

# 基于人流数据的空间句法实证研究

——以厦门大学为例

陈志阳<sup>1</sup>，田小梅<sup>2\*</sup>，陈田文<sup>3</sup>

- (1. 衡阳师范学院 城市与旅游学院，湖南 衡阳 421002；
2. 衡阳师范学院 计算机科学与技术学院，湖南 衡阳 421002；
3. 厦门大学 建筑与土木工程学院，福建 厦门 361005)

**摘要：**空间句法作为一种定量指标，是描述与分析建筑空间、城市空间对人的影响，以及人在空间中移动的工具，逐渐被人们所熟知。一般情况下，运用空间句法来计算人流量是有效的，但并未考虑不同时段对人流量计算的影响。而在实际生活中不同时间段下人流量是处于不断变化的状态。故提出疑问：空间句法如何定量不同时段下人流量的变化？针对提出的问题，文章以厦门大学为例，基于不同时段道路的人流量实测数据验证空间句法与不同时段实测数据的吻合程度。

**关键词：**空间句法；穿行度；整合度；人流量；分时段讨论

中图分类号：TU984.14 文献标志码：B 文章编号：1673-0313(2018)06-0105-05

DOI:10.13914/j.cnki.cn43-1453/z.2018.06.020

空间句法是一种通过对包括建筑、聚落、城市甚至景观在内的人居空间结构的量化描述，来研究空间组织与人类社会之间关系的理论和方法<sup>[1]</sup>。它是由伦敦大学巴利特学院的比尔·希列尔、朱利安妮·汉森等人发明的。空间句法主要应用在城市行人和车流量的分析、步行交通模型的构建、犯罪的空间分布、交通污染分布、城市网络结构和模式的演变、复杂建筑环境下的空间认知等方面<sup>[2]</sup>。空间句法可以通过分析城市街道路网的连通性来预测每条街道空间的人流量，从而判断此空间在区域内的相对便捷程度而人流的聚集与运动又导致了城市功能空间区域间的差异，这也就意味着城市的街道空间格网决定着商业等社会功能因子的分布

有意识地对小区道路网及商业设施的布局进行合理规划<sup>[3]</sup>。

在空间句法的发展过程中，不断地有质疑的声音产生，与此同时空间句法也不断地完善。本文基于对空间句法在不同时段下的适用性质疑，以厦门大学为例，从人流量预测的角度对空间句法进行不同时段下的实证研究。

## 1 空间句法实证研究发展回顾

关于空间句法的研究，大多以对空间句法的介绍以及应用改进为主。张愚、王建国以解释构形概念为主线，对空间句法的方法原理作了较详细的解析<sup>[4]</sup>。傅搏峰、吴娇蓉、陈小鸿<sup>[2]</sup>指出空间句法在城

收稿日期：2018-09-26

基金项目：国家自然科学基金项目(61503128,61772182,61772178)；湖南省科技厅科技计划项目(2016TP1020)；衡阳师范学院智能信息处理与应用湖南省重点实验室开放基金资助项目

作者简介：陈志阳(1964-)，男，湖南祁东人，教授，主要研究领域为：城市旅游与区域规划；

\* 通讯作者，田小梅(1971-)，女，湖南隆回人，教授，博士，研究方向：图形与图像识别，智能算法。

市交通研究方面的运用方向如轨道交通枢纽 TOD 开发模式研究、步行交通研究、城市空间路网结构合理性分析。肖杨、Alain Chiaradia、宋小冬对空间句法的局限性以及改进方法进行了一个总结梳理<sup>[5]</sup>。

在实证研究方面,陈明星等<sup>[6]</sup>早期以安徽省芜湖市为例,将空间句法模型用于城市交通网络的量化实证研究,并证实了空间句法理论可以有效地定量研究城市交通网络以及空间形态。邵润青<sup>[7]</sup>基于轴线地图模型进行了改进并对改进后的方法进行了实证验证,验证了改进后的方法相较于传统方法更为精确。Hillier 等<sup>[8]</sup>基于对 50 个案例城市机动车流量的实测数据研究,发现并证实了穿行度与流量的相关性普遍在 0.6 以上,证实了穿行度与交通流量之间的联系。盛强、杨滔、刘宁<sup>[9]</sup>以北京王府井地区为例,基于在城市街区实测的大量人车流量数据,综合验证和评价了空间句法多种具体方法与实测数据的吻合程度,并分析了各种方法的特点和适用范围。盛强、杨滔、候静轩根据不同半径的整合度、穿行度验证了空间句法在大城市区域尺度范围内车流交通量分析中的效果<sup>[10]</sup>。

以上实证研究均证实了空间句法在交通流量预测方面的有效性,但并未考虑到不同时段下,空间句法对于交通流量预测的有效性。故本文以厦门大学为例,研究分时段下实测人流量与空间句法预测人流量的匹配性。

## 2 基于人流数据空间句法实证研究

### 2.1 研究对象

厦门大学其因环境优美、富有独特的文化底蕴及建筑风格而成为了厦门市的一大热门景点,吸引着各地游客的来访。因此研究对象除了校内师生、家属、工作人员以外还多了一个特殊的群体——游客。由于游客数量庞大,对人流量的影响较大,应分时段讨论空间句法的有效性。厦门大学对游客的开放时间为工作日的 12:00—14:00 及 17:00 以后,周末全天开放,并且进入校园的地点指定为群贤校门、大南校门。故将研究时段分为工作日人流低峰期(00:00—12:00、14:00—17:00、20:00—24:00)、高峰期(12:00—14:00、17:00—20:00)以及周末人流低峰期(00:00—12:00、14:00—17:00、20:00—24:00)、高峰期(12:00—14:00、17:00—20:00)讨论。



图 1 20 个道路横截面示意图



图 2 全局穿行度(左)与整合度(右)对比

### 2.2 研究方法

以往的研究表明,整合度是空间句法发展初期最有代表性和影响力的指标,而穿行度则是近期证明与流量相关度较高的指标<sup>[9]</sup>。利用空间句法常用

软件 Depthmap 计算厦门大学道路的穿行度与整合度。在校内选取 20 个道路横截面(如图 1 所示),在工作日选取 15:00—16:00(非高峰时段)、18:00—19:00(高峰时段)以及周末 10:00—11:00(非高峰

时段)、12:00—13:00(高峰时段)4个时段中记录每一分钟道路截面通过的人流量(包括非机动车流量)。通过不同时段的人流量与空间句法所计算出的穿行度和整合度进行相关性分析,来验证空间句法在不同时段下对人流预测的可靠性。

### 2.3 研究结果

图2展示了厦门大学道路的全局穿行度与整合度,其中群贤路、凌峰路的穿行度、整合度均较高,表示其连通性较强、人流量较大。博学路、大南路次之。将不同时段下的实测数据与穿行度、整合度进行相关性分析得出结果如表1所示。可以看出工作日高峰时段(18:00—19:00)实际人流与穿行度、整合度的相

关系系数最高,分别为0.581、0.561。图3则为工作日高峰时段20个道路横截面1min人流量与全局穿行度、整合度的回归分析结果。其中穿行度与工作日高峰时段实际人流量的相关系数略高一些,但与文献<sup>[8]</sup>相关性均达到0.6相比还有一定的差距。工作日低峰期、周末高峰期、周末低峰期这三个时段与穿行度、整合度的相关系数依次减弱。

表1 不同时段与全局穿行度、整合度相关系数

时段	工作日 高峰期	工作日 低峰期	周末 高峰期	周末 低峰期
穿行度	0.581	0.465	0.411	0.362
整合度	0.561	0.539	0.439	0.350

相关性			
	穿行度	人流量 (人/min)	
穿行度	Pearson 相关性	1	0.581*
	显著性(双侧)		0.007
	N	20	20
人流量 (人/min)	Pearson 相关性	0.581*	1
	显著性(双侧)	0.007	
	N	20	20

\*.在.01水平(双侧)上显著相关。

相关性			
	整合度	人流量 (人/min)	
整合度	Pearson 相关性	1	0.561**
	显著性(双侧)		0.010
	N	20	20
人流量 (人/min)	Pearson 相关性	0.561**	1
	显著性(双侧)	0.10	
	N	20	20

\*\*在.006水平(双侧)上显著相关

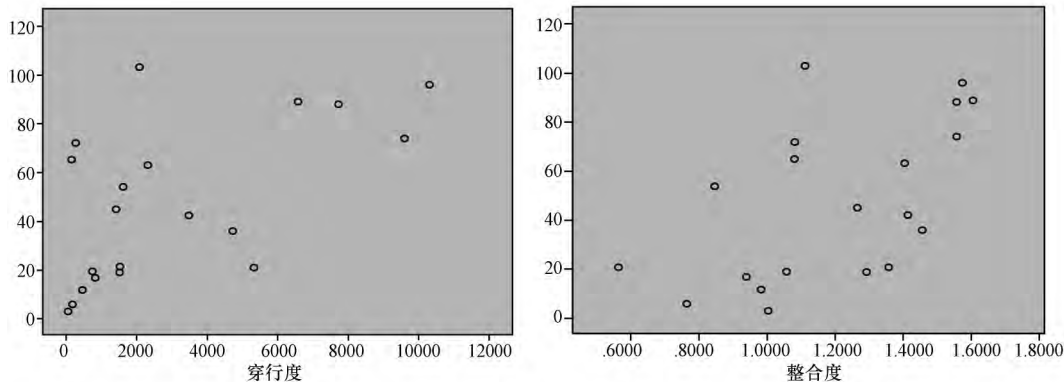


图3 工作日高峰时段20个道路横截面1min人流量与全局穿行度、整合度回归分析

### 2.4 实证分析

以上数据表明在不同时段下,空间句法与实测数据的相关程度不同。故在实际情况中,我们不应以单一结果对实际情况进行概述。由于不同时段下校园内的人群构成不同以及不同地点的吸引力不同导致不同时段下的人群分布差异,从而使得实测结果与整合度、穿行度相关程度不同。

接下来分时段对不同的结果加以讨论:

#### 1、工作日高峰时期

工作日高峰时期校园内人群构成主要有师生及家属、游客、服务人员等。由于在工作日,游客只

有特定时段特定地点能进入校园,导致在这一时段游客大量集中从群贤校门、大南门进入。同时,高峰时段也与校内学生上下课休息时段相符,此时校内人流量最大。对师生来说,此时主要的吸引点为食堂、宿舍。而食堂和宿舍大多分布在人流密度较高的地点,因此无明显偏差现象。对游客来说主要的吸引点有群贤校门、芙蓉隧道、情人谷、芙蓉湖、上弦场等景点。其中群贤校门、芙蓉湖在校园较中心处,故偏差程度不高。而芙蓉隧道、上弦场和情人谷由于位置较为偏僻,穿行度、整合度不高,但由于其本身的吸引力带来了大量的人群,故与空间句

法结果相驳产生偏差,剔除这三个偏差点后穿行度与实测数据的相关系数达到了 0.677,与之前的 0.581 相比提升了 0.096。整合度与实测数据的相关系数更是达到了 0.723,与之前的 0.561 相比提升了 0.162(如图 4 所示)。此时空间句法与实测相

关数据的相关性较高,均达到了 0.6 以上。这表明在对实际情况的探讨中,应考虑吸引点对人流的影响。可以应用 Step Depth 等工具叠加上吸引点的影响,具体做法可参见文献[10]。

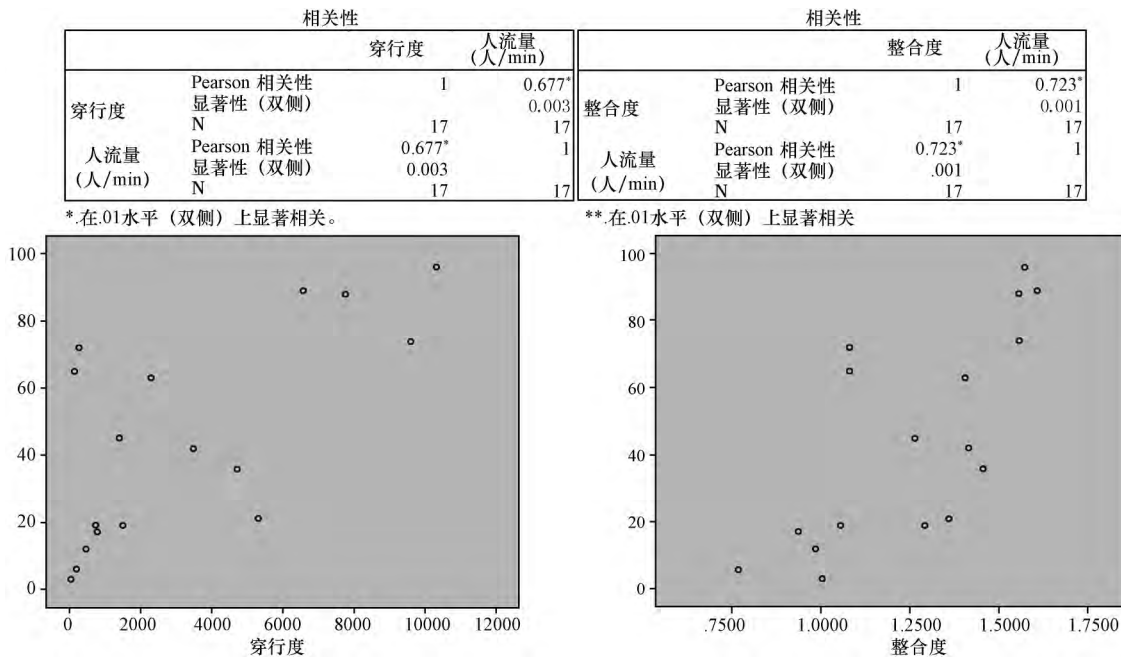


图 4 剔除 3 个偏离点后工作日高峰时段实际人流量与穿行度、整合度的相关性

## 2、工作日低峰时期

工作日低峰时期校内人员主要为师生及家属、服务人员。该时段校内人流量较少,人流密度均在 25 人/min 以内。由于道路的人流量差距并不大,加上不同时间点实测数据会有一些的误差,导致结论会有一些偏差。此时人群并无明显的主要目的地,但由于无游客存在,该时段与整合度、穿行度的相关系数不高,但依然存在一定相关性。

## 3、周末高峰时期

周末高峰时期校内构成人员主要为游客、师生、服务人员。游客总量较工作日更多,但由于全天开放所以游客集中现象并无工作日开放时段明显。同时由于周末上课师生较少,高峰时段师生人群量也有所减少,导致在周末高峰时期,游客成为校内主要人员构成。由于吸引点对游客的影响使得实测数据与空间句法结论有偏差,同时由于师生数量较少无法矫正这种偏差,导致在周末高峰时期,实测数据与穿行度、整合度的相关性较小,相关系数均低于 0.5。

## 4、周末低峰时期

周末低峰时段校内构成人员主要有游客、师生

以及服务人员。此时,由于处在周末低峰时段,校内师生较少,但与此同时,游客的数量虽相较于高峰时段有所减少,但数量仍较为庞大。此时校内的主要人群为游客,导致实测数据与穿行度、整合度的相关性最小,均在 0.35 左右。表明此时段实测数据与穿行度、整合度无明显相关性。

4 个观测时段实测数据与穿行度、整合度相关性由工作日高峰期向工作日低峰期、周末高峰期、周末低峰期依次递减,并且在工作日高峰时段剔除 3 个偏离点后相关系数大幅提升,均达到了 0.6 以上。由此可以得知在人流量的预测中,需考虑研究对象的人群构成。其是否产生特定吸引点,会导致空间句法预测结果的不同。游客占比大小很大程度上影响了空间句法与实测数据的相关性。其原因在于游客的出行有较强的目的性,使得空间句法结果产生一定的偏差。因而在实际情况中,游客占比越大会导致实测数据与穿行度、整合度相关系数越低。而师生出行由于明显吸引点较少,故较符合空间句法所描述的结果。同时,在小范围研究内,由于高峰期人流量较大、人群分布差别较大,故相较于低峰期人流更符合空间句法所得出的结论。

### 3 结 语

尽管这次实证结果表明,单一地对道路进行穿行度、整合度的分析并不能很好地预测每个时段人群的分布情况。但在实测人群无特别吸引力且人流量较大的情况下,空间句法与实测人流量的相关系数较高,空间句法对人流的预测起到了较好的效果。同时考虑到空间句法对人流量的预测主要用于道路的宽度设定、承载能力预测等方面,而道路的宽度、承载能力通常是以人流量最大时段来进行预测的。因此,在实际生活中,空间句法对实测人流量的预测具有一定的实际意义。

空间句法与通常的逻辑分析方法一样,同样具有它的运用条件和适用范围。在实际操作中,使用空间句法能得到充分的论据进行空间关系评价,在不同的设计方案中优化选择,或理性地引导设计方向。我们无法否认空间句法对城市空间形态的量化作用,同时也应意识到它的局限性,不应盲目地追求空间句法,但也不应完全地否定空间句法所带来的作用,将其更好地运用到我们的实际生活中。

#### 参考文献:

[1] BAFNA S.Space syntax;a brief introduction to its logic and analytical techniques[J].Environment and Behavior, 2003,35(1):17-29.

- [2] 傅搏峰,吴娇蓉,陈小鸿.空间句法及其在城市交通研究领域的应用[J].国际城市规划,2009,23(1):79-83.
- [3] 徐晓燕,曲静,叶鹏.基于空间句法的住区配套商业设施可达性研究[J].规划师,2012,28(S2):244-248.
- [4] 张愚,王建国.再论“空间句法”[J].建筑师,2004(3):33-44.
- [5] 肖扬,ALAIN C,宋小冬.空间句法在城市规划中应用的局限性及改善和扩展途径[J].城市规划学刊,2014(5):32-38.
- [6] 陈明星,沈非,查良松,等.基于空间句法的城市交通网络特征研究——以安徽省芜湖市为例[J].地理与地理信息科学,2005(2):39-42.
- [7] 邵润青.空间句法轴线地图在方格路网城市应用中的空间单元分割方法改进[J].国际城市规划,2010,25(2):62-67.
- [8] HILLIER B, YANG T, TURNER A. Advancing Depth-Map to advance our understanding of cities: comparing streets and cities, and streets to cities [C]. Eighth International Space Syntax Symposium, Santiago de Chile: PUC, 2012.
- [9] 盛强,杨滔,刘宁.目的性与选择性消费的空间诉求——对王府井地区及3个案例建筑的空间句法分析[J].建筑学报,2014(6):98-103.
- [10] 盛强,杨滔,侯静轩.连续运动与超链接机制——基于重庆地面及地铁交通流量数据的大尺度范围空间句法实证分析[J].西部人居环境学刊,2015,30(5):16-21.

(编校 刘兰芳)

## An Empirical Study of Spatial Syntax Based on Human Flow

### ——Taking Xiamen University as an Example

CHEN Zhi-yang<sup>1</sup>, TIAN Xiao-mei<sup>2</sup>, CHEN Tian-wen<sup>3</sup>

(1. College of City and Tourism, Hengyang Normal University, Hengyang Hunan 421002, China;

2. College of Computer Science and Technology, Hengyang Normal University, Hengyang Hunan 421002, China;

3. School of Architecture and Civil Engineering, Xiamen University, Xiamen Fujian 361005, China)

**Abstract:** Spatial syntax, as a quantitative index, is a tool for describing and analyzing the impact of architectural space, urban space on human beings, and human movement in space. It is gradually known by people. Generally, it is effective to use spatial syntax tool to calculate human flow, but the influence of different periods on human flow calculation is not considered. In real life, human flow is constantly changing in different periods. Therefore, the question is raised: how does space syntax quantify traffic flow in different periods? In order to solve this problem, this paper takes Xiamen University as an example to verify the coincidence of spatial syntax with the measured data in different periods of road traffic.

**Key words:** space syntax; crossing degree; integration degree; human flow; time division discussion