

西部轻工业城市中学空间布局研究

——以四川省南充市为例

徐亚莉 梁倍瑜 罗明良¹

(西华师范大学 国土资源学院, 四川 南充 637009)

【摘要】: 教育资源的均衡配置一直是学术界关注的热点话题。以西部轻工业城市-四川省南充市为例, 通过地图矢量化和实地调查获取初级中学和高级中学地理位置, 并基于 ArcGIS 软件, 采用核密度和样方分析两种方法探索南充市中学学校空间布局特征。结果表明: ①南充市各区、县内存在明显的聚集现象; ②中学学校整体表现为聚集分布, 且有一个明显的教育凝聚核心(市辖区的交汇点); ③东部和西北部中学教育资源存在零散分布现象。结合统计学知识与其他影响因素进行分析, 发现学校空间格局和交通因素、人口分布、经济发展等方面紧密相关。该研究以期未来完善城市内部结构、建设城市交通路网和学校建设提供可行性参考。

【关键词】: 教育资源配置; 空间结构; 核密度; 样方分析

【中图分类号】: TU984 . 14 **【文献标志码】:** A **【文章编号】:** 1005-8141(2017)06-0683-05

为了加快社会主义现代化进程和经济、政治、文化建设, 我国提出了“优先发展教育, 建设人力资源强国”的战略部署^[1,2]。为了进一步实现普及教育、公平教育、优质教育、终身教育和健全教育的教育体制, 国家给予了高度重视和巨额的经费投入^[1]。在我国, 东西部教育资源具有明显的差距, 需要通过发展西部教育来推动整个教育体系的公平均衡发展^[3]。目前, 学者就教育公平的问题提出了制度安排, 认为教育公平原则将成为教育市场合法性的条件^[4]; 大力发展教育, 能更好地推动和发展区域经济, 从而加快现代化建设的进程^[5-7]。本文采用灰色聚类、主成分分析、DEA 分析等方法对教育体系、教育投资、教育资源进行了研究, 定性和定量分析结果表明, 各地区的教育水平存在明显差异, 教育投资的梯度差异较大^[8-10]。

地理信息系统(GIS)是用来获取、管理、分析、模拟和展示空间相关信息的计算机系统^[11,12]。20世纪70-80年代, GIS开始用于资源评价探索工作。例如, 苗红等学者使用GIS研究了“非遗”旅游资源空间结构, 为非物质文化遗产保护和发展规划提供了重要借鉴^[13]。GIS还被广泛应用于空间分布研究。例如, 高鹏等学者基于ArcGIS软件平台, 结合空间自相关、区位熵等方法分析了辽宁省的产业结构空间格局^[14]; 李功等学者运用Kernel核密度算法、缓冲区分析方法研究了绿带游憩空间分布特征^[15]; 曹玉红等学者运用区位熵、热点分析、邻近性指数等方法研究了上海市工业空间的格局^[16]; 戴学军等学者运用测算与分析空间关联分形维数的方法对景区进行了空间结构的研究^[17]; 匡文慧等学者运用ArcGIS的空间分析工具, 分析和评价了人口

¹收稿日期: 2017-04-11; 修订日期: 2017-05-09

基金项目: 国家自然科学基金项目(编号: 41101348); 绵阳师范学院生态安全与保护四川省重点实验室开放基金项目(编号: ESP1606); 四川省教育厅自然科学重点项目(编号: 2016ZA0168); 西华师范大学基本科研业务费专项资金资助项目(编号: 15C002)。

第一作者简介: 徐亚莉(1991-), 女, 四川省绵竹人, 硕士研究生, 主要从事水土保持与数字地形分析。

通讯作者简介: 罗明良(1978-), 男, 河南省信阳人, 教授, 主要从事数字地形分析。

分布、城市格局等现状^[18,19]。GIS 技术也被用于教育资源分布的研究中。例如，孔云峰、卢晓旭等学者利用 GIS 中网络分析、叠置分析、密度分析、调查统计等空间分析方法研究学校生源地的分布规律^[20,21]；谢婷婷等学者构建了空间分布公平指数模型，研究了教育资源配置的空间结构和公平性程度^[22]；张霄兵通过对人口空间分布、可达性、学校容量、用地性质等相关影响因素的综合分析，确定了选址的最优区位和评价指标^[23]；孔云峰等利用比例模型、最近距离模型、机会积累模型、重力模型和改进重力模型等多种模型研究了学校分布与人口分布之间的关系^[24]。这些相关研究确定了教育资源配置研究的重要性。

西部教育发展是我国教育界关注的重点^[3,25,26]，知识和人才匮乏严重地阻滞了西部开发战略的推进速度，因此西部的教育资源配置更值得深入探索。位于四川省东北部的南充市，集聚了三国文化、丝绸文化、红色文化和嘉陵江文化，是成渝地区北部的中心城市，南充市基础教育规模和高校数量现居四川省第二位。本文以南充市中学为研究对象，采用核密度和样方分析方法，结合南充市现有的人口数量和高速道路分布，从空间上分析了南充市中学的布局特征，进一步解释了学校格局形成的原因，为未来南充市城市建设、教育规模扩张和交通路网建设等方面提供了可行性参考。

1 数据来源与处理

1.1 研究区域

南充市地处于四川盆地川中丘陵地区的东北方向，居嘉陵江流域的中游地带^[26]，跨越北部低山和南部丘陵两种地貌单元，地理位置介于 30° 35′ -31° 51′ N、105° 27′ -106° 58′ E 之间^[27]。1993 年南充地区改为南充市（地级市），其行政区划包括 3 个市辖区（顺庆区、高坪区、嘉陵区），5 个县（西充县、南部县、蓬安县、营山县和仪陇县）和 1 个市（代管阆中市）。南充市占地总面积 1.25 万 km²，总人口约 760 万人^[27]。

南充市教育初步形成了大学、中学、小学、幼儿教育相互衔接，普教、职教、成教、幼教协调发展，政府办学和社会力量办学相互促进的办学体系。“教育优先发展”的理念使南充市政府对教育事业加大了投入，教育规模扩大，学校数量急剧增多，基础教育和学前教育增速最快。这一发展现状使南充市教育成为我国西部教育的重点发展对象。

1.2 数据来源与处理

本次研究以南充市中学学校为研究对象，通过地图矢量化和实地调查的方法，基于 ArcGIS 平台，获取了南充市内初级中学和高级中学两类学校的点状数据和高速公路的线状数据，见图 1（见封三）。本文的其他数据（人口数量）来源于 2014 年的《四川省统计年鉴》、南充市教育局发布的信息统计，见表 1。

表 1 南充市各区县人口与学校数量统计

区县	人口 (万人)	人口百分比 (%)	初中 (所)	学校百分比 (%,初中)	高中 (所)	学校百分比 (%,高中)
顺庆	65.96	8.67	20	13.16	14	19.72
嘉陵	60.21	7.92	17	11.18	7	9.86
高坪	70.48	9.27	17	11.18	6	8.45
阆中	87.73	11.53	14	9.21	9	12.68
仪陇	112.69	14.81	18	11.84	6	8.45
南部	130.75	17.19	25	16.45	13	18.31
营山	95.45	12.55	12	7.89	4	5.63
西充	65.86	8.66	15	9.87	7	9.86
蓬安	71.55	9.41	14	9.21	5	7.04

2 研究方法

2.1 核密度测算

密度分析通过离散点或线状数据进行内插^[11]。样本数据经过内插，在特定大小的窗口内搜索邻近样本，落入搜索区的样本会被赋予不同的权重值。越邻近的样本被赋予的权重值越大；反之，权重值越小^[17]。

密度分析（Kernel Density Estimation，KDE）根据插值原理不同，主要分为核密度分析和普通密度分析^[11]。核密度分析认为地理事件发生在空间的任何位置上都具有可能性，但是在不同的位置上事件发生的概率是不一样的^[28]。KDE 利用一个移动的窗口对点或线的密度进行评估^[29]，通常使用 Rosenblatt-Parzen 核估^[30]：

$$f(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{x-x_i}{h}\right) \dots\dots\dots (1)$$

式中， $k\left(\frac{x-x_i}{h}\right)$ 称为核函数；h 为带宽，并且大于 0； $x-x_i$ 表示估计点 x 到样本 x_i 处的距离^[30]。在核密度分析的过程中，带宽 h 的选择尤为重要^[29]。

根据不同的带宽进行搜索，获取不同尺度的学校分布密度图，它体现的宏观性不同。本文分别选择 4km、10km、15km 作为搜索带宽，体现了南充市及区县学校的分布特点，使学校空间分布格局初步实现了可视化。

2.2 样方分析

空间布局是具有尺度依赖性的，分布格局的类型与空间尺度有着密切的关系^[31]。样方分析（Quadrat Analysis，QA）是研究空间点模型最常用的方法，它通过点分布密度的变化来探索空间分布模式^[32]。QA 分布模式判别的影响因素有多种，如样方形状、起点、方向、大小、采样的方式等，这些因素都会影响点的观测频次和分布^[32]。因此，样方尺度的选择尤为重要，适宜的样方尺度才能体现出样本的分布特点。Taylor 认为，QA 的最优面积选取法为^[33]：

$$Q = 2A/N \dots\dots\dots (2)$$

式中，Q 为最优面积；A 表示研究区域的面积；N 表示样本的数量。利用方差-均值比定义的聚集性指数 ICS (Index of Cluster Size) 判断点分布的类型，ICS 定义为^[32]：

$$ICS = \left(\frac{S^2}{\bar{X}}\right) - 1 \dots\dots\dots (3)$$

式中， S^2 表示方差； $\bar{x}$ 表示平均值。如果 ICS 的值等于 0，表示随机分布；如果 ICS 的值大于 0，表示聚集分布；如果 ICS 的值小于 0，表示均匀分布。

3 结果分析

教育资源配置在研究中体现于学校的空间分布格局，本文利用核密度分析、样方分析两种分析方法对南充市中学学校空间格局进行了分析。

3.1 核密度分析

核密度分析用来计算周围事物在邻域中的密度或研究区内样本的集聚程度，是一种空间平滑方法^[29]。在 ArcGIS 中，经过地图矢量化得到南充市中学学校空间位置和高速道路分布图（图 2，见封三），利用 ArcGIS 中的 Kernel Density 分析工具对南充市中学点状数据进行核密度分析，分别选取 4km、10km、15km 的搜索半径。

通过多尺度的核密度分析发现，随着移动窗口半径的逐渐增大，学校的聚集性表现得更加明显。当移动窗口为 15km 时，核密度分析的结果表明：整个南充市中学最密集的地区是南充市市辖区（高坪区、顺庆区、嘉陵区交汇处），聚集强度最大。通过对不同尺度核密度图的对比分析，可将南充市各行政区的学校聚集程度分为三个等级：第一级是南充市市辖区，经统计距离集聚中心 9km 的范围内共有 28 所学校。第二级为阆中市、仪陇县、南部县、营山县，阆中市内距离集聚中心 8km 的范围内有 10 所学校，仪陇县内距离集聚中心 7km 的范围内有 7 所学校，南部县内距离集聚中心 6km 的范围内有 7 所学校，营山县内距离集聚中心 6km 的范围内有 6 所学校。第三级为蓬安县和西充县，蓬安县内也存在集聚中心，但是相对于一级、二级集聚中心的聚集效果不明显；西充县并没有呈现出明显的集聚中心，而是沿着高速公路呈现微弱的带状分布，聚集情况很不明显。

上述核密度图总体表明：在南充市东部、西北部等地区，中学数量上偏少，空间格局分布零散；而在南充市南部、北部，学校数量居多，尤其南部最为聚集，整体上表明南充市中学是呈纵向发展的。结合南充市路网矢量图并使用叠置分析其结果表明：第一级、第二级聚集中心汇集了 3 条以上的公路，并且车站存在于聚集范围内，进一步说明交通因素对学校分布的空间结构具有重要影响。此外，学校和公路分布现状表明南充市中学空间分布的聚集性在一定程度上与公路分布呈正相关。在公路汇集较多的区域，如南充市市辖区，学校的数量最多、密度最大；而在公路汇集较少的区域，如营山县东北部、仪陇县东部、南部县西部等区域，学校数量较少、分布零散。

3.2 样方分析

样方分析中的整体样方分析是用正方形或正六边形等图形对研究区域进行整体覆盖分析^[32]。样方分析常常被用来研究生物物种、植被等的分布特点^[34, 35]，本文使用样方分析研究南充市中学的空间分布特征。当样本数量增多，研究的样本格局的分析结果会越稳定^[32]。据 2014 年《四川省统计年鉴》，南充市总面积达到 1.25 万 km²。QA 采用 Taylor 最优样方面积的确定方法，样区的面积为南充市的总面积，样本数量为选取学校的总数量。在 ArcGIS 分析软件中，运用 Hawth's Analysis Tools 进行正方形样方格网创建，选取的样方格网边长为 1.1km（图 3，见封三），经过统计，每个格网中分布的学校数量见图 4（封三）。

图 3 是样方分析创建的格网图，将研究区进行等面积的划分，并对学校在格网出现的频数进行了统计。图 4 是基于每个格网的绝对位置出现中学的频数产生的 3D 显示图，该图直观地反映出南充市中学分布为倒三角，南北走向突出。根据方差-均

值定义的聚集性指数 ICS，运用统计分析工具计算上述统计结果得到 S^2 值为 2.19，均值 $\bar{x}$ 为 1，其聚集性指数 ICS 的值为 1.19。聚集性指数 ICS 大于 0，可知南充市中学的空间分布表现为聚集性分布，表现最明显的区域是南充市的 3 个市辖区地区，该区域的每个样方格网的统计值均大于 0，而且出现了最高值 22。

3.3 影响因素分析

人口因素：据 2014 年的《四川省统计年鉴》，南充市各区人口数量（常住人口）、初级中学、高级中学数量统计见表 1。

根据南充市各区人口所占比例与中学听占比（图 5），发现南部县人口占总人口达到 17%，对应的学校总百分比为 15%，人口和学校的占比都是南充市最大的；蓬安县和西充县的学校和人口占比处于 8%-9%左右。分析图 5 发现，南充市学校占比起伏趋势和人口占比起伏趋势大体一致。顺庆区的常住人口只有 8%，但学校占比却高达 14%，这是由于经济、文化、历史、交通等因素的影响所致。

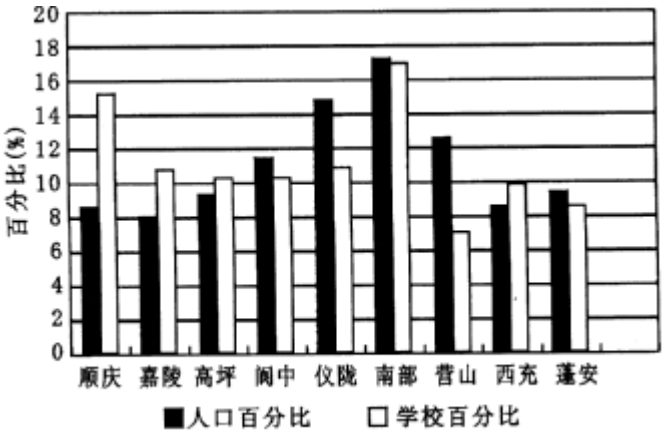


图 5 南充市各区县学校、人口百分比

总体来说，南充人口分布结构和学校分布结构存在一定的相关性。从学校生源来讲，这是符合现实规律的，生源越多，需求的学校必然也会增多，因此一个地区的教育规模与当地人口数量息息相关。

经济发展因素：经济繁荣可以带动区域多方面发展，经济结构影响了产业结构、人口结构。南充市市辖区（顺庆区、嘉陵区、高坪区）是经济发展最繁荣的地带，尽管人口的占比不高，但学校占比表现突出，占比最高达到 14%。顺庆区是南充市教育的核心区域，经济繁荣使该地区的教育质量和教育设施更加完善，吸引了更多远距离的学生生源，促进了学校数量增多，同时学校和学生的增多也拉动了当地经济发展，两者是相互影响和相互促进的。因此，学校分布不但受人口因素的影响，而且与区域的经济繁荣程度有着紧密的联系，这也是城市中心价值取向的有效体现。

交通因素：城市交通结构对城市的各方面有着显著的影响。从图 1 可见，南充市公路交通网的不均衡分布与教育资源配置有一定的关系。在南充市聚集程度最明显的市辖区，汇集了数条道路，而在南充市的东部和西北部，公路的数量较少。结合核密度（图 2）的对比分析发现，在交通网密集的地区，学校分布同样具有明显的聚集现象，南充市市辖区表现得最为明显。本文对市辖区的交通与学校分布进行了进一步细化提取，见图 6（见封三）。

通过图 6 可见，道路交通对学校分布具有决定性影响。学校可达性是影响学校生源的重要条件，而交通网是可达性的具体体现，交通便利可以方便学生就学，从而为学校带来更多的生源，带动当地教育发展。因此，交通也是影响教育资源配置分布的一个重要影响因素。

4 结论与讨论

目前，我国的教育资源分配一直是一个热点话题。从全国整体的教育资源分布来看，东部地区与西部地区表现出明显的差距。教育资源分布的不均衡影响因素是多方面的，如各地区经济发展的不均衡、人口密度的差别、交通因素、教育的师资力量等^[26]。

基于南充市中学的空间位置，采用核密度分析和样方分析两种方法进行研究。结果表明：南充市中学整体空间分布表现为

聚集分布，其中聚集核心是市辖区，以顺庆区为主，嘉陵区、高坪区为辅，占领着南充市教育的核心地位；对南充市各个区县尺度的中学研究，其空间分布表现为有明显的聚集中心，但各区县的聚集程度不一致。本文结合人口数量、经济发展、道路交通网，从空间分布和数量上分析这些因素与学校分布格局的关系，发现人口数量、经济发展、道路交通网在一定程度上影响着学校分布。

本文对学校空间分布进行了点格局研究，更多地反映了南充市中学整体分布格局和学校在各个行政区的聚集程度。其中，营山县与仪陇县的人口占比较高，但相对的学校数量占比较低，因此在未来城市建设中，营山县东部、仪陇县西北部可适当增加交通网，方便学生就学。此外，为了平衡生源与学校数量之间的关系，可以在营山县和仪陇县适当新建学校，以利于教育资源配置的公平发展。市辖区的学校聚集分布现状与其经济、交通等方面具有密切关系。为了避免“择校热”问题的出现，应加大对非市辖区学校的教学设备、师资力量、教学环境等方面的投入，让学生有更多的选择。在地形、资源、经费等方面允许的条件下，可以通过新建学校拉动该地区经济发展，从而更好地实现四川省县域义务教育均衡发展。在进一步推进“西部大开发”战略的过程中，创新西部教育发展模式，提高西部地区的知识水平和人力资源质量，是西部经济社会实现协调、可持续发展，进而推进我国整个经济社会协调与持续发展的关键^[36]。

教育资源布局的均衡性研究是一个长期的过程，其中对教育资源布局及配置的分析是一项复杂的系统工程，经济、文化、地理、历史等多方面因素都会影响其研究结果。本文缺乏定量描述学校分布格局和学校之间的分布关系，缺乏更加完善的交通路网、人口数量等数据，因此还需要不断地进行多学科、多角度的研究，才能有效地揭示出内在规律，更好地促进南充市教育资源均衡配置。

参考文献:

- [1]国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010-2020年)[Z]. 国家中长期教育改革和发展规划纲要工作小组办公室, 2010.
- [2]汤霓, 石伟平. 职业教育发展终身化趋势及其思考[J]. 教育发展研究, 2010, 37(21): 53-57.
- [3]司晓宏. 优化教育资源配置, 促进西部农村义务教育优质发展[J]. 教育研究, 2009, (6): 17-21.
- [4]鲍威, 刘艳辉. 公平视角下我国高等教育资源配置的区域间差异[J]. 教育发展研究, 2009, (23): 37-43.
- [5]魏炳传. 大力发展农村教育, 推进农业现代化建设进程[J]. 农业现代化研究, 1999, 20(3): 28-31.
- [6]李伯川. 论农业教育与农村经济发展的关系-对我国农业教育制度的反思[J]. 农业现代化研究, 2000, 21(3): 164-166.
- [7]王建华, 李俏, 李录堂. 论中国农民现代化的现实需求与农村综合教育[J]. 农业现代化研究, 2005, 29(6): 702-705, 710.
- [8]沈百福, 俞诗秋. 中国省级地方教育投资的区域比较研究[J]. 教育与经济, 1994, (4): 1-15.
- [9]康宁. 高等教育资源配置转型的基本规律及其发展趋势[J]. 教育研究, 2011, (4): 74-79.
- [10]赵琦. 基于 DEA 的义务教育资源配置效率实证研究-以东部某市小学为例[J]. 教育研究, 2015, (3): 84-90.

-
- [11]汤国安, 杨昕. ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程[M]. 北京: 科学出版社, 2006 .
- [12]木合塔尔·扎日, 吴兆宁, 郭瑞清. 地理信息系统在东天山土屋—延东地区铜矿预测中的应用[J]. 干旱区地理, 2007, 30 (1) : 77-83 .
- [13]苗红, 张敏. 基于 GIS 缓冲区分析的西北民族地区“非遗”旅游资源空间结构研究[J]. 干旱区资源与环境, 2014, 28 (4) : 179-186 .
- [14]高鹏, 王利, 赵彪, 等. 基于 GIS 空间分析法的辽宁省产业结构空间格局演变研究[J]. 资源开发与市场, 2015, 31 (10) : 1190-1196 .
- [15]李玢, 刘家明, 宋涛, 等. 北京市绿带游憩空间分布特征及其成因[J]. 地理研究, 2015, 34 (8) : 1507-1521 .
- [16]曹玉红, 宋艳卿, 朱胜清, 等. 基于点状数据的上海都市型工业空间格局研究[J]. 地理研究, 2015, 34 (9) : 1708-1720 .
- [17]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-以南京市景区(点)系统为例[J]. 资源科学, 2006, 28 (1) : 180 - 185 .
- [18]匡文慧, 杜国明. 北京城市人口空间分布特征的 GIS 分析[J]. 地球信息科学学报, 2011, 13 (4) : 506-512 .
- [19]张好, 徐涵秋, 李乐, 等. 成都市热岛效应与城市空间发展关系分析[J]. 地球信息科学学报, 2014, 16 (1) : 70-78 .
- [20]孔云峰, 李小建, 张雪峰. 农村中小学布局调整之空间可达性分析—以河南省巩义市初级中学为例[J]. 遥感学报, 2008, 12 (5) : 800-809 .
- [21]卢晓旭, 陆玉麒, 袁宗金, 等. 基于可达性的城市普通高中生源区研究[J]. 地理科学进展, 2010, 29 (12) : 1541-1547 .
- [22]谢婷婷, 冯长春, 杨永春. 河谷型城市教育设施空间分布公平性研究-以兰州市中学为例[J]. 城市发展研究, 2014, 21 (8) : 29-32 .
- [23]张霄兵. 基于 GIS 的中小学布局选址规划研究[D]. 上海: 同济大学硕士学位论文, 2008 .
- [24]孔云峰, 李小建, 张雪峰. 农村中小学布局调整之空间可达性分析-以河南省巩义市初级中学为例[J]. 遥感学报, 2008, 12 (5) : 800-809 .
- [25]李化树. 整体推进西部城乡基础教育均衡发展的制度设计-以川北南充市为例[J]. 四川文理学院学报, 2013, 23 (3) : 42-147 .
- [26]李化树, 陈功全, 牟进洲. 我国西部农村教育的困境与出路—基于川北南充市农村教育的调查与思考[J]. 中国教育学报, 2006, (10) : 22-24 .
- [27]魏小奎. 四川省地图集[M]. 成都: 成都地图出版社, 2010 .

-
- [28]吴必虎,肖金玉.中国历史文化村镇空间结构与相关性研究[J].经济地理,2012,(7):6-11.
- [29]刘锐,胡伟平,王红亮,等.基于核密度估计的广佛都市区路网演变分析[J].地理科学,2011,31(1):81-86.
- [30]刘众序,王仰麟,彭建,等.城郊聚落景观的集聚特征分析方法选择研究[J].地理科学,2015,31(6):674-682.
- [31]薛东前,刘虹,马蓓蓓.西安市文化产业空间分布特征[J].地理科学,2011,31(7):775-780.
- [32]陈永刚,汤孟平,施拥军,等.样方形状对空间点格局的性能影响分析-以天目山阔叶林为例[J].地理研究,2012,31(4):665-671.
- [33]Peter J Taylor. Quantitative Methods In Geography: An Introduction to Spatial Analysis [M]. Houghton Mifflin: 1977.
- [34]刘飞飞,柯胜兵,王建盼,等.蜘蛛类天敌与茶尺蠖幼虫空间关系的聚块样方方差分析[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2015,41(2):133-146.
- [35]杨昆,管东生.森林林下植被生物量收获的样方选择和模型[J].生态学报,2007,27(2):705-714.
- [36]发挥现代文化在发展中的引领作用-浅论西部发展能力建设[A].贵州省社会科学界联合会.西部省区市社科联第四次协作会议暨西部发展能力建设论坛论文集[C].贵州省社会科学界联合会,2011:8.