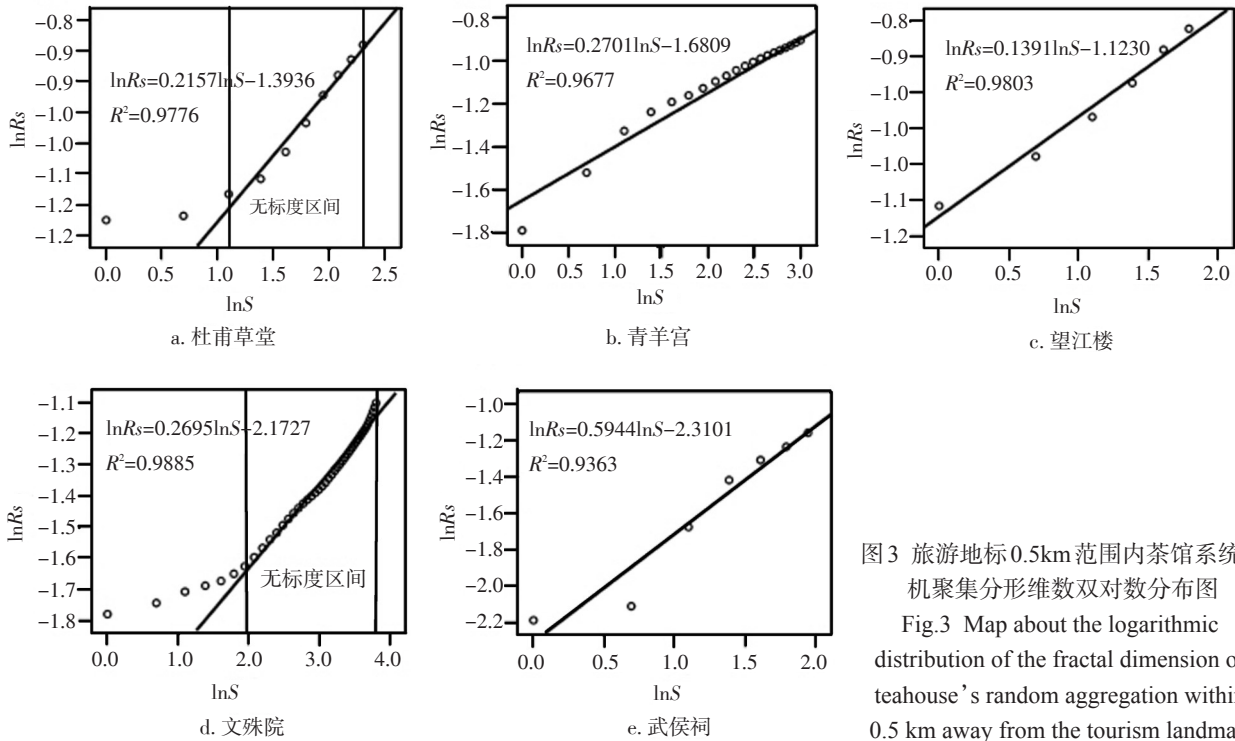


图 3 旅游地标 0.5km 范围内茶馆系统随机聚集分形维数双对数分布图
Fig.3 Map about the logarithmic distribution of the fractal dimension of teahouse's random aggregation within 0.5 km away from the tourism landmark

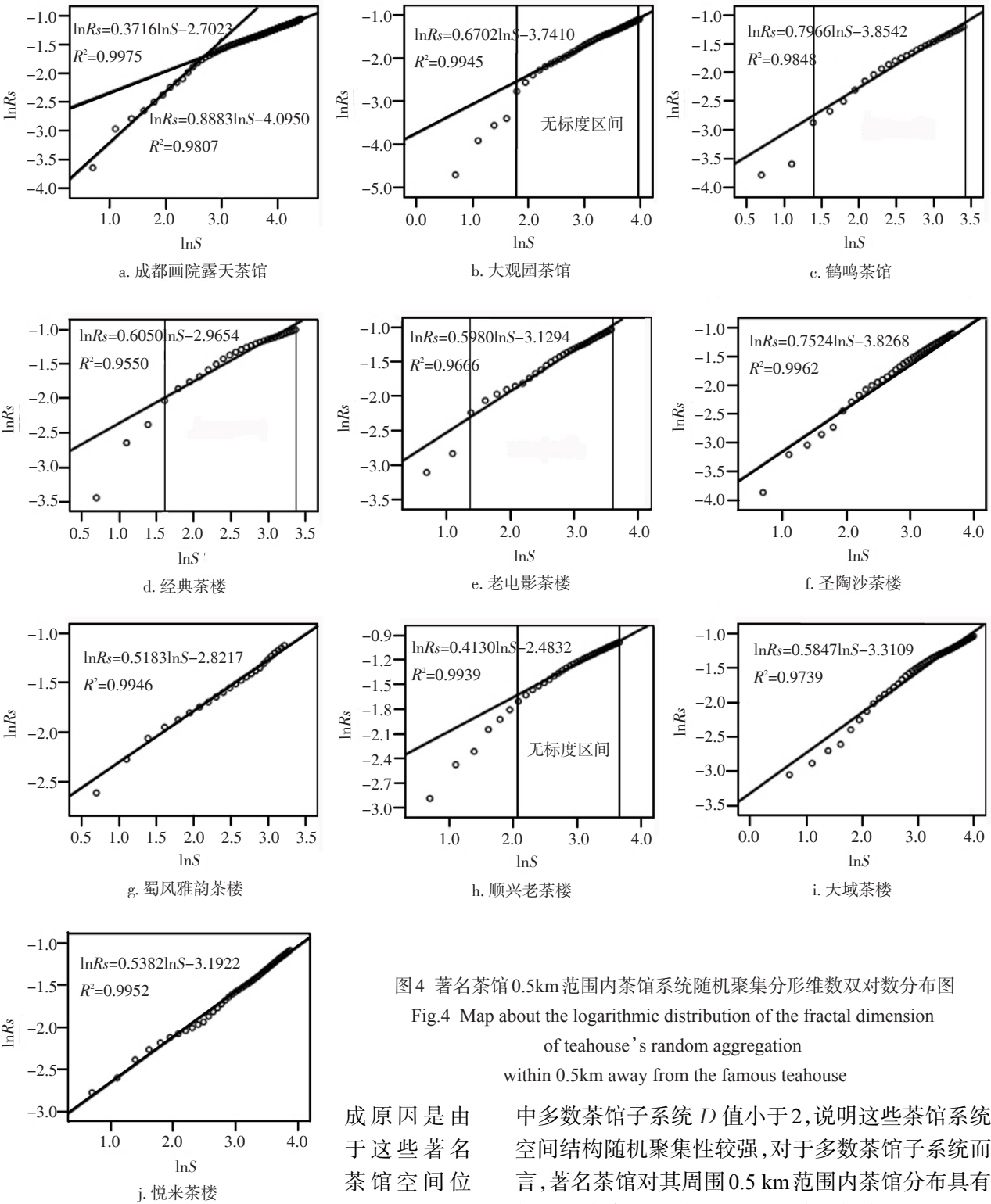


图4 著名茶馆0.5km范围内茶馆系统随机聚集分形维数双对数分布图
Fig.4 Map about the logarithmic distribution of the fractal dimension of teahouse's random aggregation within 0.5km away from the famous teahouse

成原因是由于这些著名茶馆空间位置处于系统聚集中心,所选取区域范围较小,茶馆系统中各要素演化约束条件在区域范围内差别较小,因此形成了比较简单的空间随机聚集分形结构。

(3) 多数茶馆子系统随机聚集性较强。表3给出各子系统双对数线性回归方程及分维值 D ,表

中多数茶馆子系统 D 值小于2,说明这些茶馆系统空间结构随机聚集性较强,对于多数茶馆子系统而言,著名茶馆对其周围0.5 km范围内茶馆分布具有较强吸附作用,比较容易吸引其他茶馆进入系统内部,使茶馆密度由中心向四周衰减。从茶馆系统空间结构角度来讲,著名茶馆空间位置处在各茶馆子系统自我演化聚集中心,能够充分发挥系统中心地作用。

(4) 少数茶馆子系统随机聚集分形特征较为特

殊。表3中茶馆子系统 D 值普遍小于2,并且大多呈现单分形结构,而以成都画院露天茶馆为中心0.5 km 尺度茶馆子系统却表现出明显的双分形结构,第一个无标度区间 D 值为1.1257,第二个无标度区间 D 值为2.6911。说明在该子系统中,平均距离小于0.1621 km 范围内,茶馆呈高度向心性分布,茶馆密度由系统中心向周围呈递减趋势;当平均距离大于0.1621 km 时,茶馆表现为离心性分布,密度由中心向周围递增。根据旅游中心地理论,形成这种空间分布状态原因是,成都画院露天茶馆自身吸附作用形成了第一个无标度区间内茶馆向心性分

布,而著名古街一支矶石街在距离成都画院露天茶馆约0.25 km 处,该街道各种休闲场所密集分布,分布有很多茶馆,使得成都画院露天茶馆中心性作用消失,因此形成了第二个无标度区间内茶馆离心性状态分布的空间分布特征。

顺兴老茶馆为中心0.5 km 尺度茶馆子系统 D 值为2.4213,说明该茶馆系统茶馆密度从聚集中心向四周呈现递增趋势,顺兴老茶馆作为成都市最著名的茶馆,对其周围茶馆分布不具备吸附作用,这是一种非正常聚集状态。这是由于顺兴老茶馆坐落于成都市会展中心内部,会展中心集展览、会议、

表4 旅游地标1.0 km 范围内茶馆系统随机聚集维数测算数据表
Tab.4 The data table about the measurement of dimensions of random aggregation of teahouse system within 1.0 km away from the tourism land mark

中心	方程	R^2	$1/D$	D	R_s
杜甫草堂	$\ln R_s = 0.3353 \ln S - 1.6597$	0.9906	0.3353	2.9824	--
青羊宫	$\ln R_s = 0.2156 \ln S - 1.5469$	0.9979	0.2156	4.6382	≤ 0.4203
	$\ln R_s = 0.4126 \ln S - 2.1738$	0.9980	0.4126	2.4237	> 0.4203
望江楼	$\ln R_s = 0.1511 \ln S - 1.1314$	0.9787	0.1511	6.6181	≤ 0.4498
	$\ln R_s = 0.2898 \ln S - 1.3882$	0.9978	0.2898	3.4507	> 0.4498
文殊院	$\ln R_s = 0.2523 \ln S - 2.1243$	0.9953	0.2523	3.9635	≤ 0.3066
	$\ln R_s = 0.7536 \ln S - 3.9719$	0.9981	0.7536	1.3270	> 0.3066
武侯祠	$\ln R_s = 0.5993 \ln S - 2.3137$	0.9482	0.5993	1.6686	≤ 0.3495
	$\ln R_s = 0.3821 \ln S - 1.7537$	0.9951	0.3821	2.6171	> 0.3495

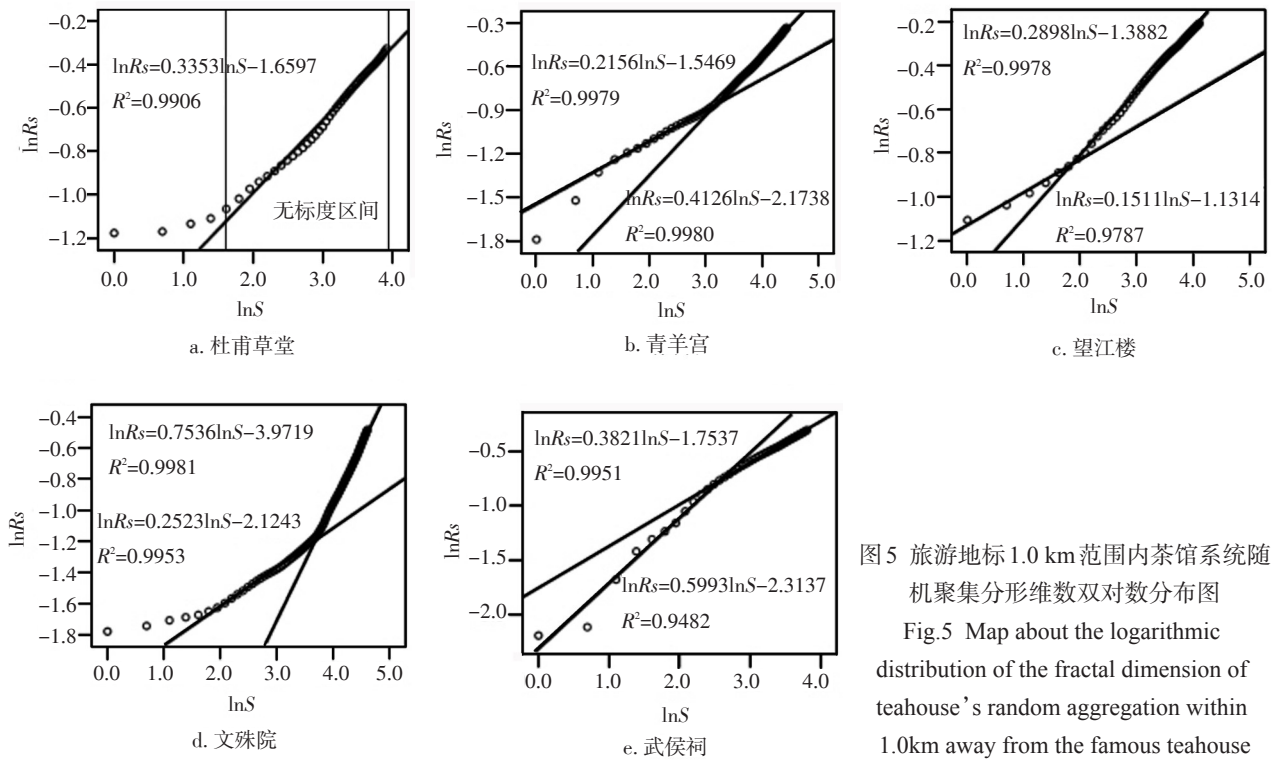


图5 旅游地标1.0 km 范围内茶馆系统随机聚集分形维数双对数分布图
Fig.5 Map about the logarithmic distribution of the fractal dimension of teahouse's random aggregation within 1.0km away from the famous teahouse

酒店、娱乐、休闲、购物于一体,具有一定服务范围,在该范围内核心区将极大发挥系统服务优势,对周围形成屏蔽作用,从而使周围地区其他休闲行业的发展受到限制。

3.3 吸引物中心 1.0 km 尺度随机聚集维数

3.3.1 旅游地标为中心的随机聚集维数

依据上述方法测算得出旅游地标 1.0 km 范围内茶馆系统随机聚集分形维数双对数分布图(图 5)和旅游地标 1.0 km 范围内茶馆系统随机聚集维数测算数据表(表 4)。

根据以上结果,对旅游地标 1.0 km 尺度茶馆系统随机聚集维数分析如下:

(1) 多数茶馆子系统呈现出双分形结构,随尺度变化茶馆系统分形特征趋于明显。不同于旅游地标为中心 0.5 km 尺度茶馆子系统,在 1.0 km 尺度下茶馆子系统多数为双分形结构,形成这种双分形空间结构原因是,旅游景点空间位置上处于系统几何中心,中心景点影响区域范围有限,导致其周围茶馆系统演化约束条件在特定区域内表现出差异性。

进一步观察分维值特征,可以发现在呈现双分形结构的子系统中,多数系统第一个无标度区间对应分维数大于第二个无标度区间对应的分维数,且第二个无标度区间分维值趋于合理。这个结论与前面对旅游地标为中心 0.5 km 范围内茶馆子系统测算所得结果吻合,旅游核心区屏蔽作用使得较小

尺度下旅游地标为中心的茶馆子系统分形特征发育不明显;随着距离加大旅游核心区屏蔽作用不断弱化,从而使产生新茶馆分布的几率增加,茶馆空间聚集结构密度递增趋势加快,使得第二个无标度区间内茶馆系统分形结构特征趋于明显。通过上述计算可知对于旅游地标为中心的茶馆子系统,在 0.5 km 尺度范围内未能明显表现出茶馆子系统的分形特征,随着尺度范围增大旅游核心区屏蔽作用不断弱化,茶馆系统分形结构特征发育趋于明显。

(2) 茶馆子系统空间聚集结构特征中存在特殊性。在各子系统中,以杜甫草堂为中心 1.0 km 范围内,茶馆空间分布呈现出明显单分形结构,但其空间结构随机聚集性较弱,茶馆对中心景点依赖性较小,茶馆密度从中心景点向四周递增。

以武侯祠为中心 1.0 km 尺度茶馆子系统第一个无标度区间 D 值为 1.6686,第二个无标度区间 D 值为 2.6171,这个结论与前面对武侯祠为中心 0.5 km 范围内茶馆子系统测算所得结果吻合。这说明武侯祠周围茶馆系统空间聚集性确实不同于其他茶馆子系统,在平均半径 0.3495 km 区域范围以内,茶馆系统空间结构随机聚集性较强,武侯祠是茶馆自我演化的聚集中心,中心性作用较强;而在平均半径大于 0.3495 km 区域范围内,武侯祠中心地作用消失,茶馆密度逐渐衰减。

3.3.2 著名茶馆为中心的随机聚集维数

依据上述方法测算得出著名茶馆 1.0 km 范围

表 5 著名茶馆 1.0 km 范围内茶馆系统随机聚集维数测算数据表
Tab.5 The data table about the measurement of dimensions of random aggregation of teahouse system within 1.0 km away from the famous teahouse

中心	方程	R^2	$1/D$	D	R_s
成都画院	$\ln R_s = 0.7970 \ln S - 3.8972$	0.9958	0.7970	1.2547	≤ 0.1905
	$\ln R_s = 0.3623 \ln S - 2.6649$	0.9992	0.3623	2.7601	$0.1905 < R_s < 0.3509$
	$\ln R_s = 0.6438 \ln S - 3.9168$	0.9980	0.6438	1.5533	≥ 0.3509
大观园	$\ln R_s = 0.6626 \ln S - 3.7301$	0.9972	0.6626	1.5092	--
鹤鸣	$\ln R_s = 0.7001 \ln S - 3.5987$	0.9940	0.7001	1.4284	--
经典	$\ln R_s = 0.8672 \ln S - 3.5098$	0.9798	0.8672	1.1531	≤ 0.2748
	$\ln R_s = 0.4164 \ln S - 2.4006$	0.9997	0.4164	2.4015	> 0.2748
老电影	$\ln R_s = 0.5438 \ln S - 2.9666$	0.9992	0.5438	1.8389	--
圣淘沙	$\ln R_s = 0.5930 \ln S - 3.3414$	0.9873	0.5930	1.6863	--
蜀风雅韵	$\ln R_s = 0.5696 \ln S - 2.9447$	0.9982	0.5696	1.7556	--
顺兴	$\ln R_s = 0.4251 \ln S - 2.5291$	0.9943	0.4251	2.3524	≤ 0.4370
	$\ln R_s = 0.6871 \ln S - 3.5872$	0.9972	0.6871	1.4554	> 0.4370
天域	$\ln R_s = 0.6130 \ln S - 3.4161$	0.9920	0.6130	1.6313	--
悦来	$\ln R_s = 0.5621 \ln S - 3.2524$	0.9984	0.5621	1.7790	--

内茶馆系统随机聚集分形维数双对数分布图(图6)和著名茶馆1.0 km 范围内茶馆系统随机聚集维数测算数据表(表5)。

根据以上结果,对所选著名茶馆1.0 km 尺度茶馆系统随机聚集维数分析如下:

(1) 各茶馆子系统空间聚集分形结构客观存

在。图6中各子系统,点列均呈线性分布,并具有明显无标度区间。表5给出各子系统线性回归方程及相应分维值,表中各式均可通过显著性检验,这表明以各著名茶馆为中心1.0 km 尺度各茶馆系统随机聚集分形结构客观存在。

(2) 多数茶馆子系统仍然表现为单分形结构。

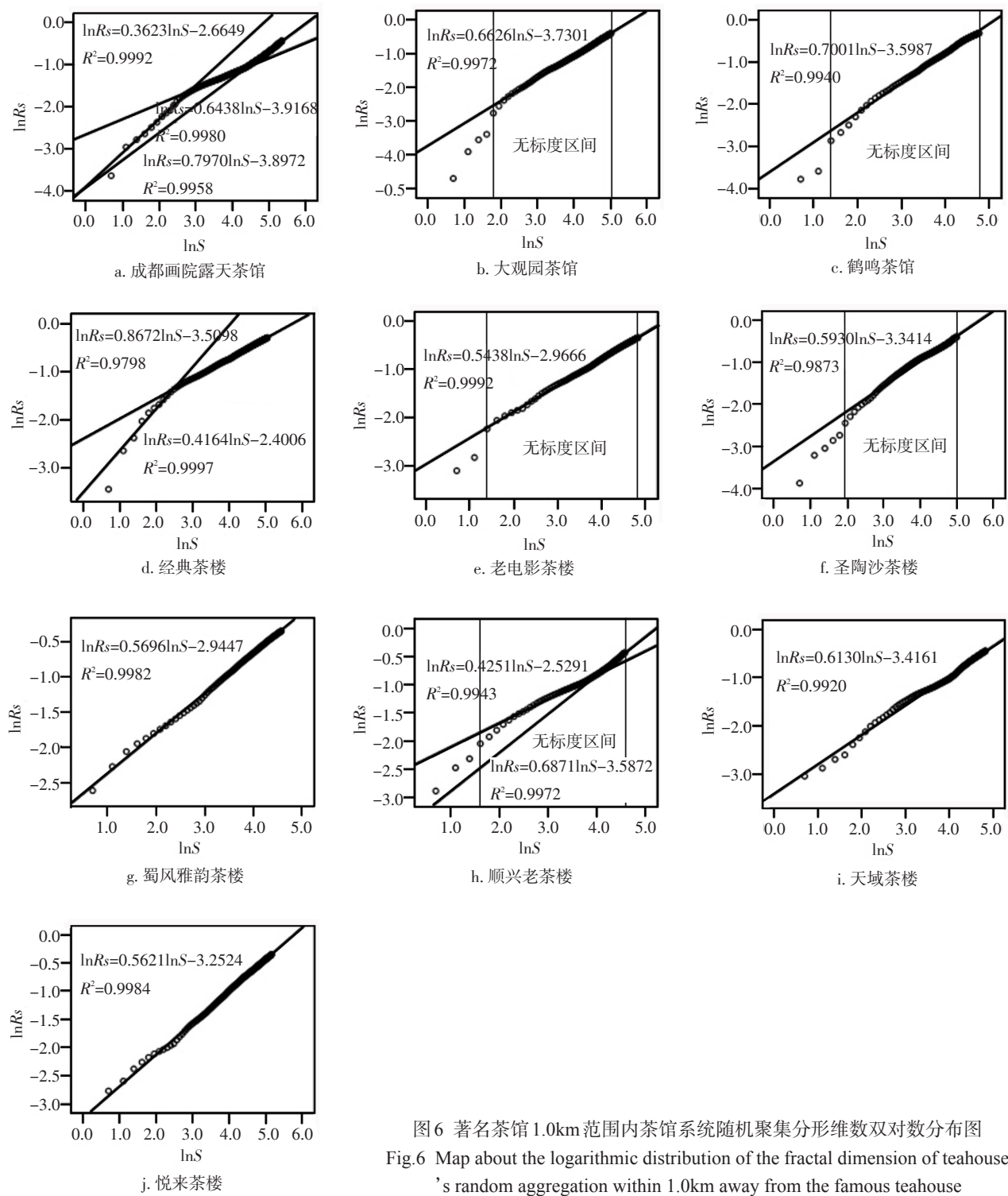


图6 著名茶馆1.0km 范围内茶馆系统随机聚集分形维数双对数分布图
Fig.6 Map about the logarithmic distribution of the fractal dimension of teahouse's random aggregation within 1.0km away from the famous teahouse

由图6可以看出,多数茶馆系统依然是单分形结构,原因是茶馆系统中各要素演化约束条件在所选区域范围内差别较小,因此形成了比较简单的空间随机聚集分形结构。

(3) 多数茶馆子系统随机聚集性较强。表5给出各子系统双对数线性回归方程及分维值 D ,表中多数茶馆子系统 D 值小于2,说明对于多数茶馆子系统而言,著名茶馆对周围1.0 km范围内茶馆空间分布具有较强吸附作用,比较容易吸引其他茶馆进入系统内部,使茶馆密度由中心向四周衰减,形成随机聚集性较强的空间分布状态。从茶馆系统空间结构角度来讲,著名茶馆空间位置处于各茶馆子系统自我演化聚集中心,能够充分发挥系统中心地作用。

(4) 少数茶馆子系统随机聚集分形特征较为特殊。以成都画院露天茶馆为中心1.0 km尺度茶馆子系统呈现出三分形结构。第一个无标度区间 D 值为1.2547,第二个无标度区间 D 值为2.7601,第3个无标度区间 D 值为1.5533。说明在这个子系统中,平均距离小于0.1905 km范围内茶馆表现为高度向心性分布,茶馆密度由系统中心向周围呈递减趋势;当平均距离在0.1905~0.3509 km之间时,该范围内茶馆表现为离心性分布,密度由中心向周围递增;在平均距离大于0.3509 km范围内,茶馆又呈向心性分布,密度由系统中心向周围递减。前两个无标度区间测算所得结果与0.5 km尺度下的系统测算结果吻合,在成都画院露天茶馆与支矶石街共同影响下,系统聚集状态发生改变,形成了新的聚集中心,并吸引了更大区域范围内的茶馆进入系统,因此以成都画院露天茶馆为中心1.0 km范围内茶馆子系统会形成第三个无标度区间,呈现出三分形结构。

顺兴老茶馆为中心1.0 km范围内茶馆子系统第一个无标度区间 D 值为2.3524,第二个无标度区间 D 值为1.4554,这一结论与上面对顺兴老茶馆为中心0.5 km茶馆子系统测算所得结果吻合。这说明顺兴老茶馆所在的成都市会展中心,确实在一定范围内形成了屏蔽作用,限制了其他休闲行业的发展,但是其影响范围有限,在其屏蔽范围之外,会展中心形成了新的系统聚集中心,吸引了更多茶馆围绕这个中心发展起来,从而系统形成双分形结构。

4 结论

本文选取了成都市多级空间尺度茶馆系统,应用分形理论,对各茶馆系统随机聚集维数进行了测算,并分析了其空间分布分形特征。主要结论有:

本文采用了随机聚集维数对成都市茶馆系统空间结构进行了分形研究,通过测算得到各子系统线性回归方程及相应的分维值,各方程均可通过显著性检验,并且拟合程度均很高,这表明成都市茶馆系统空间随机聚集分形结构客观存在。

全市大尺度下,其行政中心对茶馆分布中心性作用较弱、吸附作用较小,成都市茶馆要素距行政中心呈离心状态分布,空间结构随机聚集性较弱。

吸引物为中心0.5 km尺度下,著名旅游地标为中心茶馆子系统未能表现出明显的分形结构特征;著名茶馆为中心茶馆子系统空间分布呈向心状态分布,空间结构随机聚集性较强。

吸引物为中心1.0 km尺度下,著名旅游地标为中心茶馆子系统多呈现双分形结构,随着尺度范围增大旅游核心区屏蔽作用不断弱化,茶馆系统分形结构特征发育趋于明显;著名茶馆为中心茶馆子系统,多数著名茶馆对周围茶馆分布具有吸附作用,系统空间分布呈向心状态分布,空间结构随机聚集性很强,从空间结构角度来讲,著名茶馆是周围一定范围内茶馆系统自我演化的聚集中心。

参考文献

- [1] Mandelbrot B B. The Fractal Geometry of Nature. New York: Freeman, 1982: 55-58.
- [2] Mandelbrot B B, Passoja D E, Paullay A J. Fractal character of fracture surfaces of metals. Nature, 1984, 308: 721-722.
- [3] 刘继生, 陈彦光. 城市地理分形研究的回顾与前瞻. 地理科学, 2000, 20(2): 166-171.
- [4] 刘继生, 陈彦光. 城镇体系等级结构的分形维数及其测算方法. 地理研究, 1998, 17(1): 82-89.
- [5] 秦学. 城市游憩空间结构系统分析: 以宁波市为例. 经济地理, 2003, 23(2): 269-271.
- [6] 冯健. 杭州城市形态和土地利用结构的时空演化. 地理学报, 2003, 58(3): 343-353.
- [7] 陈彦光. 城市化. 相变与自组织临界性. 地理研究, 2004, 23(3): 133-142.
- [8] 刘继生, 陈彦光. 交通网络空间结构的分形维数及其测算方法探讨. 地理学报, 1999, 54(5): 471-475.

- [9] 刘继生, 陈彦光. 人口的区位过程与城市的分形形态. 人文地理, 2002, 17(1): 24-28.
- [10] 冯健, 周一星. 近 20 年来北京都市区人口增长与分布. 地理学报, 2003, 58(6): 903-916.
- [11] 钱学森等. 论系统工程. 长沙: 湖南科技出版社, 1982.
- [12] 黄泰, 保继刚, 戴学军. 苏州城市游憩场点系统空间结构分形. 地理科学进展, 2009, 28(5): 735-743.
- [13] 黄泰, 保继刚, 刘艳艳, 等. 城市游憩场点系统结构分形及优化: 以苏州市区为例. 地理研究, 2010, 29(1): 79-92.
- [14] 许志晖, 戴学军, 庄大昌, 等. 南京市旅游景区景点系统空间结构分形研究. 地理研究, 2007, 26(1): 132-140.
- [15] 戴学军, 丁登山. 旅游景区(点)系统空间结构关联维数分形研究: 以南京市旅游景区(点)系统为例. 资源科学, 2006, 28(1): 180-185.
- [16] 戴学军, 庄大昌, 丁登山. 旅游景区(点)系统空间结构网格分形维数研究. 人文地理, 2009, 24(4): 120-123.
- [17] 杨国良, 游勇, 李海燕. 旅游景区(点)系统空间分布的分形发育及演化特征: 以四川省为例. 自然资源学报, 2007, 22(6): 963-973.
- [18] 陈涛(陈彦光). 城镇体系随机聚集的分形研究. 科技通报, 1995, 11(2): 98-101.
- [19] 戴学军, 丁登山, 许志晖, 等. 旅游景区(点)系统空间结构随机聚集分形研究: 以南京市旅游景区(点)系统为例. 自然资源学报, 2005, 20(5): 706-713.
- [20] 陈彦光. 分形城市系统: 标度—对称—空间复杂性. 北京: 科学出版社, 2008.

The Spatial Fractal Characteristics of Teahouse's Random Aggregation in Chengdu City

CHENG Gong^{1,2}, LI Renjie^{1,3}, ZHANG Junhai^{1,3}, FU Xueqing^{1,3}

(1. College of Resources and Environment Science, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050016, China;

2. Twenty-First Century Aerospace Technology Co., Ltd., Beijing 100096, China;

3. Hebei Key Laboratory of Environmental Change and Ecological Construction, Shijiazhuang 050016, China)

Abstract: This paper selects the teahouse system in Chengdu as the object of this research. The city-scale, tourism landmark and famous teahouses are regarded as the center point, the calculation is done on the teahouse's dimension of the random aggregation in different spacial scales. In the city-scale, teahouses present a centrifugal distribution, with the Tianfu square (which is the center of the spatial distribution in the city and the administrative center) being the center point and the random aggregation of the spatial structure is relatively weak. Within the 0.5 km away from attractions, with the tourism landmark as the center point, the teahouse subsystem's fractal structure characteristics are not obvious; With ten famous tea-houses being the center point, the spatial structure of the tea-house subsystem appears to be the centripetal distribution and its random aggregation is relatively strong. Within the 1.0 km away from the attractions, the spatial structure of each teahouse subsystem appears to be the double fractal structure when the five famous teahouses are regarded as the center point, and the teahouse subsystem's fractal structure characteristics become increasingly obvious with the enlargement of the scale. With the ten famous teahouses as the center point, the random aggregation of the spatial structure of the tea-house subsystem is relatively strong, which demonstrates that the scale of 1.0 km is the aggregation center when the famous teahouse subsystem conducts self-evolution, and the spatial structure appears to be evident fractal structure. The case demonstrates that the fractal theory could be applied to indicate the microscopic spatial structure of the recreation space in city in different scales.

Key words: tea-house; spatial structure; the dimension of the random aggregation; fractal; Chengdu

本文引用格式:

成功, 李仁杰, 张军海, 等. 成都茶馆空间随机聚集分形特征研究. 地理科学进展, 2012, 31(6): 701-710.