

# 城市公共空间的价值测度： 基于居住小区价格分析的视角

(申请清华大学工学硕士学位论文)

培 养 单 位： 建筑学院

学 科： 城乡规划学

研 究 生： 徐 婉 庭

指 导 教 师： 龙 瀛 副 教 授

二〇二〇年五月

# **Value Measurement of Public Space: Perspective from Price Analysis**

Thesis submitted to

**Tsinghua University**

in partial fulfillment of the requirement

for the degree of

**Master of Science**

in

**Urban Planning**

by

**Hsu Wanting**

Thesis Supervisor: Long Ying, Associate Professor

**May, 2020**

# 关于学位论文使用授权的说明

本人完全了解清华大学有关保留、使用学位论文的规定，  
即：

清华大学拥有在著作权法规定范围内学位论文的使用权，  
其中包括：（1）已获学位的研究生必须按学校规定提交学位论文，学校可以采用影印、缩印或其他复制手段保存研究生上交的学位论文；（2）为教学和科研目的，学校可以将公开的学位论文作为资料在图书馆、资料室等场所供校内师生阅读，或在校园网上供校内师生浏览部分内容。

本人保证遵守上述规定。

（保密的论文在解密后遵守此规定）

作者签名：徐婉庭 导师签名：石华

日 期：2020.05.22 日 期：2020.05.22

## 摘要

“公共空间”作为城市空间中承载市民生活的重要载体之一，一直是城市相关领域的关注对象，其价值与意义也不乏在理论上的研究与探讨，但如何直观地探索人本尺度公共空间的社会意义与其可能衍生的经济效益，目前仍旧缺乏一套有效的研究方式，以致于其实践价值长期以来无法被有效地测度。然而，随着我国家庭迁居的市场化，人们对于居住内、外部空间的质量要求越来越高，房价俨然成为了能有效量化城市空间和其他非市场公共品的指标；与此同时，互联网与物联网技术的高速发展，也提供了城市研究诸多新兴的材料与手段。在这样的背景下，本文旨在探索如何利用当前新兴的数据与工具，有效地测度公共空间微观尺度的特征，并通过基于房价的特征价格模型，对公共空间特征进行价值的量化比较。

本文首先根据文献梳理，将“城市公共空间”定义为存在于城市中建筑实体之间、可供社会大众自由使用且具有一定功能性的开放空间，并以北京市五环内共计 3,857 个小区的内部与外部公共空间作为主要观察区域。再通过文献收集，综合利用新数据与技术来提取与量化微观尺度公共空间特征的相关研究，选取小区内、外部的公共空间特征，并借鉴经典的特征价格模型，探讨各内、外部公共空间特征要素与房价之间的影响机制，并进一步通过回归结果推算各公共空间特征变量的边际价格，以更直观的量化方式，探讨不同公共空间特征的价值；最后总结分析结果，突出关键指标，并提出相应的城市空间规划决策。

经过研究实证分析后发现：（1）通过新兴数据提取的微观尺度公共空间特征如：街道形态、街道绿化和失序程度等，都能够显著影响住房均价，其中又以小区周边空间失序程度对房价产生的影响最为显著；（2）研究亦进行了特征价格模型的模型稳健性检验，根据空间自相关性与不同环路间的回归模型结果，验证了研究初步使用的 OLS 模型结果的可信度与稳健性；（3）研究最后通过边际价格分析，进一步将各公共空间变量对房价产生之影响货币化，更直观地量化不同住房特征对住房价格所造成的实际影响。

最后根据实证分析结果，本文整理了针对相关城市规划设计、开发与管理部门的政策建议，并总结未来研究可持续拓展之方向。本文通过一系列的实证研究揭示了人本尺度公共空间的具体经济效益，以期支持相关部门能以更细致的视角来认识城市公共空间的价值，并提高相关决策对公共空间的重视性与有效性。

**关键词：**公共空间；小区；特征价格模型；边际价格；北京

## **Abstract**

As one of the main components of the city, "Public space" has always been the focus of attention in the relevant fields of cities. However, its value and significance are still lacking in practical research and discussion. Its practical value cannot be effectively measured for a long time since the lack of a set of effective research methods to intuitively explore the social significance and the economic benefits of the human-scale public space, which cause the relevant departments of urban planning and design cannot continue to improve the pertinence and effectiveness of relevant policies. With the marketization of the housing choice in China, people have increasingly higher requirements for the quality of internal and external spaces. Therefore, housing prices have become one of the crucial indicators that can effectively quantify urban public space and other non-market public goods. At the same time, the rapid development of the IoT has also provided a lot of new research materials and technical means for urban research. Under this background, this article aims to explore how to use the current emerging data and tools to effectively measure the characteristics of the micro-scale of public space, and through the characteristic price model based on house prices, the quantitative comparison of the characteristics of public space.

This article first defines the "urban public space" as an open space that exists between the building entities in the city and could be used freely for the public based on literature review, and sets the main observation area as the internal and external public spaces of a total of 3,857 communities within the 5<sup>th</sup> Ring Road of Beijing. Secondly, through literature review, comprehensive research and methods using new data and technology to extract and quantify public space features at the micro-scale in recent years are selected. Then, the author chooses several spatial characteristics of internal and external public space of the neighborhood, and uses the hedonic pricing model in the related field to explore the effects of various internal and external public space characteristics on house prices. After analyzing the characteristic price regression model, the author further calculates the marginal implicit prices of each variable through the regression results, making the value evaluation of different public space characteristics in a more intuitive quantitative way. Finally, the author summarizes the analysis results,

highlights the key indicators, and proposes corresponding urban space planning decisions.

After empirical analysis of the study, it was found that: (1) the micro-scale public space characteristics extracted from emerging data, such as street form, street greenery, and the degree of disorder, can all affect the average housing price. Among all these variables, the degree of the disorder has the most significant effect on housing prices within the 5<sup>th</sup> Ring Road of Beijing; (2) The study also carried out a model robustness test of the characteristic price model. Based on the spatial autocorrelation and the regression model results between different ring roads, the credibility of the initial results was verified; (3) the study finally evaluates each related variables by using the marginal price analysis method to further monetize the impact of various public space variables on housing prices. Through this final step, it is believed that the actual impact of different housing characteristics on housing prices could be quantified in a more intuitive way.

Based on the results of the empirical analysis, the relevant policy recommendations of the urban development and management are sorted out in the last chapter, as well as the proposal for future research. Through a series of empirical studies, this article reveals the specific economic benefits of human-scale public space, hoping to support relevant departments to understand the value of urban public space in a more detailed perspective and improve the awareness and effectiveness of relevant decision-making on public space.

**Keywords:** public space; neighborhood; hedonic pricing model; marginal price; Beijing

## 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 研究背景 .....	1
1.1.1 我国对于城市公共空间质量的提升日益重视 .....	1
1.1.2 公共空间的效益评估缺少微观特征的量化研究 .....	1
1.1.3 新数据环境下使得公共空间的精细测度成为可能 .....	2
1.2 研究目的与内容 .....	3
1.2.1 研究目的 .....	3
1.2.2 研究内容 .....	3
1.3 相关概念界定 .....	3
1.3.1 城市公共空间 .....	3
1.3.2 城市居住区范围内的公共空间 .....	3
1.4 研究方法与技术路线 .....	4
1.4.1 研究方法 .....	4
1.4.2 技术路线 .....	7
<b>第 2 章 相关理论基础与文献综述</b> .....	8
2.1 公共空间的意義与评价相关研究 .....	8
2.1.1 公共空间的意義与重要性 .....	8
2.1.2 传统的公共空间评价研究 .....	9
2.1.3 新数据环境下公共空间微观特征的评价研究 .....	9
2.2 以特征价格模型测度公共空间价值 .....	12
2.2.1 公共空间价值货币化的相关理论 .....	12
2.2.2 特征价格模型的理论基础 .....	12
2.2.3 传统住房特征价格模型的特征选择 .....	15
2.2.4 纳入公共空间微观尺度特征的相关研究 .....	17
2.3 文献评述与总结 .....	18
<b>第 3 章 研究对象与数据基础</b> .....	20
3.1 研究范围与对象 .....	20
3.1.1 研究范围 .....	20
3.1.2 研究对象 .....	20

3.2 数据来源与处理 .....	21
3.2.1 住房交易数据 .....	21
3.2.2 城市基础空间数据 .....	23
3.2.3 在线地图 POI 数据 .....	24
3.2.4 街景图片数据 .....	25
3.2.5 高分遥感影像数据 .....	26
3.3 本章小结 .....	26
<b>第 4 章 北京小区的住房特征价格模型构建 .....</b>	<b>27</b>
4.1 住房特征选择与量化 .....	27
4.1.1 因变量 .....	27
4.1.2 住房自身结构属性变量 .....	27
4.1.3 区位属性变量 .....	27
4.1.4 邻里属性变量 .....	29
4.1.5 环境属性变量 .....	29
4.2 模型建立 .....	43
4.2.1 模型函数形式的选择 .....	43
4.2.2 研究模型组合 .....	43
4.3 本章小结 .....	44
<b>第 5 章 基于北京住房价格的公共空间价值测度 .....</b>	<b>45</b>
5.1 变量相关性分析 .....	45
5.2 最小二乘回归法的特征价格模型分析结果 .....	47
5.2.1 五环内各特征变量与房价的关系 .....	47
5.2.2 针对四环内小区内外部绿化程度之探讨 .....	49
5.3 模型稳健性检验 .....	56
5.3.1 空间自相关检验与回归结果 .....	56
5.3.2 以环路划分样本量的稳健性检验 .....	61
5.4 边际价格分析 .....	64
5.5 本章小结 .....	67
<b>第 6 章 结论与展望 .....</b>	<b>68</b>
6.1 研究结论 .....	68
6.1.1 研究之主要结论 .....	68
6.1.2 与其他相关研究之比较 .....	69



6.2 政策含义与潜在应用 .....	70
6.2.1 图片数据可有效开展范围广、精细度高的公共空间评价工作 .....	71
6.2.2 量化人本尺度公共空间的效益，为相关部门提供决策依据 .....	71
6.3 研究不足与后续研究方向 .....	72
6.3.1 基于新数据的住房特征提取与量化仍须进一步优化 .....	72
6.3.2 研究缺乏对不同城市区域之空间异质性的探讨 .....	73
参考文献.....	75
致 谢.....	82
声 明.....	83
个人简历、在学期间发表的学术论文与研究成果 .....	84

## 第 1 章 绪论

### 1.1 研究背景

#### 1.1.1 我国对于城市公共空间质量的提升日益重视

近年来，城市发展与公共空间品质之间所面临的矛盾与冲突已引起了相关学界与领域的广泛关注，越来越多研究试图通过城市空间形态、环境的理论梳理或实证来探讨当前城市空间的应对手段。其中，我国住房和城乡建设部更于 2017 年印发了《关于加强生态修复城市修补工作的指导意见》，针对当前我国城市快速发展过程中所产生的诸多如：环境质量低劣、公共服务水平不足等“城市病”问题，提出了“提升环境品质”的指导意见，由此可见我国对于城市空间不再仅追求物质功能、形态上的发展，更开始重视城市空间品质的提升与维护。其中，公共空间作为城市内主要的空间构成之一，是相关部门在推动环境品质整体提升时不容忽视的部分。好的公共空间不仅可以创造良好的建成环境网络 (Francis et al., 2012)，提高居民的城市生活品质，亦可以通过促进邻居街坊之间的偶然相遇来培养社区意识 (Talen, 2000)，进一步塑造更永续的生活空间。因此“如何定义好的公共空间、其实质效益又为何？”，成为了城市研究与其他相关领域的一重要科学命题。然而以往研究多采定性方式来进行公共空间的评价，或是碍于相关数据与样本量的获取难度，仅开展有限度的定量研究，难以支持大规模城市公共空间的价值测度，也难以评估相应的空间优化措施和手段。

#### 1.1.2 公共空间的效益评估缺少微观特征的量化研究

以往研究针对公共空间的价值量化主要分为意愿调查法 (contingent valuation) 和显示性偏好法 (revealed preference) 两种方式 (Adamowicz et al., 1994)。意愿调查法主要是通过调查、访谈等方法，得出受访者对于公共空间特征要素价值的主观评价 (Bateman et al., 2002)；而显示性偏好法则是通过相对客观的统计方法来对公共空间进行价值的估算，一般是利用市场品 (如：住房、地价等) 的价格来推估市民对于各个区位的支付意愿 (willingness to pay, WTP)，特征价格模型 (Hedonic Pricing Model, HPM) 便是其中最常被使用的研究方法之一，于上世纪 60 年代开始，西方学者更是发展出基于住房价格的“住房特征价格模型”研究方法。而我国随着住房

选择日趋市场化和家庭迁居更加自由化，人们对于住区空间的内、外在品质与条件提出了越来越多样化的需求，城市空间不再依循新古典经济理论中的城市单中心理论发展，而是因应著不同人群的社会需求，产生了复杂的空间分异现象；在这样“用脚投票”的时代背景之下，我国的住房价格便成为了可有效测度城市空间以及其他非市场公共产品的指标。

然当前多数基于特征价格模型的公共空间效益评估，还是仅限于在较大尺度的探讨，如：与城市公园、水体等的距离，或是与重要景观的视线等，相比之下，针对人本尺度公共空间定量分析的探讨就相对缺乏，忽略了城市居民对小尺度公共空间的实际需求与偏好。过去已有研究通过问卷调查等方式表明，社区内开放空间（小尺度）对于房地产的销售惠有显著的正面影响（Norcross, 1966），亦有研究发现城市公园（大尺度）对于房价的影响会随着距离而逐渐下降，反观邻近的社区公园对房价的影响以及小区内物业价值却有增加（Hammer et al., 1974; McMillan, 1974）。可见微观尺度下的公共空间相较于以往研究所探讨的大尺度公共空间，尚有许多未被有效量化并重视的经济效益与价值，因此需要构建以住区为主体的公共空间指标体系及其对房价的影响程度，以开展此方面规模性、系统性的探讨。

### 1.1.3 新数据环境下使得公共空间的精细测度成为可能

传统的城市人居环境评价与分析工作，碍于数据与技术限制，如：高精度数据的获取难度大、样本量有限、数据准确度验证不易等问题，都无法有效地支持城市规划与研究日益增长的精细化需求。随着当前物联网、信息通信等技术的高速发展，城市大数据种类日益多元、数据规模日益增长，相应的分析技术与工具亦不断成熟，为当前人居环境的测度与评估带来了机遇（龙瀛 等，2018）。有别以往对于城市空间研究，目前已有众多学者开始使用如图片数据、社交媒体数据等新兴数据，展开针对街道空间、历史商业街区等公共空间的研究（龙瀛 等，2016；唐婧娴 等，2016；曹哲静 等，2017），这些实证研究都一再证明，新数据环境的日益茁壮为城市空间研究带来提供全新的视角与思路，让更精细尺度、更准确、更实时的城市公共空间要素测度成为了可能。

## 1.2 研究目的与内容

### 1.2.1 研究目的

总结以上研究背景，本文重点关注居住小区内、外公共空间，借鉴了当前相关领域的前沿技术与方法，识别城市公共空间要素，以定量测度空间的形态与质量，试图构建一套更全面、更系统同时更便捷、有效的公共空间价值测度方法。以下为主要的几点研究目的：

第一，公共空间的特征识别：探讨如何通过新兴数据与前沿方法，有效提取出人本尺度的公共空间特征；

第二，公共空间的影响程度评估：通过上述的特征提取后，借鉴特征价格模型定量方法，进一步评估哪些小区内、外的公共空间特征对北京五环内房价会产生影响；

第三，公共空间的价值测度：识别了小区内、外部的各空间特征后，进一步通过计量经济学的方式计算各特征对住房价格实际影响多少，以此推测不同空间特征的货币化价值。

### 1.2.2 研究内容

本文旨在探讨如何将城市内公共空间的形态与品质进行有效测度、量化，借鉴房地产领域经典的特征价格模型对空间环境一系列属性进行影响因素评估，并以北京市五环内小区作为研究对象，从而挖掘居住空间内、外部各项属性对于住房价格的影响。

论文拟首先通过文献综整，借鉴经典理论与研究成果，同时回顾近年来国内外相关的前沿技术与工具，尽可能采集住房内在、外在空间一系列的构成要素，以对公共空间的形态与品质经过客观科学的量化，构建一完整的房价影响模型。最终通过模型分析，明确研究城市内房地产的影响因素和程度，探讨不同空间维度的影响因子与相互关系，并进一步探索后续对于相应城市空间决策、规划实践等的支持作用。

### 1.3 相关概念界定

本研究因在研究过程中，借鉴了特征价格模型作为公共空间特征价值量化的主要技术手段，并选择住房价格作为表征公共空间隐性价值的显性价格依据，其实际所能反映的是住房消费者，也就是“居民”，对于不同公共空间特征的选择偏好或是支付意愿，相当于对于“居住区域范围公共空间”的表征。因此在开展研究之前，本小节首先分别针对“城市公共空间”，以及“城市居住区范围内的公共空间”等概念进行梳理与界定。

#### 1.3.1 城市公共空间

关于城市公共空间的定义，在《城市规划原理》（第三版）中指出“城市公共空间”分为狭义与广义两种概念，其中狭义概念指的是可供市民日常生活和社会活动所公共使用的室外空间，而在广义概念里则是指公共设施用地空间（李德华，2001）。另有学者认为，城市公共空间主要指的是城市人工建成的开放空间，如：街道、广场、公共绿地等（周进等，2003）。也有学者提出界定“城市公共空间”的四方面特性，即：开放性、可达性、大众性与功能性，若符合以上非封闭空间、市民可方便到达与自由进出的、服务于社会公众而非特定少数人，同时在功能上可供市民日常使用者，则可认为是城市的公共空间（王建国，2001）。

根据以上论述，本文认为“城市公共空间”即为在城市中建筑实体之间存在，且可供社会大众自由使用、具有一定功能性的开放性外部空间。

#### 1.3.2 城市居住区范围内的公共空间

结合以上概念，再加上研究所主要借鉴的“住房特征价格模型”方法，本文将主要的研究关注对象设定为市民于日常生活中，在居住地周边最常接触、也最能直接影响其感官、体验的城市空间，也就是城市中“居住区范围内的公共空间”。

然而在我国特有的城市空间发展脉络下，城市内的居住区大多属于“封闭小区（gated community）”的形式（邹颖等，2007），即为有大门出入口、围墙或栅栏的住宅物业，也因此使得我国城市内居住小区的物理边界相当具体，能够将小区内居民所属的活动空间范围以及小区外部的城市空间清晰地划分出来。因此本文以我国特有的封闭小区为范围的划定依据，将微观尺度的公共空间划定成小区内部与外部的公共空间。

其中，小区内部的公共空间指的是封闭小区范围内，小区居民所属、且

可自由使用的公共空间；一般情况下，我国的封闭小区内部会含有小区内道路、一定范围的公共活动空间，甚至是景观绿化等空间要素，然而小区内部的环境品质皆不尽相同，以北京市五环内的小区为例，有些小区内部涵盖了优美的景观设计与完善的设施规划，如：小区内广场、湖泊、运动场地等，但有些小区仅规划了非常基本的设施，甚至还有可能出现维护不佳、环境破败等现象。

而在小区外部的公共空间方面，本文为聚焦于微观尺度的公共空间特征，选择以“街道”此一最能切实影响民生活体验与感知的公共空间（Lynch, 1960）<sup>32</sup>作为主要观察对象；小区周边的街道划分依据主要以小区边界为基准，向外部延伸 200 米范围，在此范围内的街道空间便为此次研究主要的关注对象。

## 1.4 研究方法与技术路线

### 1.4.1 研究方法

#### 1.4.1.1 文献调研

在模型方面，本文通过搜集和阅读住房价格模型相关文献，了解相关领域如何探究住房内在与外在属性与住房交易价格之间关系，最终选择房地产、城市经济学等领域中经典的特征价格模型为本文之主要模型，同时借鉴了边际价格分析法作为后续分析结果货币化之理论支撑。

在属性选择方面，本文收集了近五年对于公共空间特征提取与量化的相关技术与方法，同时借鉴最前沿技术，尽可能地探索目前已知可被测度，但还未被相关实证研究进行价值量化研究的公共空间特征。

#### 1.4.1.2 开源数据获取

除了过往研究常见的普查、问卷调查、城市空间数据等传统数据，本文着重提取用图片数据、在线地图数据等多源数据，在经典理论的基础上深化、扩展不同住房属性的提取量化。其中针对实时交易房价数据此一源自结构性网页的数据集，主要通过基于 Python 语言的 BeautifulSoup 框架进行爬取；而针对街景图片、遥感影像等城市空间图像数据，则是通过访问开源在线地图平台的 API 接口进行获取。

### 1.4.1.3 GIS空间分析

GIS 空间分析主要通过 GIS（地理信息系统）平台的几何运算、数理统计分析等技术，实现空间数据的基础计算、分析，再进一步结合其他无空间性质的数据，进而提取各属性的地理空间信息与隐含信息。本文会涉及到工具的主要有：缓冲区分析、叠加分析、距离计算、可及性分析、路径分析、统计分类分析等。

### 1.4.1.4 建成环境的虚拟评价方法

随着城市研究可获取的数据类型日益丰富多元、数据规模日益增长，为了有效地扩展对于建成环境分析的研究效率，相关学者开始构建了不受时空限制的虚拟分析方法，通过街景图像、遥感影像等相关图像数据还原建成环境状态，以实现地理覆盖范围更广、性价比更高的建成环境分析，一般称之为“建成环境的虚拟评价方法（built environment virtual audit）”（Badland et al., 2010）。

有研究使用谷歌街景图像进行虚拟分析，并通过了统计分析的方式进一步验证了结果的整体一致性，说明了基于图像的虚拟分析方法可以有效地代替传统现场调研的方式，在公共卫生（Wilson et al., 2012）或是健康（Bethlehem et al., 2014）等议题上探讨微观尺度建成环境特征的影响机制；另有研究结合了街景图像与遥感影像，分为 62 项指标评估街道建成环境的特征，探讨微观建成环境不同的形态与要素对居民活动造成的影响（Phillips et al., 2017）。

根据已有相关研究，本文自主建立了针对街景图像与遥感影像的虚拟评价平台，结合相关文献研究成果梳理了分析的关键指标清单，并请经过训练的专业分析员，完成大规模城市环境要素与品质的人工评价。

### 1.4.1.5 基于深度学习的建成环境要素识别

除了人工识别大规模的建成环境图像，本文亦通过深度学习的方法对高分遥感影像与街景图像进行图像识别。已有研究表明，深度学习可基于图像像素对图像进行语义分割，计算图像在颜色光谱中的度数，对图像内不同的空间要素，如：天空、绿化、建物等进行比例计算（Li et al., 2015; Long et al., 2017; Dong et al., 2018; Li et al., 2018）；亦可通过深度学习模型对特定对象对图像的内容进行目标检测，目前相关研究已表明，可通过高分遥感影像的目标检测实现对道路、跑道、车辆、建筑物等的高精度识别（高常

鑫 等, 2014; 刘扬 等, 2015)。

本文拟利用深度学习技术,开展以下针对遥感影像与街景图片的分析内容:第一部分,借鉴 Jin 和 Yang (2020) 在北京市四环内的研究,通过目标检测方法将高分遥感影像分割为具有物理意义的同构多边形,然后根据每个多边形的光谱和几何特性识别出小区内部的树木棵数,作为小区内部公共空间要素的评价指标之一;第二部分,通过图像对街景图像的像元进行语义分割分析,从而计算在街景范围中绿色的覆盖程度,以此表征小区外部街道空间的绿化率。



1.4.2 技术路线

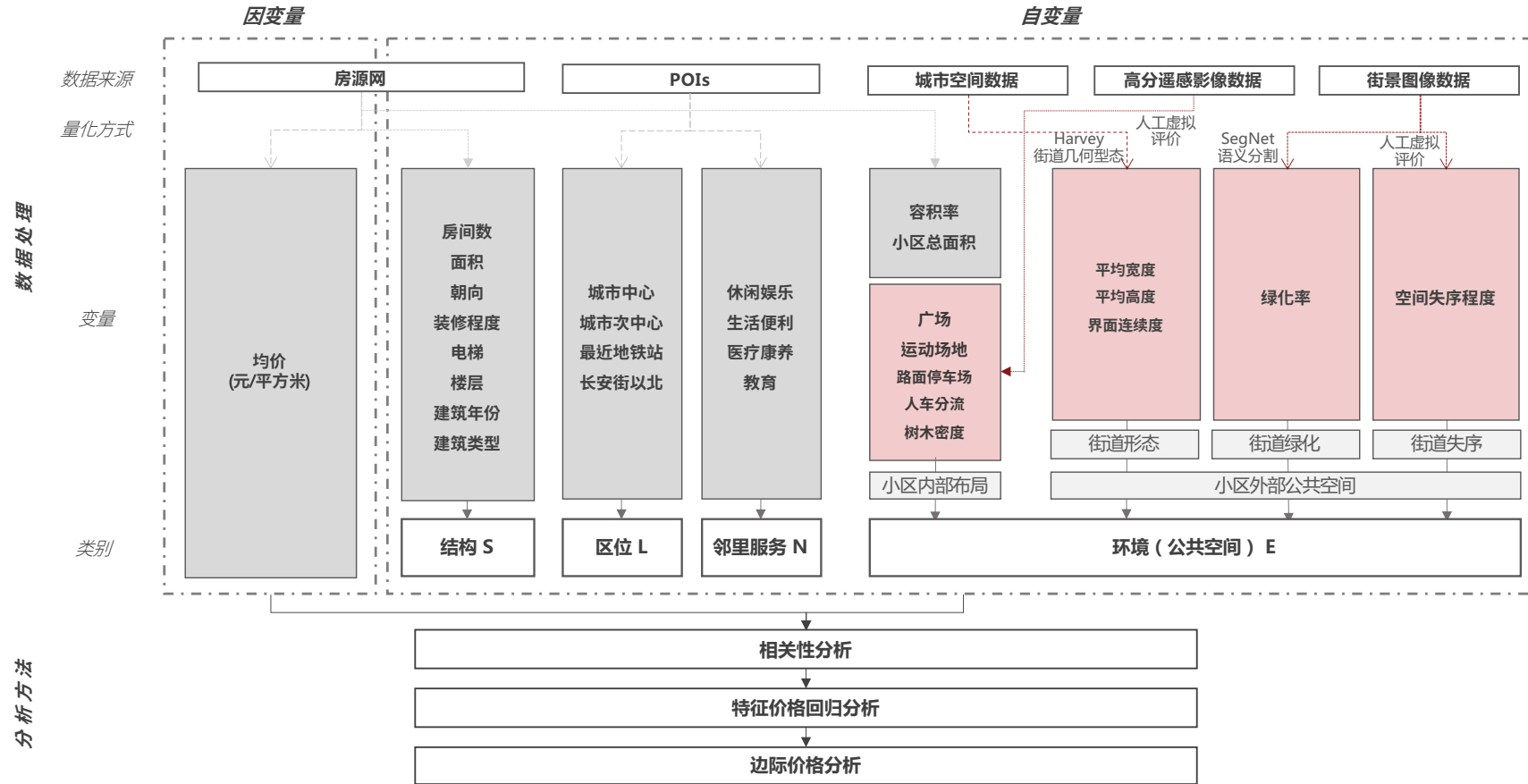


图1.1 研究技术路线

资料来源：作者自绘

## 第 2 章 相关理论基础与文献综述

### 2.1 公共空间的意義与评价相关研究

#### 2.1.1 公共空间的意義与重要性

公共空间作为城市系统中承载市民公共活动的空间单元，使其不仅仅只是在使用上与视觉上的建成空间功能，同时更蕴含了影响社会认知、心理体验的社会空间功能（Madanipour, 1996；陈竹 等，2009a），这样的空间单元是形塑城市特色风貌、创造场所记忆、凝聚社区意识的重要根本，在很大程度上更是可以直接反映了市民的生活质量（Tankel, 1986； Mehta, 2014）。

但自 20 世纪以来，快速的城市化进程使得城市公共空间形态发生了剧变，公共空间在城市规划与决策者汲营于大规模建设开发的节奏下，沦为了次要的建设对象，已有的发展经验与研究中，都证实了公共空间规划与布局的低效会直接或间接的致使城市公共生活质量的下降。为因应城市快速扩张所伴随的种种问题，如何有效地测度城市公共空间的质量，并研拟相应的管控、优化策略，以实际提升市民整体的生活质量，一直以来是城市规划、建筑等相关领域的重要研究课题。

已有研究表明了城市中优良的公共空间，能有效促进城市的社会交往和居民的心理健康，例如：好的公共空间可以形塑空间的连续性与标志性，从而能够促进居民社区意识与认同感的建立，强化社会交往（Lofland, 1998； Low, 2000； 陈竹 等，2009b）；有学者证实行人对于空间的安全感和公共空间的物理特征有著紧密关系，当一个空间存在垃圾堆放、建物破损等情况时，会使该空间给人的安全感降低（Perkins et al., 1992），反之若当公共空间周围有经过绿化，街道有设计相应的配套措施，则会提升空间的安全感（Craig et al., 2002）；亦有大量研究探讨公共空间的构成，包括街道的几何形态、街道家具的布置等，都能有效地营造空间使用者的舒适度（Sullivan et al., 2004； Mehta, 2007）。

通过大量的实证研究，相关领域的研究人员充分地证明了公共空间在城市系统中的重要性与其所衍生的社会效益，但如何客观且有效地量化大规模公共空间的质量与经济价值，从而评估相应的优化策略与把控手段，如今仍旧是相关领域学者持续探索的科学问题。

### 2.1.2 传统的公共空间评价研究

为了能有效地把控城市空间此一复杂巨系统，并避免研究过程中目标不明、协调不当等问题，相关研究人员将城市空间分为宏观与微观特征，以获取对城市空间更为全面、更本质的认识（Stephen et al., 1992; Richard et al., 1993; 廖方, 2007）。

其中，城市公共空间的宏观特征主要关注于市域范围内公共空间的整体结构、网络体系以及分布格局，例如：公共空间之间的连通性、密度、多样性等，是城市相关工作者早期最开始推展相关研究的尺度，相关的分析方法与框架也已在当前相关领域中发展较为成熟、完备，如：在公共交通导向型开发（transit-oriented development, TOD）规划中常出现的 5D 理论，便是将各式城市公共空间指标按照密度(density)、混合度(diversity)、设计(design)、到交通节点之距离(distance)、目的地可达性(destination)等五大维度进行分类，是探讨城市公共空间时最常引用的框架之一（Ewing et al., 2009; Ewing et al., 2010）。

而城市公共空间微观则的更关注在建筑物、街道等不同空间单元本身及其所组合的建成环境结构，尤其是在城市设计（design）维度上的探索的，包括：建筑后退道路红线的距离、公共空间的几何形态、公共空间内的设施等。此类特征的城市公共空间与人的行为与体验最为直接相关，是探讨城市宜居性、舒适度等相关城市生活质量时需着重关注的内容（Ewing et al., 2013; Harvey et al., 2015）。

与宏观尺度的特征相比，微观特征一般而言较难以有效地测度与量化。随着当前城市相关领域追求人本导向（human-orientated）的发展趋势，越来越多学者开始投身至公共空间微观特征的研究当中。然而在有限的研究数据与技术手段之下，学者大多仅能开展针对特定场所（如：商圈、历史街区、河道等）或有限范围的研究工作，且多以定性论述为主（李长东 等, 2014; 朱桃杏 等, 2014）。

### 2.1.3 新数据环境下公共空间微观特征的评价研究

当今物联网时代的高速发展，无限通信、智能终端、传感器等技术与工具被大量地应用在城市中的各种场景，其所产生的数据更是与日俱增；与此同时，互联网也越来越渗入到人类社会的各式活动当中，在人类这样高度依赖于虚拟平台的同时，也在互联网世界中产生了大量隐含城市物质环境与社会经济属性的数据信息（甄峰 等, 2014）。

与规划图册、年鉴普查、问卷调查等传统数据相比，这类新数据具有单元粒度细、时间精度高、覆盖范围广、更新速度快等特点，打破了许多过往相关研究在时空维度与研究单元上的局限，近年来以越来越受城市研究与规划领域重视，研究学者将此背景总称为“新数据环境(new data environment)”（龙瀛 等，2017）。

另外，近年涌现且快速发展的机器学习、虚拟现实、计算机可视化等技术，伴随着新数据环境下的多维细精度数据，形成了“新城市科学”，在城市空间的测度、评析，以及城市规划设计决策上都带来了不论是思维上、亦或是工作模式上的变革（叶宇，2019），使得以往许多无法被有效度量的城市信息得以被释放，并加以使用。

随着人工智能技术与大数据技术的发展，新数据环境使得探索城市要素的量化、图像化表达，以及大规模挖掘城市中额外的地理空间信息成为了可能，近年来已成为城市规划与相关领域的研究热点。目前已有通过新兴数据对城市环境的研究，主要可以分为物质建成环境与社会经济环境两大类研究方向（张丽英 等，2019）。

首先在城市物质建成环境评价方面，多数研究多关注城市空间中如：房屋、道路、基础设施等不同类型的建成环境要素。以往对于城市物质环境的测度多仰赖传统的统计数据、地理空间信息数据，目前已有学者验证了通过其他多源数据，可有效识别城市物质环境的构成要素，进而进行相关议题的研究与评价：

Rundle 等学者（2011）基于谷歌街景图像研究了纽约市 37 个步行街区的建成环境，通过建成环境的虚拟分析方法对与空间美学、行人交通安全、机动车出行等相关的设施特征进行评分，研究最后通过对 143 项指标的分析表明了街景图像可以对街区的邻里环境进行有效的评估，对于人本尺度建成环境的研究工作而言是一低成本且可扩展性高的方法。

唐婧娴等人（2016）基于大规模多时相、多角度街景图像数据，并通过文献调研构建了一套评估街道空间特征与品质的研究框架，研究表明了街景图像可有效识别北京居住区外围的街道空间品质和变化特征，揭示了街景图像对于进行大范围城市建成环境评价的可行性。

You 等人（2017）认为除了使用传统研究中常见的房产物质属性之外，在线房源的住宅图片也是提供在线用户做出潜在访问决策的关键因素之一，研究通过开源的房源数据，爬取住房各种属性以及住宅图片，通过深度学习的方式提取房源网上住宅图片的物质构成信息，最后与房价进行相关性分析，

提出了一种使用循环神经网络与图片视觉特征来预测房产价格的有效方式。

在城市社会经济的环境评价方面，在过去，大多仰赖传统统计、普查数据，除了需要耗费大量的人力、物力资源与时间，其数据的时空精细程度也非常有限，阻碍了相关研究的开展。然通过新数据与新兴技术，如：人口分布、街道活力、收入水平、商业活跃度等社会经济属性得以被有效测度，以下研究皆通过新源数据展现了准确、廉价、且可持续扩展的分析与预测方法：

Dubey 等（2016）通过众包评价街景图像数据与神经网络技术，将来自 56 个城市的 110,988 张图像进行分析，量化了城市环境中关于“安全”、“活泼”、“无聊”、“富有”、“沮丧”和“美丽”等六项感知数据。结果表明了通过街景图像数据与计算机视觉方法可以有效地识别城市感知属性，并开展全球尺度的研究工作。

Jean 等（2016）使用高分辨率遥感图像来估算国家消耗支出和资产，利用了五个非洲国家的官方调查和卫星图像数据进行实践研究，该研究通过卷积神经网络技术来训练模型、识别图像特征，其特征可有效解释当地经济中高达 75% 的变化结果，为发展中国家提出了一种低成本、准确且可靠的经济水平测度方法。

建成环境的形态与也被多项研究指出会对邻里犯罪率产生一定程度的影响，Maharana 等学者（2017）即通过高分辨率卫星图像识别小区的犯罪率，利用三个美国城市的犯罪报告和卫星图像，使用卷积神经网络提取图像特征，结果显示其可有效解释高达 82% 的邻域犯罪率变化。

综上所述，以上研究皆通过实证研究，证明了利用图像数据、社交数据等新兴数据，能够有效地挖掘以往难以测度、量化的城市空间特征，再加上这些数据具有范围广、精细度高等诸多特点，也对对大规模、细粒度的研究工作提供了巨大的支持。其中，街景图像与高分遥感影像等能够细微表现城市空间的图像数据，更是对于捕捉公共空间的微观特征带来了前所未有的可能性。

## 2.2 以特征价格模型测度公共空间价值

### 2.2.1 公共空间价值货币化的相关理论

针对公共空间的价值判定，目前相关研究领域已发展出两种主要评价公共空间服务水平或品质货币价值的方法，即意愿调查法（contingent valuation）和显示性偏好法（revealed preference）（Adamowicz et al., 1994）。

在意愿调查法中，公共空间特征要素的价值主要是通过问卷调查、访谈等方法得出的（Bateman 等，2002），受访者在调查过程中通常会被问及愿意为各项提升公共空间品质的措施，如：保留良好的休闲娱乐设施、增加绿地面积等，而付出多少额外的价格，也就是人们对各类公共空间特征的支付意愿（Tyrväinen 和 Väänänen, 1998 年; Kwak 等人，2003 年），这种通过问卷与访谈的研究方法所得到的结果通常直接、明确，但可能出现受访者因调查内容与流程设计的差异，使得调查结果与实际需求与现象存在差异的问题。

而显示性偏好法则多通过计量经济学的统计方法来对公共空间进行价值的估算，其原理是通过控制市场品自身的特征，根据评估公共空间特征与市场品售价的联动关系，探讨市场品的显性价格与公共空间的隐性价值的影响机制，进而推断公共空间的实际价值（Jim et al., 2006; 郑思齐 等，2016）。相关理论最早自上世纪 60 年代开始发展，Lancaster（1966）、Rosen（1974）等人所提出住房特征价格理论指出，住房价格不仅只为住房自身属性条件所控制，更是受到其外在环境条件影响，此后也不断有研究实证表明了房价可成为环境外部性的有效量化工具。简言之，在城市空间日趋分异的背景之下，其所造成的城市房价空间分异及其演进，也被认为能够真实反映出居住空间分异的总体格局与演变趋势，为城市环境的量化与测度提供了一有效方法（郑思齐 等，2005）。

### 2.2.2 特征价格模型的理论基础

#### 2.2.2.1 特征价格模型的理论背景

特征价格模型（hedonic pricing model, HPM），是当前相关研究领域在住房价格评估方面常用的方法，“Hedonic”源自希腊语“享乐（hedonikos）”一词，从经济学的角度而言，指从商品和服务的消费中获得的效用或满意度。该模型理论最早可追溯至上世纪 20 年代美国学者 Waugh（1928）针对波士顿蔬菜质量的研究，该学者通过回归方程探讨了蔬菜品质与价格的联动关系，

开展了商品特征与价格之间函数关系的研究。在 20 世纪 60 年代左右,就有相关学者将特征价格模型理论引入至城市经济学的研究之中,其中 Lancaster 与 Rosen 是较早开展将特征价格模型应用至住房价格影响机制的学者:Lancaster (1966) 的研究表明,住房的市场价格不单只由商品货物,也就是住房自身的条件而决定,而是复合了其他外部特征属性的状态条件所综合决定,为后续相关研究在住房价格的微观研究上提供了理论基础;Rosen(1974)则是进一步提出“住宅价格模型”,具体探讨住房价格如何反映购房者对不同住房特征的支付意愿,这些住房特征除了自身的住房房龄、面积等物理特征之外,还有附着在区位、周围邻里环境等其他外部特征,而在均衡市场中,特征价格模型所估计的隐含价格,理论上就相当于人们对各类特征的愿意支付的成本。其后,Freeman (1979)借鉴了 Rosen 之框架,提出了使用普通最小二乘回归法 (ordinary least squares, OLS) 来对各变量的边际价格进行估计,进一步完善了模型的计算方式与可扩展性。

简言之,根据特征价格模型理论,住房作为市场商品,其价格可被认为由若干个不同内在与外在属性所组成,而每个属性的重要性或价值,则可以根据回归结果的相关系数来进行衡量,是用来衡量内外在环境影响效果的有效方法。也由于其方法的简易性、可操作性,以及对于模型结果的易解读性,目前已被广泛用作探索和分析环境特征对房价影响的工具。

#### 2.2.2.2 模型的函数形式

尽管 Rosen 指出了特征价格模型是一种简化形式的函数方程,旨在简要地反映商品与不同属性间的供需机制,但经过多年来的实证结果证实,其函数形式还是面临了一系列错误偏差、变量预测等质疑。显然特征价格模型在现实运用中并不会呈现理想的线性关系,因此使用普通的线性方法会大概率出现错误估计 (Linneman, 1980),且经济理论尚未对特征价格模型的函数形式给出一个明确指导 (Butler, 1982)。

早期相关的研究学者多凭经验判断或是反复试验,来选择适当的模型函数;后来有学者通过变量转换的方式来进行选择,如果转换后能提高数据拟合度,那么就认为这种函数形式最接近真实的特征价格模型。其中线性、半对数和对数形式是特征价格模型中常用的三种函数形式 (Palmquist, 1991; 王德 等, 2005),函数形式如表 2.1 所示。

表 2.1 特征价格模型常见的函数形式

模型名称	函数形式
线性模型	$P = \beta_0 + \sum \beta_i X_i + \varepsilon$
半对数模型	$\ln P = \beta_0 + \sum \beta_i X_i + \varepsilon$
对数线性模型	$\ln P = \beta_0 + \sum \beta_i X_i + \sum \beta_j \ln X_j + \varepsilon$

注：P为住宅价格， $\beta_i$ 与 $\beta_j$ 为待估之变量系数， $X_i$ 为特征变量， $X_j$ 为无法取对数之特征变量， $\beta_0$ 为常数项， $\varepsilon$ 为误差项。

资料来源：作者自绘

### 2.2.2.3 模型当前应用的局限与优化方式

住房特征价格模型所使用的回归模型，其中一项重要的基本假设即：观察对象自身应彼此独立。然而，根据地理学第一定律（Tobler's First Law of Geography）：“任何事物都是与其他事物相关的，且相近的事物关联会更为紧密”（Tobler, 1970），在地理空间中相邻较近的住房，一般被认为会有较高的可能性具有相似的属性，因此住房特征价格模型所假设研究对象之间的独立性显然是有待商榷的。

为此，相关研究人员进一步在特征价格建模的应用之上加入了对于“空间依赖性（spatial dependence）”的探讨，也称为“空间自相关”。已有研究表明，如果忽略空间效应，则更有可能低估数据的实际方差，从而导致结果的偏差（Anselin, 2001; Ward et al., 2008）。目前应对空间依赖性，Walter（1992）提出了 Moran's I 全域型空间自相关检验法，其方法可以有效测量回归模型残差中的空间依赖性，并检验住房价格和属性之间的相似性与空间关系。

然而，地理现象一般具有空间异质性，即不同区域的空间自相关程度通常不一致，若使用全域型空间自相关指数则会忽略了区域间的空间自相关差异性，甚至掩盖了研究区域内部更为细致的空间形态。为此 Anselin 于 1995 年进一步提出 Moran's I 散布图与区域型空间自相关指标（Local Indicator of Spatial Association, LISA）等方法，补足了全域型分析方法的缺陷。此方法后来被相关研究纳入至特征价格模型中，（Basu et al., 1998; Dubin et al., 1999），也有学者应用于欧美地区的房地产价格研究，验证了空间自相关性在房价研究中的重要性（Ismail, 2006; Baumont, 2007）。

除了空间依赖性外，空间分异也是特征价格模型相关研究中的一研究重



点。Rosen (1974) 所提出的特征价格模型, 其前提条件是建立在完全竞争的均衡市场, 并认为对住房特征估计的边际隐含价格会完全等同于购买者对这些属性的支付意愿。但实际上, 住房市场并非一个单一简单的实体, 相反地, 住房市场可能因其地理位置的供需差异而导致空间分异, 在一个地理范围内可能存在若干个住房子市场 (Adair et al., 1996)。

尽管在多年来的实证研究中不断凸显住房子市场概念的重要性, 研究人员亦普遍承认住房子市场的存在, 但目前学界对于如何划分子市场或确定其边界尚未达成共识。针对此问题, 最早有学者考察了上世纪末的相关文献研究, 表明了特征价格模型在不同城市, 甚至是单个城市中不同的子区域, 所形成的函数形式与通过统计检验的变量组合都不尽相同, 研究人员可通过统计方法来进一步检验不同区域之间是否存在显著差异 (Smith et al., 1995); 也有学者认为城市内住房的建筑类型一般会与市民的偏好相关联, 提出了通过聚类分析来划分住房子市场, 藉此将全域型的城市住房市场进行更细致的划分 (Orford, 2000); 我国亦有研究借鉴过去相关研究、规划文件等, 将城市划分为中心城区与外围区域, 证明了将全域型房价研究划分为不同区域可以更有效地对房价特征变量进行评估 (Li et al., 2019)。

### 2.2.3 传统住房特征价格模型的特征选择

自 1960 年代 Lancaster 与 Rosen 的研究之后, 西方国家缘于其成熟的商品房机制与房产市场, 已有大量的研究自不同视角探讨城市空间的不同因素对于房价造成的影响 (表 2.2)。经过多年实证研究, 住房价格俨然已成为作为一种对于住房单元内、外在一系列属性的综合量化评估, 这一系列与住房相关的特征属性一般认为可被分为以下几种维度: 区位特征属性 (location)、住房结构特征属性 (structure)、邻里特征属性 (neighborhood) 以及环境特征属性 (environment) (Freeman, 1979; Chin et al., 2003)。其中, 区位特征一般是描述住房位置与房价的关系, 如: 到市中心、CBD、当地重要商业中心、公园的距离; 结构特征则关注住房自身如: 建筑类型、住房面积、卧室数量、附属设施等属性; 邻里特征通常包括住房单元周围一定范围内的设施服务水平、密度、可及性, 也有学者加入如: 教育水平、犯罪以及种族构成等社会经济因素综合探讨住房周围邻里特征; 而环境特征在过往的研究中大多指的是空气质量、噪音污染, 与周围开放空间条件等属性。

表2.2 西方国家房价影响因素相关文献

维度	重点研究属性	文献	研究样本	对房价之影响
结构	基本居住品质	Kain et al., 1970	579/275	+
	住房单元质量			+
	住房屋龄			-
	房间数量			+
	浴室数量			+
	地块大小			+
区位	距海岸线距离	Richardson et al., 1990	9,078/10,928	-
	距 CBD 距离			-
	距 Santa Monica 距离			-
	距 CBD 距离	Heikkila et al., 1989	10,928	+
	工作地可达性	Osland et al., 2008	2,788	+
	距离危险地区距离	Brasington et al., 2005	5,051	-
	距离市公园距离	Poudyal et al., 2009	11,125	-
邻里	犯罪率	Dubin et al., 1982	589/1,178	-
	教育水平			+
	种族			-
	各项设施距离	Powe et al., 1995	519	+
	新住宅建设	Simons et al., 1998	12,100	+
	墓地可见度	Tse et al., 2000	1,550,000	-
	小学质量	Gibbons et al., 2003	2,900/2,998	+
环境	空气质量	Freeman, 1979	652	-
	空气悬浮颗粒	Smith et al., 1995	567	-

资料来源：作者自绘

而国内在计划体制改革后,住房市场化以及其价格影响因素也越发受到国内学者关注。自本世纪以来,国内学者借鉴西方国家已有理论基础,已通过对北京(张文忠等,2005)、上海(王德等,2007;张冕等,2008)、杭州(温海珍等,2004)、天津(孙宪华等,2008)等不同城市的实证分析,大量开展对特征价格模型的研究工作。

在大量的实证研究中,除了对整体住房属性进行一般性的探讨,也有学者关注不同维度的特征属性。在区位方面,有学者通过北京住宅市场的实证研究,着重探讨住房位置对其价格的影响(李晟等,2010),亦有研究通过对城市轨道交通沿线住宅价格的分析,着重探究城市轨道交通对住宅价值的影响(陈峰等,2006;梁青槐等,2007;聂冲等,2010)。

在邻里方面,有研究探讨住宅周围的土地利用类型对于房产价值的影响(Matthews et al., 2007; Kang, 2019),更有许多研究利用公共设施的地理空间数据,如:商业、休闲娱乐、教育、医疗等,计算住房对不同类型公共设施的可达性,以作为公共设施服务水平的衡量指标,探讨其对住房价格的影响机制(王松涛等,2007);近年来,也有学者开始关注环境方面的研究,各别针对噪音污染(Jim et al., 2006)、水质情况(Chen et al., 2018)以及空气质量(Liu et al., 2018)等环境因素探讨与房价之间的作用机制。

然而,当前利用特征价格模型对公共空间进行效益评估的研究,大多还局限于较大尺度的讨论,如:与城市公园、水体等的距离,或是与重要景观的视线等,但对于人本尺度特征,如:公共空间形态、品质等,还是缺乏了系统性的分析方法与讨论。这使得相关部门在公共空间的规划与效益评估上,多仅能有效地关注大尺度的空间区位布局、空间可及性等内容,而忽略了“什么样的街道形态才能营造舒适环境”、“多少比例的街道绿化可以提升环境品质”等人本尺度的讨论,而这些正是公共空间得以作为承载市民生活重要载体的基本核心。

#### 2.2.4 纳入公共空间微观尺度特征的相关研究

在新数据环境的背景之下,近年来越来越多研究人员通过上述的新兴数据(社交媒体数据、遥感影像数据、街景数据等)与新方法(数据爬取、机器学习等),加强围观尺度公共空间的要素提取与特征量化;更有研究结合特征价格模型,以住房价格作为衡量指标,试图测度各式微观尺度公共空间特征的具体价值。

过往研究在探讨公共空间时多以设施密度、可及性等宏观尺度切入,有

学者在此几处上结合了新兴的社交媒体数据,提取公共空间(绿色空间,商业中心)的社交网络活动密度,藉以推算该空间或设施的活力、服务质量等,相关研究结果皆表明这些反映空间设施质量的要素均与房价呈显著正相关(Wu et al., 2016; Li et al., 2019)。

Pandit 等(2013)研究将树木的类型和位置(在物业内/在街道上/邻近物业)添加到了特征价格模型中,以便从更微观的角度评估行道树对西澳房价的影响。这项研究进一步计算了边际隐性价格,表明在街边的阔叶树比其他种类的树或其他地方的树有更多的好处,这可以使房屋的总价格增加约16,889 澳元(4.27%)。

亦有研究通过街景图像语义分割技术,从街景的色彩中提取街道要素,如:绿化、建物、街道等。已有结果表明,从街景中提取北京五环路内的绿化率越高,周边房价可能更高(Zhang et al., 2018);北京六环内与上海中心城区的街道绿化率、天空可见度同样也对房价有正向影响,反之,建筑物占据街景的比例越高,周边房价可能会越低(Fu et al., 2019)。Ye 等(2019)更进一步加入空间句法来计算绿化的可及性,利用上海市中心 1395 个小区进行实证研究,从房价评估人本尺度的街道绿化及其可及性的重要性。

### 2.3 文献评述与总结

目前在相关领域中,已有许多学者利用了特征价格模型可将公共空间特征基于住房价格进行货币化,以此量化不同公共空间特征的效益与具体价值。但过往大量针对公共空间与房价关系的实证研究中,因数据与技术的局限,多数仅能关注宏观的特征变量,如:城市大型绿地公园(Liisa, 1997; 石忆邵 等, 2010; 杨俊, 2018)、湿地(Brent et al., 2000),或是城市重要景观可及性(温海珍 等, 2012)等空间特征,缺少了在微观尺度上探讨公共空间特征与房价关系的实证研究。

随着新数据环境的成熟,近年来开始有研究利用新兴数据大规模、高精度等特性,试著提取更细粒度的公共空间特征,例如:通过社交媒体数据推算的住房周围服务设施的品质、通过遥感影像计算的小区内部绿化程度,或是利用街景图像数据测度的住房周边街道尺度的绿化程度等。这些研究都试图探讨新数据可以如何测度城市空间形态与品质,并结合房价进行公共空间隐含价值的探索。

然而,上述研究的关注对象仍碍于数据与样本的限制,大多还是关注于设施品质与空间绿化两大类特征,缺乏了针对其他在城市设计领域方面常见

的空间特征的讨论，如：街道宽度、街道界面连续程度、街道要素等；这些特征在城市公共空间的设计中一般具有决定性作用，应在公共空间品质的测度与评估中纳入考虑。此外，目前已有文献对于人本尺度公共空间的探讨多为影响房价之显著性，并未进一步推估不同空间特征的实际价值，使得分析结果仅停留在讨论层面，未能切实发挥研究对于实质政策与应用的借鉴意义。

通过上述文献综整，本文将在已有研究基础之上，持续挖掘新兴数据与技术测度空间特征的可能性，针对微观尺度公共空间构建更为细致、更系统性的研究框架，并借鉴边际价格分析方法，进一步将不同空间特征的隐含价值货币化，期能为当前城市规划设计及相关决策拟定提供更为科学、直观的依据。

## 第3章 研究对象与数据基础

### 3.1 研究范围与对象

#### 3.1.1 研究范围

为有效测度城市居住小区内、外的公共空间特征及其与住房价格之关系，基于房价市场规模与相关数据可及性的考量，本文选取北京市五环内城市空间作为研究范围，其中覆盖了东城、西城，以及部分朝阳、海淀、丰台、石景山、大兴等行政区，涵盖了116个街镇，总面积为667km<sup>2</sup>（图3.1）。

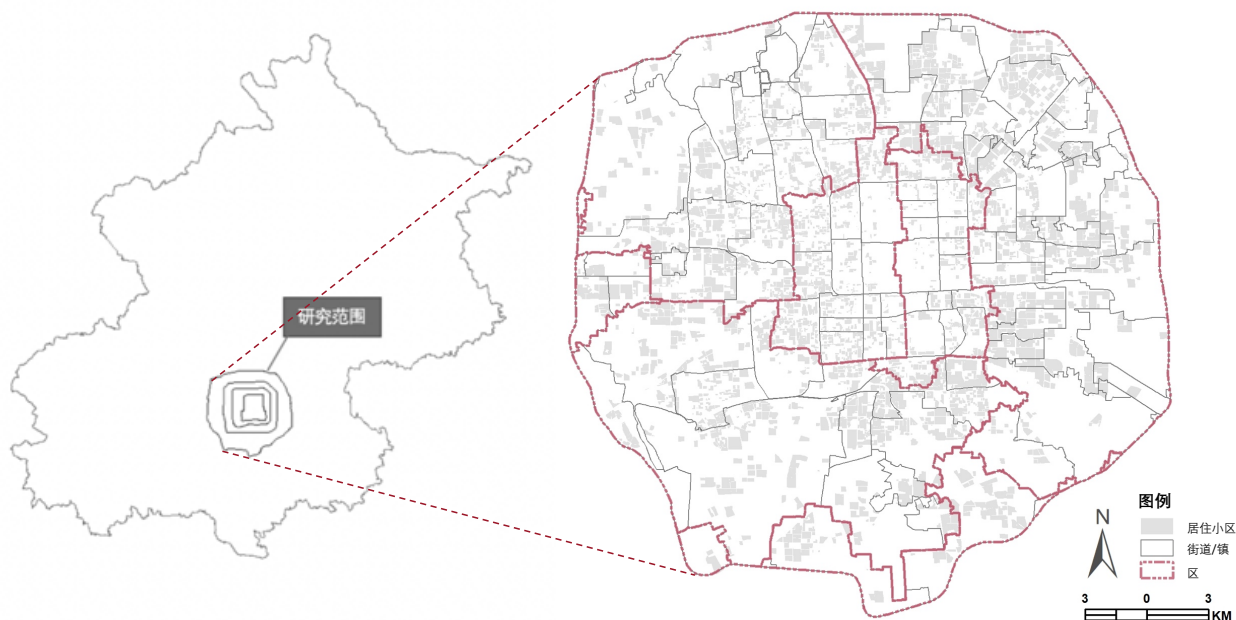


图3.1 研究范围

资料来源：作者自绘

#### 3.1.2 研究对象

本文的研究对象关注居住小区的内、外公共空间，并以房价作为衡量公共空间价值的测度指标。为具体界定北京五环内各居住小区的内部与外部空间，本文于在线地图中提取了可成功识别边界的居住小区，结合城市基础空

间数据集初步识别北京居住小区位置与大致边界，再利用腾讯、百度等在线地图所截图的城区卫星影像，进行图像拼合与配准叠加，最终获取了共计3,857个居住小区，总面积为154km<sup>2</sup>（图3.2）。

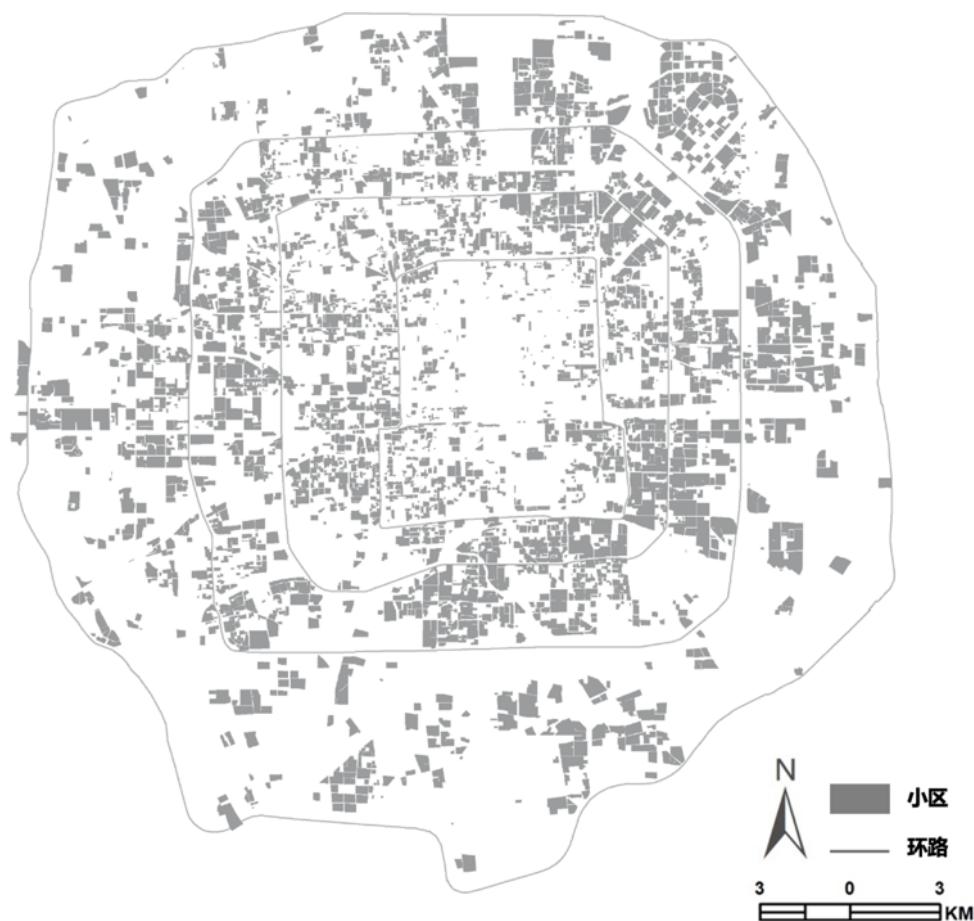


图3.2 北京市五环内居住小区边界

资料来源：作者自绘

## 3.2 数据来源与处理

目前研究在各项数据的收集工作方面已有一定程度进展，且部分已完成了数据处理与指标量化的工作，以下针对已有数据与进行说明：

### 3.2.1 住房交易数据

本文选用了我国最大房源网之一的链家网（[www.lianjia.com](http://www.lianjia.com)）作为主要的北京成交房（二手房）房价数据采集对象，其中包含交易商品房的价格、住房自身结构信息、楼盘信息以及其所在的小区信息等。

研究通过基于 Python 语言的 BeautifulSoup 框架进行数据爬取，最终获

得链家网中北京市五环内 2016 年 3 月至 2017 年 3 月一年份的二手房成交记录，共计 127,453 条数据。而为了与主要研究对象的 3,857 个小区具体边界及内部信息进行匹配，本文进一步通过 ArcGIS 的叠置分析工具 (spatial join) 进行空间数据叠合、清洗，最终筛选出共计 58,540 条含位于小区边界内的住房成交记录 (图 3.3)。



图3.3 北京市五环内二手房交易记录

资料来源：作者自绘



### 3.2.2 城市基础空间数据

包含了城市街道、建筑物、街块等物理空间的基础数据集，是研究在空间分析上的基本图底（图 3.4，图 3.5），本文使用此数据集进行居住小区边界的初步识别，以及计算基于街道与建物数据的街道形态属性。



图3.4 北京市五环内街道数据

资料来源：作者自绘

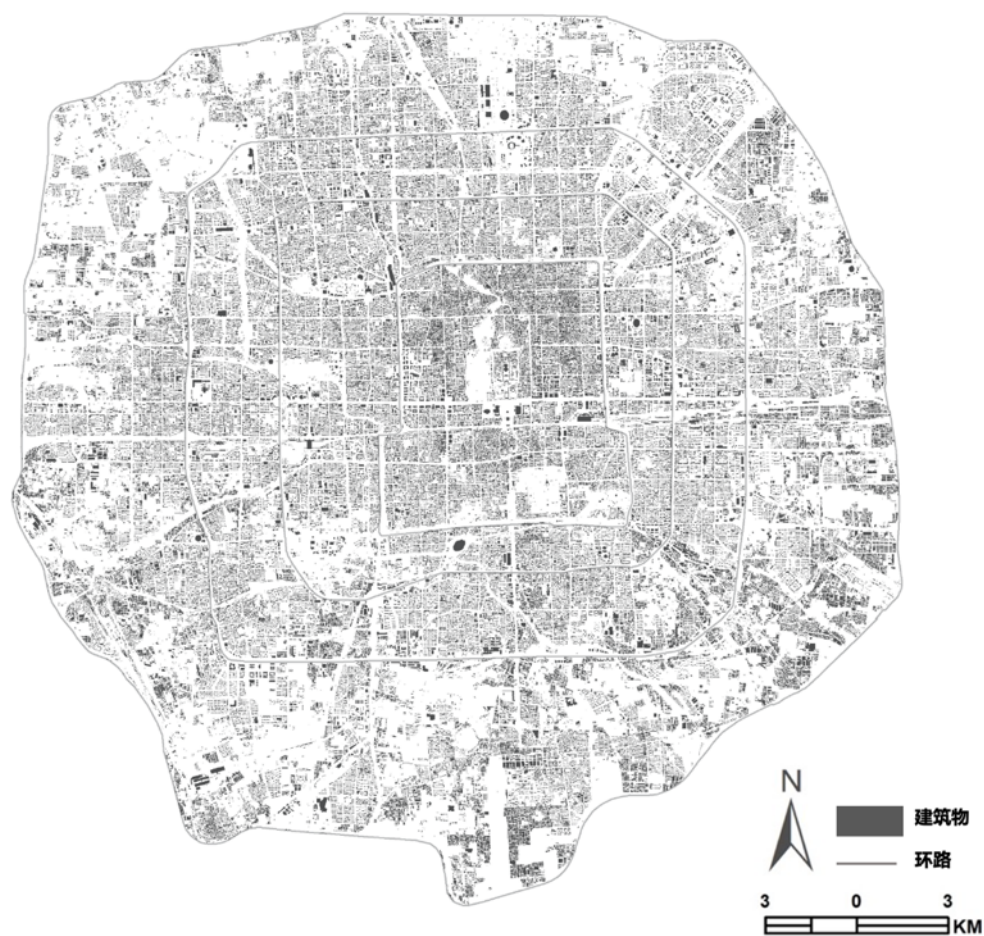


图3.5 北京市五环内建筑物数据

资料来源：作者自绘

### 3.2.3 在线地图POI数据

在线地图中的兴趣点 POI (points of interest) 数据是当前在城市规划与相关领域中重要且应用广泛的数据之一，其包含了各式与人类经济与社会活动相关的场所与设施点位，可有效地反映与市民实际生活状态相关的空间分布情形。通过其包含的地理信息可实现更精细尺度、更为以人为本的城市空间测度。本文采用了北京市域的 POI 数据量化以下两种住房特征：基于 POI 所识别的北京城市次中心，以及基于 POI 所识别的小区周边设施服务水平，具体量化方式详见第四章中的住房特征选择与量化内容。

### 3.2.4 街景图片数据

目前已有研究表明，通过大规模的街景采集，并结合建成环境的虚拟评价，可以有效地取代传统的现场调研，对城市空间进行人本视角、精细尺度的观察与分析；因此本文将重点利用街景图片数据，挖掘以往难以测度的微观尺度街道空间特征。

首先通过腾讯地图 API 获取 2016 年北京五环范围内共计 281,745 张（70,436 个街景采集点，每个采集点四个方向）的街景图片，每张图片大小为 480x360 像素，视角角度为 180 度（图 3.6），接著通过搭建线上评价平台或是机器学习等技术工具，提取所需空间特征。



图3.6 北京市五环内部分街景数据

资料来源：腾讯地图（2016年）

### 3.2.5 高分遥感影像数据

本文获取了 2016 年北京市五环范围内的 Google Earth 高分遥感影像，同时利用具体小区边界对影像进行裁切（图 3.7）。研究所使用的高分遥感影像为目前最高精度级别 19 级，空间分辨率最高可达 0.3 米，这样的高精度利于本文对小区内部公共空间的具体要素进行人工判读。研究后续将通过建成环境虚拟评价方式，以及清华大学地学中心 Jin 和 Yang 的研究结果（2020），完成北京市五环内 3,857 个小区内部空间状态的识别。



图3.7 北京市部分小区高分遥感影像图

资料来源：谷歌地图（2016年）

### 3.3 本章小结

本章介绍了本文的研究区域、研究对象、以及数据基础。第一部分介绍了本次研究的主要关注对象为北京市居住小区的内、外部公共空间，并将研究范围限定在北京市五环内的城市空间。第二部分则针对本文的数据基础进行说明，包含了在以往研究中常见的数据源，如：住房交易数据、城市基础空间数据、在线地图 POI 数据等，以及本文主要关注的新兴数据，如：高分遥感影像数据、街景图像数据等，介绍了各式数据来源，与相应的数据预处理方式。

## 第4章 北京小区的住房特征价格模型构建

### 4.1 住房特征选择与量化

经过文献综整与数据整理后，本文以住房均价（每平米售价）的自然对数为因变量，自变量方面除了以往研究常见的住房自身结构（structure, S）、区位（location, L）、邻里（neighborhood, N）等属性，在环境（environment, E）属性方面主要关注小区内外部微观尺度的公共空间特征，以小区实体边界为界，分为小区内部布局（ $E_i$ ）、小区外部街道形态（ $E_f$ ）、街道绿化（ $E_g$ ）、街道失序程度（ $E_d$ ）等四种子属性，共计 28 个变量作为主要研究对象（表 4.1），具体变量与其量化方式如下：

#### 4.1.1 因变量

在因变量方面，主要采用了链家房源网所爬取的住房交易价格数据，其中与价格相关的数据包含了成交总价（万元）、成交均价（元/每平米）、挂牌总价（万元）、小区平均房价（元/每平米）等，为了便于后续边际价格分析与讨论，本文选用成交均价（元/每平米）来做为本次特征价格模型的因变量。

#### 4.1.2 住房自身结构属性变量

在住房自身结构属性方面，一样自链家房源网住房交易数据中，提取相关的住房结构以及楼盘信息。住房自身属性包括了卧室数量、客厅数量、住房面积（平方米）、住房朝向、装修程度等，楼盘属性则涵盖是否有电梯、总楼层数、住房所在位置、建筑年份等。其中，本文将卧室数量、客厅数量进行加总，提取出房间数量（ROOM）为其中一变量，并将住房装修程度（DECO）、住房所在楼层（FLOOR）、建筑形式（TYPE）设置为等级变量，将是否为南北朝向（DIRECTION）、是否有电梯（ELEVATOR）等设置为虚变量，具体分级方式如表 4.4 所示。

#### 4.1.3 区位属性变量

区位方面除了选择已有文献中常见的距市中心之距离（DIST\_TAM）、距最近地铁之距离（DIST\_SUBWAY）等变量，亦纳入了由 POI 数据计算出的城市次中心（DIST\_SUBCENTER），以及以长安街所划分的城北、城南区

域 (NOR\_BJ) 来综合刻画住房的区位特征。

通过文献研究得知,城市空间并非单一均质化的物理空间,而是会因各种功能或社会属性而出现分异现象,所以绝非以往研究常见的“市中心”此一单一中心就能完整刻画城市的空间结构。本文为识别北京城市中不同的核心区域,借鉴 Li 等(2018)对于“城市活力中心”(Live-Work-Play Centers)的定义与计算方法,该研究提出市民的日常生活可分为三大基本功能:居住(live)、就业(work)和休闲(play),而城市作为市民生活的主要物理载体,可依据这三种功能提取城市空间中的主要核心区域。因此本文选取了2016年POI数据中符合此三类功能的点要素进行核密度分析(kernel density),从而提取出北京市五环内的六大城市次中心(subcenter),分别是:有北京硅谷之称的中关村(科研、新创重地),代表城市级别商业节点的西单、王府井、崇文门等,以及代表城市中心商务区(central business district, CBD)的国贸、大望路等(图 4.1)。

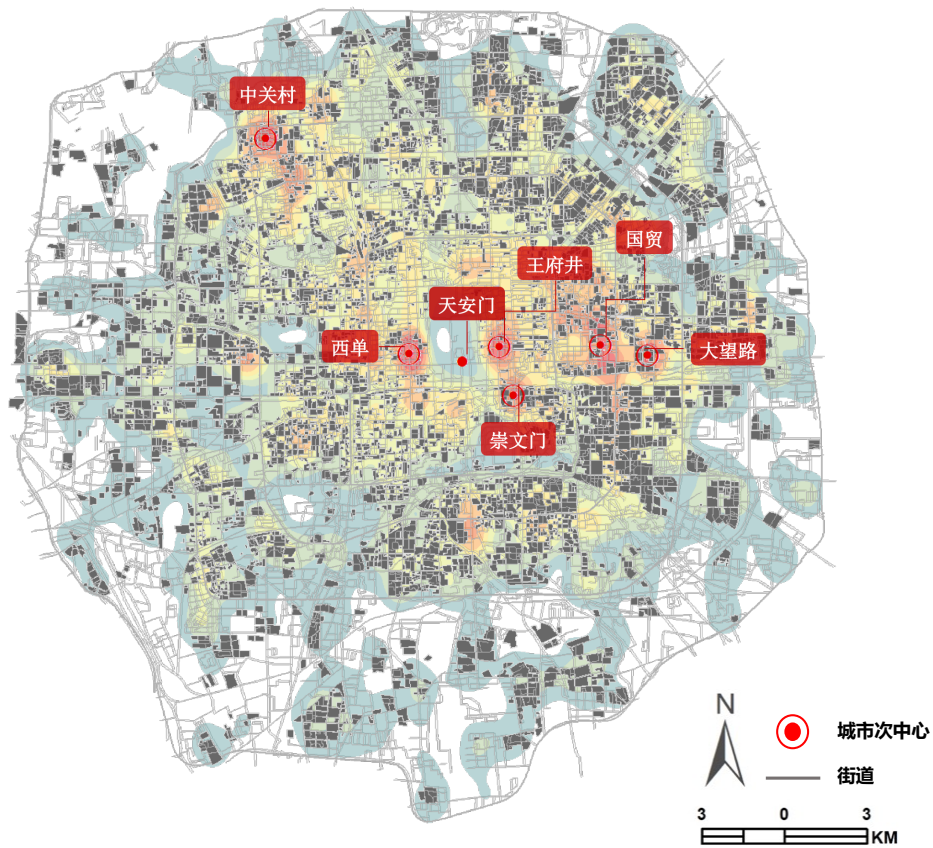


图4.1 北京城市活力次中心与 POI 核密度图

资料来源:作者自绘

#### 4.1.4 邻里属性变量

邻里方面的特征则以各式公共服务设施的服务水平为主要变量，本文使用了在线地图 POI 数据进行计算，其数据涵盖了各式与市民生活息息相关的场所与设施点位，如：影院、超市、便利店、医院、养老院、高校、幼儿园等。本文首先以小区具体边界划定各小区周围 15 分钟的步行范围，将 2016 年的 POI 数据根据功能属性分为休闲娱乐、生活便利、医疗康养、教育等四大类型，计算各小区“15 分钟生活圈”范围内最近各类设施距离，之后与全市其他小区的距离相对比并进行归一化打分，综合评估小区的休闲娱乐（ENTERTAIN）、生活便利（LIFECONV）、医疗康养（HEALTH）、教育（EDUCATE）等四方面的设施服务水平。

#### 4.1.5 环境属性变量

而环境属性作为描述公共空间形态与品质的属性，是本文主要的关注重点。根据文献调研结果，本文在小区内部方面除了住房交易数据里的小区信息，如：小区容积率（PLOTAREA）、小区面积（NEIAREA）等，更遴选了各式可由遥感影像识别的内部空间要素加入到研究的分析当中。

其中在小区内主要设施是借鉴建成环境虚拟评价方式，根据相关研究总结与预实验，建立了北京市小区空间评价线上系统（图 4.2），经过人工评价结果初步筛选了可有效且客观量化的小区内部包括主要设施，如：广场（YARD）、体育设施（SPORT）、停车场（PARKA）等，以及识别了小区内部人行道路的车辆占用程度（PARKR），以此辨别小区内部是否有设置人车分流的动线规划，还是会有道路壅塞、混乱的问题（表 4.1）。人工评价过程中排除因影像模糊、阴影面积过大等导致无法判读的 173 张图片，最终有效识别出如表 4.2 所示的北京五环内小区内部设施总体情形。



图4.2 小区高分遥感影像在线评价平台

资料来源：截自本文自主开发的平台

表4.1 小区高分遥感影像识别标准

指 标	影像示例及说明	
无 法 成 功 识 别 之 影 像		
	阴影面积过大	影像损毁



指  
标

影像示例及说明

小  
区  
内  
是  
否  
有  
广  
场



具有广场（赋值为 1）



无广场（赋值为 0）

小  
区  
内  
是  
否  
有  
运  
动  
场  
地



具有球场（赋值为 1）



具有游泳池（赋值为 1）

指  
标

影像示例及说明

小区内是否有路面停车场



具有路面停车场（赋值为 1）



无路面停车场（赋值为 0）

小区内人行道上是否有车辆占用



人行道上有许多车辆占用  
（赋值为 1）



人行道无车辆占用，则视为有人车分流规划（赋值为 0）

资料来源：作者自绘

表4.2 小区高分遥感影像识别结果统计

指标及 结果统计 (小区 个数)	影像是否 无法辨识	小区内是否 有广场 (YARD)	小区内是否 有运动场地 (SPORT)	小区内是否 有路面停车 场 (PARKA)	小区内是否 人行道上有 车辆占用 (PARKR)
是	173 (4.5%)	2,033 (52.7%)	271 (7.0%)	1,941 (50.3%)	1,930 (50.0%)
否	3,684 (95.5%)	1,824 (47.3%)	3,586 (99.3%)	1,916 (49.7%)	1,927 (50.0%)

资料来源：作者自绘

除了上述各项设施之外,本文同时借鉴 Jin 和 Yang 的研究结果(2020),将北京四环内小区内部的树木数量识别结果纳入到研究当中,计算其小区内部的树木密度(DEN\_TREE),主要目的是为了研究后续与小区外部的绿化指标进行相比较。

而城市街道作为影响居民使用体验与社区社会交往的重要城市公共空间,是本文在环境属性小区外部公共空间的主要研究内容,采小区边界周边200米范围的区域作为研究单元,整体刻画小区外部人本尺度下的公共空间特征。

其中,街道形态部分借鉴了 Harvey 等人(2017)对于街道空间形态的几何量化方式(图4.3),利用北京市五环内街道与建物数据,于 ArcGIS 平台中分别提取出街道的平均宽度(WIDTH)、平均高度(HEIGHT)与界面平均连续程度(CONTINUE)等在城市设计中常见的关键指标。

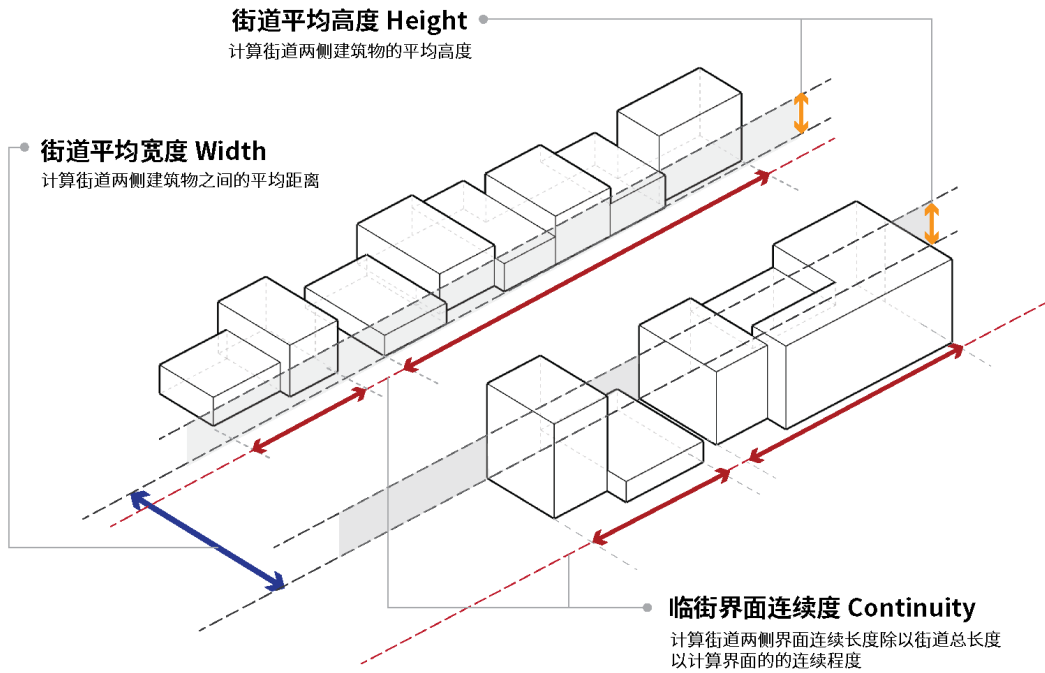


图4.3 街道空间形态指标与其量化方式

资料来源：作者改绘自Harvey et al., 2017

街道绿化率则是借鉴当前发展较为成熟的机器学习工具进行提取，目前已知通过街景图像的语义分割技术，可有效提取街景视线范围内的天空、绿化、建物、车辆等视觉比例。本文使用 SegNet 方法（图 4.4）对于街景图片进行语义分割（Badrinarayanan et al., 2017），重点提取街景绿化所占的视觉比例，以此代表街道空间的绿化率（GREENERY）。

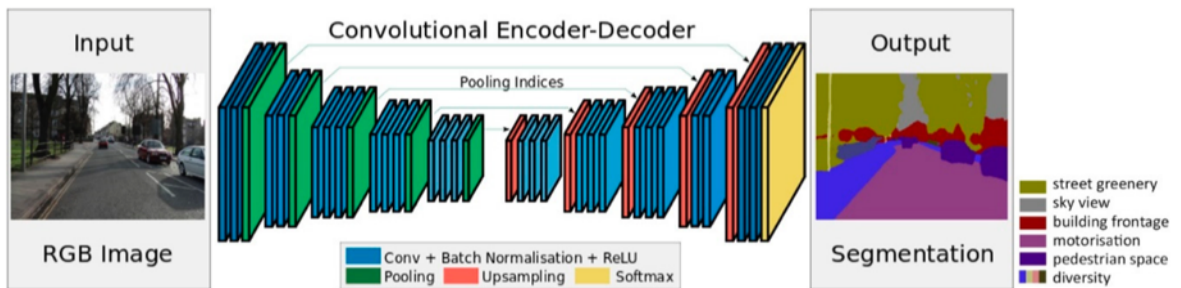


图4.4 SegNet 技术概念图

资料来源：Badrinarayanan, 2017

最后一项指标是街道空间失序程度，空间失序（spatial disorder）指的是可观察或是可感知的、对居民生活和邻里公共空间的正常使用造成了扰乱的线索（Skogan, 1990），这种空间秩序混乱的现象在物质环境中的具体表现如：破损的建筑物立面、废弃物堆放、道路未硬化等，会直接影响市民观感以及实际使用体验，是评价公共空间品质的一种方式。研究基于国内外已有理论与我国城市现况，综整出五大维度（建筑、沿街商业、环境绿化、道路、基础设施）19 要素的空间失序评价体系（图 4.5），并通过在线的评价平台（图 4.6），由受过事前系统性训练的四位分析员对街景图片的五大维度十九要素进行人工判读（表 4.3），若于街景图片中出现了上述 19 要素中的其一，则计为一分，累加后进行空间计量分析，得到每条街道的“空间失序”总分（DISORDER）。



图4.5 北京城市空间失序构成要素图示

资料来源：作者自绘



图4.6 街景图像在线评价平台

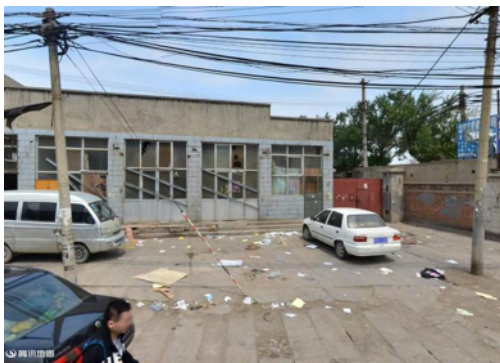
资料来源：截自本文自主开发的平台

表4.3 小区周边街景图像识别标准

指  
标

街景图像示例及说明

1.  
建  
筑  
类  
空  
间  
失  
序



1.1 建筑废弃、拆除



1.2 建筑结构破损

指标

街景图像示例及说明

1. 建筑类空间失序



1.3 建筑立面破损



1.4 建筑立面污损



1.5 建筑立面涂鸦、小广告张贴



1.6 私搭乱建、临时建筑物

2. 沿街商业类空间失序



2.1 店面招牌污损、破损

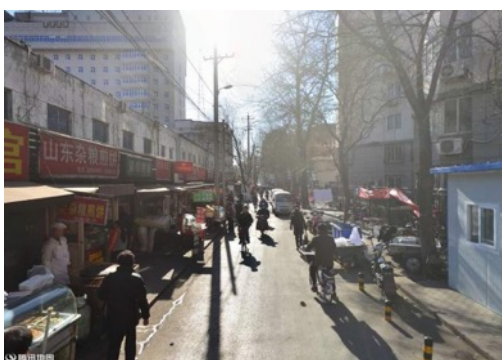


2.2 铺面污损

指标

街景图像示例及说明

2. 沿街商业类空间失序



2.3 流动商贩

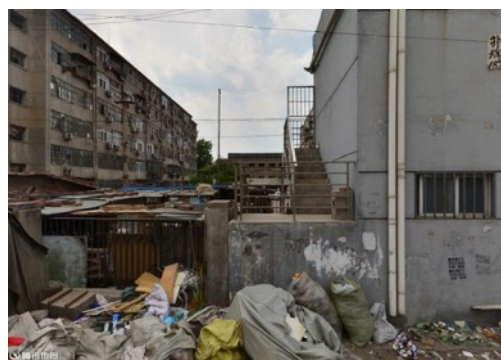


2.4 铺面空置及出售

3 环境绿化类空间失序



3.1 绿化杂乱、未维护



3.2 垃圾堆放、丢弃



3.3 废弃车辆



3.4 施工围挡污损



指  
标

街景图像示例及说明

4.  
道  
路  
类  
空  
间  
失  
序



4.1 道路未硬化



4.2 道路破损



4.3 私人物品侵占道路

5.  
基  
础  
设  
施  
类  
空  
间  
失  
序



5.1 基础设施破损



5.2 围墙、围栏破损

资料来源：作者自绘

综合以上对各属性变量的量化与处理，最后结合描述性分析，整理了如表 4.4 所示的研究变量总表。

表4.4 研究变量及其量化方式

变量属性	变量名	变量解释与量化方式	预期符号	平均数	标准差	最小值	最大值
因变量	UNIT_P	住房均价（元/平方米）		60378.14	21964.06	3.00	150000.00
结构(S)	ROOM	房间数量（间）	+	3.01	1.12	1.00	10.00
	AREA	住房面积（平方米）	+	88.12	992.49	5.00	147052.00
	DIRECTION	住房朝向是否朝南北（是则赋值为1，否则为0）	+	0.33	0.47	0.00	1.00
	DECO	住房装修程度（精装为3，简装为2，毛坯为1）	+	2.35	0.71	1.00	3.00
	ELEVATOR	楼盘内是否有电梯（有则赋值为1，否则为0）	+	0.60	0.49	0.00	1.00
	FLOOR	所在楼层高度（高楼层为3，中楼层为2，低楼层为1）	未知	2.04	0.81	0.00	3.00
	YEAR	屋龄	+	19.78	8.63	1.00	68.00
区位(L)	TYPE	建筑形式（板楼为3，板塔结合为2，塔楼为1）	+	2.12	0.90	0.00	3.00
	DIST_TAM	与天安门之距离（公里）	-	8.13	0.31	0.94	17.39
	DIST_SUBCENTER	与最近次中心之距离（公里）	-	5.51	0.03	0.07	15.73

变量属性	变量名	变量解释与量化方式	预期符号	平均数	标准差	最小值	最大值
	DIST_SUBWAY	与最近地铁站之距离（公里）	-	2.53	0.13	0.02	4.73
	NOR_BJ	是否位于长安街以北（是则赋值为1，否则为0）	+	0.56	0.50	0.00	1.00
邻里（N）	ENTERTAIN	休闲娱乐类设施服务水平（%）	+	96.71	1.64	87.33	99.66
	LIFECONV	生活便利类设施服务水平（%）	+	96.62	1.58	81.99	99.66
	HEALTH	医疗康养类设施服务水平（%）	+	57.11	1.70	45.10	60.09
	EDUCATE	教育类设施服务水平（%）	+	94.3	2.73	79.17	99.23
小区内部布局（E <sub>i</sub> ）	PLOTAREA	小区容积率（%）	+	2.34	1.42	0.00	10.00
	NEIAREA	小区面积（平方公里）	+	0.10	0.10	0.00	0.65
	YARD	小区内是否有广场（是则赋值为1，否则为0）	+	0.71	0.46	0.00	1.00
	SPORT	小区内是否有运动场地（是则赋值为1，否则为0）	+	0.21	0.40	0.00	1.00
	PARKA	小区内是否有地面停车场（是则赋值为1，否则为0）	+	0.62	0.48	0.00	1.00

变量属性	变量名	变量解释与量化方式	预期符号	平均数	标准差	最小值	最大值
	PARKR	小区内人行道上是否有车辆占用 (是则赋值为1, 否则为0)	-	0.54	0.50	0.00	1.00
	DEN_TREE <sup>①</sup>	小区内树木密度 (棵/平方公里)	+	7530.18	3022.44	0.00	21287.70
小区外部形态 (E <sub>f</sub> )	WIDTH	街道平均宽度 (米)	+	39.38	6.73	12.00	67.00
	HEIGHT	街道两侧平均高度 (米)	未知	16.63	6.36	2.00	46.00
	CONTINUE	街道两侧界面连续度 (%)	+	0.37	0.09	0.03	0.70
小区外部绿化 (E <sub>g</sub> )	GREENERY	街道平均绿化率 (%)	+	19.27	0.06	2.29	44.83
小区外部失序 (E <sub>d</sub> )	DISORDER	街道平均空间失序分数 (分)	-	1.92	1.41	0.00	11.00

资料来源：作者自绘

<sup>①</sup> 小区内树木密度的指标计算方式主要参考 Jin 和 Yang (2020) 之研究, 因数据局限, 本文目前仅关注北京四环内的小区 (共计 2,812 个) 的树木密度。

## 4.2 模型建立

### 4.2.1 模型函数形式的选择

本文经过了文献调研，并对各种函数形式反复试验、比较，最终考量到研究整体的解释效果，以及后续边际价格分析对于变量系数的要求，采用了对数线性形式建立模型。其中因变量设定为住宅价格的自然对数，而自变量中的连续型变量（如：住房面积、距市中心距离、公共设施服务水平等）采用对数形式，虚拟变量和等级变量（如：朝向、小区内是否有运动场地等）则采用线性形式。具体函数形式如式（4-1）所示。

$$\ln P = \beta_0 + \sum \beta_i X_i + \sum \beta_j \ln X_j + \varepsilon \quad (4-1)$$

式中，P为住宅价格， $X_i$ 为非连续型的特征变量（如：朝向、建筑形式等）， $X_j$ 为连续型特征变量（如：面积、距离等），在模型计算过程中需要对变量进行对数转换， $\beta_i$ 与 $\beta_j$ 为待估之变量系数， $\beta_0$ 为常数项， $\varepsilon$ 为误差项。

### 4.2.2 研究模型组合

为识别各种属性与房价之间的关系，本文将不同属性依序加入模型方程，组成共7种研究模型，具体如表4.5所示。

表4.5 模型组合

模型序号	模型方程	备注
Model 1	$P = f(S)$	探讨"住房自身结构"属性
Model 2	$P = f(S, L)$	加入"住房区位"属性
Model 3	$P = f(S, L, N)$	加入"邻里服务"属性
Model 4	$P = f(S, L, N, E_i)$	加入"小区内部布局（inner layout）"属性
Model 5	$P = f(S, L, N, E_i, E_f)$	加入"小区外部街到形态（form）"属性
Model 6	$P = f(S, L, N, E_i, E_f, E_g)$	加入"小区外部街道绿化（greenery）"属性
Model 7	$P = f(S, L, N, E_i, E_f, E_g, E_d)$	加入"小区外部街道失序（disorder）"属性

资料来源：作者自绘

### 4.3 本章小结

本章主要说明了研究模型的构建过程：第一步首先根据相关研究的文献综述，筛选了引入至特征价格模型的变量，明确了本文关注的重点公共空间特征，并整理了四大属性变量的解释、量化方式以及初步的探索性分析；第二步是模型函数的选择，本文选择了“对数线性形式”的方程模型，同时为了探讨不同属性之间对于模型的影响能力，设计了分别将不同属性依序加入到模型的 7 种方程组合，完成本文针对公共空间价值测度的特征价格模型构建。

## 第5章 基于北京住房价格的公共空间价值测度

### 5.1 变量相关性分析

进行特征价格模型的分析之前需先检验各变量之间是否存在任何高度相关的变量（大于 0.8 或小于 -0.8），以避免在 OLS 回归分析中产生多重共线性之现象，同时也可以先初步判断房价（UNIT\_P）与各变量之间的正负相关性，结果如图 5.1 所示。

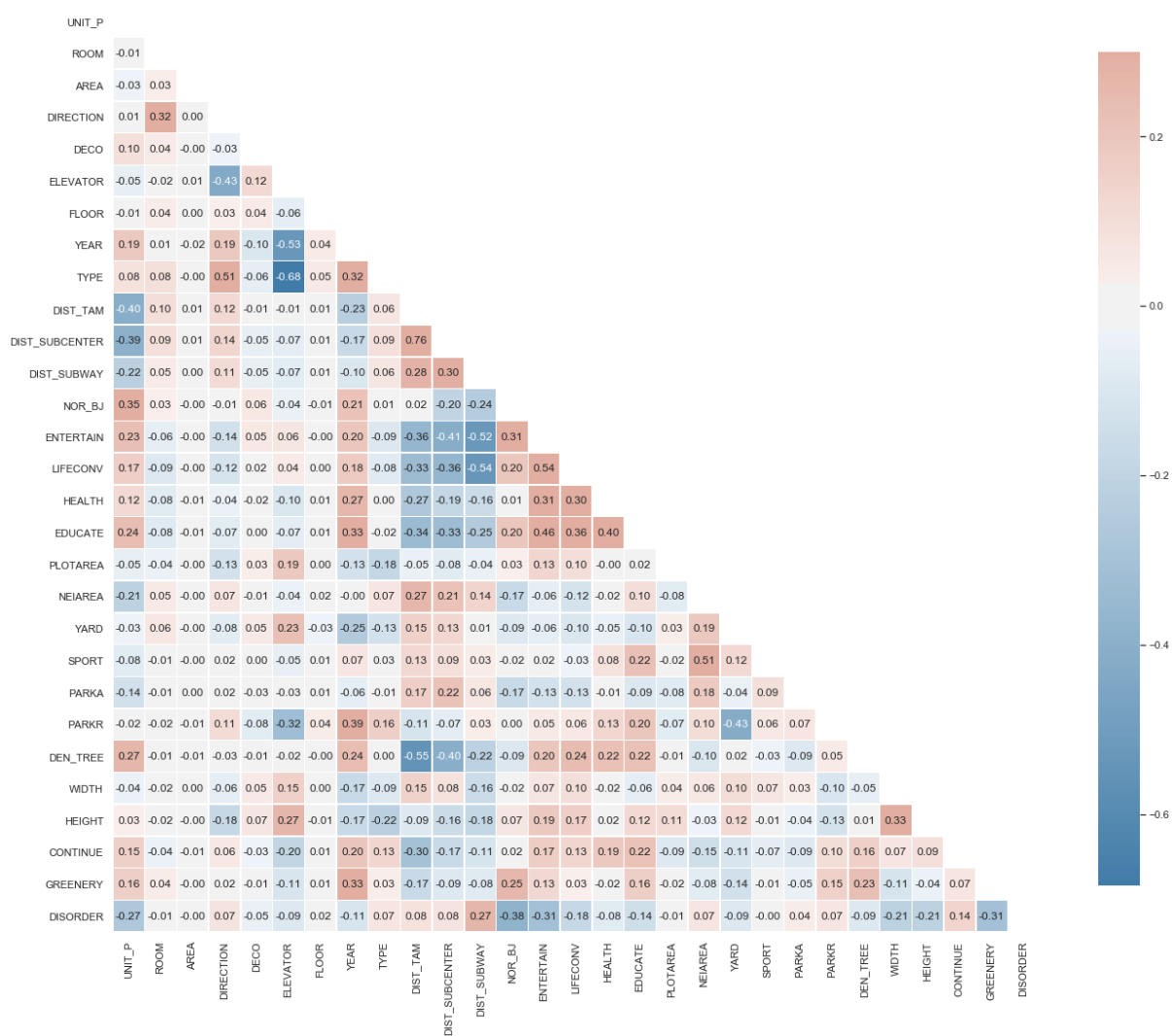


图5.1 变量相关系数矩阵图

资料来源：作者自绘

据相关性分析结果显示,本文初步采取的自变量彼此之间的相关性系数均介于 0.8 与 -0.8 之间,说明所选变量进入模型进行回归分析并不会造成多重共线性的问题。以下分别针对不同属性之间的相关性结果进行说明:

在住房结构属性 (S) 方面,研究发现建筑类型与楼宇内是否有电梯呈现较强的负相关,说明住房若属于塔楼类型,楼宇内存在电梯的机率一般较板楼类型楼宇来得高;位置属性变量 (L) 与周围服务属性变量 (N) 负相关,说明北京内的服务设施水平整体而言,若离城市中心或次中心越远,服务水平就越差。邻近服务属性的变量之间也存在正相关关系,这表明北京五环内不同类型服务设施的服务水平可能相似。

而在环境属性 (E),也就是本文主要关注的公共空间特征属性方面,首先在小区内部的公共空间特征相关性分析中,有以下发现:一、小区内树木密度 (DEN\_TREE) 和与市中心距离呈现为稍强的负相关,说明离城市中心越远,小区内的树木密度会越高;二、小区的面积越大 (NEIAREA) 比较有可能在小区内出现运动场地 (SPORT);三、小区内的广场 (YARD) 与小区内人行道占用车辆情形 (PARKR) 两者呈现为稍强的负相关,反映了这两种空间特征可能较不容易同时出现在同一小区中。

其次是小区外部的公共空间特征,可以发现小区街道形态的三个特征变量彼此皆为正相关,其中街道平均宽度与街道平均高度的相关系数更高达 0.33,说明一般较宽的街道,街道两侧的建物高度也会较高;街道绿化率较高的街道,从相关性系数来看,较可能会呈现较窄、两侧建物较矮、两侧界面较连续的街道形态;而街道失序程度除了与街道界面连续度呈现正相关之外,与其他公共空间特征皆呈现负相关,说明了街道失序程度在某种程度上,较容易出现在平均宽度较窄、平均高度较矮以及绿化率较低的街道中。



## 5.2 最小二乘回归法的特征价格模型分析结果

### 5.2.1 五环内各特征变量与房价的关系

本文首先通过最小二乘法线性回归法 (OLS)，初步对各变量的参数进行估算与检验，并通过回归系数的统计检验，进一步筛选变量，建立最优回归模型，其中如：住房均价、面积、距离等连续型变量为符合后续进行边际价格分析的变量要求，在进入回归模型前会先进行对数转换，本文以在变量名前加注“ln”表示之。

根据 OLS 回归分析结果，模型自变量首先经过多重共线性检验，结果显示所有变量的 VIF 值皆小于 4，说明自变量之间的线性关系极小，不影响模型结果；在自变量的显著性检验方面，除了小区内部布局的部份变量之外，其余变量的显著性水平 (Sig.) 均通过小于 0.05 的检验，说明了这些通过统计检验的住宅特征与房价 (ln UNIT\_P) 具有紧密的线性关系，而从模型得出的  $R^2$  也可说明：本模型最终所能解释样本量中 40.9% 因变量的影响机制 (表 5.1)。以下针对四种属性进行模型结果的说明与讨论：

#### 5.2.1.1 结构特征 (S) 对房价的影响

通过特征价格模型分析发现，各项住房特征皆对住房均价有显著性影响，其中仅住房面积 (AREA) 与房龄 (YEAR) 对价格产生负向影响，回归后的标准化系数符号表示了住房面积若越大、屋龄越大，住房每平方米的价格会越小。

#### 5.2.1.2 区位特征 (L) 对房价的影响

回归分析结果表明区位属性与过往相关研究结果相同，长安街以北 (NOR\_BJ) 具有显著的正向影响，表明了北京市长安街以北之区域的住房房价普遍高于南区；而在与城市中心 (DIST\_TAM)、城市次中心 (DIST\_SUBCENTER) 以及地铁站距离 (DIST\_SUBWAY) 方面，则与房价呈现负向影响，影响程度由高至低依次为：距天安门距离、距最近次中心距离、距最近地铁站距离。另外，从模型一到模型二的  $R^2$  结果可以发现区位属性的特征属于强变量，在整体回归模型中贡献了绝大部分的解释能力。

### 5.2.1.3 邻里特征 (N) 对房价的影响

目前所采用的邻里特征属性除了医疗康养 (HEALTH) 之外, 其他四者皆通过了显著性检验进入模型, 但从系数符号的结果可以发现, 仅教育类型 (EDUCATE) 的设施服务水平与住房均价为正相关, 其余的休闲娱乐 (ENTERTAIN) 与生活便利 (LIFECONV) 两类服务水平特征皆为负向表现, 说明未必所有的服务设施都能带动周边住房价格。

### 5.2.1.4 环境特征 (E) 对房价的影响

环境特征属性, 即本文重点关注的公共空间特征属性, 包含小区内部设施布局 ( $E_i$ )、小区外部街道形态 ( $E_f$ )、小区外部街道绿化 ( $E_g$ ) 以及小区外部街道失序程度 ( $E_d$ )。其中, 遥感影像所识别的小区内部设施与布局, 除了小区内部是否有路面停车场 (PARKA), 其他变量对于房价的影响皆通过了显著性, 且可初步发现标准化系数符号基本与预期一致, 如: 小区内部是否有出现广场 (YARD), 以及运动场地如: 操场、游泳池等 (SPORT) 等两变量对于房价呈现正相关, 说明此二者空间特征对住房的价格具有正向的促进作用; 然而若小区内部人行道上有车辆停放、占用的现象 (PARKR), 则显示该小区并无人车分流之设计, 则对房价会有负向影响。

在街道形态属性中, 研究结果表明了北京市五环内的住房周围街道若属于较宽 (WIDTH)、街道平均高度越高 (HEIGHT)、临街两侧界面越连续 (CONTINUE), 则房价可能较高; 其中较宽的道路反映出该小区可能位处交通要道, 说明其交通便利性相较于其他小区较好; 另外, 临街两侧界面若是越连续, 则说明该小区周边的街道与临街建物之间的空间联系具有一定的组织和秩序感, 这与凯文·林奇所提倡强化街道连续性, 以保障街道流畅度与识别性的观点一致 (Lynch, 1960)<sup>52</sup>。

最后以街景图像数据所提取的街道绿化 (GREENERY) 以及街道失序程度 (DISORDER) 也符合预期符号, 街道的绿化若是越高、失序程度越低, 则房价越高。

本文另外也通过比较标准化后系数, 对各住宅特征变量进行重要性程度分析, 系数的绝对值越大, 说明该变量在特征价格模型的方程中, 与房价关系越为密切。总体而言, 在本文所关注的公共空间特征变量中,

依次为小区外街道失序程度、小区内是否有广场、小区内人行道上是否有车辆占用、街道平均高度、街道绿化、小区内是否有运动场地、街道平均宽度，最后是街道临街界面连续度（图 5.2）。

### 5.2.2 针对四环内小区内外部绿化程度之探讨

研究为进一步比较小区内、外绿化程度与房价之间的关系，通过遥感影像所提取之四环内各小区内部的树木密度（棵/平方公里），与自街景图像所提取之小区外部周边街道绿化率相互比较，可以发现在北京四环内小区的 OLS 分析中，小区内部的绿化的标准化系数以及显著性皆高于小区外部街边绿化的系数（表 5.2；图 5.3），说明小区内部绿化可以更直接地影响住房价格。

表5.1 五环内特征价格模型回归结果

N: 58,540		Model1	Model2	Model3	Model4	Model5	Model6	Model7
		标准化系数	标准化系数	标准化系数	标准化系数	标准化系数	标准化系数	标准化系数
<i>S</i>	<b>ln ROOM</b>	0.225 ***	0.280 ***	0.277 ***	0.289 ***	.292 ***	0.292 ***	0.278 ***
	<b>ln AREA</b>	-0.285 ***	-0.313 ***	-0.308 ***	-0.326 ***	-.329 ***	-0.330 ***	-0.304 ***
	<b>DIRECTION</b>	-0.026 ***	0.022 ***	0.021 ***	0.024 ***	.025 ***	0.025 ***	0.019 ***
	<b>DECO</b>	0.146 ***	0.113 ***	0.114 ***	0.112 ***	.110 ***	0.110 ***	0.108 ***
	<b>ELEVATOR</b>	0.197 ***	0.140 ***	0.143 ***	0.126 ***	.114 ***	0.112 ***	0.119 ***
	<b>FLOOR</b>	0.002 **	0.018 ***	0.017 ***	0.020 ***	.020 ***	0.020 ***	0.018 ***
	<b>ln YEAR</b>	0.149 ***	-0.072 ***	-0.077 ***	-0.053 ***	-.049 ***	-0.061 ***	-0.068 ***
	<b>TYPE</b>	0.119 ***	0.126 ***	0.128 ***	0.127 ***	.128 ***	0.129 ***	0.144 ***
<i>L</i>	<b>ln DIST_TAM</b>		-0.378 ***	-0.375 ***	-0.368 ***	-.397 ***	-0.388 ***	-0.354 ***
	<b>ln DIST_SUBCENTER</b>		-0.062 ***	-0.069 ***	-0.073 ***	-.065 ***	-0.074 ***	-0.096 ***
	<b>ln DIST_SUBWAY</b>		-0.019 ***	-0.036 ***	-0.028 ***	-.021 ***	-0.021 ***	-0.024 ***
	<b>NOR_BJ</b>		0.356 ***	0.360 ***	0.353 ***	.356 ***	0.348 ***	0.313 ***
<i>N</i>	<b>ln ENTERTAIN</b>			-0.032 ***	-0.031 ***	-.397 ***	-0.034 ***	-0.035 ***
	<b>ln LIFECONV</b>			-0.036 ***	-0.035 ***	-.065 ***	-0.039 ***	-0.036 ***
	<b>ln HEALTH</b>			0.012 **	0.006	-.021 *	0.014 *	0.002

第 5 章 基于北京住房价格的公共空间价值测度

N: 58,540		Model1	Model2	Model3	Model4	Model5	Model6	Model7
		标准化系数	标准化系数	标准化系数	标准化系数	标准化系数	标准化系数	标准化系数
	<b>ln EDUCATE</b>			0.050 ***	0.071 ***	0.356 ***	0.079 ***	0.087 ***
<i>E<sub>i</sub></i>	<b>ln PLOTAREA</b>				-0.016 ***	-0.024 ***	-0.023 ***	-0.023 ***
	<b>ln NEIAREA</b>				-0.046 ***	-0.054 ***	-0.054 ***	-0.052 ***
	<b>YARD</b>				0.080 ***	0.078 ***	0.080 ***	0.064 ***
	<b>SPORT</b>				0.018 ***	0.022 ***	0.022 ***	0.023 ***
	<b>PARKA</b>				0.004 *	0.002 *	0.001	0.000
	<b>PARKR</b>				-0.061 ***	-0.062 ***	-0.063 ***	-0.061 ***
<i>E<sub>f</sub></i>	<b>ln WIDTH</b>					0.063 ***	0.064 ***	0.022 ***
	<b>ln HEIGHT</b>					0.001	0.001	0.026 ***
	<b>ln CONTINUE</b>					0.060 ***	0.058 ***	0.019 ***
<i>E<sub>g</sub></i>	<b>ln GREENERY</b>						0.038 ***	0.025 ***
<i>E<sub>d</sub></i>	<b>ln DISORDER</b>							-0.103 ***
	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0.088</b>	<b>0.379</b>	<b>0.382</b>	<b>0.394</b>	<b>0.399</b>	<b>0.400</b>	<b>0.406</b>

注：显著性 : \*\*\* < 0.001; \*\* < 0.01; \* < 0.05; . < 0.1

资料来源：作者自绘

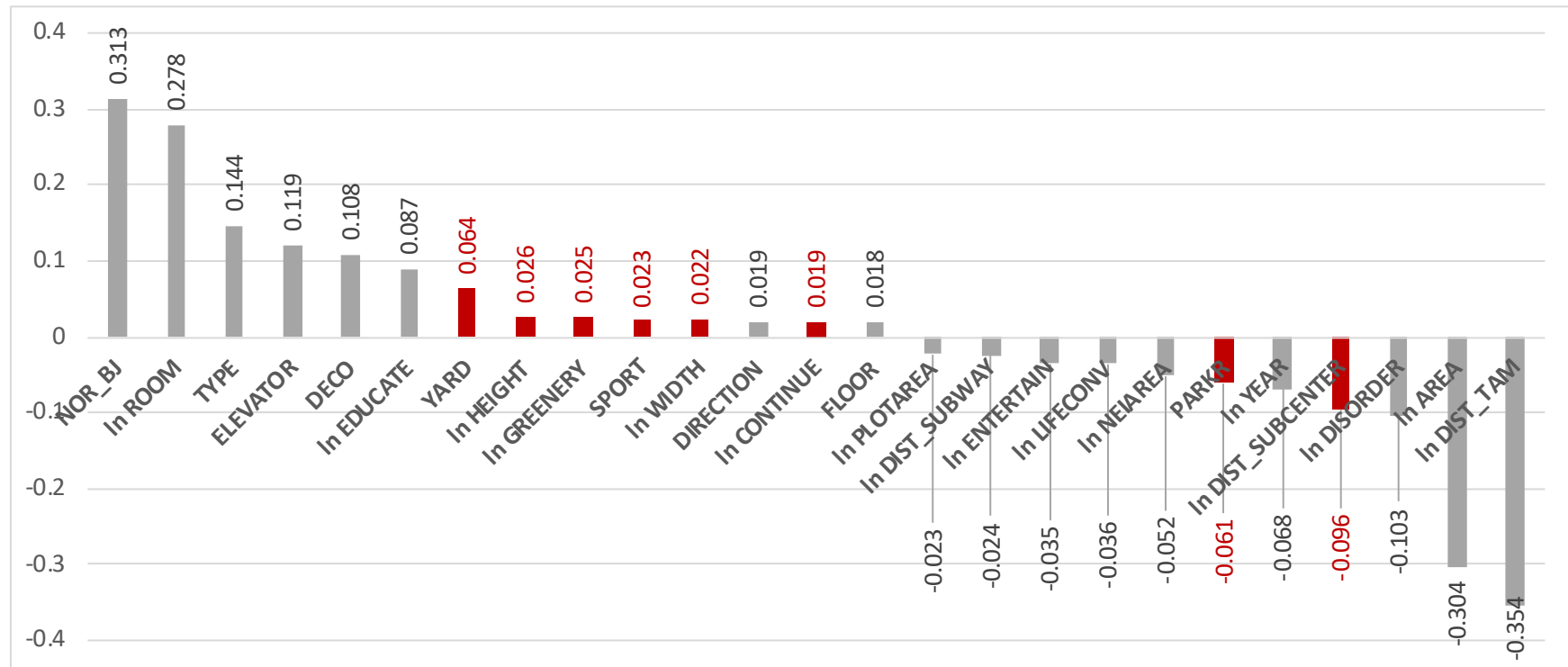


图5.2 五环内各变量标准化系数比较图

注：图中标记红色的变量为公共空间特征变量

资料来源：作者自绘

表5.2 四环内特征价格模型回归结果

N: 37,711		Model1	Model2	Model3	Model4	Model5	Model6	Model7
		标准化系数	标准化系数	标准化系数	标准化系数	标准化系数	标准化系数	标准化系数
<i>S</i>	<b>ln ROOM</b>	0.191 ***	0.274 ***	0.263 ***	0.243 ***	0.245 ***	0.246 ***	0.247 ***
	<b>ln AREA</b>	-0.246 ***	-0.313 ***	-0.306 ***	-0.270 ***	-0.271 ***	-0.273 ***	-0.273 ***
	<b>DIRECTION</b>	0.008	0.028 ***	0.025 ***	0.018 **	0.017 **	0.018 **	0.017 **
	<b>DECO</b>	0.125 ***	0.099 ***	0.100 ***	0.094 ***	0.094 ***	0.094 ***	0.094 ***
	<b>ELEVATOR</b>	0.095 ***	0.108 ***	0.113 ***	0.098 ***	0.095 ***	0.094 ***	0.094 ***
	<b>FLOOR</b>	-0.012	0.010	0.011	0.006	0.007	0.007	0.007
	<b>ln YEAR</b>	0.075 ***	-0.101 ***	-0.095 ***	-0.076 ***	-0.080 ***	-0.087 ***	-0.087 ***
	<b>TYPE</b>	0.133 ***	0.125 ***	0.125 ***	0.138 ***	0.137 ***	0.138 ***	0.137 ***
<i>L</i>	<b>ln DIST_TAM</b>		-0.263 ***	-0.265 ***	-0.274 ***	-0.282 ***	-0.280 ***	-0.274 ***
	<b>ln DIST_SUBCENTER</b>		-0.117 ***	-0.152 ***	-0.129 ***	-0.130 ***	-0.137 ***	-0.140 ***
	<b>ln DIST_SUBWAY</b>		0.026 ***	-0.005	-0.013 **	-0.016 **	-0.017 ***	-0.017 ***
	<b>NOR_BJ</b>		0.414 ***	0.430 ***	0.425 ***	0.425 ***	0.417 ***	0.405 ***
<i>N</i>	<b>ln ENTERTAIN</b>			-0.062 ***	-0.048 ***	-0.044 ***	-0.046 ***	-0.050 ***
	<b>ln LIFECONV</b>			-0.086 ***	-0.080 ***	-0.080 ***	-0.077 ***	-0.076 ***
	<b>ln HEALTH</b>			0.002	0.003	0.005	0.006	0.006

第 5 章 基于北京住房价格的公共空间价值测度

N: 37,711		Model1	Model2	Model3	Model4	Model5	Model6	Model7
		标准化系数	标准化系数	标准化系数	标准化系数	标准化系数	标准化系数	标准化系数
	<b>ln EDUCATE</b>			0.023 ***	.052 ***	0.061 ***	0.058 ***	0.057 ***
<i>E<sub>i</sub></i>	<b>ln PLOTAREA</b>				.000	-0.004	-0.004	-0.004
	<b>ln NEIAREA</b>				-.050 ***	-0.055 ***	-0.054 ***	-0.053 ***
	<b>YARD</b>				.043 ***	0.042 ***	0.044 ***	0.042 ***
	<b>SPORT</b>				.043 ***	0.046 ***	0.047 ***	0.047 ***
	<b>PARKA</b>				-.039 ***	-0.040 ***	-0.038 ***	-0.038 ***
	<b>PARKR</b>				-.066 ***	-0.065 ***	-0.066 ***	-0.066 ***
	<b>ln DEN_TREE</b>				0.069 ***	0.071 ***	0.069 ***	0.068 ***
<i>E<sub>f</sub></i>	<b>ln WIDTH</b>					0.015 *	0.016 **	0.009 *
	<b>ln HEIGHT</b>					0.025 ***	0.028 ***	0.031 ***
	<b>ln CONTINUE</b>					0.031 ***	0.030 ***	0.023 ***
<i>E<sub>g</sub></i>	<b>ln GREENERY</b>						0.025 ***	0.018 **
<i>E<sub>d</sub></i>	<b>ln DISORDER</b>							-0.028 ***
	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0.069</b>	<b>0.363</b>	<b>0.384</b>	<b>0.400</b>	<b>0.401</b>	<b>0.402</b>	<b>0.403</b>

注：显著性 : \*\*\* < 0.001; \*\* < 0.01; \* < 0.05; . < 0.1

资料来源：作者自绘



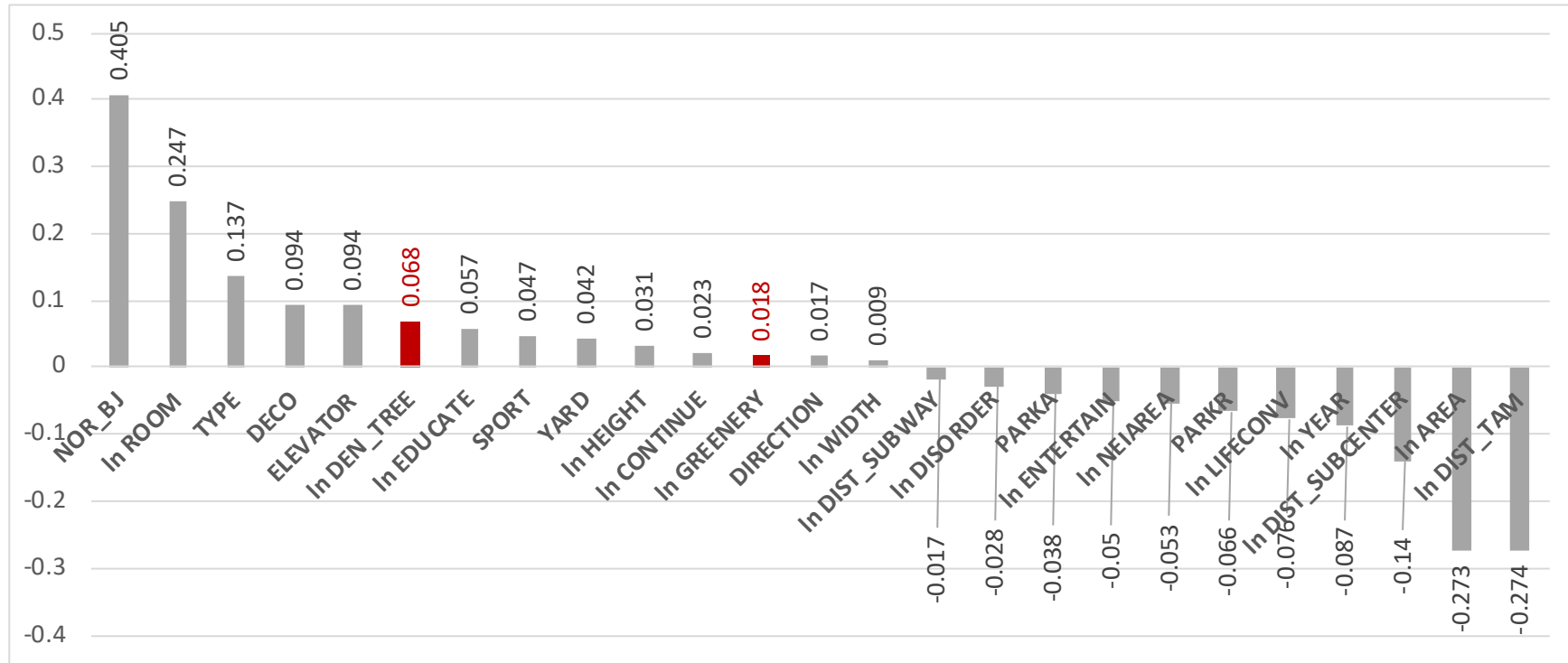


图5.3 四环内各变量标准化系数比较图

注：图中标记红色的变量为与绿化相关之公共空间特征变量

资料来源：作者自绘

### 5.3 模型稳健性检验

特征价格模型在实证分析上有一定的局限性,亦有理论经济学家提出,在应用计量模型中,任一模型都有其一定的适用环境条件,研究学者应改变模型中不同的假设条件进行多次验证,若研究结果并不会随着模型设定的改变而发生符号的变化,且能得到类似的结果,即说明模型结果是合理并可靠的,此即“稳健性检验”(Kiefer et al., 2000; Pfleiderer, 2020)。本文通过文献调研,分别采用空间自相关检验与调整样本范围(按照不同环路划分)两种方式,对研究使用之模型进行稳健性检验。

#### 5.3.1 空间自相关检验与回归结果

因住房市场供需因随着时间推移与空间变异呈现复杂的动态变化,当前已有研究表明了特征价格模型在探讨属性之间关连性上有运算便捷、易解释等优势,但住房市场本身的空间自相关性,还是可能导致属性的测估系数结果与其实际关系呈现相反符号,在计量经济学方面所造成的种种疑虑与限制仍不容忽视。

研究借鉴 Anselin (1995) 提出的 Moran's I 检验法,测度回归模型残差中的空间依赖性,并检验住房价格和属性之间的相似性与空间关系。从 Moran's I 散布图(图 5.4a)得知,北京市五环内房价的空间相关性系数为正(第一、三象限),且其值高达 0.835,表示北京五环内的房价有相当显著的空间自相关;再从 LISA 空间分布图得知(图 5.4b),高房价聚集区多位于二环内与长安街以北(图中深红色点,HH),而低房价聚集区则多位于三环之外与长安街以南(图中深蓝色点,LL),其中个别有少数区域呈现多数房价之间呈现空间负相关(图中浅红色点,HL;图中浅蓝色点,LH)。最后从显著性地图的计算分析得知(图 5.4c),其中 86%的样本点存在显著的空间自相关性。

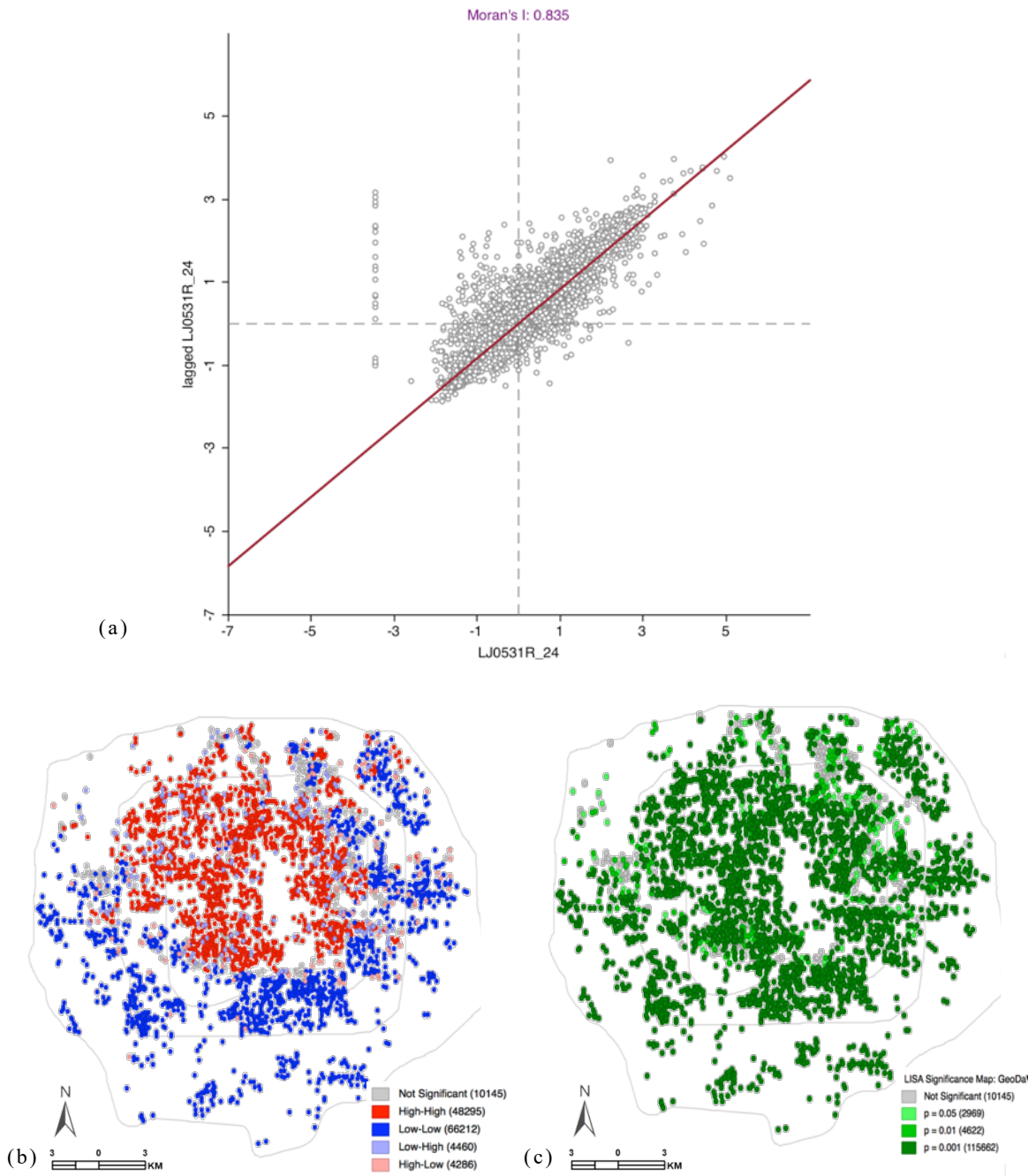


图5.4 空间自相关分析 (a. Moran's I 散布图; b. LISA 空间分布图; c. 显著性地图)

资料来源：作者自绘

通过上述一系列分析后,显示北京市五环内的房价存在高度的空间自相关,为进一步修正空间自相关对特征价格模型所造成的影响,本文借鉴了 Anselin(2001)所提出之空间自相关模型(spatial autoregression model, SAR),在模型中加入了空间滞后系数,对本文的特征价格模型进行检验,其方程式如式(5-1)所示:

$$Y = \beta_0 + \beta_x + \rho wy + \varepsilon \quad (5-1)$$

其中  $Y$  是房价,  $x$  是对解释变量的观察矩阵,而  $\rho wy$  是空间滞后变量。 $\rho$  度量空间相关性的系数,  $w$  是空间权重矩阵。其中  $\rho$  的值说明住房均价与相邻住房均价之间的关系,数值介于-1和1之间,若  $\rho$  值为零表示住房与相邻住房没有空间相关性,亦即均价不会受到相邻住房的影响而产生变化,若  $\rho$  为正数则表示邻近住房对该住房的价格会有正相关。 $\varepsilon$  是独立且均匀分布的误差项。根据上述方程,本文选择了住房周边 500 米范围作为划分相邻住房的依据,计算了 500 米范围内的平均房价作为空间滞后指标。

加入了空间滞后指标之后,可以发现五环内特征价格模型中的区位变量显著性降低,说明了该指标可以有效弭平空间效应对模型带来的影响,同时在不同模型组合方程中的  $R^2$  整体提高,能有效地提升模型的解释能力。然而其中在公共空间特征相关变量方面,除了小区内部是否有广场(YARD)之外,其他变量的显著性皆有所降低,小区内部是否有运动场地(SPORT)与小区外街道平均宽度(WIDTH)甚至是未通过检验,不过整体标准化系数的符号与原结果一致,说明原先使用最小二乘回归法所计算部分变量的结果具有一定的可靠性(表 5.3)。

表5.3 五环内空间自相关模型回归结果

N: 58,540		Model1	Model2	Model3	Model4	Model5	Model6	Model7
		标准化系数	标准化系数	标准化系数	标准化系数	标准化系数	标准化系数	标准化系数
<i>S</i>	<b>ln ROOM</b>	0.235 ***	0.238 ***	0.237 ***	0.236 ***	0.229 ***	0.229 ***	0.230 ***
	<b>ln AREA</b>	-0.258 ***	-0.260 ***	-0.259 ***	-0.263 ***	-0.256 ***	-0.256 ***	-0.257 ***
	<b>DIRECTION</b>	0.023 ***	0.023 ***	0.023 ***	0.024 ***	0.024 ***	0.024 ***	0.024 ***
	<b>DECO</b>	0.099 ***	0.099 ***	0.099 ***	0.098 ***	0.098 ***	0.098 ***	0.098 ***
	<b>ELEVATOR</b>	0.092 ***	0.092 ***	0.093 ***	0.085 ***	0.091 ***	0.091 ***	0.091 ***
	<b>FLOOR</b>	0.037 ***	0.037 ***	0.037 ***	0.038 ***	0.036 ***	0.036 ***	0.036 ***
	<b>ln YEAR</b>	-0.053 ***	-0.057 ***	-0.057 ***	-0.052 ***	-0.056 ***	-0.054 ***	-0.055 ***
	<b>TYPE</b>	0.075 ***	0.076 ***	0.076 ***	0.075 ***	0.086 ***	0.086 ***	0.085 ***
<i>L</i>	<b>ln DIST_TAM</b>		-0.013 **	-0.014 **	-0.027 ***	-0.039 ***	-0.039 ***	-0.038 ***
	<b>ln DIST_SUBCENTER</b>		-0.011 **	-0.013 **	-0.013 *	-0.006 *	-0.005 *	-0.007 *
	<b>ln DIST_SUBWAY</b>		0.006 *	0.001	0.004	0.004	0.005	0.005
	<b>NOR_BJ</b>		0.011 **	0.013 **	0.021 ***	0.031 ***	0.032 ***	0.030 ***
<i>N</i>	<b>ln ENTERTAIN</b>			-0.003	-0.005 *	-0.008 *	-0.007 *	-0.009 *
	<b>ln LIFECONV</b>			-0.012 **	-0.007 *	-0.007 *	-0.007 *	-0.007 *
	<b>ln HEALTH</b>			0.000	-0.003	-0.001	-0.002	-0.002

第 5 章 基于北京住房价格的公共空间价值测度

N: 58,540		Model1	Model2	Model3	Model4	Model5	Model6	Model7
		标准化系数	标准化系数	标准化系数	标准化系数	标准化系数	标准化系数	标准化系数
	<b>ln EDUCATE</b>			0.008 **	0.008 ***	0.016 ***	0.017 ***	0.017 ***
$E_i$	<b>ln PLOTAREA</b>				-0.003	-0.006 *	-0.006 *	-0.006 *
	<b>ln NEIAREA</b>				0.015 **	0.011 **	0.011 **	0.012 **
	<b>YARD</b>				0.044 ***	0.046 ***	0.045 ***	0.045 ***
	<b>SPORT</b>				0.002	0.004	0.004	0.004
	<b>PARKA</b>				0.005 *	0.004 *	0.004 *	0.004 *
	<b>PARKR</b>				-0.006 *	-0.006 *	-0.006 *	-0.006 *
$E_f$	<b>ln WIDTH</b>					0.001	0.001	0.000
	<b>ln HEIGHT</b>					0.002 *	0.003 *	0.002 *
	<b>ln CONTINUE</b>					0.008 *	0.008 *	0.006 *
$E_g$	<b>ln GREENERY</b>						0.005 *	0.006 *
$E_d$	<b>ln DISORDER</b>							-0.008 *
	<b>Spatial Lag</b>	0.709 ***	0.693 ***	0.691 ***	0.688 ***	0.674 ***	0.675 ***	0.673 ***
	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0.553</b>	<b>0.554</b>	<b>0.554</b>	<b>0.556</b>	<b>0.556</b>	<b>0.556</b>	<b>0.557</b>

注：显著性：\*\*\* < 0.001; \*\* < 0.01; \* < 0.05; . < 0.1

资料来源：作者自绘

### 5.3.2 以环路划分样本量的稳健性检验

为进一步验证模型结果的稳健性,研究将北京市五环内区域按照不同环路划分,分为五至四环(R5-4)、四至三环(R4-3)、三至二环(R3-2)以及二环内(R2)等四个区域,对最小二乘回归法以及空间自相关回归两种特征价格两种模型,都分别进行了计量方法的独立检验。

首先通过最小二乘回归法对模型的稳健性进行检验,结果如表 5.4 所示。总体而言,不同环路区域内的模型结果相差不大,其中仅部分变量会有在模型中呈现不同的显著性,而  $R^2$  则以三至四环之间的区域最高,说明本文所使用之模型在此区域内可有效解释 41.9%的房价影响因素,有相对较好的解释效果。

在研究所关注的公共空间特征变量之中,小区内部是否具有体育场地(SPORT)、小区内道路上是否停有车辆(PARKR),以及小区内的树木密度(DEN\_TREE)在不同区域皆对房价的影响皆通过显著性检验,表示此三种特征变量在北京市五环内的不同环路之间都能够影响房价的变动。

在小区外部的公共空间特征变量中,街道形态中的街道宽度(WIDTH)与街道高度(HEIGHT)对不同地区的房价会呈现不同的显著性水平,表示此两种街道形态在不同区域内不一定会对房价造成影响。但小区周围街道的界面连续度(CONTINUE)、绿化(GREENERY)和周围的失序程度(DISORDER)在不同环路间,皆通过与房价显著性水平的检验,表明了这三种特征在北京市五环内的城市空间中,都能够对房价产生一定程度的影响。

研究再针对空间自相关回归进行不同环路的稳健性检验,结果显示(表 5.4)不同环路之间模型的  $R^2$  基本都有所提升,其中也是三至四环之间区域的  $R^2$  最高,说明了该模型可有效解释该区域内 41.9%的房价影响因素。而在环境属性的变量之中,小区内部的公共空间方面同样是运动场地(SPORT)、人行道车辆占用情况(PARKR),以及树木密度(DEN\_TREE)等三项通过了不同模型的显著性检验;小区外部公共空间方面除了街道形态的三个变量之外,绿化率(GREENERY)与失序程度(DISORDER)也都通过了四个区域各自模型的显著性检验。

归纳上述的回归结果,不论是最小二乘回归法或空间自相关回归法,

不同环路之间的模型结果仅在特定几个变量上的符号和显著性发生了改变，整体上大部分的变量在不同的模型之间呈现类似结果，说明了本文所使用的特征价格模型在多数变量的解释效果上具有一定的稳健性。

表5.4 北京市各环路特征价格模型回归结果

区域	R4-5	R3-4	R2-3	R2
样本数	20,318	19,662	14,813	3,753
变量	标准化系数	标准化系数	标准化系数	标准化系数
<i>S</i> ln ROOM	0.295 ***	0.217 ***	0.305 ***	0.418 ***
ln AREA	-0.303 ***	-0.208 ***	-0.396 ***	-0.530 ***
DIRECTION	0.018 *	0.005	0.034 ***	0.035 **
DECO	0.145 ***	0.110 ***	0.106 ***	0.098 ***
ELEVATOR	0.142 ***	0.101 ***	0.077 ***	0.118 ***
FLOOR	0.061 ***	0.005	0.018 **	0.099 ***
ln YEAR	-0.072 ***	-0.054 ***	-0.077 ***	-0.060 **
TYPE	0.120 ***	0.176 ***	0.066 ***	0.114 ***
<i>L</i> ln DIST_TAM	-0.019 *	0.129 ***	-0.228 ***	-0.265 ***
ln DIST_SUBCENTER	-0.084 ***	-0.179 ***	0.009	0.084 **
ln DIST_SUBWAY	-0.035 ***	-0.020 **	-0.042 ***	-0.018
NOR_BJ	0.271 ***	0.422 ***	0.441 ***	0.351 ***
<i>N</i> ln ENTERTAIN	-0.054 ***	-0.009	-0.091 ***	-0.132 ***
ln LIFECONV	-0.041 ***	0.052 ***	-0.217 ***	-0.070 ***
ln HEALTH	-0.017 **	-0.055 ***	0.051 ***	0.034 **
ln EDUCA	0.124 ***	0.003	0.052 ***	0.038 **
ln PLOTAREA	-0.041 ***	-0.019 **	-0.006	0.008
ln NEIAREA	0.013 *	0.062 ***	-0.103 ***	0.108 ***
<i>E<sub>i</sub></i> YARD	-0.011	-0.056 ***	0.015 *	0.069 ***
SPORT	0.046 ***	0.060 ***	0.050 ***	0.061 **
PARKA	0.034 ***	0.025 ***	-0.048 ***	-0.044



区域	R4-5		R3-4		R2-3		R2	
样本数	20,318		19,662		14,813		3,753	
变量	标准化系数		标准化系数		标准化系数		标准化系数	
<b>PARKR</b>	-0.045	***	-0.032	***	-0.053	***	-0.015	***
<b>ln DEN_TREE</b>	-	-	0.032	***	0.060	***	0.073	***
<b>ln WIDTH</b>	0.002		0.073	***	0.035	***	0.061	**
<b><math>E_f</math> ln HEIGHT</b>	-0.001		0.018	***	-0.019	**	0.125	***
<b>ln CONTINUE</b>	0.003		0.047	**	-0.006		-0.072	**
<b><math>E_g</math> ln GREENERY</b>	0.002	***	0.138	***	0.161	***	0.111	***
<b><math>E_d</math> ln DISORDER</b>	-0.184	***	-0.027	***	-0.049	***	-0.066	**
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0.323</b>		<b>0.419</b>		<b>0.337</b>		<b>0.322</b>	

注：显著性：\*\*\* < 0.001；\*\* < 0.01；\* < 0.05；. < 0.1

资料来源：作者自绘

## 5.4 边际价格分析

为有效地测度不同住房特征对住房价格所造成的实际影响,需将上述特征价格模型后的回归结果进一步货币化,计算各变量的计算边际价格前,需先对各特征变量进行价格弹性(price elasticity)的分析(温海珍等,2012)。

基于对数形式的特征价格模型回归结果,所得出的未标准化回归系数就相当于各变量特征的价格弹性系数或者半弹性系数。其中连续变量的回归系数反映该特征的价格弹性系数,而虚拟变量和等级变量因其变量变化并非连续型数值,不能直接采用回归的未标准化系数作为价格弹性系数,需根据回归系数的反对数推导得出半弹性系数,具体计算公式如式(5-2)所示:

$$\beta_j' = \exp(\beta_j) - 1 \quad (5-2)$$

在确定各变量的弹性系数(或半弹性系数)后,则可以研究样本内各变量的平均值为基准,对各变量特征的边际价格进行估算;其中弹性系数所估算的边际价格反映了在控制住其他变量的情况之下,该变量变化1%会对住宅价格造成多少百分比的变化;而半弹性系数所估算的边际价格则反映该变量每增加一个单位,能对住房价格带来多少货币价格的变化。根据描述性统计,数据样本的住房均价平均值为60,378元/平米,而对数形式变量的边际价格与非对数形式变量的边际价格则分别由式(5-3)与式(5-4)计算得出:

$$MIP_i = (\beta_i * \mu_P) / \mu_i \quad (5-3)$$

$$MIP_j = (\beta_j' * \mu_P) \quad (5-4)$$

式中, $MIP$ 表示边际价格, $\beta_i$ 以及 $\beta_j$ 分别表示对数形式的弹性系数以及非对数形式的半弹性系数, $\mu_P$ 为住房均价平均值, $\mu_i$ 为采对数形式变量的原始数据平均值。

经过计算后,研究得出了五环内各公共空间特征对住宅均价的影响,即各变量的边际价格(表5.5):小区内部布局的特征变量中,结果显

示小区内有广场的住宅，均价高于没广场的住宅 1,467 元/平米；若小区内有运动场地的住宅，均价高于没运动场地的住宅 546 元/平米；而若该小区有车辆占用小区内人行道路，则住宅均价会低于没车辆占用道路的住宅 1,255 元/平米。

在小区外部的公共空间特征中，若增加 1 米的街道平均宽度，与 1 米的街道平均高度，住宅每平米的均价将分别增加 78 元和 90 元；每增加 1% 的街道平均贴线率，住宅每平米的均价则会增加 4,269 元；除了街道形态的影响外，小区周边的街道平均绿化率也会增加住宅价值，每增加 1% 的街道平均绿化率，住宅每平米的均价则会增加 85 元；但小区外街道失序平均分每增加 1 分，亦即只要小区周边街道平均多出一种街道失序要素，则住宅每平米均价将减少 1,539 元。

表5.5 五环内各特征变量之弹性系数与边际价格

变量	原始数据 平均值 <sup>①</sup>	标准化 系数	未标准化 回归系数	弹性系数 (%)	半弹性 系数 (%)	边际价格 <sup>②</sup> (元/平 米)
<b>ln ROOM</b>	3.01	0.28	0.26	0.26		5195.32
<b>ln AREA</b>	88.11	-0.30	-0.28	-0.28		-193.24
<b>DIRECTION</b>	0.33	0.02	0.01		0.70	424.13
<b>DECO</b>	2.35	0.11	0.03		2.53	1528.48
<b>ELEVATOR</b>	0.60	0.12	0.04		4.19	2526.95
<b>FLOOR</b>	2.04	0.02	0.00		0.40	242.00
<b>ln YEAR</b>	19.78	-0.07	-0.06	-0.06		-180.10
<b>TYPE</b>	2.12	0.14	0.03		2.74	1652.41
<b>ln DIST_TAM</b>	8.45	-0.35	-0.36	-0.36		-2578.12
<b>ln DIST_SUBCENTER</b>	5.76	-0.10	-0.05	-0.05		-566.03
<b>ln DIST_SUBWAY</b>	0.86	-0.02	-0.01	-0.01		-980.22
<b>NOR_BJ</b>	0.48	0.31	0.11		11.07	6684.49
<b>ln ENTERTAIN</b>	96.71	-0.04	-0.82	-0.82		-508.81

①平均值、最小值与最大值采原始数据计算，而非对数后数据计算。

②五环内数据样本的平均住房均价为 60,378 元/平米。

变量	原始数据 平均值 <sup>①</sup>	标准化 系数	未标准化 回归系数	弹性系数 (%)	半弹性 系数 (%)	边际价格 <sup>②</sup> (元/平 米)
<b>ln LIFECONV</b>	96.62	-0.04	-0.83	-0.83		-518.66
<b>ln EDUCATE</b>	94.30	0.09	1.12	1.12		719.71
<b>ln PLOTAREA</b>	2.34	-0.02	-0.02	-0.02		-463.97
<b>ln NEIAREA</b>	0.10	-0.05	-0.02	-0.02		-11907.38
<b>YARD</b>	0.71	0.06	0.02		2.43	1466.60
<b>SPORT</b>	0.21	0.02	0.01		0.90	545.85
<b>PARKR</b>	0.54	-0.06	-0.02		-2.08	-1254.72
<b>ln WIDTH</b>	39.38	0.02	0.05	0.05		78.19
<b>ln HEIGHT</b>	16.62	0.03	0.03	0.03		90.82
<b>ln CONTINUE</b>	0.37	0.02	0.03	0.03		4268.91
<b>ln GREENERY</b>	19.270	0.03	0.03	0.03		84.60
<b>ln DISORDER</b>	1.92	-0.10	-0.05	-0.05		-1538.96

资料来源：作者自绘

除了五环内的各公共空间特征的边际价格比较之外,研究进一步比较北京市四环内小区内、外两种空间的绿化程度(表 5.6)。首先从标准化系数而言,小区内树木密度(DEN\_TREE)的标准化系数较高,说明其对房价的影响较小区外街道绿化(GREENERY)明显。再从边际价格的分析中得知,小区内树木的边际价格为 0.44 元/平米,意即只要在每平方公里的小区内部空间中多种一棵树木,就可以为小区内住房带来 0.44 元/平米的增值,而小区外部的绿化则需要街道整体增加 1% 绿化率,才可使得房屋增加 58 元/平米的价值。两者效益相比,可以认为小区内部树木的公共空间价值相对高于小区外部街道绿化的公共空间价值。

表5.6 四环内小区内树木密度与小区外部街道绿化之弹性系数与边际价格

变量	平均值 <sup>①</sup>	最小值	最大值	标准化系数	回归系数	弹性系数	边际价格 <sup>②</sup> (元/平方米)
<b>ln GREENERY</b> (%)	20.24	2.54	44.83	0.02	0.02	0.02	58.31
<b>ln DEN_TREE</b> (棵/平方公里)	7530.31	0.00	21287.70	0.07	0.05	0.05	0.44

资料来源：作者自绘

## 5.5 本章小结

本章通过相关性分析、特征价格模型分析、空间自相关分析、模型稳健性分析以及边际价格分析等五部分的分析内容，探讨北京市五环内小区内、外公共空间不同特征要素的价值量化。

首先通过相关性分析初步判定各指标两两之间的正负关系，并验证不同自变量指标与因变量—住房均价的正负相关性是否符合预期符号。第二部分通过最小二乘回归法来计算本文构建的特征价格模型，初步测算各项特征对于房价的影响程度。第三部分则根据文献与相关理论研究，引用了空间自相关理论，在原特征价格模型的基础上加入了空间滞后指标，以修正因使用最小二乘回归法而忽略空间依赖性所造成的结果偏差。

第四部分进一步将北京五环内城市空间按照环路分为不同区域，分别检验利用最小二乘回归法与空间自相关模型两种方法的模型稳健性。第五部分则根据特征价格模型的研究结果对不同指标进行边际价格的计算，并着重在环境属性，也就是小区内、外公共空间各项特征边际价格的探讨上。

①平均值、最小值与最大值采原始数据计算，而非对数后数据计算。

②四环内数据样本的平均住房均价为 65,570 元/平方米。

## 第6章 结论与展望

### 6.1 研究结论

#### 6.1.1 研究之主要结论

本文借鉴了住房价格影响因素研究方面经典的特征价格模型法,来推算公共空间特征的价值。首先通过 OLS 回归分析,筛选出与房价呈显著相关之变量,并对比分析各变量对房价之影响,研究发现除了以往研究经常探讨的结构属性、区位属性、邻里属性,本文新增的微观尺度公共空间特征变量(即城市空间环境属性)亦与房价存在显著关联,且公共空间特征变量的加入显著的提高了模型的整体拟合度。

从五环内的 OLS 回归分析结果得知,在小区内部公共空间特征中,小区内若有广场、运动场地,以及小区内树木密度较高(针对北京四环内小区)都能够对该小区的房价产生正向影响,相对地,小区内的人行道上若车辆占用的状况明显(即人车不分流),则对该小区的房价产生负面效应;而在小区外部公共空间特征中,街道形态、街道绿化和失序程度都能对住房均价造成影响,结果显示了北京市五环内住房的周边街道平均宽度越宽、平均高度越高、临街两侧界面越连续、绿化越高、空间失序程度越低,皆能对邻近的住房均价产生正面效应,其中又以街道空间失序程度对五环内房价所产生的影响最为显著。

接著,研究亦探讨了北京市五环内房价的空间自相关性与模型稳健性,前者通过在 OLS 回归的基础上引入空间滞后指标,后者则将研究范围以环路划分为四个子研究区域,分别进行独立回归检验。研究结果显示加入空间滞后指标后的五环内特征价格模型,在变量符号方向与原模型一致的条件下,有效地提升模型整体的解释能力,初步验证了研究所使用的 OLS 模型结果的稳健性;本文也利用了环路划分样本的方法,通过不同的研究范围内的样本对于模型进行稳健性的二次检验,结果显示部分变量的符号方向与显著性会出现变化,其中以三环至四环之间区域的子模型表现与原五环内整体模型的差异最小,同时模型  $R^2$  有所提高,说明了此范围内的模型结果与全域的模型结果最为相近且解释能力相对较好。通过此分析也证实了北京市五环内的城市空间存

在了一定的空间异质性，而从住房特征价格模型的分析结果来看，也表明了不同城市区域内的居民对不同的区位、服务或是公共空间形态与品质会有不同的偏好，是未来研究可持续扩展的方向。

研究最后通过边际价格分析法，进一步将各公共空间变量对房价产生之影响货币化，藉以推算不同公共空间特征的价值。研究结果最终计算出各公共空间特征变量每增加一个单位，能够影响住房均价的货币价格数值，以更直观地方式量化不同住房自身及其外部特征对住房价格所造成的实际影响，以此表征公共空间特征的货币价值或是潜在经济效益。

### 6.1.2 与其他相关研究之比较

过去针对北京市小区内部公共空间效益的研究，碍于数据来源的限制，既有文献多仅使用房源网所提供之“绿化率”作为空间绿化程度指标（梁军辉等，2016），并以“小区物业费（元）”来代表小区内部公共空间如：物业管理、小区基础设施和娱乐设施等质量（王芳等，2014），以上研究皆表明了北京市内小区内部的公共空间质量会对住房价格产生正向的影响。

然而，基于房源网所提取的小区绿化率、物业费等信息是否能够完整反映小区内部公共空间真实情况与品质，仍需进一步验证。实际上，房源网针对小区内部的信息大多有缺失，且多数指标的计算方式不明，无法在后续的特征变量货币化后进行解释。本文通过遥感影像数据重新识别小区内部绿化程度以及小区内部公共空间设施布局情形，以观察图片数据内容的方式实现更为客观、细致地方式测度小区内部的公共空间，可以有效地避免房源网等开放信息所导致的数据质量问题。

而在北京小区外部公共空间效益的测度上，既有文献多通过 GIS 技术、问卷调查、房源数据、绿地景观等空间数据，讨论小区外部公共空间效益与房价关系，但仅使用“周围绿化率”与“与最近城市等级景观/公共空间之距离”（Zhang et al., 2012; 吴文佳等，2014）等尺度较大的公共空间特征，缺少了对于人本尺度的小区周边公共空间（如：街道）的观察。

本文通过城市空间数据计算了小区外部周边街道的几何形态，并利用街景图像数据重新识别小区外部街道的绿化率与失序程度，以更为

精细的人本尺度测度街道上的空间特征，并通过特征价格模型验证了在街道尺度的公共空间中，这些能直接影响人体观感的城市设计要素的具体价值。

总体而言，本文通过与既有研究相比较，整理出以下三个主要的研究增量。

第一，研究对象关注小区内布局（内部）与周边街道（外部）。以往研究多仅针对大尺度的小区周边环境（如：周边绿地）或是城市等级的景观可及性（如：城市公园、海景、山景等）。本文通过新技术手段与新数据，重点关注小区内、外部公共空间的不同构成要素，以房价为观察对象，着重分析、比较小区内部以及外部公共空间特征与房价之间的关系。

第二，重点通过图片数据挖掘精细尺度的公共空间。在新数据和技术的支持下，本文通过图片数据（遥感影像、街景图像）实现高分辨率、大规模的分析，研究对象可精细至人本尺度的公共空间环境（小区内部、小区周边街道），提供相关领域的研究人员一套基于城市住房价格的定量研究方法，藉此探寻人本尺度下城市公共空间形态与品质的具体价值。此研究验证了图片数据可以有效挖掘城市公共空间在人本尺度上的特征，揭示了未来相关研究人员通过图片数据开展大规模城市公共空间价值研究的可能性，并对城市规划者、决策者在公共空间规划与部属的决策上起到了一定的支持作用。

第三，通过房价定量化公共空间的实际价值。本文更通过回归系数推导出相应的价格弹性系数与半弹性系数，进而计算不同公共空间特征的房价边际价格，从而一定程度上，以更直观、更科学的方式量化了各公共空间特征的价值，对于相关研究人员或是房地产、城市规划设计部门而言，此研究方法可更为高效地并大规模地支持公共空间的方案设计与具体经济效益评估。

## 6.2 政策含义与潜在应用

城市研究的重要目的之一即为将研究成果服务于城市规划与设计实践，以创建更高质量的城市空间，切实惠及百姓。本文的主要研究目的即通过微观尺度的实证分析，验证一般常被忽略或低估的公共空间的重要性，并进一步货币化不同空间特征的实际价值，以期对后续相关



政策或是实际应用发挥指导性作用，提出以下两点主要政策含义与潜在应用：

### 6.2.1 图片数据可有效开展范围广、精细度高的公共空间评价工作

以往对于公共空间的评价工作多碍于数据样本局限性，以及评价分析技术等限制，使得相关研究与实践应用难以同时兼顾大规模与高精度等特点；然而随着信息技术的快速发展，新数据环境为当前的城市空间研究提供了海量丰富的材料与工具，在这样的研究背景之下，本文重点探讨图片数据应用于公共空间价值测度的可能性。

通过在北京市五环路城市空间范围内定量化实证研究，本文验证了将图片数据结合建成环境虚拟评价工具、机器学习等新兴技术的可操作性，能够有效支持研究人员从高分辨率的遥感影像数据中判读出封闭小区内部的公共空间环境情形，也能从街景图像数据中挖掘出多种街道尺度的空间特征要素，以实现过往难以大规模、细粒度开展的公共空间定量研究，再加上图片数据本身的可获取性与可延展性，本文的研究结果与技术路线可供相关部门在未来开展公共空间评价工作时，思路与方法工具方面的借鉴。

### 6.2.2 量化人本尺度公共空间的效益，为相关部门提供决策依据

公共空间因其公共品的特性，并不存在能直接交易和显性价格的市场，但自改革开放以后所逐步发展完善的住房市场，“用脚投票”的市场机制俨然形成，为公共空间的外部效益提共了有效的衡量机制（张英杰，2015）。本文的实证研究也证明了借鉴特征价格模型理论的分析方法，住房价格可在一定程度上评测公共空间的效益，甚至进一步推算公共空间的货币价值。

本文同时以更为以人为本的视角重新关注小区内、外部的公共空间，分别探讨不同特征要素对于房价之影响。针对小区内部公共空间部分，研究结果可供相关开发商或是物业单位了解小区内部公共空间的设施布局及环境整治的重要性，及其可能影响的实际经济效益（如：小区内部广场的设置、人车分流的规划等），进一步评断在物业的开发过程中，加强对于公共空间品质的重视与优化方案，并衡量在一定成本条件下应优先关注哪些小区内部的公共空间构成要素。

针对小区外部周围街道尺度的公共空间方面,城市规划与设计相关部门可通过此研究方法了解不同特征的具体外部效益,以支持空间规划与设计方案的质量把控与效益评估。其中在街道形态方面,已知在北京五环内的不同区域,街道形态对房价的经济效益会造成不同程度的影响,揭示著街道形态在不同城市区域内的优劣标准不尽相同,未来规划设计部门可于不同城市区域部属符合场所功能需求的街道形态;而在街道绿化以及空间失序程度方面,北京五环内各环路之间都与房价呈现显著影响,其中尤以失序程度影响最为显著,说明了绿化率以及空间失序程度在不同城市空间中都对房价产生一定程度的影响,是相关部门在未来城市规划治理时可以着重关注的内容。

近年来我国某些特大城市或城市内某些优势区位房价飞涨、部分新城或是城市新区空置率过高,然城市内的公共空间在设计应对与质量管控方面,却迟迟缺少了相关的应对手段。通过本文的探索,能够深刻地认识公共空间与住房市场的内在联动关系,让相关规划设计部门与政策制定者能更从居民的实际需求为基础,了解公共空间对于居民在住房选址过程中的影响机制,以更科学地方式配置公共空间设施、把控公共空间设计质量,提高相关政策的针对性与有效性,为市民缔造宜居舒适的城市空间,提升城市生活品质。要弄清楚到底实验结果怎么支持未来的规划设计,一方面,政府部门避免房价过快增长,另一方面,实验结果倡议改善公共环境,反而会提高房价。

## 6.3 研究不足与后续研究方向

### 6.3.1 基于新数据的住房特征提取与量化仍须进一步优化

新数据如街景图像、高分遥感影像等虽提供了实时、大范围、细精度的城市空间研究对象,但同时也需着重考量城市空间特征要素的提取技术与量化方法,如:互联网平台所提供的如房源数据、社交数据是否存在有偏性而无法有效代表研究对象;街景图片和高分遥感影像也并非完全可靠,其潜在问题包括拍摄当下的视觉障碍、天气差异,和影像损毁等因素,皆会对结果产生关键性影响。

此外,研究目前使用遥感影像数据识别的小区内部公共空间特征,以及街景图像识别的小区外部街道失序程度皆通过人工评价的方式进

行特征识别与量化,相对其他变量的提取与量化也较为费时费力,对于开展大规模的研究或是其他城市的对比分析有一定的局限性。根据本文研究结果,整理了两点未来研究可持续推展的方向。

第一,以此研究之数据为训练集基础,进一步扩展基于机器学习的城市公共空间特征量化方式。本文部分变量初步通过人工虚拟评价的方式,对相关指标进行量化,虽然能有效、客观地对公共空间进行测度,但相对地费时费力,较难推展后续大规模的对比研究。未来研究可考虑以本次研究为基础,将相关指标作为训练集样本,建立针对公共空间要素识别的机器学习模型,以用于扩展基于图像数据识别公共空间特征的相关定量研究。

第二,通过实地调研与访谈方式,结合显示性偏好与意愿调查法的主客观数据。对于居民对于公共空间特征的偏好,本文目前仅采用显示性偏好方法,用客观的方式量化相关变量,以发掘重要的公共空间特征。未来研究可考虑加入意愿调查法此一相对主观的研究方法,通过实地调研或是问卷调查、访谈等形式来获取居民对于公共空间的主观偏好,再与既有研究的显示性偏好结果相互印证比较,丰富现有的实证研究。

### 6.3.2 研究缺乏对不同城市区域之空间异质性的探讨

目前使用的特征价格模型是针对北京五环内的全局研究,探讨各公共空间特征对于北京房价的总体影响情形。然而,研究初步通过不同环路的分析得知:不同区域的公共空间特征对房价的影响不尽相同,但尚未具体探讨北京市五环内的空间异质性。未来研究可以通过以下两点建议,补足研究方案在空间异质性方面的讨论:

第一,结合社交媒体等新兴数据,进一步挖掘邻里的社会经济属性。本次研究仅纳入各类物理空间特征对于房价之影响,尤其着重公共空间的物理特征,但家庭的居住选址行为实际上还会受到邻里的社会经济属性影响,例如:小区的人口年龄构成、平均受教育程度、消费水平等,而这些社会经济属性在很大程度上也会影响居民的住房选址行为。以往研究多碍于数据获取限制,无法取得人口、经济发展等相关数据;然而随着互连网与空间信息技术的快速发展,基于社交媒体、手机信令、街景图像数据等大规模、细粒度的新兴数据,可以有效地对城市人群的社会经济属性(如:收入等)进行测度(Gabrielli et al., 2015; 王波等,

2015; 周艳 等, 2017; Glaeser, 2018)。后续研究可通过社交媒体此一新兴数据, 进一步挖掘居民的社会经济属性, 纳入至特征价格模型的探讨中, 以考虑因不同邻里之间社会经济条件的差异所造成的城市空间异质性。

第二, 通过子市场划分等方式, 进一步验证北京五环内的房价影响因素。未来研究可考虑借鉴子市场理论 (submarket) 进一步探讨北京房价市场的空间异质性, 在分析中加入对于时间、空间维度的考量, 拟定研究样本的选择标准, 构建适宜尺度的价格模型, 以减少模型过拟合问题; 或聚焦特定小区的内部与外部公共空间, 通过实地调研的方式对研究结果进行验证。

## 参考文献

- [1] Adair A S, Berry J N, McGreal W S. Hedonic modelling, housing submarkets and residential valuation[J]. *Journal of Property Research*, 1996,13(1) 67-83.
- [2] Albert A , Kaur J , Gonzalez M C . Using Convolutional Networks and Satellite Imagery to Identify Patterns in Urban Environments at a Large Scale[C]// *The 23rd ACM SIGKDD International Conference*. ACM, 2017.
- [3] Badland H M, Opit S, Witten K, et al. Can virtual streetscape audits reliably replace physical streetscape audits?[J]. *Journal of Urban Health*, 2010,87(6):1007-1016.
- [4] Bency A J , Rallapalli S , Ganti R K , et al. Beyond spatial auto-regressive models: predicting housing prices with satellite imagery[C]// *2017 IEEE winter conference on applications of computer vision (WACV)*. IEEE, 2017.
- [5] Bethlehem J R, Mackenbach J D, Ben-Rebah M, et al. The SPOTLIGHT virtual audit tool: a valid and reliable tool to assess obesogenic characteristics of the built environment[J]. *International Journal of Health Geographics*, 2014, 13: 52.
- [6] Bowen W M , Mikelbank B A , Prestegaard D M. Theoretical and empirical considerations regarding space in hedonic housing price model applications[J]. *Growth and Change*, 2001, 32(4):466-490.
- [7] Brasington D M , Hite D. Demand for environmental quality: A spatial hedonic analysis[J]. *Regional Science & Urban Economics*, 2003, 35(1):57-82.
- [8] Brent L M, Stephen P, Richard M A. Valuing urban wetlands: a property price approach[J]. *Land Economics*, 2000, 76 (1) :100-113.
- [9] Chen W, Li X. Impacts of urban stream pollution: a comparative spatial hedonic study of high-rise residential buildings in Guangzhou, south China[J]. *Journal of Geography*, 2018, 184: 283-297.
- [10] Chin T , Chau K. A critical review of literature on the hedonic price model[J]. *International Journal for Housing Science & Its Applications*, 2003, 27(2):145-165.
- [11] Craig C L, Brownson R C, Cragg S E, et al. Exploring the effect of the environment on physical activity: a study examining walking to work[J]. *American Journal of Preventive Medicine*, 2002, 23 (2): 36-43.
- [12] Dong R, Zhang Y, Zhao J. How green are the streets within the sixth ring road of Beijing? An analysis based on Tencent street view pictures and the green view index[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2018, 15(7):1367-1388.
- [13] Dubey A, Naik N, Parikh D, et al. Deep learning the city: Quantifying urban perception at a global scale[C]// *European Conference on Computer Vision*. Springer International

- Publishing, 2016:196-212.
- [14] Dubin R A , Goodman A C . Valuation of education and crime neighborhood characteristics through hedonic housing prices[J]. *Population & Environment*, 1982, 5(3):166-181.
- [15] Mehta V. Evaluating public space[J]. *Journal of Urban design*, 2014, 19(1): 53-88.
- [16] Freeman A M. Hedonic prices, property values and measuring environmental benefits: A survey of the issues[J]. *The Scandinavian Journal of Economics*, 1979:154 - 173.
- [17] Fu X, Jia T, Zhang X, Li S, et al. Do street-level scene perceptions affect housing prices in Chinese megacities? An analysis using open access datasets and deep learning[J]. *PLoS ONE*. 2019, 14(5): e0217505
- [18] Gabrielli L, Furletti B, Trasarti R, et al. City users' classification with mobile phone data[C]// *Proceedings of the Big Data (Big Data)*, 2015 IEEE International Conference, 2015.
- [19] Gibbons S, Machin S. Valuing English primary schools[J]. *Journal of Urban Economics*, 2003, 53(2):197-219.
- [20] Harvey C et al. Streetscape skeleton measurement and classification[J]. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 2017, 44(4), 668 - 692.
- [21] Heikkila E, Gordon P, Kim J I, et al. What happened to the cbd-distance gradient?: land values in a policentric city[J]. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 1989, 21(2), 221 - 232.
- [22] Jean N , Burke M , Xie M , et al. Combining satellite imagery and machine learning to predict poverty[J]. *Science*, 2016, 353(6301):790-794.
- [23] Jim C, Chen W. Impacts of urban environmental elements on residential housing prices in Guangzhou (China)[J]. *Landscape & Urban Planning*, 2006, 78(4):422-434.
- [24] Jin J, Yang J. Effects of sampling approaches on quantifying urban forest structure[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2020, 195, 103722.
- [25] Kain J F, Quigley J M. Measuring the value of housing quality[J]. *Publications of the American Statistical Association*, 1970, 65(330):532-548.
- [26] Kang C D. Effects of spatial access to neighborhood land-use density on housing prices: Evidence from a multilevel hedonic analysis in Seoul, South Korea[J]. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 2019, 46(4), 603 - 625.
- [27] Kendall A, Badrinarayanan V, Cipolla R. Bayesian segnet: model uncertainty in deep convolutional encoder-decoder architectures for scene understanding. 2016, arXiv:1511.02680.
- [28] Kiefer N M, Vogelsang T J, Bunzel H. Simple robust testing of regression hypotheses[J]. *Econometrica*, 2000, 68(3), 695-714.
- [29] Lancaster K J. A new approach to consumer theory[J]. *Journal of Political Economy*,

- 1966, 74(2):132-157.
- [30] Li H , Wei Y D , Wu Y , et al. Analyzing housing prices in Shanghai with open data: Amenity, accessibility and urban structure[J]. *Cities*, 2019, 91:165-179.
- [31] Li J, Long Y, Dang A. Live-work-play centers of Chinese cities: Identification and temporal evolution with emerging data[J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2018, 71, 58-66.
- [32] Li X, Meng Q, Gu X, et al. A hybrid method combining pixel-based and object-oriented methods and its application in Hungary using Chinese HJ-1 satellite images[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2013,34(13):4655-4668.
- [33] Li X, Ratti C, Seiferling I. Quantifying the shade provision of street trees in urban landscape: A case study in Boston, USA, using Google Street View[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2018,169:81-91.
- [34] Li X, Zhang C, Li W, et al. Assessing street-level urban greenery using Google Street View and a modified green view index[J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2015,14(3):675-685.
- [35] Linneman P. Some empirical results on the nature of the hedonic price function for the urban housing market [J]. *Journal of Urban Economics*, 1980, 8(1):47-68.
- [36] Liisa T. The amenity value of the urban forest:an application of the hedonic pricing method[J].*Landscape and Urban Planning*, 1997, 37:211-222.
- [37] Liu R, Yu C, Liu C, et al. Impacts of haze on housing prices: an empirical analysis based on data from Chengdu (China)[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2018, 15(6):1161-1181.
- [38] Lofland L. *The public realm: exploring the city’ s quintessential social territory*. 1998. New York: Aldine De Gruyter.
- [39] Long Y , Liu L. How green are the streets? An analysis for central areas of Chinese cities using Tencent Street View[J]. *PLoS ONE*, 2017, 12(2):e0171110.
- [40] Low S. *On the plaza: the politics of public space and culture*[M]. Austin: University of Texas Press, 2000.
- [41] Lynch K. *The image of the city*[M]. Cambridge: MIT press, 1960.
- [42] Madanipour A. *Design of urban space: an inquiry into a socio-spatial process*[M]. Chichester: John Wiley & Sons,1996.
- [43] Matthews J W, Turnbull G K. Neighborhood street layout and property value: the interaction of accessibility and land use mix[J]. *Journal of Real Estate and Financial Economic*, 2007, 35:111 - 141.
- [44] Maharana A , Nguyen Q C , Nsoesie E O. Using deep learning and satellite imagery to quantify the impact of the built environment on neighborhood crime rates. 2017. arXiv:1710.05483.

- [45] Mehta V. Lively streets: determining environmental characteristics to support social behavior[J]. *Journal of Planning Education and Research*, 2007, 27(2):165 - 187.
- [46] Orford S. Modelling spatial structures in local housing market dynamics: A multilevel perspective[J]. *Urban Studies*, 2000, 37(9), 1643-167.
- [47] Osland L, Thorsen I . Effects on housing prices of urban attraction and labor-market accessibility[J]. *Environment and Planning A*, 2008, 40(10):2490-2509.
- [48] Pandit R, Polyakov M, Tapsuwan S, et al. The effect of street trees on property value in Perth, Western Australia[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2013, 110:134-142.
- [49] Perkins D , Meeks J, Taylor R. The physical environment of street blocks and resident perceptions of crime and disorder[J] *Journal of Environmental Psychology*, 1992, 12(1): 21-34.
- [50] Pfleiderer P. Chameleons: the misuse of theoretical models in finance and economics[J]. *Economica*, 2020, 87(345):81-107.
- [51] Phillips C B, Engelberg J K, Geremia C M, et al. Online versus in-person comparison of Microscale Audit of Pedestrian Streetscapes (MAPS) assessments: reliability of alternate methods[J]. *International Journal of Health Geographics*, 2017, 16(1):27-39.
- [52] Poudyal N C, Hodges D G, Merrett C D. A hedonic analysis of the demand for and benefits of urban recreation parks[J]. *Land Use Policy*, 2008, 26(4), 975 - 983.
- [53] Powe N A, Garrod G D, Willis K G. Valuation of urban amenities using an hedonic price model[J]. *Journal of Property Research*, 1995, 12(2):137-147.
- [54] Richardson H W , Gordon P , Jun M J , et al. Residential property values, the CBD, and multiple nodes: further analysis[J]. *Environment & Planning A*, 1990, 22(6):829-833.
- [55] Rundle A G, Bader M D, Richards C A, et al. Using Google Street View to audit neighborhood environments[J]. *American journal of preventive medicine*, 2011, 40(1), 94-100.
- [56] Rosen S. Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in pure competition[J]. *Journal of Political Economy*, 1974, 82(1):34-55.
- [57] Simons R, Quercia R, Levin I. The value impact of new residential construction and neighborhood disinvestment on residential sales price[J]. *Journal of Real Estate Research*, 1998, 15(2):147-161.
- [58] Sirmans G S, Macdonald L, Macpherson D A, et al. The value of housing characteristics: a meta analysis[J]. *Journal of Real Estate Finance & Economics*, 2006, 33(3):215-240.
- [59] Smith V K, Huang J. Can markets value air quality? A meta-analysis of hedonic property value models[J]. *Journal of Political Economy*, 1995, 103(1):209-227.
- [60] Sullivan W C, Kuo F, DePooter S. The fruit of urban nature: vital neighborhood spaces[J]. *Environment and Behavior*, 2004, 36(5): 678 - 700.
- [61] Tankel S B. The importance of open space in the urban pattern, cities and space[M].



- Baltimore, Johns hopkins Press, 1986.
- [62] Tobler W. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region[J]. *Economic Geography*, 1970(46): 234 - 240.
- [63] Tse R Y C , Love P E D . Measuring residential property values in Hong Kong[J]. *Property Management*, 2000, 18(5):366-374.
- [64] Ward M D, Gleditsch K S. *Spatial regression models*[M]. Sage Publications, Incorporated, 2008.
- [65] Waugh V. Quality factors influencing vegetable prices[J]. *Journal of Farm Economics*, 1928, 10(2):185-196.
- [66] Wilson J S, Kelly C M, Schootman M, et al. Assessing the built environment using omnidirectional imagery[J]. *American Journal of Preventive Medicine*, 2012,42(2):193-199.
- [67] Wu C , Ye X , Ren F , et al. Spatial and social media data analytics of housing prices in Shenzhen, China[J]. *PLoS ONE*, 2016, 11(10): e0164553.
- [68] Ye Y, Xie H, Fang J, et al. Daily accessed street greenery and housing price: measuring economic performance of human-scale streetscapes via new urban Data[J]. *Sustainability*, 2019(11):1741-1761.
- [69] You Q , Pang R , Cao L , et al. Image based appraisal of real estate properties[J]. *IEEE Transactions on Multimedia*, 2017, 19(12):2751-2759.
- [70] Zhang B, Xie G, Xia B, et al. The effects of public green spaces on residential property value in Beijing[J]. *Journal of Resources and Ecology*, 2012, 03(3):243-252.
- [71] Zhang Y, Dong R. Impacts of street-visible greenery on housing prices: evidence from a hedonic price model and a massive street view image dataset in Beijing[J]. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2018, 7(3), 104-122.
- [72] 曹哲静, 龙瀛, 刘钊启, 等. 基于数据自适应的上海衡复历史街区慢行系统研究与设计[J]. *城市设计*, 2017(2):69-76.
- [73] 陈峰, 吴奇兵. 轨道交通对房地产增值的定量研究[J]. *城市轨道交通研究*, 2006(3):17-22.
- [74] 陈竹, 叶珉. 什么是真正的公共空间?——西方城市公共空间理论与空间公共性的判定[J]. *国际城市规划*, 2009a(3):48-53+57.
- [75] 陈竹, 叶珉. 西方城市公共空间理论——探索全面的公共空间理念[J]. *城市规划*, 2009b(6):60-66.
- [76] 甘欣悦, 龙瀛. 新数据环境下的量化案例借鉴方法及其规划设计应用[J]. *国际城市规划*, 2018, 33(6):84-91.
- [77] 高常鑫, 桑农. 基于深度学习的高分辨率遥感影像目标检测[J]. *测绘通报*, 2014(S1):108-111.

- [78] 郝新华, 龙瀛. 街道绿化: 一个新的可步行性评价指标[J]. 上海城市规划, 2017(1):32-36, 49.
- [79] 李晟, 王兰兰, 王胜军. 位置对城市存量房价格的影响分析——以北京市为例[J]. 建筑经济, 2010(1):69-72.
- [80] 李长东, 孙爱庐, 贾莹. 城市中心商圈空间品质评价意义及指标体系研究[J]. 西部人居环境学刊, 2014(4):98-106.
- [81] 李德华. 城市规划原理(第三版)[M]. 中国建筑工业出版社, 2001.
- [82] 梁军辉, 林坚, 吴佳雨. 北京市公共服务设施配置对住房价格的影响[J]. 城市发展研究, 2016, 23(9):82-87.
- [83] 梁青槐, 孔令洋, 邓文斌. 城市轨道交通对沿线住宅价值影响定量计算实例研究[J]. 土木工程学报, 2007, 40(4):98-103.
- [84] 刘扬, 付征叶, 郑逢斌. 高分辨率遥感影像目标分类与识别研究进展[J]. 地球信息科学学报, 2015(9):76-87.
- [85] 龙瀛, 周垠. 街道活力的量化评价及影响因素分析——以成都为例[J]. 新建筑, 2016, 1: 52-57.
- [86] 龙瀛, 刘伦. 新数据环境下定量城市研究的四个变革[J]. 国际城市规划, 2017(1):64-73.
- [87] 龙瀛, 李苗裔, 李晶. 基于新数据的中国人居环境质量监测: 指标体系与典型案例[J]. 城市发展研究, 2018, 20(4):92-102.
- [88] 聂冲, 温海珍, 樊晓锋. 城市轨道交通对房地产增值的时空效应[J]. 地理研究, 2010(5):37-46.
- [89] 石忆邵, 张蕊. 大型公园绿地对住宅价格的时空影响效应——以上海市黄兴公园绿地为例[J]. 地理研究, 2010(3):130-140.
- [90] 孙宪华, 刘振惠, 张臣曦. 特征价格法在房地产价格指数中的应用[J]. 现代财经-天津财经大学学报, 2008, 28(5):61-65.
- [91] 石忆邵, 郭惠宁. 上海南站对住宅价格影响的时空效应分析[J]. 地理学报, 2009(2):167-176.
- [92] 宋伟轩, 毛宁, 陈培阳 等. 基于住宅价格视角的居住分异耦合机制与时空特征——以南京为例[J]. 地理学报, 2017(4):589-602.
- [93] 唐婧娴, 龙瀛, 翟炜, 等. 街道空间品质的测度变化评价与影响因素识别——基于大规模多时相街景图片的分析[J]. 新建筑, 2016(5):110-115.
- [94] 温海珍, 贾生华. 住宅的特征与特征的价格——基于特征价格模型的分析[J]. 浙江大学学报(工学版), 2004(10):1338-1342.
- [95] 温海珍, 李旭宁, 张凌. 城市景观对住宅价格的影响——以杭州市为例[J]. 地理研究, 2012, 31(10):1806-1814.
- [96] 王波, 甄峰, 张浩. 基于签到数据的城市活动时空间动态变化及区划研究[J]. 地理

- 科学, 2015, 35(2):151-160.
- [97] 王德, 黄万枢. Hedonic 住宅价格法及其应用[J]. 规划方法, 2005, 29(3):62-71.
- [98] 王德, 黄万枢. 外部环境对住宅价格影响的 Hedonic 法研究——以上海市为例[J]. 城市规划, 2007(9):34-41.
- [99] 王芳, 高晓路, 颜秉秋. 基于住宅价格的北京城市空间结构研究[J]. 地理科学进展, 2014, 33(10):1322-1331.
- [100] 王建国. 现代城市设计理论和方法[M]. 南京: 东南大学出版社, 2001.
- [101] 王松涛, 郑思齐, 冯杰. 公共服务设施可达性及其对新建住房价格的影响——以北京中心城为例[J]. 地理科学进展, 2007, 26(6):87-94.
- [102] 吴文佳, 张晓平, 李媛芳. 北京市景观可达性与住宅价格空间关联[J]. 地理科学进展, 2014, 33(4):488-498.
- [103] 杨俊, 鲍雅君, 金翠, 等. 大连城市绿地可达性对房价影响的差异性分析[J]. 地理科学, 2018, 38(12):13-21.
- [104] 叶宇. 新城市科学背景下的城市设计新可能[J]. 西部人居环境学刊, 2019(1):13-21.
- [105] 张丽英, 裴韬, 陈宜金, 等. 基于街景图像的城市环境评价研究综述[J]. 地球信息科学学报, 2019, 21(1):46-58.
- [106] 张文忠, 刘旺, 孟斌. 北京市区居住环境的区位优势度分析[J]. 地理学报, 2005, 60(1):115-121.
- [107] 甄峰, 秦萧, 王波. 大数据时代的人文地理研究与应用实践[J]. 人文地理, 2014, 29(3): 1-6.
- [108] 郑思齐, 符育明, 刘洪玉. 城市居民对居住区位的偏好及其区位选择的实证研究[J]. 经济地理, 2005(2):194-198.
- [109] 周进. 城市公共空间建设的规划控制与指引——塑造高品质城市公共空间的研究[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.
- [110] 周进, 黄建中. 城市公共空间品质评价指标体系的探讨[J]. 建筑师, 2003(3):52-56.
- [111] 周艳, 李妍羲, 黄悦莹, 等. 基于社交媒体数据的城市人群分类与活动特征分析[J]. 地球信息科学学报, 2017, 19(9):1238-1244.
- [112] 邹颖, 卞洪滨. 对中国城市居住小区模式的思考[J]. 世界建筑, 2007(5):21-23.
- [113] 朱桃杏, 吴殿廷, 陆军, 等. 城市河道公共休闲的适宜性指标体系构建与评价——兼论北京河道公共空间休闲价值[J]. 地理研究, 2014, 33(1):157-166.

## 致 谢

研究生三载时光，转眼即将在 2020 年的夏天告一段落，回首在清华园的日子里，我不仅在学术研究上有所收获，更是结识了许多人生道路上的良师益友，也更笃定了自己未来持续钻研和努力的方向。

首先由衷地感谢导师龙瀛老师过去三年来悉心的指导与提携，在研究生期间，龙老师不仅在论文选题上给予我建议与支持，更不吝于提供各式各样的科研机会，让我能自由地探索科研兴趣所在；而老师严谨的科学态度与胆大心细的探索精神，更是拓展了我的科研视野以及对未来城市规划学科的想像，种种收获，终生受用。

感谢实验室同门的陈龙博士、马爽博士、张雨洋博士、贾紫牧博士、李双金学姐、李派学姐、赵健婷学姐、张昭希学姐、张恩嘉同学、侯静轩同学以及陈议威同学，以及建筑学院周宏宇学长、汪越学长、白楠学长、马宏涛学长、李娟学姐等诸多师兄姐、同学在过程中的协助，尤其感谢陈婧佳同学在街道空间失序方面所提供的启发与科研成果分享，谢谢你们不吝于提供宝贵的建议，拓展了我论文撰写方面的思路以及在研究方法上的知识储备。

感谢北京城市实验室、城市象限、张英杰老师、清华大学地球系统科学系地学中心等所给予的数据支持，以及暨南大学谷一桢老师对本文边际价格分析方面的指导，让本文可以站在巨人的肩膀上持续推进研究内容。

感谢梁潇同学、曹蕾同学、陈汉瑜同学、刘恒宇同学、张阳同学等建研 173 的同窗，在学业与科研的道路上伴我同行，让我的研究生生活增添了更丰富的色彩。在这研究所三载的时光里，所有感谢的心情无法以寥寥数笔涵盖，文字粗糙，不求顺达，若有遗漏也请多多包涵。

最后感谢最亲爱的家人以及男友尚恩在求学阶段不断给予的支持与鼓励，研究生阶段身处异乡，你们无私的包容与关爱成为了我精神上最强的后盾，让我能够坚定地迈开步伐，突破一次次的难关。相信 2020 年夏天在清华园所画上的句号，并不是科研生涯的结束，而是为我开启了持续钻研、探索未来人居环境的大门。期许这道大门能够引领我续上师长、前人的脚步，为人居环境贡献一己之力。

## 声 明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师指导下，独立进行研究工作所取得的成果。尽我所知，除文中已经注明引用的内容外，本学位论文的研究成果不包含任何他人享有著作权的内容。对本论文所涉及的研究工作做出贡献的其他个人和集体，均已在文中以明确方式标明。

签 名： 徐婉庭 日 期： 2020.05.22

## 个人简历、在学期间发表的学术论文与研究成果

### 个人简历

1994年10月31日，出生于台湾省台北县。

2013年8月，考入台湾成功大学规划与设计学院都市计划学系。

2017年6月，本科毕业获得成功大学工学学士学位。

2017年8月，进入清华大学建筑学院城市规划系攻读城乡规划学硕士学位至今。

### 在学期间发表的学术论文

- [1] 徐婉庭, 张希煜, 龙瀛. 基于手机信令等多源数据的城市居住空间选择行为初探——以北京五环内小区为例[J]. 城市发展研究, 2019, 26(10): 48-56.
- [2] 徐婉庭, 马宏涛, 程艺,等.北京地铁站域活力影响因素探讨. 北京规划建设, 2018(3): 40-46.
- [3] XU W, MA H, BAI N. The Influence of Spatial Vitality Around Subway Stations in Beijing on Pedestrians' Emotion[C]// 13<sup>th</sup> International Symposium for Environment-Behavior Studies, 2018, 11/03-11/04.

### 研究成果

2019年5月，参加了由中国城市规划学会城市规划新技术应用学术委员会主办的“第三届城垣杯·规划决策支持模型设计大赛”，以“中国城市公共空间失序：识别、测度与影响评价”为题，获得特等奖。

2018年10月，参加了由上海市规划和自然资源局所主办的“上海城市设计挑战赛（浦东新区地块）”，以“自愈城市”为题，获得二等奖。

2018年9月至今，参与了清华大学科研院海外部的自主科研国际合作专项项目中的“新南威尔士大学—清华大学合作研究基金项目（20183080010）”，课题为“Knowledge Exchange on Data Augmented Design for Sustainable Cities”。

2018年5月，参加了由中国城市规划学会城市规划新技术应用学术委员会主办的“第二届城垣杯·规划决策支持模型设计大赛”，以“基于大规模出行数据的我国城市功能地域界定”为题，获得一等奖。

2018年3月至2018年10月，参与了“清华大学-旭辉控股有限公司可持续住区联合研究中心--可持续住区联合研究项目”，课题为“基于北京手机大数据与大规模调查数据的居住区位选择探索”。

2017年12月，参加了由贵州省黔西南州义龙新区管委会、CBC建筑中心所共同主办的“义龙未来城市设计国际竞赛”，以“The Next Form of Human Settlement”为题，获得优秀奖（16/1184）。

2017年10月至2018年2月，参与了世界银行(World Bank Group)中国办事处的国际组织资助项目“Mid-term Implementation Evaluation for National New Urbanization Plan (2014-2020)”。