

DOI: 10.5846/stxb202006051463

李志强,周伟奇.街区尺度城市内部动态度的量化——以深圳市为例.生态学报,2021,41(6):2180-2189.

Li Z Q, Zhou W Q. Quantifying within-city landscape dynamics at the block level: a case study of Shenzhen. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(6): 2180-2189.

街区尺度城市内部动态度的量化 ——以深圳市为例

李志强^{1,2}, 周伟奇^{1,2,3,*}

1 中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085

2 中国科学院大学, 北京 100049

3 中国科学院生态环境研究中心北京城市生态系统研究站, 北京 100085

摘要:城市动态度反应城市土地利用/土地覆盖动态变化的剧烈程度,对其进行量化是理解城市景观变化和进行城市生态空间监管的基础。现有研究主要聚焦城市扩张引起的特定地类(如人工表面、植被等)的动态变化,缺乏对城市内部精细尺度上(如街区尺度)景观动态的研究。以深圳市为例,首先利用多等级道路数据划分街区,进而基于高分辨率卫星影像解译的土地覆盖数据,利用土地利用动态度和土地利用强度指数量化街区尺度城市内部动态度。研究表明:(1)深圳市城市内部动态度较高,2017—2018年期间,14.93%的街区发生了不同程度的变化,热点区域主要分布在南山区、宝安区、盐田区等。(2)街区的变化包括多种地类的转变,其中,林地转变为裸土最为常见,占比为12.59%。由城市更新引起的地类变化也较普遍,如其他不透水地表向裸土的转移和建筑到裸地的转变分别为6.20%、5.59%。此外,深圳市街区的土地利用强度也存在较大差异,表现为土地利用强度增加的街区多分布在城市外围,而土地利用强度降低的街区则多分布在城市内部。(3)街区动态度与街区大小之间呈现非线性关系,街区动态度随着街区面积的增大,先急剧下降,后趋于平缓。本研究揭示了深圳市城市内部街区尺度上土地覆盖的动态变化特征,可为城市规划和生态空间管理提供科学支撑。

关键词:动态度;街区尺度;城市内部;城市监管

Quantifying within-city landscape dynamics at the block level: a case study of Shenzhen

LI Zhiqiang^{1,2}, ZHOU Weiqi^{1,2,3,*}

1 State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3 Beijing Urban Ecosystem Research Station, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

Abstract: Urban landscapes are highly dynamic. Understanding the within-city dynamics in land cover and land use is important. Previous studies have largely focused on the changes of specific land use type (impervious surface, urban vegetation etc.) resulted from urban sprawl on large or medium scales. However, research on quantifying the urban dynamics on block scale is lacking. Taking Shenzhen as a case study area, this paper aims to use the land cover thematic maps interpreted from very high-resolution remote sensing images to quantify the urban dynamics within city at street block level. The results showed that: (1) there was high dynamics at street block level in Shenzhen, which was manifested as that

基金项目:国家自然科学基金面上项目(41771203);中国科学院A类战略性先导科技专项(XDA23030102);深圳市陆域生态调查评估(SZCG2018161498)

收稿日期:2020-06-05; 网络出版日期:2021-01-14

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wzhou@rcees.ac.cn

the blocks with dynamic changes account for 14.93%. The hotspots of degree of urban dynamics were distributed in Nanshan, Baoan and Yantian district. (2) The contribution of dynamic changes (CDC) was significantly different between different land use changes on block scale. For all blocks, the CDC of change from woodland to bare soil was the highest (12.59%). In addition, CDC of land use and land cover changes which mainly resulted from urban renewal was high. For example, CDC of changes from other impervious surface and building to bare soil were 6.20% and 5.59%, respectively. In addition, the land use intensity of different block was obviously different. The blocks with increased land-use intensity were mostly distributed in the periphery of the city, while the blocks with decreased land-use intensity were mostly distributed in the interior of the city. (3) The relationship between dynamics of block and block size was nonlinear. With the block size increasing, the dynamics of block decreased sharply and then the decreasing trend became flat. Our study revealed the characteristics of the land use dynamics at street block level in Shenzhen, and it would provide a reference for urban planning and ecological space management.

Key Words: degree of dynamics; street block level; within the city; urban monitoring and management

城市作为“社会-经济-自然”复合生态系统,其景观具有高动态度的特征^[1-3],具体表现为土地覆盖/土地利用在时间和空间两个维度上的高频变化^[4-5]。这种变化可能会带来环境质量的下降,如产生扬尘、噪声等,并降低城市生态系统的稳定性,影响城市生态系统服务,从而导致城市可持续发展能力下降^[6-7]。此外,城市内部高动态地区通常是城市生态系统的敏感区,也是城市监管的重点区域^[8]。因此,开展城市内部景观格局动态变化的定量化研究是理解城市生态系统演变规律以及城市监管和城市规划的基础^[9]。

城市化与城市发展对景观格局的影响,既包括城市扩张过程中对景观格局的影响,也包括城市内部更新产生的景观格局的动态变化。基于 Landsat 等中等分辨率遥感影像众多的学者在城市、区域,甚至全球尺度上研究了城市扩张引起的城市景观格局动态,揭示城市发展过程中建设用地的增长及其带来的农田、森林、草地和湿地等其他生态系统丧失的城市化影响^[10-13]。研究中通常假设城市内部土地变化都是从透水面转化为不透水面,且这种变化不可逆^[14-15]。但是,城市发展过程中,不仅存在城市空间的向外扩张,城市建成区也存在高度的动态变化^[5],只是这种内部动态受限于空间分辨率,基于中等分辨率的遥感影像的方法难以揭示^[9,16]。城市内部景观的高度异质性,需要采用更高空间分辨率的数据,在更精细的尺度,才能准确刻画^[16-17]。街区作为城市管理的基本单元,也是开展城市更新、内部填充等土地开发活动的基本单元^[18-19]。国际上,如美国等国家以街区尺度开展的研究相对较多,而中国由于城市街区尚未有明确的官方定义,街区的划分方法还有待统一^[18],使得在街区尺度上对城市内部动态度开展定量化的研究还十分罕见。

为揭示城市内部土地覆盖动态度变化的空间异质性,本研究以深圳市为例,利用多等级道路数据划分街区,基于高分辨率卫星影像解译的土地覆盖数据对街区尺度的土地覆盖动态度及其土地利用强度进行量化,以期回答如下3个科学问题:(1)深圳城市建成区街区尺度上土地覆盖变化的剧烈程度如何,其在空间上如何分布?(2)城市内部街区不同土地覆盖类别动态度及其土地利用强度有何差异?(3)街区的动态度与街区大小是否存在关联?回答上述问题,有助于深化对城市景观动态的认识,为城市景观动态的监测、管理以及城市规划提供科学支撑。

1 研究区

深圳市地处广东省南部,毗邻中国香港,位于东经 113°46′—114°37′,北纬 22°27′—22°52′之间,全市面积约为 1997 km²,是中国实施改革开放政策以来设立的第一个经济特区(图 1)。40 余年来,伴随着城市的飞速发展,深圳市土地覆盖也发生着高度动态变化。1979 年到 2017 年,深圳市建设用地从 26.49 km²增长到 946.14 km²,经历了 34 倍的城市增长^[20]。2010 年,深圳市颁布了《深圳市城市总体规划(2010—2020)》,控制外部增量,挖潜内部存量。2013 年深圳市的城市更新项目达 72 个,占地面积 5.45 km²,占深圳市建设用地面积的

0.63%^[21]。深圳城市空间增长开始逐渐由“摊大饼式”的快速扩张向“存量优化”的城市更新模式转变^[22]。因此,深圳市是研究城市内部动态量化的理想地点。

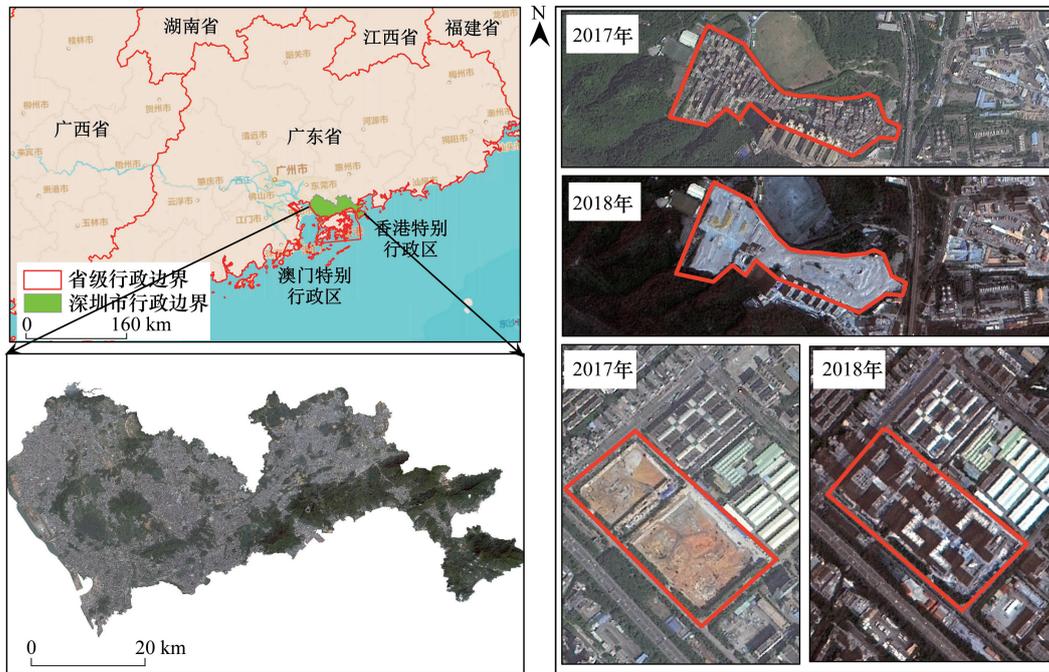


图1 研究区概况图

Fig.1 Summary of study area

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

研究基于 OpenStreetMap (<https://www.openstreetmap.org>) 下载的 2017 年 5 等级道路矢量作为划分深圳市街区的边界,不同等级道路分别为:高速公路 (motorway)、主干道 (trunk)、一级道路 (primary)、二级道路 (secondary)、和三级道路 (tertiary) (表 1)。为了刻画深圳市高时空动态特征,选取 2017、2018 年 SPOT 6 和 GF-1 号 (全色波段分辨率为 1.5 m,多光谱分辨率为 6 m) 高分辨率遥感影像解译的土地覆盖结果 (图 2),进行街区动态的量化。遥感影像土地覆盖解译结果的类别共有 9 类,分别为林地、草地、水体、建筑、在建用地、道路、其他不透水地表、裸土、农田。参考 Qian 等^[16]精度验证的方法,获得两期影像分类总体精度分别为 89.67% 和 90.67%。

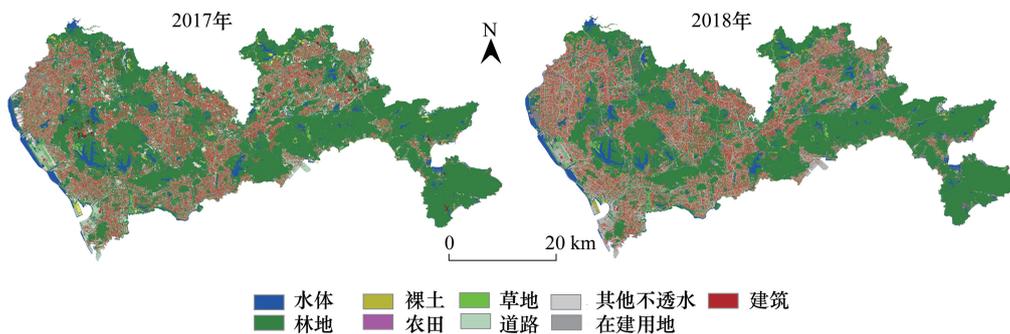


图2 2017 和 2018 年深圳市土地覆盖分类结果

Fig.2 Land cover classification maps of Shenzhen in 2017 and 2018

表 1 道路等级描述表

Table 1 Summary of road levels in this study

道路等级 Road levels	道路描述 Description of road levels
高速公路 Motorway	(1) 高速公路(数字为 2 (00) 或 4 (00 ₀₀) 位的国道、省道,以及其他路牌为白底绿字的高速公路)。
主干道 Trunk	(1) 未被高速公路替换的普通国道; (2) 城市快速路。
一级道路 Primary	(1) 已被高速公路替换,但仍然较为重要的普通国、省道; (2) 大城市以过境交通为主的最重要的主干道(环线、出入线路等)。
二级道路 Secondary	(1) 已被高速公路替换,因而基本被抛弃的国、省道; (2) 周围没有其他重要高速路时,用于大型县道; (3) 不属于一级道路的大城市主干道。
三级道路 Tertiary	(1) 未分入二级道路的小型县道; (2) 较重要的乡道; (3) 本应分入前两级,但路况不如小路的城市干道; (4) 街区周围的支路

2.2 研究方法

本研究在街区尺度上量化深圳市动态度,主要包括以下三个方面:(1)基于深圳市多等级道路矢量划分深圳市街区;(2)利用 2017、2018 年土地覆盖分类结果量化街区的动态度及其土地利用强度;(3)统计分析不同街区动态度与街区大小以及土地覆盖类型的关系。

2.2.1 城市街区的划分

研究中通常将街区定义为具有正方形或长方形形状,建筑填充其中,以闭合街道为边界的密集空间^[23]。作为城市居民社会活动的基本单元,街区已成为城市生态、城市规划、城市管理等领域的重要分析尺度。近些年,国内已有学者在考虑空间、功能维度等方面的基础上提出街区的划分方法^[18,24-25],但不同方法仍存在复杂、不易应用,以及与实际不符等情况。本研究借鉴 Xia 等的方法^[24],利用 5 个等级的道路矢量来划分城市街区。具体方法如下:在 ArcGIS10.1 软件中,将获取的不同等级的道路矢量数据进行融合(Merge)处理,手动修改不同等级道路间的拓扑错误,利用线转面(Feature To Polygon)工具将道路线状矢量转化为街区面状矢量。由于不同等级道路间相互交错,产生许多较小面积的地块,这些地块并不具有城市生态学和城市管理学意义,对初步获得的街区进行如下处理:(1)将面积小于 1hm²的地块合并到相邻街区地块中;(2)2005 年起深圳市划定了生态控制线,管制绿色空间^[22],部分由道路直接产生的地块内部全部为林地,不符合街区定义,故将其删掉,最终得到深圳市街区分析单元。

2.2.2 城市街区动态度及其土地利用强度量化

为反映街区内土地覆盖变化的频率与幅度,研究使用街区动态度指数对其进行量化。城市内部土地覆盖变化包括地类转出和地类转入两个过程,只关注地类的净变化无法反映土地覆盖真实的动态度^[16,26]。动态度的量化需要同时关注这两个过程。本研究借鉴 Wang 等量化城市绿地动态度的方法,利用土地利用动态度指数对深圳市街区尺度上的土地覆盖动态度进行量化^[9]。首先,基于深圳市 2017 年和 2018 年的土地覆盖分类结果,进行两年间土地覆盖的变化检测分析。然后,在街区尺度上对深圳市 9 种地类间的转化结果进行动态度指数(Dynamic Index, DI)的计算:

$$DI = \sum_{i=1}^{s-1} \sum_{j=1}^j P(i \rightarrow \text{not } i) \quad (1)$$

其中,DI 为街区内土地覆盖动态变化的比例; s 为遥感影像解译的期数,本研究中 s 为 2; i 为土地覆盖类别代码; j 为土地覆盖类别数量,本研究中 j 为 9; $P(i \rightarrow \text{not } i)$ 为土地覆盖类别 i 转变为非 i 类别的比例。

土地利用强度指数不仅可以反映土地利用程度的高低,也可以反映土地利用开发的环境效应,被广泛应用于土地覆盖动态变化研究中^[27-28]。研究使用刘纪远等提出的土地利用强度综合指数^[29],其计算公式为:

$$I = 100 \times \sum_{i=1}^n A_i \times C_i \quad (2)$$

土地利用强度变化可定量反映土地利用的综合水平及其变化趋势,计算公式如下:

$$\Delta I = I_b - I_a = \left\{ \left(\sum_{i=1}^n A_i \times C_{ib} \right) - \left(\sum_{i=1}^n A_i \times C_{ia} \right) \right\} \times 100 \quad (3)$$

其中, I 为土地利用强度综合指数, A_i 为第 i 级的土地利用程度分级指数; C_i 为第 i 级土地利用程度分级面积百分比; ΔI 为土地利用强度综合指数的变化, 该值为正数时, 表明土地利用程度增加, 而该值为负数时, 表明土地利用程度降低。 C_{ia} 和 C_{ib} 分别为第 i 级土地利用程度在时间 a 、 b 时的分级面积百分比。

根据庆大方等对土地利用分级的描述^[29], 以及深圳市土地利用的实际情况, 对深圳市土地利用强度等级进行以下分级:

表 2 土地利用程度分级赋值表

Table 2 The classification value of land use degree

土地利用分级类型 Types of land use level	土地利用类型 Land use types	分级指数 The values of land use level
未利用地级 land use level of unused land	未利用地或难利用地	1
林、草、水用地级 Land use level of forest/grass/water	河流、湖泊等水域 林地、草地	2 3
农业用地级 Land use level of agriculture	耕地等农业用地	4
城镇聚落地级 Land use level of developed land	城镇、居民点、工矿用地、交通用地等	5

2.2.3 统计分析

热点分析 (hotspot analysis) 是一种识别感兴趣变量聚集分布区域的空间分析方法, 广泛应用于土地覆盖动态及生态系统服务研究^[30-31]。本研究利用局部 G_i^* 统计量 (Getis-Ord G_i^*) 对街区尺度动态度进行热点分析, 识别其热点和冷点的空间分布, 分析其空间聚集特征, 可为城市内部高动态度区域的监管提供数据支撑。为探究街区动态度在不同街区大小上的差异, 研究基于街区动态度与街区面积的散点图及二者数据分布的箱式图, 进行回归分析, 从而为城市街区动态监测提供参考。土地覆盖转变过程中, 不同地类对动态度的贡献度往往不同, 将每种类别转移占总变化的比例定义为动态度贡献度 (公式 4), 统计每个街区中不同类别转移对于街区动态度贡献度, 分析街区不同土地覆盖转移类别的差异。

$$\text{街区动态度贡献度} = \frac{P(i \rightarrow j)}{DI} \times 100\% \quad (4)$$

其中, $P(i \rightarrow j)$ 为街区内部类别 i 转化为 j 的比例。

3 结果

3.1 街区动态度空间分布与热点分析

深圳市 6 个等级道路共划分出 5044 个地块, 去除掉位于生态控制线内的地块, 共得到 4796 个街区 (图 3)。街区面积共 1061.43 km², 占深圳市国土面积的 53.15%。计算街区动态度指数, 发现 2017—2018 年深圳市共有 716 个街区发生土地覆盖变化, 占街区总数的 14.93%, 表明深圳市街区尺度上的土地覆盖变化仍处于高度动态中。其中, 动态度较高的街区主要分布在盐田区、大鹏新区、南山区、宝安区, 街区平均动态度分别为 18%、17.6%、17.5% 和 17.1%, 而龙岗区、福田区、坪山新区等区的土地覆盖变化动态度则相对较低, 街区平均动态度分别为 10%、12.2% 和 12.7% (图 4), 说明深圳市西部沿海地区总体上仍处于较为剧烈的开发中。

2017—2018 年深圳市在不同置信度下动态度的热点分布如图 5。本文以 $P < 0.05$ (95% 可信度) 作为判断显著性的标准, 动态度热点主要分布在宝安区西北部、宝安区与南山区交界的前海新区, 以及坪山新区的中部和东部。这些区域主要是深圳市近些年原特区外重点开发的区域。而作为原特区的南山区、罗湖区、福田区, 由于开发程度较高, 则为深圳市动态度冷点区域。

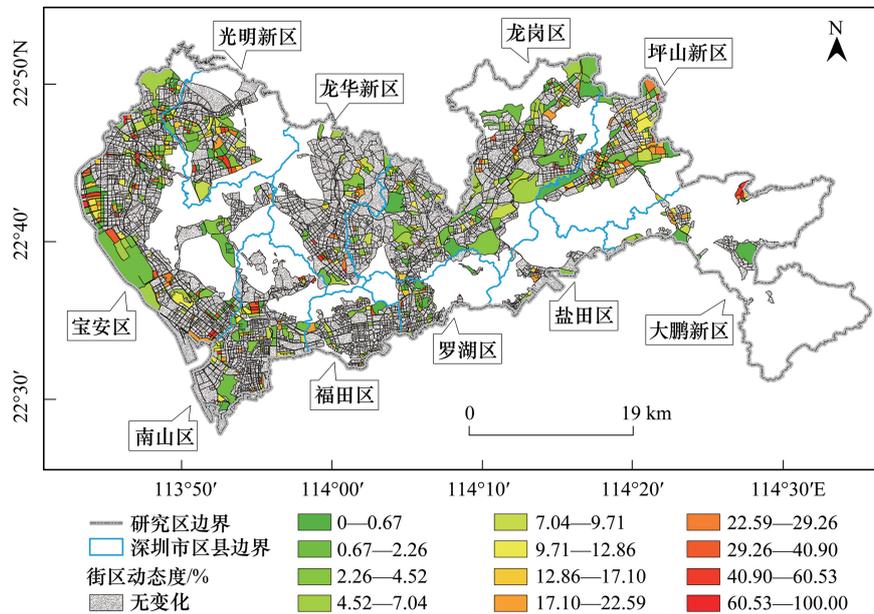


图 3 深圳市 2017—2018 年街区动态度分布

Fig.3 Distribution of dynamics of street block in Shenzhen from 2017 to 2018

3.2 街区动态度与土地覆盖变化类型的关系

分析街区内部土地覆盖类别对街区动态贡献度可以发现:不同类别土地覆盖间的转移对街区动态的贡献度具有较大差异(图 6)。其中,街区贡献度最高的为林地到裸土的转化,为 12.59%;其次为在建用地向建筑、林地向建筑用地,以及其他不透水地表向裸土的转移,其动态度贡献度分别为 7.21%, 7.00%, 6.20%;而草地和农田与其他类别间的转化对街区动态的贡献度相对较小,分析原因主要为城市内街区草地与农田的比例很少。值得注意的是,其他不透水地表向裸土的变化的动态度贡献度较高,说明城市更新引起的城市内部动态占据重要地位。

对比街区的土地利用强度变化可以发现,不同街区的土地利用强度变化差异较大,土地利用强度变化值的范围为-400—337.2。在深圳市 4796 个街区中,土地利用强度发生变化的有 735 个。其中,土地利用强度变化为负值的有 390 个,占变化街区总数的 8.13%,主要分布在城市内部,如宝安区东部、龙岗区南部、坪山新区、罗湖区、福田区等。而土地利用强度变化为正值的有 345 个,占变化街区总数的 7.19%,主要分布在城市外围,如宝安区西部沿海、龙华新区、龙岗区与坪山新区相邻的区域、南山区北部等。以上街区土地利用强度变化表明,深圳市城市内部总体上土地开发强度降低,而城市外围的土地开发强度增加,可能的原因为城市更新更注重城市生态环境的改善,增加了街区的生态用地,使街区的土地开发强度有所降低。

3.3 街区动态度与街区大小的关系

分析街区大小与街区动态度数据可以发现:深圳市街区大小主要集中在 1—85.03hm²之间,街区平均面

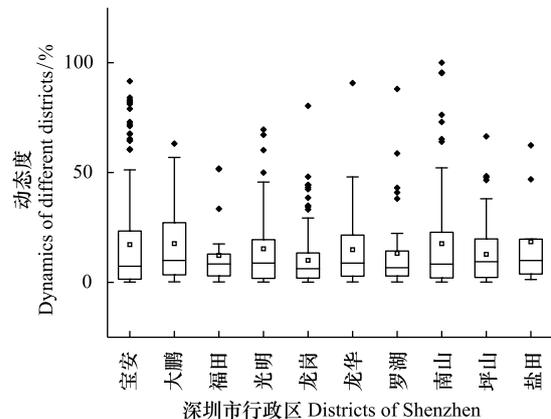


图 4 深圳市各区街区动态度箱式分布图

Fig.4 Boxplot of block dynamics of different districts in Shenzhen

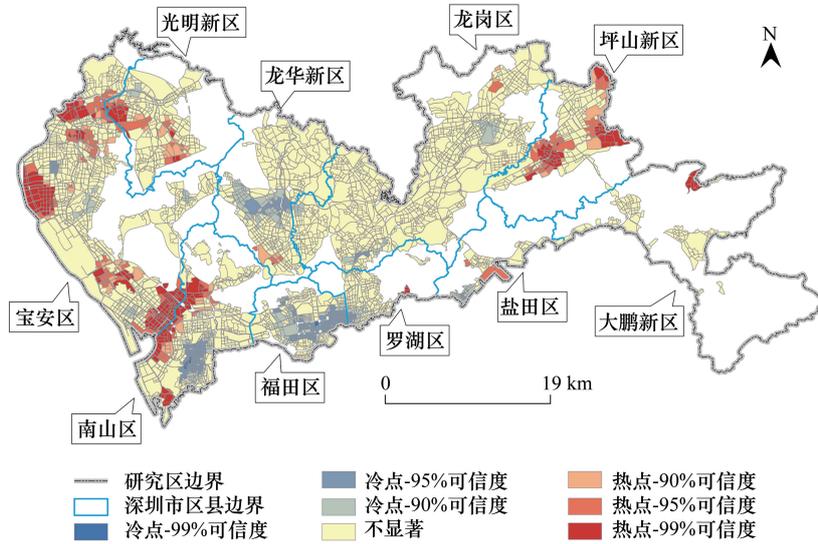


图5 深圳市 2017—2018 年街区动态度热点分布
Fig.5 Hotspots of block dynamics in Shenzhen from 2017 to 2018

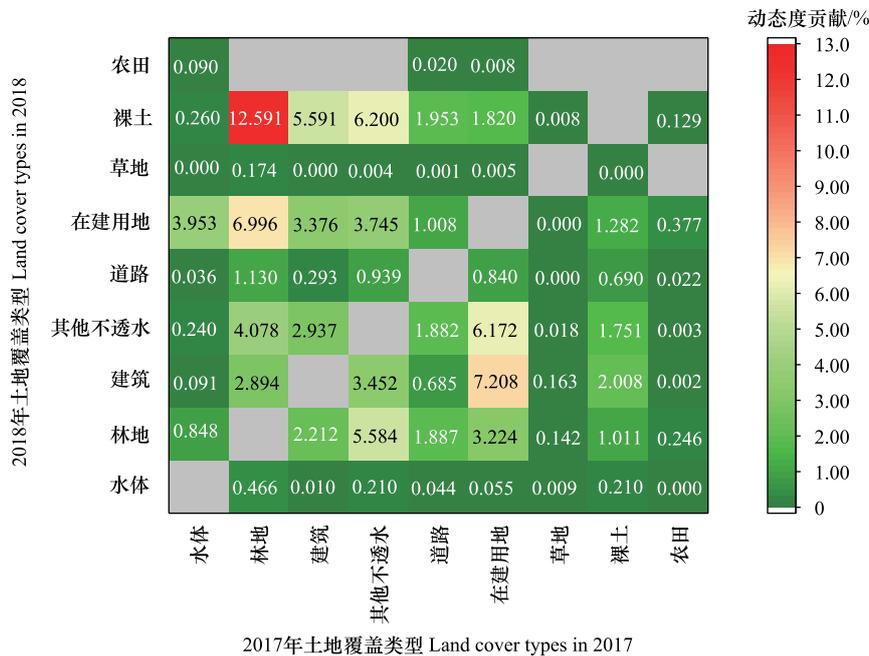


图6 不同土地覆盖类别转移对街区动态贡献度热点图(灰色表示无值)
Fig.6 Heatmap of contribution of different land cove types to block dynamics (gray squares represent null value)

积为 42.22 hm²(图 8),表明深圳市不同街区的大小存在较大差异,且街区大小在均值上下分布范围较大。街区动态度则主要分布在 0.1%—43.95%,街区的平均动态度为 14.63%(图 8),说明不同街区的动态度大小也存在较大差异,需要对不同街区进行的差异化的监管。从街区动态度和街区大小的散点图可以得到:随着街区面积的增加,街区动态度先急剧下降,之后下降程度逐渐放缓。利用对数回归进行拟合,得到街区动态度随街区大小变化的回归方程,并通过统计上的显著性检验($P < 0.01$)。街区动态度与街区大小间的非线性关系表明动态高的街区主要为面积相对较小的街区,这一结果也为街区尺度上的城市监管提供了参考。

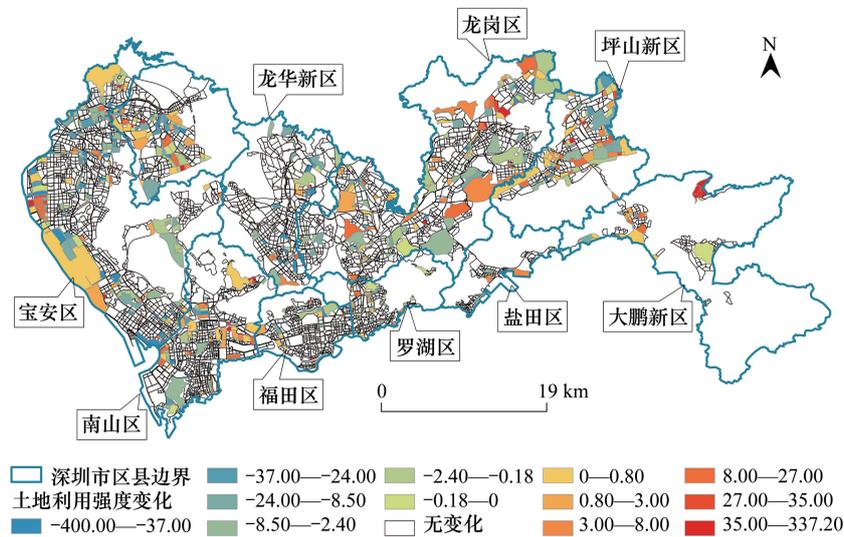


图 7 深圳市街区土地利用强度变化分布

Fig.7 Distribution of land use intensity changes of blocks in Shenzhen

4 讨论

4.1 街区动态度加深了城市动态度变化的理解

研究通过对深圳市城市街区动态度的量化,在街区尺度上揭示了深圳市内部土地覆盖动态度特征,加深了对城市生态系统动态变化的理解,丰富了城市发展过程中的土地覆盖时空动态的变化规律。对比前人研究结果^[20,32],深圳市在城市化初期与后期,城市土地覆盖均具有高度的动态度,但两个阶段动态变化特征存在明显差异。从动态度空间分布上看,城市化初期,深圳市大规模进行围海造陆等城市扩张活动,土地覆盖变化主要发生在西部沿海和北部的林地^[20],城市动态度热点主要分布在城市外围。而进入城市化后期,深圳市城市发展从“增量扩张”向“存量优化”转变,城市高动态度热点由城市外部向城市内部转移。南山区、盐田区作为原经济特区,面临着以城市更新为主要方式的“存量优化”改造。《深圳市实施东进战略行动方案(2016—2020)》中提出加快东部城区城市化进程,打造东部发展新轴带,实现东西均衡发展^[33]。大鹏新区东部沿海地区作为深圳市着力打造旅游名片,盐田区作为东进的重要通道都具有较高的动态度。

从变化类别来看,以往的研究表明深圳市快速的城市化主要通过侵蚀林地、农田、湿地来增加建设用地^[20],因此向外部蔓延的城市扩张成为深圳市城市化初期动态度的主要贡献者。而现阶段的城市动态则主要来自于城市内部的存量式开发,如城市更新活动等,表现为其他不透水地表转化为裸地的变化也具有较高的动态度贡献,并且城市内部的土地利用强度变化相对城市外围较低,一定程度上改善了城市人居环境。因此,“存量优化”阶段下的城市动态度监测在兼顾城市绿色基础设施(如城市公园、广场植被等)和蓝色基础设施(如河道、公园水体等)的同时,也应该关注城市内部建筑以及城市棕地的动态^[34],以改善城市人居环境,实现城市的可持续发展。

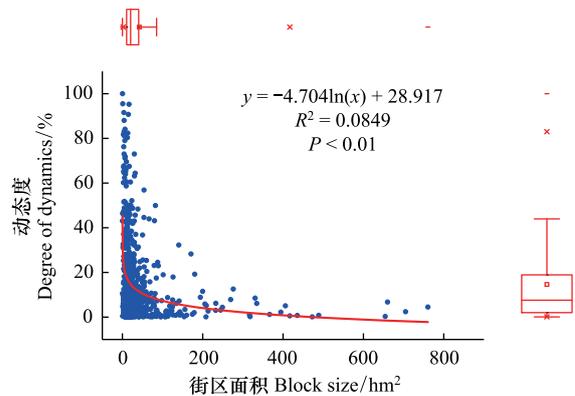


图 8 深圳市街区动态度与街区面积边际箱线图及二者关系

Fig.8 Distribution of block size and block dynamics and relationship between them

4.2 城市动态度与城市生态监管

及时准确获得城市动态度信息是城市生态监管和城市规划的基础与前提^[35]。街区作为城市居民活动的主要场所,已成为城市生态与城市规划研究中的基本单元^[25,36]。街区大小是街区的基本属性之一,其直接影响城市居民的社会生活,如出行方式等,对于城市的社会经济生活具有重要意义^[18,24,37]。本研究结果显示,不同大小的街区,其动态度存在较大差异,面积较小的街区,城市动态度较高,而面积较大的街区具有较低的动态度,二者存在非线性关系。分析可能的原因为面积较小的街区其内部景观组成较为单一,对其进行土地开发,动态度的影响是全局的;而面积较大的街区,其景观组成相对复杂,内部往往有较大面积的城市公园等,土地开发活动频度相对较低,其动态度影响通常是局部的。同时,这一结果也为城市动态监测提供了参考。在实际监测过程中,监管人员可将高动态度的小街区合并到临近街区,形成一定尺度的“街区组”;而对于动态度低的大街区可进行更为细致的“子街区”分割,进而在“街区组”和“子街区”水平上进行监管。此外,监管中应对面积较大且动态度较高的街区进行高频率的监测,而对于面积较小且动态度较低的街区开展低频率的监测,从而实现街区的差异化监管,提高城市监管的效率。

5 结论

城市发展过程中不仅往外扩张,城市建成区内部也发生变化,量化城市内部的这种变化,是理解城市发展的生态环境影响,有效开展城市生态监管与城市规划的前提和基础。本研究以深圳市为例,基于街区量化相邻两年城市的土地覆盖动态度,得到如下结论:(1)深圳市城市内部具有较高的动态度,2017—2018年间14.93%的街区发生了不同程度的变化。动态度的热点区域主要分布在南山区、宝安区、盐田区等,冷点则主要分布在龙岗区、坪山新区、福田区等。(2)相较于城市化初期,现阶段深圳市动态度热点由西部向东部转移,城市更新引起的土地覆盖变化(如不透水地表转变为裸土等)的动态度贡献较高,是导致城市内部景观动态的重要因素。与此同时,深圳市街区的土地利用强度也存在较大差异,且表现为土地利用强度增加的街区多分布在城市外围,而街区土地利用强度降低多分布在城市内部。(3)深圳市街区尺度上空间动态度随着街区面积的增大,先急剧下降,后趋于平缓,二者关系呈现非线性关系。研究结果揭示了深圳市内部街区尺度上的动态度特征,加深了对城市景观动态发展的认识,为城市规划和生态空间监管提供了重要支撑。

参考文献 (References):

- [1] 陈利顶, 孙然好, 刘海莲. 城市景观格局演变的生态环境效应研究进展. 生态学报, 2013, 33(4): 1042-1050.
- [2] 王如松, 李锋, 韩宝龙, 黄和平, 尹科. 城市复合生态及生态空间管理. 生态学报, 2014, 34(1): 1-11.
- [3] McDonnell M J, Pickett S T A. Ecosystem structure and function along urban-rural gradients: an unexploited opportunity for ecology. *Ecology*, 1990, 71(4): 1232-1237.
- [4] Liu X H, Andersson C. Assessing the impact of temporal dynamics on land-use change modeling. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2004, 28(1/2): 107-124.
- [5] Zhang T, Huang X. Monitoring of urban impervious surfaces using time series of high-resolution remote sensing images in rapidly urbanized areas: A case study of Shenzhen. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 2018, 11(8): 2692-2708.
- [6] Zhou W Q, Pickett S T A, Cadenasso M L. Shifting concepts of urban spatial heterogeneity and their implications for sustainability. *Landscape Ecology*, 2017, 32(1): 15-30.
- [7] Wu J G. Urban ecology and sustainability: the state-of-the-science and future directions. *Landscape and Urban Planning*, 2014, 125: 209-221.
- [8] 陈昕, 彭建, 刘焱序, 杨畅, 李贵才. 基于“重要性—敏感性—连通性”框架的云浮市生态安全格局构建. 地理研究, 2017, 36(3): 471-484.
- [9] Wang J, Zhou W Q, Wang J, Qian Y G. From quantity to quality: enhanced understanding of the changes in urban greenspace. *Landscape Ecology*, 2019, 34(5): 1145-1160.
- [10] Miller M D. The impacts of Atlanta's urban sprawl on forest cover and fragmentation. *Applied Geography*, 2012, 34: 171-179.
- [11] Zhang Y L, Shen W J, Li M S, Lv Y Y. Assessing spatio-temporal changes in forest cover and fragmentation under urban expansion in Nanjing, eastern China, from long-term Landsat observations (1987-2017). *Applied Geography*, 2020, 117: 102190.

- [12] 韩瑞丹, 张丽, 郑艺, 王恒, 张静. 曼谷城市扩张生态环境效应. 生态学报, 2017, 37(19): 6322-6334.
- [13] 冯珊珊, 樊风雷. 基于不透水面的粤港澳大湾区景观格局时空变化. 应用生态学报, 2018, 29(9): 2907-2914.
- [14] Song X P, Sexton J O, Huang C Q, Channan S, Townshend J R. Characterizing the magnitude, timing and duration of urban growth from time series of Landsat-based estimates of impervious cover. *Remote Sensing of Environment*, 2016, 175: 1-13.
- [15] Li X C, Gong P, Liang L. A 30-year (1984-2013) record of annual urban dynamics of Beijing City derived from Landsat data. *Remote Sensing of Environment*, 2015, 166: 78-90.
- [16] Qian Y G, Zhou W Q, Li W F, Han L J. Understanding the dynamic of greenspace in the urbanized area of Beijing based on high resolution satellite images. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2015, 14(1): 39-47.
- [17] Qian Y G, Zhou W Q, Yu W J, Pickett S T A. Quantifying spatiotemporal pattern of urban greenspace: new insights from high resolution data. *Landscape Ecology*, 2015, 30(7): 1165-1173.
- [18] Long Y, Shen Y, Jin X B. Mapping block-level urban areas for all Chinese cities. *Annals of the American Association of Geographers*, 2016, 106(1): 96-113.
- [19] 严若谷, 闫小培, 周素红. 台湾城市更新单元规划和启示. 国际城市规划, 2012, 27(1): 99-105.
- [20] Yu W J, Zhang Y J, Zhou W Q, Wang W M, Tang R. Urban expansion in Shenzhen since 1970s: a retrospect of change from a village to a megacity from the space. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 2019, 110: 21-30.
- [21] 徐振强, 张帆, 姜雨晨. 论我国城市更新发展的现状、问题与对策. 中国名城, 2014, (4): 4-13.
- [22] 邹兵. 由“增量扩张”转向“存量优化”——深圳市城市总体规划转型的动因与路径. 规划师, 2013, 29(5): 5-10.
- [23] Oliveira V. Morpho: a methodology for assessing urban form. *Urban Morphology*, 2013, 17(1): 21-33.
- [24] Xia C, Yeh A G O, Zhang A Q. Analyzing spatial relationships between urban land use intensity and urban vitality at street block level: a case study of five Chinese megacities. *Landscape and Urban Planning*, 2020, 193: 103669.
- [25] Liu X J, Long Y. Automated identification and characterization of parcels with OpenStreetMap and points of interest. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 2016, 43(2): 341-360.
- [26] 朱会义, 李秀彬. 关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论. 地理学报, 2003, 58(5): 643-650.
- [27] 吴琳娜, 杨胜天, 刘晓燕, 罗娅, 周旭, 赵海根. 1976年以来北洛河流域土地利用变化对人类活动程度的响应. 地理学报, 2014, 69(1): 54-63.
- [28] 何改丽, 李加林, 刘永超, 史小丽, 马静武, 浦瑞良, 郭乾东, 冯佰香, 黄日鹏. 1985-2015年美国坦帕湾流域土地开发利用强度时空变化分析. 自然资源学报, 2019, 34(1): 66-79.
- [29] 庄大方, 刘纪远. 中国土地利用程度的区域分异模型研究. 自然资源学报, 1997, 12(2): 105-111.
- [30] Wang J L, Zhou W Q, Pickett S T A, Yu W J, Li W F. A multiscale analysis of urbanization effects on ecosystem services supply in an urban megaregion. *Science of the Total Environment*, 2019, 662: 824-833.
- [31] Tian Y Y, Zhou W Q. How do CO₂ emissions and efficiencies vary in Chinese cities? Spatial variation and driving factors in 2007. *Science of the Total Environment*, 2019, 675: 439-452.
- [32] 袁艺, 史培军, 刘颖慧, 谢锋. 快速城市化过程中土地覆盖格局研究——以深圳市为例. 生态学报, 2003, 23(9): 1832-1840.
- [33] 申勇. 实施东进战略构建深圳发展新动力. 特区实践与理论, 2015, (4): 51-54.
- [34] Li W F, Zhou W Q, Bai Y, Pickett S T A, Han L J. The smart growth of Chinese cities: opportunities offered by vacant land. *Land Degradation & Development*, 2018, 29(10): 3512-3520.
- [35] Anees M M, Mann D, Sharma M, Banzhaf E, Joshi P K. Assessment of urban dynamics to understand spatiotemporal differentiation at various scales using remote sensing and geospatial tools. *Remote Sensing*, 2020, 12(8): 1306.
- [36] Wang L Z, Wei Y, Omrani H, Pijanowski B, Doucette J, Li K, Wu Y. Analysis on residential density dynamics in USA—a case study in southeast Wisconsin. *Sustainable Cities and Society*, 2020, 52: 101866.
- [37] Long Y, Huang C C. Does block size matter? The impact of urban design on economic vitality for Chinese cities. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 2019, 46(3): 406-422.