

多样性视角下的城市复合功能特征及成因探测 以长春市为例

浩飞龙,施 响,白 雪,王士君

(东北师范大学地理科学学院,长春 130024)

摘要: 多功能要素的复合化已成为信息时代城市空间发展的重要趋势,而复合功能开发亦被认为是解决城市交通拥堵、低效能源消耗及职住不平衡等问题的重要手段,对促进有活力的、宜居的及可持续的城市环境建设具有重要意义。基于城市多样性的理论框架,在界定城市功能复合内涵的基础上,以长春市中心城区城市功能兴趣点(POI)数据为基础,采用区位熵指数、信息熵指数及地理探测器模型,分析城市居住、办公、商业、休闲四类功能要素的复合特征,并探讨城市功能复合空间分异的驱动因素。结果表明:① 城市功能要素集中度特征显著,各类型功能要素均形成了专业化的功能集聚区,但各区块间功能要素的专业化程度存在较大差异。② 城市功能要素复合度整体表现出核心—边缘的空间差异,核心区街道复合度整体高于外围开发区,办公、商业、休闲三种功能要素间的复合度要整体强于其各自与居住功能的复合。③ 以单一功能为主、多功能兼容的综合型复合是街道尺度功能复合的主要表现形式;各功能要素中,休闲、商业功能具有较强的兼容性。④ 城市功能复合的空间异质性特征显著,土地价格、休闲要素数量是造成多功能复合分异的主要原因;分类型复合中,各解释因子影响力度表现各异。

关键词: 城市多样性;功能复合;影响因素;POI数据;地理探测器;长春

DOI: 10.11821/dlj020170705

1 引言

20世纪90年代以来,信息技术的快速发展和普及对城市与区域的社会经济活动及其空间过程产生了深刻的影响^[1]。功能空间作为城市空间的核心内容,在信息技术的影响下,其内涵发生了巨大的变化。信息技术创造的虚拟空间使得居住、办公、休闲等城市功能在区位选择、地域布局上更具有弹性,而部分城市功能的虚拟化,也使得物质场所具有了更多的功能选择^[2]。在传统城市功能空间的重构中,多功能要素的复合化已成为当前城市空间发展的重要趋势。

多样性作为城市生活的魅力所在,是城市保持生机的动力,是实现城市宜居环境、独特风貌及经济竞争力的重要方面,其产生与城市功能复合紧密相关^[3]。雅各布斯认为大城市的多样性是自然天成的,要在城市或者街区发生丰富的多样性,四个条件不可缺少:基本功能复合,街段短,建筑多样,人流密度高^[4](图1)。作为城市多样性思想的核心要义,雅各布斯认为城市的首要、次要功能要在服务时间、服务对象等方面具有互补性,才能有助于人们接触、交往,增加城市的宜人气氛和安全感,且能有效利用城市

收稿日期: 2017-07-27; 修订日期: 2018-08-11

基金项目: 国家自然科学基金项目(41630749, 41801153); 中国博士后科学基金项目(2017M621190)

作者简介: 浩飞龙(1989-),男,甘肃庆阳人,博士,讲师,研究方向为城市地理与城乡规划。

E-mail: haofl587@nenu.edu.cn

通讯作者: 王士君(1963-),男,吉林长春人,博士,教授,研究方向为城市地理、城市与区域规划。

E-mail: wangsj@nenu.edu.cn

公共设施,为企业带来更多的顾客^[4]。1977年《马丘比丘宪章》的发表促进了功能复合理论的研究与发展,之后学者们围绕这一概念作了深入的讨论。美国城市土地学会(Urban Land Institute)认为城市功能复合是指在城市中一定空间或者时间范围内掺杂有两种或两种以上的城市功能^[5]。黄莉等也指出城市功能复合是不同经营业态、功能布局、土地使用方式、空间形态混合的结果,是多种城市功能在一定空间和时间范围内的兼容状态^[6,7]。可以看出,城市功能复合是各种密切相关且相互影响的城市功能要素在一定时间、空间范围内的组合联系,具有集聚和差异的特征,表现为一定的规模和密度的同时,不同功能间又存在着相互关联。

作为城市规划学和地理学近30年来持续关注的热点议题,西方学者对功能复合的研究经历了从运用不同学科的知识来研究复合功能开发的具体问题,到将复合功能作为各种城市理论来解决城市、社会经济问题的重要策略的转变。主要研究内容包括三个方面:①有关城市地区复合功能利用与开发的理论探讨;②结合不同城市理论来探讨复合功能开发的作用及意义^[8,9];③从实践角度对复合功能开发的政策法规、商业运作过程及项目可行性评价等探讨^[10]。近10年来,以“精明增长”“新城市主义”“紧凑城市”为代表的西方城市规划理念均认为复合功能开发是解决城市交通拥堵、通勤时间过长、空间污染、职住不平衡等多种问题的重要手段^[11]。但由于城市化发展背景的差异,和西方去工业化进程和紧凑城市建设中的功能复合不同,中国的城市发展采取了工业的“功能分区”策略,涌现了很多大尺度、单一功能的新建区,为城市功能复合发展带来了挑战。整体来看,当前国内有关复合功能的研究仍处于起步阶段,主要集中在对国外相关理论和实践的介绍,实证研究多以城市中心区、商业区、混合居住社区等微观尺度功能复合开发策略及政策探讨为主^[12-15],对宏观、中观尺度的功能复合关注不足,缺乏对功能复合整体特征及驱动机制方面的研究。

在东北振兴的政策驱动下,近十年来长春市城市功能空间发生了深刻的变革。伴随城市“退二进三”政策的实施,城市功能要素在更大的空间范围内实现了集聚与扩散,而在城市用地的功能演替中,多功能要素的复合化已成为城市空间发展的重要趋势。但同时,长春市也面临着“单中心”的圈层式扩张、交通拥挤、功能空间紊乱等城市问题。基于以上背景,本文在探讨多样性视角的城市功能复合内涵的基础上,结合长春市的实证研究,揭示城市街道尺度多功能要素的复合特征及其空间分异的驱动因素,以期深化城市功能复合研究内容,为科学引导长春市城市功能要素空间布局和产业结构优化提供依据。

2 研究方法 with 数据来源

2.1 研究区概况与数据来源

长春市地处中国东北平原核心腹地,是长吉图开发开放先导区和哈长城市群的核心城市,也是哈(哈尔滨)大(大连)经济带和中蒙俄经济走廊的重要节点。本文研究范

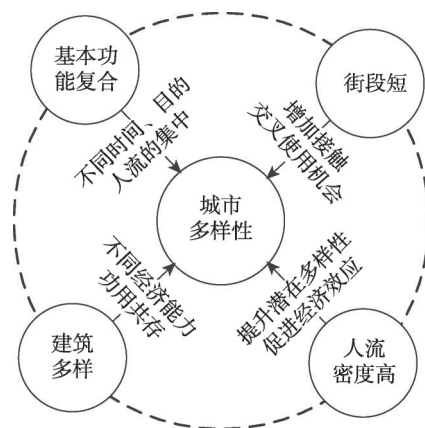


图1 产生城市多样性的必要条件

Fig. 1 The necessary conditions for urban diversity

围为长春市中心城区,包括朝阳、南关、宽城、绿园、二道5个建制区和高新、净月、经开、汽开4个国家级开发区(图2)。长春市中心城区空间形态总体呈团块状布局,并表现出沿对外交通联系通道呈“指状”蔓延的趋势。

城市功能复合开发往往以土地混合利用作为主要表现形式,但由于国内相关土地分类标准缺乏对混合类用地的明确规定,且传统用地数据获取的主要方式为遥感影像解译,很难对城市用地类型进行详细划分,使现有的功能复合研究基本上以居住、工业、商服和交通四类用地为主^[16-18]。近年来,随着互联网地图与位置服务技术的快速发展及广泛应用,以POI(Point of Interest)数据、手机信令数据、GPS轨迹数据等为代表的地理空间大数据逐渐成为城市空间研究的重要数据源,而基于POI数据的城市功能空间研究也成为当前的热点^[19-23]。和传统土地利用数据相比,POI数据易于获取、识别精度高、覆盖面广等特点使得对城市功能要素的分类更加细致,对单一地块内部多功能复合利用的研究也更为精确。

研究所采用的POI数据主要借助于第三方网络数据爬取工具从百度地图及腾讯地图开放平台获取^①,数据获取时间为2016年5月。结合城市功能空间的内涵、POI数据的特点及长春市城市功能空间的发展情况,研究主要选取居住、办公、商业、休闲四类功能要素进行分析。通过对获取的初始数据的纠偏、空间匹配、去重及类别筛选之后,共获得有效POI数据77602个,各功能要素类型及所含POI子类如表1所示。考虑到中国城市行政管理体制的差异及数据的可获取性,选择街道辖区范围作为复合功能分析的基本空间单元。中国一些大城市街道办事处管辖的人口一般在3万~5万人,是城市“街道社区”建设与管理的的基本单元,复合功能是该尺度的主要表现形式。

2.2 研究方法

2.2.1 区位熵指数(Location Quotient) 在产业结构研究中,常运用区位熵指标来分析区



图2 研究区域概况
Fig. 2 Overview of the study area

表1 各功能要素POI数据类别、数量及占比

Tab. 1 Types, numbers, and proportions of POI data

功能要素类型		POI子类	POI数量(个)	比例(%)
居住功能	房产小区/住宅楼		19789	25.50
办公功能	政府机关、传媒机构、外国机构、社会团体、公检法机构、工商税务机构、科研机构、银行金融、公司企业、工厂等		19961	25.72
商业功能	便利店、小商品市场、超市、综合商场、烟酒专卖店、农贸市场、服饰鞋包、化妆品、礼品、钟表、眼镜、体育户外、自行车专卖、花卉店、古玩字画、图书音像、珠宝饰品店、文化用品、诊所、药房药店、摩托车及配件销售、汽车销售、汽车配件销售、五金零售、二手车交易市场、数码家电、家具家居建材等		33441	43.09
休闲功能	电影院、迪厅、剧场、音乐厅、酒吧、茶馆、KTV、游乐场、网吧、健身会馆、游戏厅、棋牌室、采摘园、垂钓园、咖啡厅、洗浴、体育馆、桌球馆、养生休闲、足疗		4411	5.69

① 数据主要来源于百度地图,并进一步获取了腾讯地图的POI数据进行数据的校验、补充和完善。获取地址分别为: <http://lbsyun.baidu.com/> (百度地图), <http://lbs.qq.com/> (腾讯地图)。

域主导产业的专业化率,其值越大,说明产业的集中度越高,专业化水平越高,产业的优势越强^[24]。本文采用区位熵指标来分析各功能要素类型在街道中的地域集中程度,其值越大说明街道内该功能要素专业化程度越高,该方法有助于识别各街道功能复合的差异性特征。计算公式如下:

$$Q = e_{K-A} / e_K \quad (1)$$

式中: Q 为区位熵; e_{K-A} 为街道 K 中功能类型 A 的要素数量与整个区域内功能类型 A 的所有要素总数的比值; e_K 为街道 K 中总的要素数量与整个区域中所有要素数量的比值。基于以往研究经验, $Q > 1$, 则表明该区块的行业专业化程度高于区域的平均水平; $Q > 1.5$, 则表明该区块的行业专业化程度在整个区域具有显著优势, 发展较为成熟。

2.2.2 信息熵指数 (Entropy Index) 在基于土地利用数据的城市功能复合研究中, 信息熵指数得到学者的广泛应用^[25,26]。因此, 借鉴其对土地利用复合度的计算方法, 将各土地利用类型面积占比近似的转换为各类型功能要素数量占比进行计算。计算公式如下:

$$EI_i = \frac{-\sum_{k=1}^k (P_{k,i}) \ln(P_{k,i})}{\ln(k,i)} \quad (2)$$

$$P_{k,i} = \frac{x_k}{\sum_{k=1}^k x_k} \quad (3)$$

式中: EI_i 为功能复合度; k 为功能要素类型数量; $P_{k,i}$ 表示第 k 种功能要素在街道 i 中的数量占比; x_k 为第 k 类功能要素的数量。 EI_i 的取值区间在 0~1 之间, 其大小反映了街道不同功能要素的复合程度, 值越大表示街道功能要素分配越均衡, 功能复合程度越高; 值越小表示街道的功能要素分配越单一, 功能复合程度较低。考虑到各功能要素 POI 数据数量级的差异会对功能复合的结果产生影响, 对原始数据进行离差标准化处理。

2.2.3 地理探测器 (GeoDetector) 地理探测器是探测空间分异性及揭示其背后驱动力的一组统计学方法, 能够较好的表达同一区域内的相似性和不同区域之间的差异性^[27]。最早应用于健康风险评估领域, 通过衡量疾病与可能的风险因子在空间分布上的一致性程度, 来揭示疾病与风险因子之间的关系^[28,29], 之后在分析地理要素分布格局演变和地域空间分异等方面应用也非常广泛^[30,31]。计算公式如下:

$$q = 1 - \frac{1}{n\sigma^2} \sum_{h=1}^L n_h \sigma_h^2 \quad (4)$$

式中: n 为研究区全部样本数; σ^2 为整个区域 Y 值的离散方差; $h=1, 2, \dots, L$; h 为变量 Y 或因子 X 的分区; L 表示分区数目; q 为某指标的空间异质性, 值域范围为 [0, 1], 其值越大说明 Y 的空间分异性越明显。若分区是由自变量 X 生成的, 则 q 值越大表示自变量 X 对属性 Y 的解释力越强, 反之则越弱; q 值表示 X 对属性 Y 空间分异的解释程度 (100× $q\%$)。

3 长春市城市复合功能特征

3.1 功能要素集中度特征

以长春市各街道作为基本空间单元, 基于 ArcGIS 软件的连接 (Join) 功能, 分别统计各街道内部四类功能要素的数量、占比及总和。然后, 利用公式 (1) 计算各类功能要素的区位熵值, 各街道单元功能要素数量等级及区位熵值分布如图 3 所示。整体来看, 城市街道尺度大部分单元内均含有四类功能要素, 说明复合功能是该尺度城市功能要素分布的主要表现形式。从各街道功能要素的集中程度来看, 各类型功能要素均形成一定的地域专业化功能区 ($q > 1.5$), 但各区块间的功能专业化程度存在较大差异。

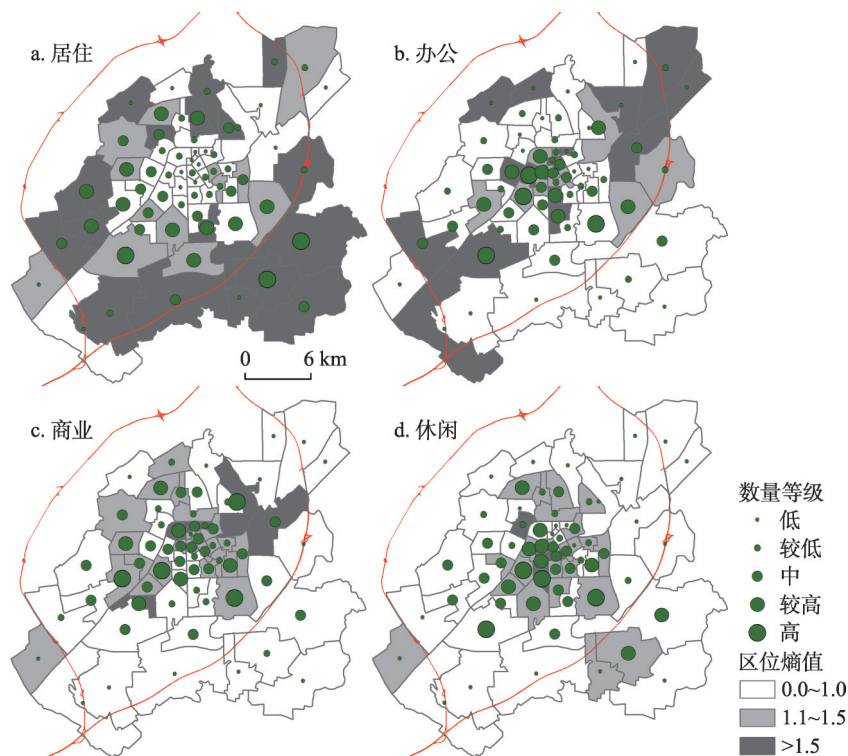


图3 长春市各街道单元功能要素数量等级及区位熵分布

Fig. 3 Distribution of location entropy and quantitative grade of POI data at street scale in Changchun

具体来看,居住功能在城市边缘区域的大部分街道高度集聚,并形成专业化功能区,结合中心区的低数量等级特征,说明城市居住功能区正逐渐向城市边缘区扩散。从复合功能的形成来看,中心区的高地租对投资收益相对较低的居住功能形成了挤压。办公功能优势区与城市空间扩展方向总体一致,呈现东北—西南向的分布态势。也说明该方向的产业技术开发区已成为城市办公业外围扩散的主要集中区。同时,人民广场的传统城市CBD区域,也形成了办公专业化功能区。商业、休闲功能主要的优势区块集聚在城市中心区域,且数量相对较少,说明这两类功能要素的集中程度相对较低。各功能要素的数量等级分布与区位熵值分布表现出较强的一致性,说明数量等级越高的区块,功能要素的集中度越高,功能要素的优势越显著。从各区块功能差异来看,城市功能要素的空间分布呈现明显的中心—外围特征,居住、办公功能的空间离散性特征较为显著,而休闲、商业的中心性特征较为显著。

3.2 功能要素复合度特征

城市功能的复合度反映了各街道单元功能要素分布的均衡性及协调程度。采用信息熵指数方法,测度长春市各街道单元的多功能要素复合度。整体来看,功能要素复合度的“核心—边缘”空间分异特征显著。复合度较高的区域主要集中在城市二环、三环范围,城市一环内区域即城市传统核心区复合度较低,外围开发区及产业区也表现出低复合度特征(图4)。以人民广场为中心的城市传统CBD区域开发历史较长,各类型功能要素多样,但随着城市“退二进三”政策的引导及中心城区的进一步开发,居住、办公类功能逐渐向城市外围区域疏散,商业休闲类功能要素逐渐占据主导,功能复合度降低。从各功能要素间的复合情况看,居住功能要素与办公、商业、休闲功能的复合空间分布

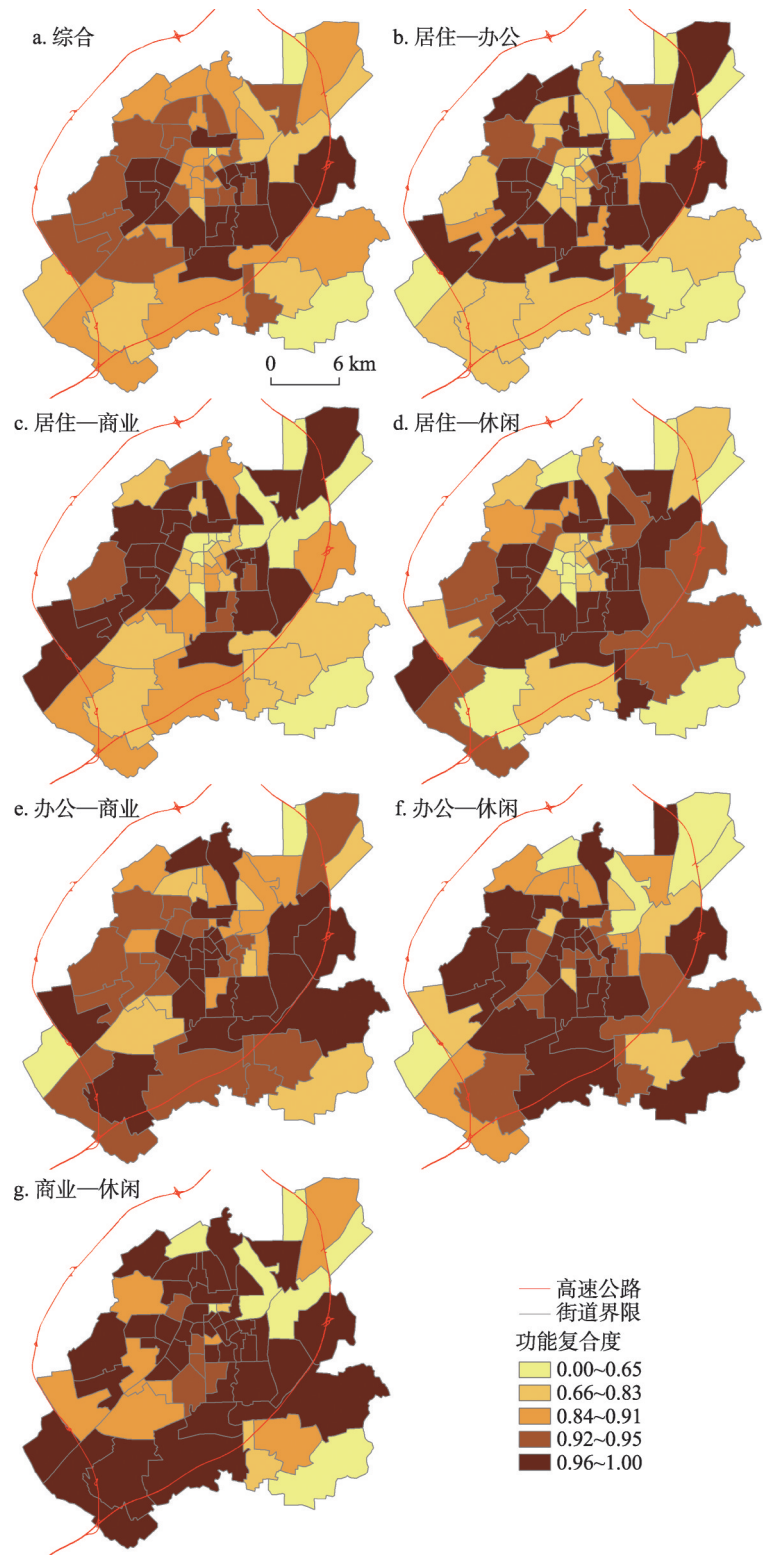


图4 长春市各街道单元多功能要素复合度分布

Fig.4 Distribution of the degrees of mixed use at street scale in Changchun

具有一致性,城市外围居住功能高度集中的区域,其与其他功能复合度亦较高,也说明在此类型的复合中居住功能占据主导。同时,也可以看出城市外围区高数量等级、高集中度的街道更易形成功能要素的均衡分布。办公、商业、休闲三者功能要素的复合度整体较高,其复合度显著高于各自与居住功能的复合;中心区高数量等级的区块均表现出较高的复合度特征,而部分城市边缘区低数量等级的区块也表现出较高的复合度,可见功能复合受功能要素数量规模影响较小,其更多反映的是功能要素的相对协调均衡分布。

3.3 功能要素兼容性特征

城市功能复合度只能反映各功能要素整体的均衡性,并不能确定复合功能中哪一种功能更具有优势。为了更好地反映功能复合的差异性及各功能要素间的兼容性,基于功能要素区位熵的测度,分别统计各街道中有两种及以上功能要素区位熵值均大于1、均大于1.5和仅一种功能要素大于1.5的街道数量。结果显示,仅有4个街道表现出居住—办公、办公—商业的成熟复合(Q 值均大于1.5),有46个街道表现出以单一功能要素为主的综合型复合,说明以单一功能为主、多种功能要素兼容的综合型复合是街道尺度功能复合的主要表现形式。从统计结果来看,单功能综合型复合中,以居住、办公功能为主的功能复合街道居多,商业综合型、休闲综合型相对较少(图5a)。

在所有功能要素发展水平均高于区域平均水平的复合中(Q 值均大于1.0),居住与休闲、办公及商业功能复合的街道数量分别为10个、6个、8个,说明休闲与居住功能相互作用较强,二者间的兼容性相对较高,办公、商业相对次之(图5b)。办公功能虽然具有较高的投资回报率,但其对区域环境的要求较高,从结果来看,其与商业、休闲功能表现出较强的兼容性;与居住功能的作用强度较弱,说明二者间的排斥性较强。有16个街道表现出商业与休闲功能的高兼容特征,说明二者之间的兼容性较好。整体来看,休闲、商业功能要素与其他功能要素之间的作用强度均比较高,在复合功能开发中引入二者对多功能要素的地块开发具有积极的作用。

4 长春市功能复合空间分异成因探测

4.1 影响因素集构建

城市功能复合是不同规模、密度的功能要素在一定空间范围内的共存关系,其受功能要素自身属性与外部环境的影响。对功能要素复合度的分析主要从功能要素综合复合度和各不同类型功能复合度两方面考虑;对功能要素复合度影响因素的选择分内部因素和外部因素。内部因素,即各类型功能要素的数量和街道功能要素总量;外部因素包括人口密度、路网密度、道路交叉口数量和土地价格^[32]。基于城市多样性的理论内涵,一定密度的人口有助于提升街区活力,产生各种功能需求,丰富区域多样性;而短小的街道和便利的道路交通条件能够为居民的功能联系与功能交互创造机会,有助于生发多样性。同时,不同类型功能要素能够负担的土地价格不同,因而其区位选择受地价影响显著。各类型变量具体定义如表2所示。

4.2 影响因素探测结果

基于GeoDetector地理探测器模型,分别测度功能要素综合复合度及不同类型功能复合度的 q 值,以此来探讨功能要素的空间分异性。结果显示:多功能要素的综合复合度 q 值为0.93,且显著通过检验,说明多功能要素的空间复合异质性特征显著,各区块间有明显差异。进一步测度不同类型功能复合度的 q 值,结果从大到小依次为办公—商业(0.98)、商业—休闲(0.85)、居住—休闲(0.85)、居住—办公(0.83)、办公—休闲

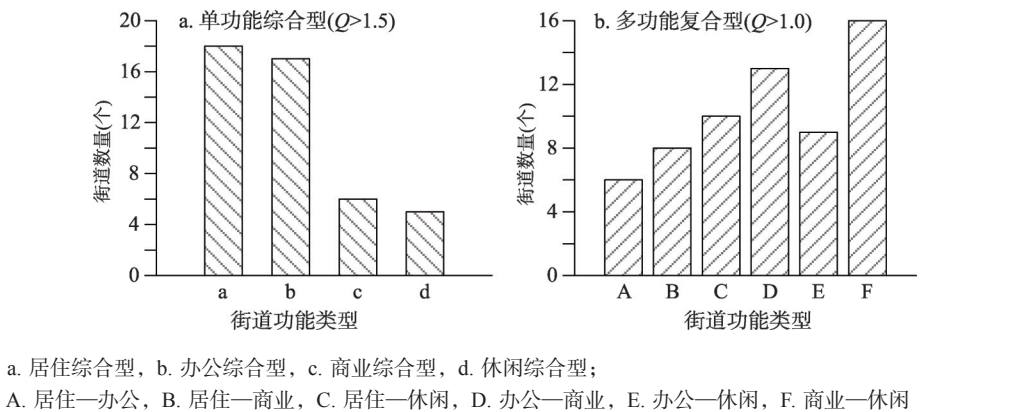


图5 各功能要素复合类型数量特征

Fig. 5 The quantitative characteristics of mixed use of different types

表2 功能复合空间分异的影响因素及定义

Tab. 2 Determinants and definition of the spatial distribution of the degrees of mixed use

变量	编码	变量设定	均值
因变量			
综合复合度	Y_1	多功能要素的综合复合度	0.90
各类型复合度	Y_n	不同类型功能要素间的复合度	
自变量			
功能要素总量	X_1	各街道四类功能要素的总数量(个)	1232
居住要素数量	X_2	各街道居住要素数量(个)	314
办公要素数量	X_3	各街道办公要素数量(个)	317
商业要素数量	X_4	各街道商业要素数量(个)	531
休闲要素数量	X_5	各街道休闲要素数量(个)	70
人口密度	X_6	街道平均人口密度(万人/km ²)	1.42
土地价格	X_7	商业土地基准地价, 共划分为8级	4.48
路网密度	X_8	街道平均路网密度(km/km ²)	15.07
道路交叉口数量	X_9	各街道范围内道路交叉口数量(个)	92

(0.80)、居住—商业 (0.78)。整体来看, 各类型功能要素的复合均表现出显著的空间异质性特征, 且办公—商业复合度空间差异最大, 居住—商业复合度空间差异最小。为进一步测度功能要素复合空间分异的影响因素, 分别计算各影响变量对不同类型复合的影响因子决定力 q 值 (表3)。

可以看出, 土地价格 (X_7)、休闲要素数量 (X_5) 变量是造成多功能要素复合空间分异的主要原因, 其次为人口密度 (X_6)、路网密度 (X_8) 及商业要素数量 (X_4)。功能复合是不同经济能力功用的共存, 不同类型的功能要素可承受的土地价格差异较大, 商业、休闲类要素地价承受能力较高, 办公、居住承租能力相对较弱。受土地价格影响, 承租能力较高的功能要素多倾向在市中心布局, 而承租能力差的功能要素多选择城市边缘区布局。可见, 土地价格对复合功能的塑造具有重要的影响。休闲要素变量的强影响力进一步说明其具有较高的兼容性特征, 在复合功能开发中具有较为积极的促进作用。整体来看, 在城市多样性的理论框架下, 除道路交叉口数量变量以外, 其他必要条件均对复

表3 功能复合度影响因子探测结果 (*q* 值)

Tab. 3 Detection results of the influencing factors of the degrees of mixed use (*q* value)

因变量 <i>Y</i>	<i>X</i> ₁	<i>X</i> ₂	<i>X</i> ₃	<i>X</i> ₄	<i>X</i> ₅	<i>X</i> ₆	<i>X</i> ₇	<i>X</i> ₈	<i>X</i> ₉
综合	0.14	0.13	0.10	0.15	0.25	0.15	0.28	0.15	0.09
居住—办公	0.17	0.23	0.06	0.13	0.17	0.10	0.27	0.18	0.09
居住—商业	0.11	0.19	0.04	0.11	0.18	0.09	0.24	0.17	0.06
居住—休闲	0.06	0.21	0.03	0.07	0.10	0.07	0.40	0.26	0.10
办公—商业	0.19	0.02	0.13	0.14	0.06	0.11	0.15	0.06	0.13
办公—休闲	0.15	0.15	0.11	0.08	0.14	0.17	0.49	0.20	0.35
商业—休闲	0.14	0.09	0.07	0.09	0.21	0.16	0.22	0.11	0.13

合功能的产生具有显著的影响,说明其均有助于生发多样性。

从各分类型复合度影响因素的探测结果来看,居住—办公、居住—商业及居住—休闲类型的复合中,居住要素的数量、土地价格、路网密度变量对其复合度空间分异的影响力要显著高于其他变量,休闲要素数量、商业要素数量变量影响程度次之,其他变量影响不显著。办公—商业要素复合中,功能要素总量、土地价格变量影响较为突出。办公—休闲要素复合中,土地价格、路网密度及道路交叉口数量变量具有显著的影响力,其他变量影响力较弱。商业—休闲要素复合中,休闲要素数量、土地价格、人口密度变量影响力较高。整体来看,各内部因素中,居住要素数量与休闲要素数量影响力要明显高于其他变量,说明二者能够有效的促进其与其他功能要素复合。而外部因素中,土地价格变量在各类型的复合中均具有显著的影响力,说明其是城市功能复合空间分异的主要原因。作为各类功能要素和居民联系的载体,路网密度变量影响力仅次于土地价格,说明良好的道路交通条件能够有效促进功能复合。而人口密度、道路交叉口数量变量影响力较低,进一步说明二者对复合功能产生的促进作用较弱。

5 结论与讨论

以长春市中心城区为例,在城市多样性的理论框架下,分析了城市居民所在的小尺度单元——街道的功能复合特征及其空间分异的成因,以期揭示城市多功能要素复合的内在驱动因素。主要结论如下:

(1) 从长春市各功能要素的集中程度来看,各类型要素均形成了专业化的功能集聚区,但各区块间功能要素的专业化程度存在较大差异。功能要素的集中度分布与要素数量等级分布总体一致,整体呈现中心—外围的分布特征。

(2) 功能要素复合度的“核心—边缘”空间分异特征显著,居住功能要素与办公、商业、休闲功能的复合空间分布具有一致性,城市外围居住功能高度集中的区域,其与其他功能复合度亦较高;办公、商业、休闲三者功能要素的复合度整体较高,其复合度显著高于各自与居住功能的复合。

(3) 以单一功能为主、多功能兼容的综合型复合是街道尺度功能复合的主要表现形式;具体以居住、办公功能为主的综合型复合街道较多,以商业或者休闲为主的综合型复合较少。各类型功能要素间,休闲、商业功能与其他各功能的相互作用程度最高,在四类功能要素中具有较强的兼容性。

(4) 城市功能复合的空间异质性特征较为显著,各复合类型中,办公—商业复合度

的空间异质性最大,居住—商业复合度的空间异质性最小。综合复合度中,土地价格、休闲要素数量是造成功能复合分异的主要原因;商业要素数量、功能要素总量、人口密度、路网密度影响力相对较弱,但其均有助于复合功能的形成。分类型复合度中,各因子影响程度存在较大差异,除土地价格变量以外,其他影响因子针对不同类型的功能复合影响力度表现各异。

总体来看,本文具有以下几方面的特点:①和以往微观步行或建筑尺度的功能复合探讨不同,基于街道尺度的功能复合,注重了对多功能要素复合整体特征的把握,并对功能复合集聚及差异的内涵特征进行了深入剖析。②基于多样性的理论框架,在探讨复合度整体特征的基础上,通过引入地理探测器模型,定量化的验证了城市多样性产生的必要条件在促进多功能要素复合中的作用。③区别于以往基于土地利用数据的功能复合研究,获取的POI数据实现了对城市功能要素的精准识别,弥补了以往用地数据对混合类用地体现不足的缺点,实现了对多功能要素复合的精细化研究。本文的主要分析结论为城市街道尺度的功能复合研究提供了新的思路,在促进城市功能复合开发等方面具有积极意义。但由于POI地理大数据自身属性的不足,如缺失创建时间、网点规模等,使得对功能要素复合的时空演化特征探讨较为困难。另外,由于数据自身属性的限制,主要关注了居住、办公、商业、休闲四类功能要素,缺乏对其他功能要素的关注,需要在未来进一步结合其他互联网开放数据深入探索。

参考文献(References)

- [1] 宋周莺,刘卫东.信息时代的企业区位研究.地理学报,2012,67(4): 479-489. [Song Zhouying, Liu Weidong. The challenge of wide application of new information and communication technologies to traditional location theory. *Acta Geographica Sinica*, 2012, 67(4): 479-489.]
- [2] 魏宗财,甄峰,席广亮,等.全球化、柔性化、复合化、差异化:信息时代城市功能演变研究.经济地理,2013,33(6): 48-52. [Wei Zongcai, Zhen Feng, Xi Guangliang, et al. Globalization, flexibility, composition, differentiation: Study on the evolution of urban functions in the information age. *Economic Geography*, 2013, 33(6): 48-52.]
- [3] 仇保兴.紧凑度与多样性:中国城市可持续发展的两大核心要素.城市规划,2012,36(10): 11-18. [Qiu Baoxing. Compactness and diversity: Two core elements of sustainable urban development in China. *City Planning Review*, 2012, 36(10): 11-18.]
- [4] 简·雅各布斯.美国大城市的死与生.金衡山译.南京:译林出版社,2006. [Jane Jacobs. *The Death and Life of Great American Cities*. Translated by Jin Hengshan. Nanjing: Yilin Press, 2006.]
- [5] ULL, Urban Land Institute. *Mixed-use Development Handbook*. 2nd ed. USA: Urban Land Institute, 2003.
- [6] 黄莉.城市功能复合:模式与策略.热带地理,2012,32(4): 402-408. [Huang Li. Mixed land use for urban development: Models and strategies. *Tropical Geography*, 2012, 32(4): 402-408.]
- [7] 陈楠,陈可石,崔莹莹.城市中心区的小单元功能混合发展模式:伦敦中央活动区模式的启示.国际城市规划,2016,31(3): 56-62. [Chen Nan, Chen Keshi, Cui Yingying. The development model of mixed use in city small unit of central urban district: The enlightenment of London CAZ. *Urban Planning International*, 2016, 31(3): 56-62.]
- [8] Barnett J. *Smart Growth in a Changing World*. Chicago: Planners Press, 2007.
- [9] Jones P, Roberts M, Morris L, et al. *Rediscovering Mixed-use Streets: The Contribution of Local High Streets to Sustainable Communities*. Bristol: Policy Press, 2007.
- [10] ODPM, Office of the Deputy Prime Minister. *Mixed Use Development: Practice and Potential*. London: Office of the Deputy Prime Minister, 2002.
- [11] 党云晓,董冠鹏,余建辉,等.北京土地利用混合度对居民职住分离的影响.地理学报,2015,70(6): 919-930. [Dang Yunxiao, Dong Guanpeng, Yu Jianhui, et al. Impact of land-use mixed degree on resident's home-work separation in Beijing. *Acta Geographica Sinica*, 2015, 70(6): 919-930.]
- [12] 黄毅.城市混合功能建设研究.上海:同济大学博士学位论文,2008. [Huang Yi. A study of urban mixed-use development in theory and practice: the case of Shanghai. Shanghai: Doctoral Dissertation of Tongji University, 2008.]
- [13] 陈映雪,甄峰.基于居民活动数据的城市空间功能组织再探究:以南京市为例.城市规划学刊,2014,(5): 72-78. [Chen Yingxue, Zhen Feng. Further investigation into urban spatial function organization based on residents' activity da-

- ta: A case study of Nanjing. Urban Planning Forum, 2014, (5): 72-78.]
- [14] 郑红玉, 吴次芳, 郑盛, 等. 空间一致性视角下的城市紧凑发展与土地混合利用研究. 中国土地科学, 2016, 30(4): 35-42. [Zheng Hongyu, Wu Cifang, Zheng Sheng, et al. The spatial consistency between compact city and mixed land use development: A case study of Shanghai. China Land Sciences, 2016, 30(4): 35-42.]
- [15] 湛丽, 张文忠, 李业锦, 等. 北京城市居住空间形态对居民通勤方式的影响. 地理科学, 2016, 36(5): 697-704. [Chen Li, Zhang Wenzhong, Li Yejin, et al. Residential form in Beijing and its impact on residents' commuting mode choice. Scientia Geographica Sinica, 2016, 36(5): 697-704.]
- [16] 张梦竹, 周素红. 城市混合土地利用新趋势及其规划控制管理研究. 规划师, 2015, 31(7): 42-48. [Zhang Mengzhu, Zhou Suhong. Mixed land use trend and planning management. Planners, 2015, 31(7): 42-48.]
- [17] 林红, 李军. 出行空间分布与土地利用混合程度关系研究: 以广州中心片区为例. 城市规划, 2008, 32(9): 53-56. [Lin Hong, Li Jun. Relationship between spatial distribution of resident trips and mixed degree of land use: A case study of Guangzhou. City Planning Review, 2008, 32(9): 53-56.]
- [18] 周国磊, 李诚固, 张婧, 等. 2003 年以来长春市城市功能用地演替. 地理学报, 2015, 70(4): 539-550. [Zhou Guolei, Li Chenggu, Zhang Jing, et al. Transition of urban functional land in Changchun from 2003. Acta Geographica Sinica, 2015, 70(4): 539-550.]
- [19] Jiang Shan, Alves Ana, Rodrigues Filipe, et al. Mining point of interest data from social networks for urban land use classification and disaggregation. Computers, Environment and Urban Systems, 2015, 53(9): 36-46.
- [20] Liu Xingjian, Long Ying. Automated identification and characterization of parcels with open street map and points of interest. Environment and Planning B: Planning and Design, 2016, 43(2): 341-360.
- [21] 浩飞龙, 王士君, 冯章献, 等. 基于 POI 数据的长春市商业空间格局及行业分布. 地理研究, 2018, 37(2): 366-378. [Hao Feilong, Wang Shijun, Feng Zhangxian, et al. Spatial pattern and its industrial distribution of commercial space in Changchun based on POI data. Geographical Research, 2018, 37(2): 366-378.]
- [22] 陈世莉, 陶海燕, 李旭亮, 等. 基于潜在语义信息的城市功能区识别: 广州市浮动车 GPS 时空数据挖掘. 地理学报, 2016, 71(3): 471-483. [Chen Shili, Tao Haiyan, Li Xuliang, et al. Discovering urban functional regions using latent semantic information: Spatiotemporal data mining of floating cars GPS data of Guangzhou. Acta Geographica Sinica, 2016, 71(3): 471-483.]
- [23] 王芳, 高晓路, 许泽宁. 基于街区尺度的城市商业区识别与分类及其空间分布格局: 以北京为例. 地理研究, 2015, 34(6): 1125-1134. [Wang Fang, Gao Xiaolu, Xu Zening. Identification and classification of urban commercial districts at block scale. Geographical Research, 2015, 34(6): 1125-1134.]
- [24] 王辉, 张萌, 石莹, 等. 中国海岛县的旅游经济集中度与差异化. 地理研究, 2013, 32(4): 776-784. [Wang Hui, Zhang Meng, Shi Ying, et al. Concentration and differentiation of tourism economy in island counties, China. Geographical Research, 2013, 32(4): 776-784.]
- [25] Ruben Mercado, Antonio Paez. Determinants of distance traveled with a focus on the elderly: A multilevel analysis in the Hamilton CMA, Canada. Journal of Transport Geography, 2009, 17(1): 65-76.
- [26] Maoh Hanna, Tang Zhongyuan. Determinants of normal and extreme commute distance in a sprawled midsize Canadian city: Evidence from Windsor, Canada. Journal of Transport Geography, 2012, 25(11): 50-57.
- [27] 王劲峰, 徐成东. 地理探测器: 原理与展望. 地理学报, 2017, 72(1): 116-134. [Wang Jinfeng, Xu Chengdong. Geodetector: Principle and prospective. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(1): 116-134.]
- [28] Wang Jinfeng, Hu Yi. Environmental health risk detection with Geo-Detector. Environmental Modelling & Software, 2012, 33(7): 114-115.
- [29] Wang Jinfeng, Li Xinhui, Christakos G, et al. Geographical detectors-based health risk assessment and its application in the neural tube defects study of the Heshun region, China. International Journal of Geographical Information Science, 2010, 24(1): 107-127.
- [30] 刘彦随, 李进涛. 中国县域农村贫困化分异机制的地理探测与优化决策. 地理学报, 2017, 72(1): 161-173. [Liu Yansui, Li Jintao. Geographical detection and optimizing decision of the differentiation mechanism of rural poverty in China. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(1): 161-173.]
- [31] 董玉祥, 徐茜, 杨忍, 等. 基于地理探测器的中国陆地热带北界探讨. 地理学报, 2017, 72(1): 135-147. [Dong Yuxiang, Xu Qian, Yang Ren, et al. Delineation of the northern border of the tropical zone of China's mainland using Geodetector. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(1): 135-147.]
- [32] 浩飞龙. 多中心视角下的长春市城市功能空间结构研究. 长春: 东北师范大学博士学位论文, 2017. [Hao Feilong. Spatial structure of urban functions of Changchun in the perspective of polycentricity. Changchun: Doctoral Dissertation of Northeast Normal University, 2017.]

Geographic detection and multifunctional land use from the perspective of urban diversity: A case study of Changchun

HAO Feilong, SHI Xiang, BAI Xue, WANG Shijun

(School of Geographical Sciences, Northeast Normal University, Changchun 130024, China)

Abstract: Mixed and multifunctional land uses have been identified as an enabling way to promote urban vibrancy and yield socio-economic benefits. As a key strategy in New Urbanism and Smart Growth, mixed use has been widely accepted in urban planning for promoting urban vibrancy and sustainability. This study aims to reveal the differences in the spatial distribution characteristics of different types of mixed use and the influencing factors of their distribution in Changchun central district from the perspective of urban diversity. Based on the POI data in the central district of Changchun, this study focuses on four function categories: Residence, office, commerce, and leisure. Location quotient, entropy index, and Geodetector are used to explore the distribution features and influencing factors of mixed use in Changchun. Several conclusions are drawn as follows: (1) Mixed use is the major form of street scale function elements distribution, from the perspective of concentration. All types of elements form a functional gathering area of specialization, but there are large differences between the degrees of specialization. The distribution of concentration of functional elements shows consistent trends with the overall quantity distribution. (2) The degrees of mixed use performance of core-periphery spatial differences reflects that the degree of the core street area is higher than that of the external zone. The degrees of mixed use of office, commerce, and leisure is stronger than their mixture degree with residence. (3) The main features of mixed use at street scale are the mixed multi-functions compatible with each other. Among the various types of functional elements, leisure and commercial elements have a higher degree of interaction with others, which means that they have a strong compatibility, with the positive effect on mixed use. (4) The spatial heterogeneity of the degrees of mixed use is significant. The primary determinants of the spatial distribution of mixed use include: land price, number of leisure elements and commercial elements. The total number of functional elements, the density of population and the density of road network variables show a weak influence on the differentiation of multifunctional land use. Except that the land price varies, other influencing factors behave differently in the by-type mixed use impact mechanism.

Keywords: urban diversity; mixed use; influencing factor; POI; Geodetector; Changchun