

GIS与空间句法的集成及空间形态结构量化分析

——以南京师范大学仙林校区为例

厉旭东¹, 赵晓琴², 孙毅中²

(1 丽水市城建测量队, 浙江 丽水 323000)

(2 南京师范大学虚拟地理环境教育部重点实验室, 江苏 南京 210046)

[摘要] 空间句法从空间认知角度定量描述城市结构形态, GIS 具有卓越的数据分析功能和高效的地理建模能力, 两者的结合将有利于增强 GIS 空间分析能力和深化空间句法在城市空间形态结构的量化研究. 从功能和数据角度探讨 GIS 和空间句法的集成, 并以南京师范大学仙林校区为例, 剖析了校园空间结构布局特征, 解析了形态结构组织.

[关键词] 空间句法, GIS 集成, 应用, 空间形态结构

[中图分类号] P208 [文献标识码] A [文章编号] 1001-4616(2008)04-0134-05

Integrate GIS and Space Syntax and Quantitative Research on Space Formal Structure

——A Case Study in the Xianlin Campus of Nanjing Normal University

Li Xudong¹, Zhao Xiaolin², Sun Yizhong²

(1 Urban Construction Measurement Team of Lishui Municipality, Lishui 323000, China)

(2 MOE Key Laboratory of Geographical Environment, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China)

Abstract Space syntax describes quantitatively spatial structure of cities from the cognition angle. GIS possesses excellent data analysis and efficient geographic modeling capabilities. A combination of Space syntax and GIS will help to enhance the spatial analyzed ability of GIS and deepen quantitative research of space syntactic on urban space structure. The integration of space syntax and GIS is discussed from the function and data point of view. Besides, take Xianlin campus of Nanjing Normal University for example, the characteristics of the layout of the campus space and the organization structure are analyzed.

Key words space syntax, GIS integration, application, space formal structure

20 世纪 70 年代末, 伦敦大学巴利特学院的比尔·希列尔、朱莉安妮·汉森首次提出了空间句法理论和方法, 通过对城市系统、建筑、聚落、景观等的定量化描述, 表达空间结构形态与人类社会行为之间的关系^[1]. GIS 具有强大的空间数据存储、管理、分析和可视化功能, 为地理学等众多应用领域提供了丰富的分析方法和地理空间信息知识. GIS 与空间句法在很多方面是相互关联甚至是互补的. 为此, GIS 与空间句法集成, 将有助于对 GIS 内涵的扩展, 增强 GIS 在城市形态方面的分析功能, 同时大大提高城市形态方面的研究能力.

20 多年来, 许多学者们将空间句法研究应用到城市土地利用^[2]、交通网络可达性^[3, 4]、城市中心分布规律^[5, 6]、城市街道布局特征^[7, 8]、预测系统中行人流量^[9]等诸多城市空间分析方面, 取得了一系列的研究成果. 由于空间句法本身存在有待改进之处, 比如轴线路的生成存在着较大的主观因素, 没有考虑地铁、立交桥等交通因素, 也使得研究结论不够完备. 目前, 空间句法与 GIS 的集成研究仅停留在软件平台的应用

收稿日期: 2008-03-12

基金项目: 国家自然科学基金 (40771164) 资助项目.

通讯联系人: 孙毅中, 教授, 博士生导师, 研究方向: 地理信息系统. E-mail: sunyizhong_c@163.com

上, 两者在理论上的结合点以及如何在分析应用中具体地将 GIS 强大的分析功能集成到空间句法当中还有待深入研究.

本文探讨了 GIS 和空间句法在功能和数据上有效集成的方法, 并以南京师范大学的仙林校区为例, 在 GIS 强大的数据处理能力支持下, 运用空间句法定性定量的分析手段, 以新的视角剖析校园的形态结构, 评价校园的智能性水平与组织效果, 为空间句法与 GIS 有效的结合进行了有益探索.

1 空间句法

1.1 空间句法理论原则

空间句法中的句法表示空间之间的关系, 认为城市道路网的形态布局结构产生人流移动. 空间句法的研究对象是自由空间, 通过将城市大尺度空间分割为小尺度空间来提取城市形态的基本特征^[10]. 空间分割的最终目的是建立小尺度空间形态结构特征的连接图, 基于图论和可视性, 剖析连接图中小尺度空间之间的连接情况, 计算一系列的形态变量, 从而达到对整个大尺度系统的结构形态的整体认识与把握. 如图 1 所示, 空间句法分析的流程可以简述为: (a) 空间分割、(b) 建立小尺度空间连接图、(c) 形态变量计算 (通常将集成度通过颜色分级显示).

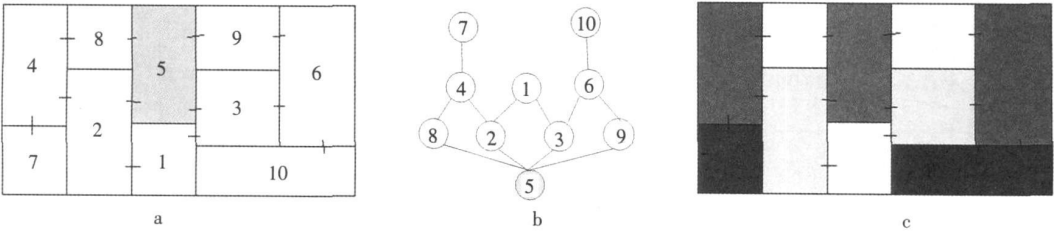


图 1 空间句法分析流程示意图

Fig.1 Flow diagram of space syntax analysis

1.2 空间句法形态变量

1.2.1 集成度

集成度反映了一个单元空间与系统中所有其它空间的集聚或离散程度. 集成度值越大, 表示该空间在系统中的便捷程度越大, 反之, 空间处于不便捷的位置. 和遥感影像中的波谱类似, 空间句法用颜色分级表示空间单元的集成度值. 计算公式为:

$$I = \frac{2(MD - 1)}{n - 2} \text{ 且 } I = RRA_i = \frac{RA_i}{D_n}, \tag{1}$$

其中, n 为城市系统内的总轴线数或总结点数, MD 为平均深度, 且

$$MD_i = \frac{\sum_{j=1}^n d_{ij}}{n - 1}, D_n = \frac{2 \{ n [\log_2 (((n + 2) / 3) - 1) + 1] \}}{(n - 1)(n - 2)}. \tag{2}$$

1.2.2 智能度

智能度代表局部空间在整个系统中的地位及其与周围空间的关系是否关联、统一, 反映了由局部空间的连通性感知整体空间的能力. 智能性高的空间意味着由此空间看到的局部空间结构有助于建立整个系统的全局图景, 可以作为其它看不到空间的引导. 通过建立整体变量和局部变量间的关系比较, 判断系统的智能性.

$$R^2 = \frac{[\sum (I_{(3)} - \bar{I}_{(3)}) (I_{(n)} - \bar{I}_{(n)})]^2}{\sum (I_{(3)} - \bar{I}_{(3)})^2 \sum (I_{(n)} - \bar{I}_{(n)})^2} \tag{3}$$

其中, $I_{(3)}$ 为空间轴线三步集成度值, $\bar{I}_{(3)}$ 为三步集成度平均值, $I_{(n)}$ 为空间任意轴线的全局集成度值, $\bar{I}_{(n)}$ 为全局集成度平均值^[11].

2 GIS与空间句法的集成

GIS与空间句法的集成是通过功能嵌入与数据交互的方式来实现的. 在功能方面, 空间句法模块“Ax-

woman”是由“Avenue”语言二次开发并以组件的方式加载到GIS软件中的。GIS完成图形数据的调用、轴线特征的提取与绘制、特征值数据库的生成等功能;空间句法具有指导GIS提取轴线图并计算轴线特征值的功能。在数据方面,GIS空间分析的轴线为空间句法进行形态解析提供基础数据;空间句法计算的特征值也将输出到GIS平台上生成数据库。空间句法功能嵌入GIS平台,两者的数据在分析过程中交换,从而实现了空间句法和GIS在功能和数据上的集成,完成空间句法在GIS平台上的解析及可视化。

具体的集成过程为:首先,在GIS平台上加载“Axwoman”空间句法模块以及分析区域的矢量数据平面图。根据空间句法对自由空间的分割原则,利用GIS功能对区域进行空间分割并提取道路轴线图,空间句法轴线可以采用GIS矢量数据结构存储。使用GIS中的道格拉斯算法、矢量曲线压缩算法删减冗余数据,保留网络的形态结构特征。然后,“Axwoman”模块读取GIS中的轴线信息并采用链表数据结构存储,显示分割后小尺度空间的连接图信息,并通过对链表追踪求得空间句法的形态变量值,自动生成特征值GIS空间数据库。上述的GIS与空间句法的功能与数据集成的方法见图2

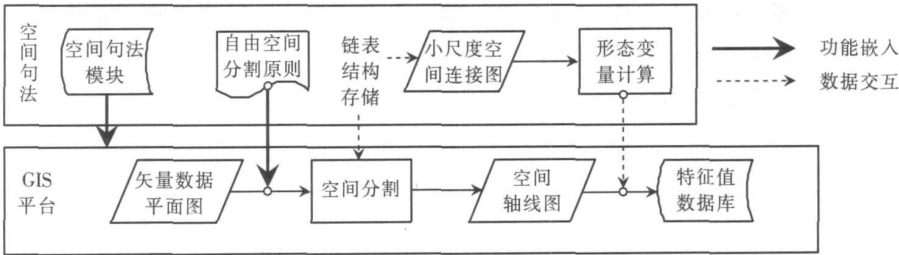


图 2 GIS 与空间句法的集成示意图
Fig.2 Schematic diagram of GIS and spntax integration

3 空间句法应用实例分析

在GIS平台上结合空间句法解析南京师范大学仙林校区的空间形态结构特征,分析整个校园系统结构的智能性水平,评价校园空间结构的组织效果。数据源选取南京师范大学仙林校区的平面图。根据建筑物的职能属性,南京师范大学的仙林校区可以划分为4个宿舍区和1个教学区,4个宿舍区分别为东区、西区、南区和北区(图3)。

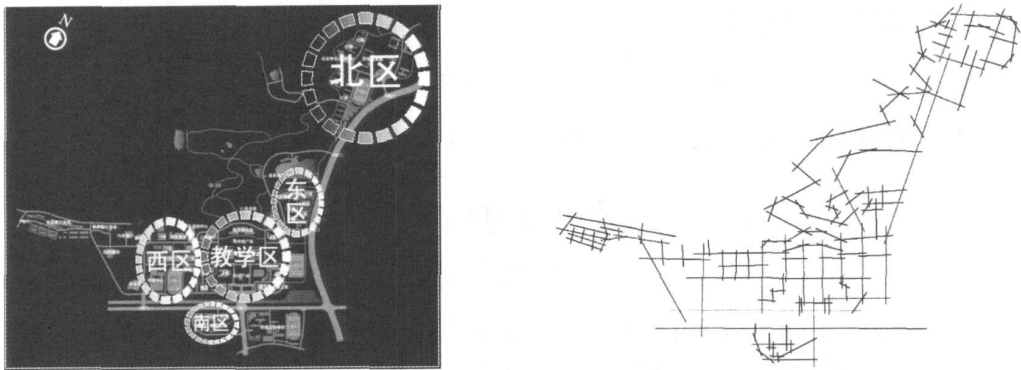


图 3 南京师范大学仙林校区空间句法轴线图
Fig.3 Space syntax axes diagram of Xianlin campus of Nanjing Normal University

3.1 校园空间句法特征界定

根据空间句法软件计算出来的轴线图(图3),校区内没有明显的结构中心,只有一条呈现红色的高集成度轴线。最高的集成度值体现出该条道路是校园主要的人流通道,人们有向这条道路聚集的趋势。这条主干道连接了东区、西区和教学区,学生至教学楼和操场、宿舍区间学生的流通大多需要经由此路。

其次,集成度偏高的黄色、绿色空间句法轴线分布在人流较为集中的学生至教学楼、校门以及食堂就餐等日常活动范围,由于可以自由选择组合不同的路线至目的地,所以人流分布较主要干道分散,集成度为偏高。

通过比较,集成度值较低的冷色轴线对应了山体周围的道路. 学校管理后山、禁止私自上山的规定使得人们至后山事件的发生频率较少, 不会形成人流聚集之趋势. 集成能力弱. 在实验楼 S1、S2、S3周围有部分路段的集成度较低, 是因为建筑物周围的花坛、水池、草地等不利于通行的因素使人们选择此路通行的可能性不大, 拉低了集成度值.

3.2 校园空间智能程度关联分析

系统的智能性情况可以通过全局集成度和局部集成度的相关性判断. 通过 GIS平台将空间句法的计算结果导入 SPSS分析软件, 分析空间轴线全局集成度与局部集成度的相关性, 建立校区空间智能度散点图.

轴线的全局集成度和局部集成度的数值均处于均匀变化过程当中, 校区整体空间全局集成度与局部集成度的相关系数为 0.695, 显著性概率水平为 0.01, 两者呈现中度相关性 (见表 1和图 4). 全局集成度和局部集成度的值分布区间较大, 均匀分布, 有较明显的相关特征, 整体智能度较好. 可见, 校园的整体空间被感知的程度为中等. 在校园中, 通过对局部范围内空间连通性的观察从而进一步获得整体校园可达性信息的能力一般, 能够较好地局部空间特征来感受整体校园形态结构.

3.3 校园空间组织效果评价

综合上述的分析, 以线性空间为主干的校园在总体布局上的智能性、可理解性良好, 但局部区域在空间属性上的数值表现不是很理想, 校园布局在某些方面存在着一定的局限.

首先, 没有在教学区形成集成度中心. 教学区应该成为校园的主体功能区, 而根据轴线图显示, 教学区周围道路的集成度没有呈现最高的数值, 学生和教师至教学区没有达到最大的便捷程度, 到教学区的趋势不足. 其中, 敬文图书馆作为江苏省单体建筑面积最大的图书馆, 周围道路的集成度偏低, 中心性偏弱, 可达性不高. 给师生带来不便的同时, 也削弱了图书馆作为重要教育场所的职能地位, 因此它在校园的中心功能有待增强.

其次, 轴线图东北部一条绿色的直线道路连接了北区和其它宿舍区. 轴线呈绿色表明它具有较高的集成度, 人流量较大. 在对该轴线在特征值数据库中的形态变量值进行 GIS空间统计学分析时发现, 其在连接值上的数值低于应该具有的连接值表现. 根据实际情况, 这个矛盾形成的现实原因是: 山体的阻隔使得北区与校园其它地方的连接仅由一条道路完成. 而这样的布局方式存在着明显的不足之处, 规划设计上不够人性化, 没有将北区融入到整体校园系统中, 同时也制约校园北部的发展.

校园的南区也存在着类似的问题. 南区内部的集成度值分布平均, 与校园主体的连接上却没有过渡道路, 集成度值的变化不够平稳. 这使得学生到教育场所不够便利, 拉低了校园系统的智能性水平, 难以形成南区与校园主体的相互联动. 并且, 南区与校园主体区域之间隔着一交通主干道, 存在着安全隐患, 没有形成安全、和谐、统一的校园系统环境.

4 结语

GIS和空间句法的集成增强了 GIS空间分析的能力, 尤其是在有人类的活动行为参与下的城市空间

表 1 全局集成度和局部集成度的相关分析结果
Table 1 Correlative analysis result between integration and local integration

		全局集成度	局部集成度
全局集成度	Pearson Correlation	1	.695**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	137	137
局部集成度	Pearson Correlation	.695**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	137	137

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

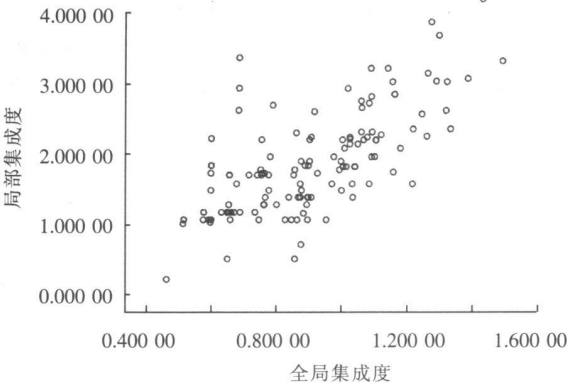


图 4 全局集成度和局部集成度的相关分析

Fig.4 Correlative analysis between integration and local integration

形态分析的能力;同时 GIS 作为空间数据管理的平台,提供的大量可用的地理空间数据、丰富的空间分析功能、高效的 GIS 算法、开放的 GIS 环境和空间数据模型也将极大地促进城市空间形态的研究.本文运用 GIS 的外挂程序,以南京师范大学仙林校区为例,量算空间句法参数,将结果图示化、直观化呈现,解析了校园形态结构和智能性水平,提出了校园在组织结构上的不足之处,其中,道路网络布局的不合理性可以由空间句法快速准确地定位出来,空间形态变量数值上的矛盾性也可以成为辨析评价系统局部形态结构是否合理的一个有效手段.空间句法和 GIS 的结合将为 GIS 和城市系统的研究分析带来光明的前景.

[参考文献]

- [1] 比尔·希利尔.场所艺术与空间科学[J].世界建筑,2005(11):24-34
- [2] 赵虎,李霖,朱海红.扩展空间句法在城市土地定级中的应用[J].测绘信息工程,2007(32):9-11.
- [3] 程昌秀,张文尝,陈洁,等.基于空间句法的地铁可达性评价分析——以2008年北京地铁规划图为例[J].地球信息科学,2000(9):31-35
- [4] Jiang B, Charamunt C, Batty M. Geometric accessibility and geographic information: extending desktop GIS to space syntax[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 1999(23): 127-146
- [5] 邵润青.嘉兴城市中心区位与集成度分布的相关性[C]//2005年城市规划年会论文集.北京:中国水利水电出版社,2005.
- [6] 李江,郭庆胜.基于GIS的城市空间形态定量研究及多尺度描述[D].武汉:武汉大学,2003
- [7] 顾频捷,董卫.“空间句法”在旧城街道空间形态研究中的应用初探——以南京旧城为例[D].武汉:武汉大学,2004
- [8] 段瑞兰,郑新奇.基于空间句法的城市道路结构与地价关系研究[J].测绘科学,2004(29):76-79.
- [9] Hillier B, Hanson J, Penn A. Natural movement configuration and attraction in urban pedestrian movement[J]. Environment Planning B: Planning and Design, 1993(20): 29-66
- [10] 江斌,黄波,陆锋.GIS环境下的空间分析和地学可视化[M].北京:高等教育出版社,2002
- [11] 朱东风,吴明伟.城市空间发展的拓扑分析——以苏州为例[M].南京:东南大学出版社,2007.

[责任编辑:丁 蓉]