

# 基于地理探测器方法的城市公园绿地可达性时空演变特征研究

——以 2006-2018 年济南市中心城区为例\*

芦爽 济南市规划设计研究院起步区分院、王雨、曾鹏、张天洁 均天津大学建筑学院

## Research on Spatiotemporal Evolution Characteristics of Urban Park Green Space Accessibility Based on Geodetector Method —Take the Central urban Area of Jinan from 2006-2018 as An Example

**摘要:** 当前我国城市发展模式正处于由增转存的深度调整过程中,对城市公园绿地的规划编制和管理体系产生巨大的影响。厘清发展转型过程中城市公园绿地可达性时空演变的特征和规律,有助于梳理我国城市公园绿地系统发展脉络,对于下阶段公园城市建设和人居环境质量提升提供参考借鉴。文章通过系统分析城市的区域特征、公园绿地可达性的内在构成和影响因素,并基于济南中心城区案例,应用地理探测器工具,分析城市公园绿地可达性的覆盖水平和时空轨迹,发现了存量和增量地区的显著分异和差异化的驱动因素。基于此提出了下阶段城市公园绿地规划管理的应对策略。

**Abstract:** At present, China's urban development model is in the process of in-depth adjustment from increment-led model to revitalization-oriented model. It has a great impact on the planning and management system of urban green space. Clarify the characteristics and laws of space-time evolution of accessibility of urban green space in the process of development and transformation, will be helpful to sort out the development context of urban green space system in China, and can provide a reference for the park city construction and the improvement of human settlements quality in the next stage. This paper systematically analyzes the regional characteristics of the city, the internal composition and influencing factors of green space accessibility. And based on the case of central urban area of Jinan, analyze the coverage level and temporal and spatial trajectory of urban green space accessibility by geodetector. This paper finds the driving factors of significant differentiation and differentiation in stock and incremental regions. Based on this, the Countermeasures of urban green space planning and management in the next stage are put forward.

**关键词:** 增量-存量空间; 城市公园绿地; 可达性; 地理探测器

**Keywords:** increment-revitalization space; urban green space; accessibility; geodetector

中图分类号: TU98

## 0. 前言

我国大多数城市正在经历从外延扩张向内涵提升的发展模式转变,成为近年来备受学界广泛讨论的热点问题。迈向更高质量的空间发展亟需审视城市空间资源要素配置的内在关联与作用机制。城市公园绿地融合了生态、休闲游憩功能,同时兼具传承文化、应急避难等复合功能在提升环境质量、公共健康及社会交往等方面发挥着重要作用<sup>[1-2]</sup>;在后疫情时代,城市公园绿地的作用愈发凸显。在经历了快速发展阶段对于城市公园的数量关注后,优化城市公园绿地的可达性使得市民能便捷获取公园绿地公共资源,是对于城市空间均衡发展的进一步深化,也是未来高品质城市发展的重要组成部分。掌握公园绿地可达性在城市差异化发展区域中的演变规律和优化机制是下阶段迈向公园城市高品质发展的重要依据。

## 1. 文献综述

### (1) 公园绿地可达性

城市公园绿地可达性指城市居民在某个特定位置到达公园绿地的相对难易程度<sup>[3-4]</sup>,其内在构成为“居住-绿地”这一空间关系构成的生活服务圈,能够反映个体居民日常生活行为与公园绿地的互动范畴,因此受到学界广泛重视。城市公园绿地可达性的研究也较为丰富,学者们从生活圈的视角出发评价城市公园绿地可达性水平,并从公园自身要素如功能、规模等,以及外部要素如城市功能、交通等方面分析其可达性的影响因素,如邵大伟等分析了居住、交通等不同城市功能用地对城市绿地分布格局及增长的影响<sup>[5]</sup>;余思奇等人选取“10分钟步行生活圈”作为城市公园绿地可达性评价指标,并将服务圈划分为由好至差等5个层级,以评价城市公园绿地可达性质量的区域差异<sup>[6]</sup>;杜伊等人引入社区公共绿地空间绩效,小区300、500m范围内的可达公共绿地为指标,分析了上海中心城区低绩效地区的主要问题<sup>[7]</sup>。美国已有研究及实践认为“10分钟步行生活圈”是作为评价可达性的理想指标<sup>[8]</sup>;我国《城市居住区规划设计标准(GB 50180—2018)》基于“5分钟步行生活圈—10分钟步行生活圈—15分钟步行生活圈”构成住区空间结构体系,作为配套设施空间配置的标准;各层级生活圈侧重点所有不同:5分钟生活圈以半公共生活空间为主,主要涵盖居住街坊周边街道空间;10分钟生活圈涵盖多个居住街坊,形成具有住区级服务功能的公共生活空间;15分钟生活圈则聚焦于需求频率较低的高层级公共服务覆盖范围<sup>[9]</sup>。

### (2) 可达性的城市内部区域视角

有学者从城市区域视角研究了城市公园绿地可达性的特征及影响机制,关注城市中心、城市边缘以及邻里之间公园绿地分布的差异;Oh和Jeong通过分析首尔的公园空间分布,指出虽然与世界其他城市相比,首尔的城市公园总面积相

当大,但由于均位于城市外围区域、与居住空间联系非常不便<sup>[10]</sup>。而 Sathyakumar 等人研究处于快速城市化的发展中国家的绿地分布情况,并以孟买为例评估了该市绿地的时空动态演进,发现不同邻里单元之间绿地可达性存在巨大差异<sup>[11]</sup>。

2014 年国家新型城镇化规划提出了实行增量供给与存量挖潜相结合的城市建设用地政策。很多城市逐步开始了由增量扩张向存量优化的发展模式转变。在存量发展的时代背景下,城市公园绿地的策略也应进行相应调整。邹锦等认为传统理想化形式的公园绿地系统不再适用,并提出以柔性组织方式构建连续公园绿地网络系统等对策<sup>[12]</sup>;季珏等人也通过思考新中国绿地管理方式,指出城市绿地建设应由单纯的规模扩张转向扩容提质并举,并提出应在空间范围层面,从城市内部、区域尺度着眼评价城市公园绿地体系的建议<sup>[13]</sup>;既有研究从区域特征方面进一步拓展了城市公园绿地的研究领域,国内部分学者开始关注“增量”和“存量”这两种城市发展模式并存下的城市公园绿地建设路径的转变。但区域特征视角下的研究成果缺少与可达性内在构成和影响机制之间的融合研究,区域视角研究较不充分且系统性弱,对于未来注重高质量发展的城市公园绿地等高价值资源的系统发展指导性还不够充分。

### (3) 可达性变化的驱动因子

公园绿地可达性受到多种因素影响,包括公园质量、用地形状、收费情况等<sup>[1,11,14]</sup>,但从“居住-绿地”关系及区域比较的特征出发,影响公园绿地可达性的最基本因素可包括内因和外因两部分。内因是居住及公园绿地的基本属性,居住和绿地作为独立的空间要素,其增长情况、级别等均能够显著影响二者关系的变化;外因为自然资源和主导功能等外在要素的间接影响,如邵大伟等人认为快速城镇化过程中城市绿地受到其他城市功能空间的挤压或竞合等影响,并以南京为例分析了不同城市功能空间对城市绿地影响的差异<sup>[5]</sup>;李翅等人指出城市中一些具有特殊价值的自然条件以其特有的方式参与到绿地形态的构建中,主要包括山体水系的布设,构成城市绿地的生态基础<sup>[15]</sup>。良好的自然资源与公园绿地和居住用地均具有较高的兼容性,因此未经充分利用的自然资源可为居住用地和公园绿地提供潜在的空间资源。在增量发展、存量更新乃至减量规划并存的复杂局面下<sup>[16]</sup>,居住所在地区的主导类型对应了该区域的规划定位及可能的政策导向,对居住-绿地关系的组织也具有重要的潜在影响。

综上,既有研究对城市公园绿地可达性的研究较为深入,但区域视角下公园绿地可达性的系统性研究较少,无法综合评判宏观城市发展过程中的公园绿地演变情况;且相应的可达性影响因子分析研究尚不充分,无法准确把握城市公园绿地发展的特征与规律。

## 2. 研究对象、方法与数据来源

本文拟着眼于公园绿地可达性的内在构成,关注居住用地与公园绿地所构成的公园绿地生活服务圈,基于此评估公园绿地可达覆盖率;从城市发展特征出发,将城市划分为若干时空象限,以探索公园绿地可达性的动态演变特征;同时引入地理探测器研究工具,通过影响因子的选取与分析,准确把握公园绿地可达性演变的驱动因素。

### 2.1. 研究对象

本文选取济南作为典型案例进行研究。以济南为代表的大城市,呈现出明显的增量与存量并存的城市发展格局特征。根据济南城市总体规划(2011—2020年),济南城市规划区面积约3257 km<sup>2</sup>,中心城区面积约1022 km<sup>2</sup>。其中,中心城区北靠黄河,南依泰山余脉,包括主城区、东部城区、西部城区三部分(图3),该区域人居空间扩张突出、生态环境更替频繁。在此背景下,济南市政府于2018年出台《济南市城市绿化条例实施细则》,要求实现居民出行“300米见绿、500米入园”的标准,因此将研究范围限定在济南中心城区,具有研究人居环境问题的典型意义。考虑到数据精度和实际可操作性<sup>1</sup>,确定中心城区范围内的81个街道行政区划作为中心城区研究范围,以街道作为基本研究单元(图4)。



图3 济南城市发展战略与中心城区空间结构示意图

Fig.3 Urban development strategy and spatial structure of the central urban area in Jinan

<sup>1</sup>个别街道因涉及山体等不适宜开发建设的用地在本次研究范围内不予考虑。

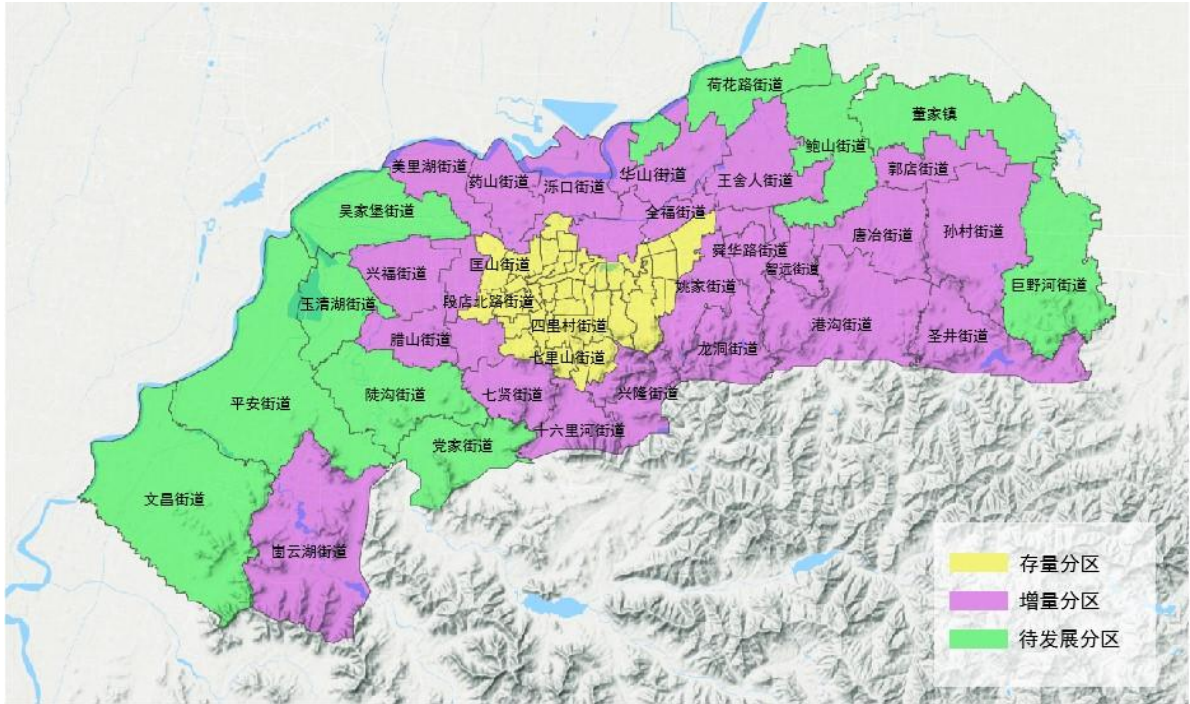


图4 济南中心城区研究单元的各类划分

Fig.4 Division of research units in the central urban area of Jinan

本文选择2006-2018年作为济南中心城区城市公园绿地可达性演变的观测时间。十二五期间的济南市国民经济和社会发展规划纲要指出，十一五是济南城市规模扩张最快的时期，而在此之后城市建设模式需从外延扩张为主转变到内涵提升上来以提升综合竞争力和可持续发展能力<sup>[20]</sup>。为深入响应十二五规划，自2012年始济南市提出了多项具体的针对生态环境资源要素空间调整优化策略，城市规划与建设开始发生转变，如创建国家森林城市、批量开发山体公园、营建“城市风道”、加大城市公园免费力度等，以上政策均对城市公园绿地发展产生了实质影响。同时整理济南市中心城区全域的城市建设用地变化情况，2012年前6年平均增速在3.1%以上，2012年后6年平均增速降低至1.6%左右。基于此2012年前可定义为快速发展阶段，2012年后为稳定发展阶段。

济南中心城区根据用地变化特征可为三类分区：存量分区、增量分区和待发展分区，待发展分区由于建设用地较少，研究重点关注存量分区和增量分区之间的发展差异特征。存量分区指济南建设用地密度比较高，城市发展以存量更新为主的地区，位于中心区域，从2006年至2018年的12年间，城市建设用地在街道中的占比一般在80%-90%，年均城市建设用地增长率约1.4%-2.1%；而增量分区以扩张为主的地区主要体现为建设用地快速增长的特征，主要位于中心城区周边及东、西新城的核心区域，其城市建设用地占比一般在30%-50%，12年间年均城市建设用地增长率约5.2%-6.3%；待发展分区指济南中心城区边缘尚

未大规模开发的地区，主要以农田或生态隔离带为主，有少量城镇居住用地的区域，其城市建设用地在街道中的占比一般在 15% 以下，年均城市建设用地增长率约 0.1%-0.2%（图 5）。三个分区的主要用地特征分别体现出高增长率、低增长率和近乎零增长率。在规模上存量分区 44 个，用地规模约 93.7 平方公里；增量分区 26 个，用地规模约 586.1 平方公里；待发展分区 11 个，用地规模约 480.5 平方公里（图 4）。

根据时空特征可将 2006-2018 年期间的可达性演进分为四个时空象限：I-快速期存量区、II-稳定期存量区、III-快速期增量区、IV-稳定期增量区，从而形成一种认知公园绿地空间相对于居住空间可达性规律变化的分类比较研究视角。

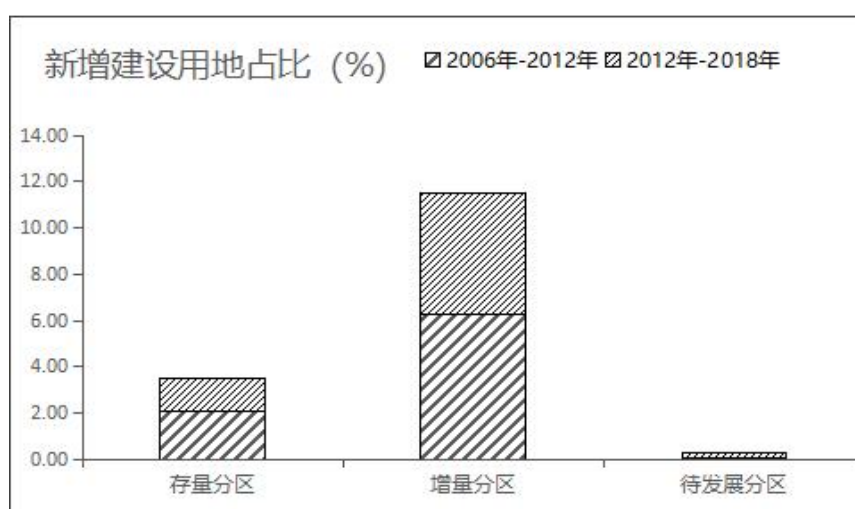


图 5 济南中心城区街道平均新增建设用地占比

Fig.5 the average proportion of the subdistrict incremental construction land in the central urban area of Jinan

## 2.2. 研究方法

本文综合国内外研究与实践，选择居住相对于绿地在步行范围内的可达性作为绿地可达性的主要构成。10 分钟生活圈相较而言最能反映绝大多数居民的日常活动领域。10 分钟公园绿地可达性能够反映每处居住用地内的居民能够以正常速度步行 10 分钟达公园绿地的需求，可作为衡量居住-绿地良好关系的重要评价指标。提出“公园绿地 500m 服务圈”的概念，即以每处居住地块为中心，从居住地块边缘起外扩 500 米，其覆盖范围内配置可供居民休憩、健身及交往的公园绿地。在此基础上进一步提出“公园绿地可达覆盖率”指标，即以街道为基本单元，街道内公园绿地 500m 服务圈占所有居住地块边缘外扩 500 米范围的比重，以横向观测城市公园绿地在城市不同区域内的可达性情况（图 2）。城市理

想的健康发展过程应呈现公园绿地可达覆盖率逐渐提高直至实现全覆盖的最佳状态。基于上文文献分析确立了内因和外因双重驱动下的空间要素，以从中探析公园绿地可达覆盖率提升的动力机制。具体可细分为新增居住规模（R-S）、居住类型（R-T）、新增公园绿地规模(G-S)、公园绿地类型（G-T）、主导功能（M-F）、自然条件（N-C）等 6 个影响要素。新增居住规模（R-S）和新增公园绿地规模(G-S)均以街道单元内新增居住和公园绿地的用地密度表征，在 GIS 软件中根据自然断点法将其数值范围离散化为 4~5 种类型数据；居住类型（R-T）包括普通住房和棚户区 2 种类型；公园绿地类型（G-T）包括城市级、社区级和无 3 种；主导功能（M-F）指公园绿地服务圈所在街道内的主导功能，包括居住、工业或区域交通、商业金融、教育科研、综合、其他 6 种类型；自然条件（N-C）包括山体资源、水体资源、山水资源兼具和无 4 种类型。

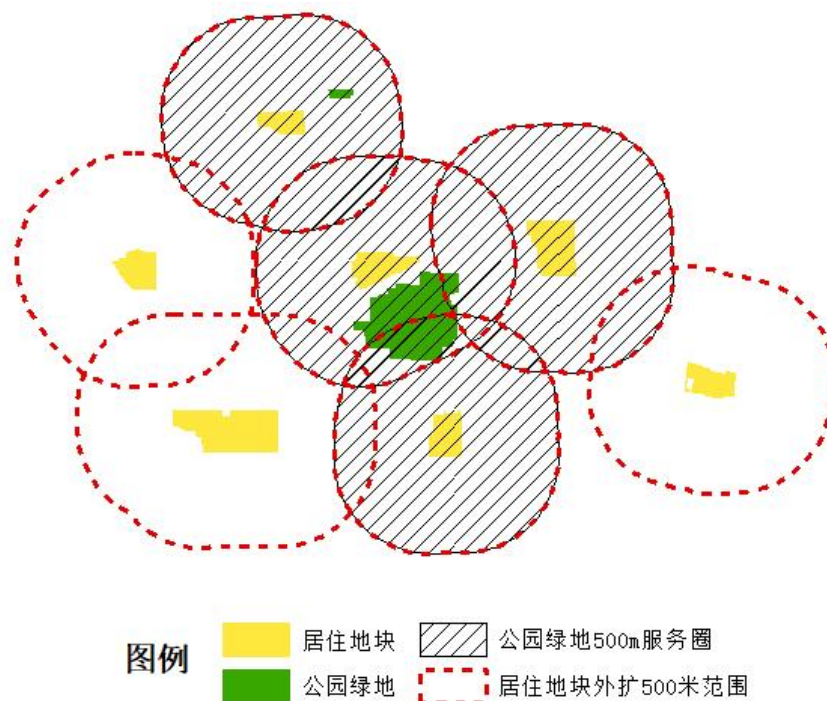


图 2 城市公园绿地可达覆盖率示意图

Fig. 2 the coverage of urban green space accessibility

为准确分析城市内部单元的居住-绿地空间演变，本文选择地理探测器（Geodetector）作为空间统计工具。近年来地理探测器迅速在公共卫生、产业经济、乡村农业、城镇化等各领域取得广泛应用<sup>[17-19]</sup>。地理探测器认为如果某个解释变量 X 对因变量 Y 具有重要影响，则该解释变量和因变量的空间分布应该具有某种程度上的相似性，即假设研究区分为若干子区域，如果子区域的方差之和小于区域总方差，则存在空间分异性；如果两变量的空间分布趋于一致，则两者

存在统计关联性。地理探测器以  $q$  作为统计量，提供风险探测（Risk detector）、因子探测（Factor detector）、生态探测（Ecological detector）、交互作用探测（Interaction detector）4 种类型的探测工具，用以度量空间分异性、探测解释因子、分析变量之间交互关系等。其中，交互作用探测器能够揭示各解释变量  $X$  两两交互是否对因变量  $Y$  产生影响，即评估解释变量  $X_1$  和  $X_2$  共同作用时，是否会增加或减弱对因变量  $Y$  的解释力，根据两个因子之间的关系可分为非线性减弱、单因子非线性减弱、双因子增强、独立以及非线性增强 5 类。

$$q = 1 - \frac{\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2} = 1 - \frac{SSW}{SST} \quad (1)$$

$$SSW = \sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2, \quad SST = N \sigma^2$$

$$F = \frac{N-L}{L-1} \frac{q}{1-q} \sim F(L-1, N-L; \lambda) \quad (2)$$

$$\lambda = \frac{1}{\sigma^2} \left[ \sum_{h=1}^L \bar{Y}_h^2 - \frac{1}{N} \left( \sum_{h=1}^L \sqrt{N_h} \bar{Y}_h \right)^2 \right] \quad (3)$$

在地理探测器因子检测的基本公式（1）中，因变量  $Y$  被分层为阶层  $\{h\}$ ；该方程  $q(Y|\{h\})$  中，分子  $SSW$  是层内方差的总和，分母  $SST$  是全区合并方差。其中  $N$  和  $\sigma^2$  分别代表  $Y$  中的单位数和  $Y$  的方差。式（3）中  $\lambda$  为非中心参数； $\bar{Y}_h$  为层  $h$  的均值，根据该公式可以检验  $q$  值是否显著。 $q$  的值严格控制在  $[0, 1]$  之内。如果  $Y$  由  $X$  分层，则  $q=0$  表示  $Y$  与  $X$  之间没有耦合； $q=1$  表示  $Y$  完全由  $X$  决定； $X$  解释了  $Y$  的  $100 \cdot q\%$ 。 $q$  值越大或等于 1 时，表明公园绿地可达覆盖率受驱动因子的影响越大或驱动因子直接控制了公园绿地可达覆盖率； $q$  值越小或等于 0 时，表明公园绿地可达性受驱动因子的影响力越小或与驱动因子间无任何关系。通过比较驱动因子影响力的大小，可探测出公园绿地可达性分异的主导因素。



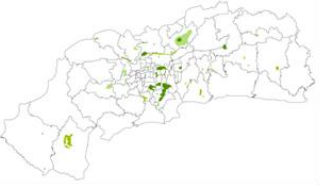





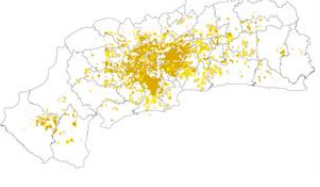

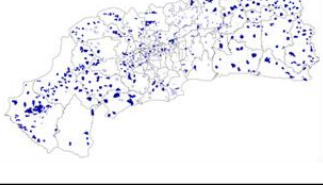
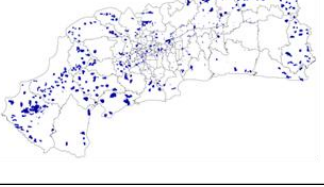
### 2.3. 数据来源

研究基于我国现行城市规划用地分类标准，从地理信息系统中提取城市居住用地及公园绿地空间相关信息。《城市用地分类与规划建设用地标准 GB50137-2011》将居住用地分为一类居住用地（R1）、二类居住用地（R2）、三类居住用地（R3），研究将基于此结合济南的实际情况划分为普通住房和棚户区；公园绿地（G1）则为供居民游憩休闲的主要城市开放绿地类型。利用济



南 2006 年以来的城市规划图纸和卫星遥感影像，以《济南市城市总体规划 (2011-2020 年)》的现状公园绿地、现状各类居住用地作为基础数据，结合山东省地理信息公共服务平台中 2006、2012、2018 年的 0.5 米分辨率航拍影像进行修正后获得本文研究单元中居住用地和绿地的精确地理信息数据（表 4）。

表 4 2006-2018 年济南中心城区开放绿地及各类型居住用地影像提取数据

	2006年	2012年	2018年
G1			
R1			
R2			
R3			

### 3. 济南中心城区可达性的时空分异特征

#### 3.1. 公园绿地可达性特征变化规律

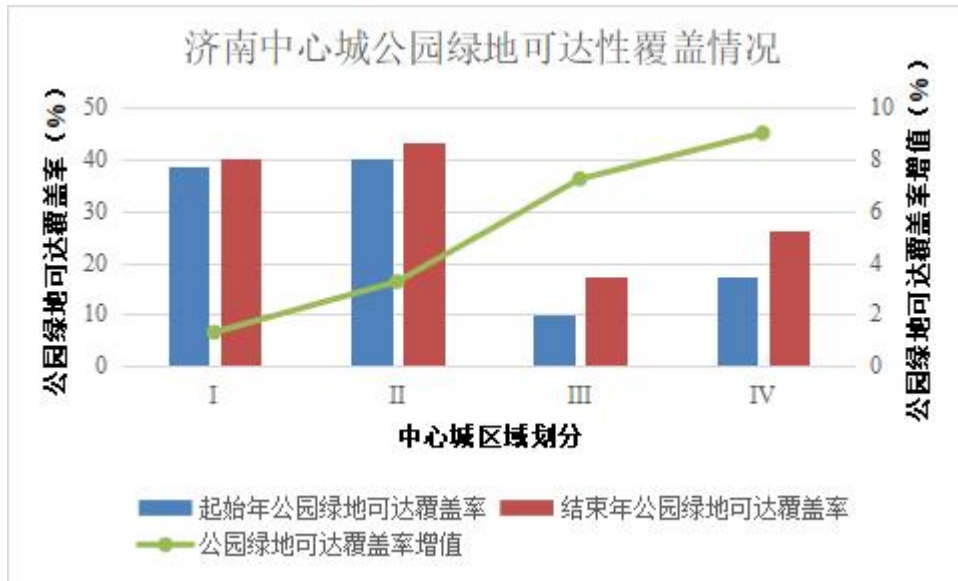


图6 济南中心城区公园绿地可达覆盖率演变情况统计

Fig.6 statistics on the evolution of the central urban area in Jinan

从图6中可以直观看出,济南中心城区各分区内的城市公园绿地可达覆盖率均呈现改善的趋势,但公园绿地可达覆盖率的高低与其增值呈相反趋势。整体上存量分区(I、II)的公园绿地可达覆盖率明显比增量分区(III、IV)高,然而存量分区(I、II)公园绿地可达覆盖率的增值显著低于增量分区(III、IV)。说明存量地区的居住-绿地空间关系的基础远优于增量分区,但存量分区居住-绿地空间关系改善效果不显著,而增量分区的居住-绿地空间关系加速改善。存量分区早期(I)的公园绿地可达覆盖率从38.81%增至40.11%,增长率为1.30%;其后期(II)的公园绿地可达覆盖率从40.11%持续增至43.37%,增长率也进一步增至3.26%。存量分区(II)的公园绿地可达覆盖率整体仍在50%以下,反映出存量分区内仅有不到一半的居住地周边500米半径内分布有公园绿地,尚达不到济南市政府提出“居民出行500米见园”的规划要求。增量分区早期(III)的公园绿地可达覆盖率从9.91%增至17.15%,增长率为7.24%;其后期(IV)的公园绿地可达覆盖率从17.15%持续增至26.17%,增长率也进一步增至9.02%。增量分区的公园绿地可达覆盖率整体约10%-26%,比存量分区的公园绿地可达覆盖率更低,表明增量分区大部分的居住-绿地关系较为疏远,增量分区内的人居环境质量亟需完善;但从其公园绿地可达覆盖率增值来看,增量分区显著高于存量分区,说明增量分区内的居住绿地整体环境在加速改善。

### 3.2. 公园绿地可达性的时空演变格局

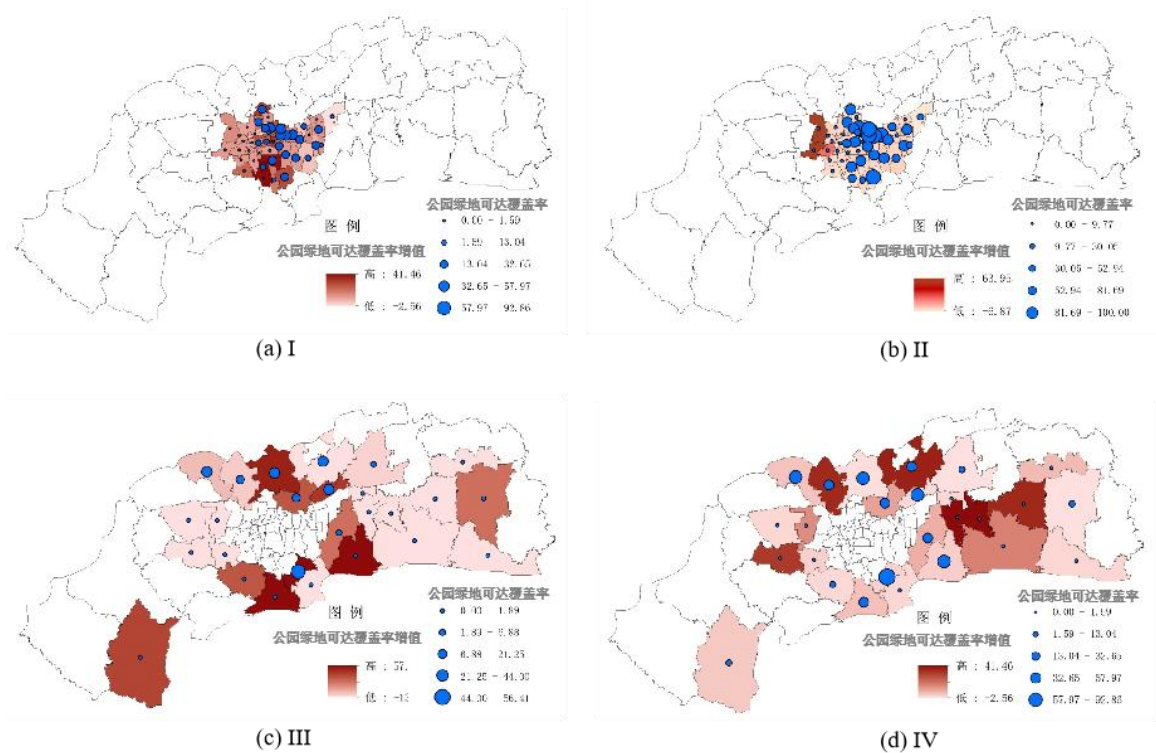


图 7 济南中心城区公园绿地可达覆盖率历年演变情况

Fig.7 the evolution of the coverage of urban green space accessibility over the years in the central urban area of Jinan

由图 7(a)-(b)可见，从 2006 年至 2018 年，存量分区（I、II）的公园绿地可达覆盖率的增值高区发生了明显的迁移，从南北向的城市中部地带转移至发展较为滞后的西侧地区。结合各街道起始年的公园绿地可达覆盖率，发现存量分区到了后期（II），其公园绿地可达覆盖率增值高区与起始年的公园绿地可达覆盖率低值区域取得了空间响应，在存量用地改造与置换等政策干预下，促进公园绿地可达覆盖率在宏观范围内取得空间平衡，实现人居环境资源的空间公平，形成了平衡型空间迁移轨迹。

由图 7(c)-(d)可见，增量分区公园绿地可达覆盖率的增值高区在早期（III）集中于中部的存量分区外围区域、东部新城门户区域、西部新城核心区域，呈三足鼎立的态势，这一分布形态契合济南“东拓西进”的城市发展战略，表明居住-绿地关系受到了更为宏观的政策干预。增量分区到了发展后期（IV），一方面该阶段东城门户和西城核心作为增长极已基本具备辐射能力，带动东西城之间的轴带区域（经十路沿线）进入加速发展阶段，在此背景下公园绿地可达覆盖率增值高区延伸到轴带区域内的唐冶街道、智远街道、舜华路街道、腊山街道等；另一方面此时“北跨”战略取代“东拓西进”成为济南市重要发展目标，公园绿地可达覆盖率增值高区也转移至济南北跨黄河的门户区域（华山街道）；由此可见，

增量分区公园绿地可达覆盖率的增值高区从早期到后期始终契合城市发展战略方向，其空间分布随城市发展重点的变化而变化，但同时也可以看出，增量分区内的居住-绿地关系始终缺少同公园绿地可达覆盖率低值区域的响应，单纯表现为受城市发展磁极的牵引，形成了一种磁极型演变轨迹。

## 4. 公园绿地可达性时空分异的驱动因素识别

### 4.1. 因子探测分析

表 1 济南中心城区公园绿地可达性驱动因子 q 值分析表

Tab.1 q value analysis of driving factors for the accessibility of

q statistic	新增居住用地规模 (R-S)	居住用地类型 (R-T)	新增公园绿地规模(G-S)	公园绿地类型 (G-T)	主导功能 (M-F)	自然条件 (N-C)
I	0.191248936	0.001143113	0.868509221	0.038077768	0.025335989	0.185157979
II	0.062390617	0.001632687	0.930451109	0.100300976	0.040636366	0.027817529
III	0.144314263	0.207309189	0.507683373	0.278032009	0.341237978	0.203344054
IV	0.014524012	0.058254315	0.458411153	0.141816757	0.156981912	0.149950398

总体来看，各影响因子对公园绿地可达覆盖率空间分布的解释能力在四个象限内的变化幅度较大。新增绿地规模因子(G-S)的解释能力整体上明显优于其他因子，表明公园绿地要素是公园绿地可达覆盖率提升的主控因子。主导功能 (M-F)、自然条件 (N-C)、公园绿地类型 (G-T) 等因子在增量分区内具有一定程度的解释能力，但在存量分区的解释能力极其微弱；而新增居住规模 (R-S)、居住类型 (R-T) 等因子在四个象限内的解释能力基本都很微弱。上述结果表明其他因子对公园绿地可达覆盖率的控制能力存在显著的地区分异(表 1)。

存量分区内的主控因子新增公园绿地面积指标(G-S)，其解释能力由早期的 0.86 进一步增至后期的 0.93。伴随着 12 年来存量分区内建设用地的逐渐饱和，用地指标日益紧张，公园绿地的开发用地愈发稀少，导致新增公园绿地用地指标 (G-S)对公园绿地可达覆盖率的控制力急剧上升。而其他因子的解释能力呈现下降或基本不变，只有公园绿地类型因子 (G-T) 的解释能力略有增长，并且结合风险探测器，可知公园绿地类型因子 (G-T) 的解释能力主要来自社区级的公园绿地(表 3)。面对存量分区后期人居环境较差的情况，地方政府通过采取山体和国营苗圃改造等功能置换的方式，多点少量地增加社区级公园绿地，明显提升了存量分区内的人居环境质量。

增量分区内公园绿地可达覆盖率的主控因子虽然也是新增公园绿地规模(G-S)，但其解释能力显著低于存量分区，并且其他因子的解释能力普遍高于存量分区，其中主导功能(M-F)和公园绿地类型(G-T)的解释能力仅次于主控因子。进一步结合风险探测工具可知，主导功能(M-F)的解释能力在早期主要来自于综合型主导功能，而在后期主要来自于居住型主导功能；公园绿地类型的解释能力(G-T)则主要由城市级和社区级公园绿地共同组成(表3)。增量分区早期以培育新区、提升竞争力为目标，而后期以土地收益和迁入人口为目标，因此其竞争力略有下降，并且带动主导功能从综合型向居住型转变，从而有目的地控制公园绿地可达覆盖率的分布。

## 4.2. 交互作用分析

表2 济南中心城区公园绿地可达覆盖率驱动因子交互作用探测器分析结果

Tab.2 analysis results of interaction detector driving factors for urban green space accessibility in the central urban area of Jinan

I						
	新增居住规模 (R-S)	居住类型 (R-T)	新增公园绿地规模 (G-S)	公园绿地类型 (G-T)	主导功能 (M-F)	自然条件 (N-C)
新增居住规模	0.191248936					
居住类型	0.209782021	0.001143113				
新增公园绿地规模	0.908472682	0.871497647	0.868509221			
公园绿地类型	0.423512522	0.061289586	0.88621478	0.038077768		
主导功能	0.234063112	0.047487694	0.890883355	0.223233476	0.025335989	
自然条件	0.916802451	0.204843986	0.899683512	0.366147102	0.383761773	0.185157979
II						
	新增居住规模 (R-S)	居住类型 (R-T)	新增公园绿地规模 (G-S)	公园绿地类型 (G-T)	主导功能 (M-F)	自然条件 (N-C)
新增居住规模	0.062390617					
居住类型	0.084278444	0.001632687				
新增公园绿地规模	0.936811053	0.932103057	0.930451109			
公园绿地类型	0.313576542	0.12077904	0.934999007	0.100300976		
主导功能	0.200202316	0.062482632	0.932456965	0.18150808	0.040636366	
自然条件	0.122568199	0.050233544	0.934751057	0.169974686	0.090443305	0.027817529
III						
	新增居住规模 (R-S)	居住类型 (R-T)	新增公园绿地规模 (G-S)	公园绿地类型 (G-T)	主导功能 (M-F)	自然条件 (N-C)
新增居住规模	0.144314263					
居住类型	0.268516297	0.207309189				
新增公园绿地规模	0.601343207	0.641354698	0.507683373			
公园绿地类型	0.587482018	0.445572375	0.577429999	0.278032009		

主导功能	0.716626246	0.464250818	0.538981571	0.538269081	0.341237978	
自然条件	0.725354915	0.388116355	0.833386564	0.422118884	0.749822962	0.203344054
IV						
	新增居住规模 (R-S)	居住类型 (R-T)	新增公园绿地规模 (G-S)	公园绿地类型 (G-T)	主导功能 (M-F)	自然条件 (N-C)
新增居住规模	0.014524012					
居住类型	0.109345847	0.058254315				
新增公园绿地规模	0.562650519	0.479484261	0.458411153			
公园绿地类型	0.364328159	0.177373201	0.486011224	0.141816757		
主导功能	0.611845275	0.241224002	0.703951365	0.533992692	0.156981912	
自然条件	0.315115375	0.270030365	0.53942361	0.399052773	0.453918906	0.149950398

表 3 济南中心城区公园绿地可达覆盖率驱动因子风险探测器分析结果

Tab.2 analysis results of risk detector driving factors for urban green space accessibility in the central urban area of Jinan

II 公园绿地类型 (G-T)					
无		社区级		城市级	
1.26		8.89		-0.43	
III 主导功能 (M-F)					
居住	工业或区域交通	商业金融	教育科研	综合	其他
4.43	3.42	4.32	4.35	25.95	0
IV 主导功能因子 (M-F)					
居住	工业或区域交通	商业金融	教育科研	综合	其他
4.43	3.42	4.32	4.35	25.95	0
III 绿地类型 (G-T)					
无		社区级		城市级	
1.06		15.94		13.04	
IV 绿地类型 (G-T)					
无		社区级		城市级	
1.82		11.72		16.24	

对驱动城市公园绿地可达覆盖率提升的 6 个因子进行交互探测发现，双因子交互作用在地区之间存在明显分异。存量分区内的因子交互作用均普遍较弱，只有新增居住规模和自然条件这两个因子的交互作用在早期的时候较为明显，说明主控因子新增公园绿地规模对整个存量分区具有绝对性的控制力；而增量分区双因子的交互作用普遍高于单因子作用，双因子交互结果全部为双向增强型或非线性增强型，不存在独立或减弱的关系，说明增量分区内城市公园绿地可达覆盖率在发展早期和后期有显著分异，其形成是驱动因子共同作用的结果（表 2）。

存量分区早期的新增居住规模因子（R-S）和自然条件因子（N-C），单因子解释力度较小，然而二者之间存在强烈的非线性交互作用，交互后的解释力度高达 0.91。根据风险探测工具可知自然条件（N-C）的解释能力主要来自山体（表

3)，济南存量分区在早期围绕山体开发住宅，形成市场主导的居住用地向山体纵深蔓延的空间形态。

增量分区各要素从交互作用看，各要素存在较为丰富的交互方式。早期，新增居住规模要素（R-S）与绿地类型（G-T）、主导功能（M-F）、自然条件（N-C）等其他要素结合能达到更好的增强效果，但是到了后期，各因子解释力度却出现不同程度的下降。增量分区在早期为开拓新城并提升新城吸引力，选择山水兼备的环境优越地区作为核心地区，开发建设具有多元功能的综合性新区，并配置城市级和社区级公园绿地。在这些自然条件（N-C）、主导功能（M-F）以及公园绿地类型（G-T）的政策激励下，住房市场逐渐培育起来，形成环境品质较高的住区，从而实现居住-绿地关系的优化。但增量分区到了后期，城市战略得到进一步深化和转移，面临外来人口迁入、引进人才安居的紧迫需求，形成具有地域偏好性的环境优化表现，形成以“特定人群”为本的城市公园绿地可达覆盖率优化结果。

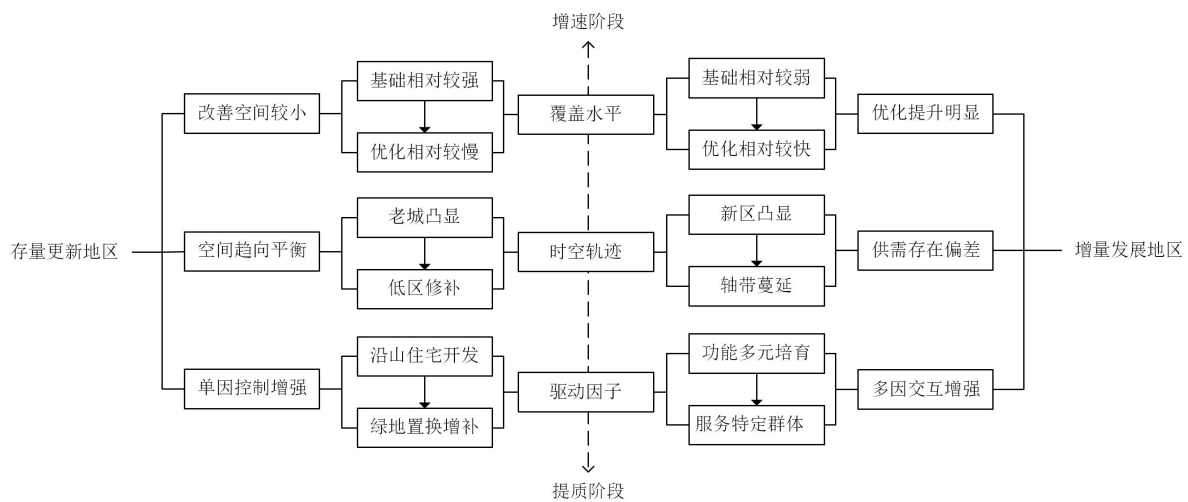


图 8 济南中心城区公园绿地可达性演变特征示意图

Fig.8 the evolution characteristics of urban green space accessibility in the central urban area of Jinan

## 5. 结论与策略

研究基于增量-存量空间发展变化的视角，通过提出了内在构成-驱动因子的公园绿地可达性演进分析思路，研究了我国城市发展转型过程中城市公园绿地可达性的演化规律，揭露了城市公园绿地所处区域的重要影响。济南市的城市公园绿地可达性演变特征及驱动因素如下：就综合水平而言，存量地区公园绿地可达

性整体上显著优于增量地区,然而存量地区公园绿地可达性改善的程度却显著低于增量地区;就时空格局而言,存量地区公园绿地可达性改观程度虽然相对较低,但通过空间修补等政策逐渐趋向空间平衡,而尽管增量地区公园绿地可达性改观速度明显,其空间分布却始终基于新城扩张等聚集在特定区域,布局易偏离所在区域居民生活的实际需要。因此为了全面、系统地提升居住-绿地空间关系,明晰不同类型地区 and 不同发展时期下的居住-绿地关系优化路径差异、建立层级化的居住-绿地关系优化策略至关重要。

通过进一步分析城市公园绿地的可达性驱动因子,发现存量地区与增量地区存在单因驱动和多因交互驱动的显著差异。对于未来发展路径,一方面应充分认识到公园绿地的投入对于存量更新区域人居环境的决定性拉动作用,鼓励开辟多种创新方式促进建设用地紧约束条件下的公园绿地投入;另一方面应充分认识到多元要素对人居环境提升的协同作用,鼓励探索适合增量分区的多元化空间要素协同作用方式。受资源约束影响,新增公园绿地规模因子是驱动存量地区城市公园绿地可达性的主控因素,并且其解释能力与日俱增;因此城市更新发展趋势下新增公园还将发挥重要作用,应积极探索通过如居住用地拍卖“捆绑公共绿地”、低效空间盘活利用、微公园植入社区更新等模式积极探索多维度公园绿地的增补方式。在增量地区内,城市公园绿地可达性的提升可通过居住规模、绿地类型、主导功能、自然条件等多因子交互作用实现。城市新增空间需要结合上述要素,系统策划公园绿地的相关要素配置,形成“公园+”的融合发展新模式,以高质量的公园绿地空间为核心来统筹其他城市空间要素的交互作用,结合未来场景建设完整公园绿地生活圈,促进园-住融合,完善全域公园城市体系。为此也需促进规划、园林、城管等多部门协同,提升空间的精细化治理水平。

#### **参考文献(References):**

- [1] 张金光,赵兵.城市公园可达性研究演进与领域动态[J].现代城市研究, 2020(08): 2-10.
- [2] 徐承栋,王锦.城市游憩绿地可达性优化研究[J].中国园林,2020,36(04):128-133.
- [3] 张玉洋,孙雅婷,姚崇怀.空间句法在城市公园可达性研究中的应用——以武汉三环线内城市公园为例[J].中国园林,2019,35(11):92-96.
- [4] 谷康,梁冰.基于空间句法的南京明城墙沿线公园绿地可达性研究[J].现代城市研究,2020(08):11-17.
- [5] 邵大伟,吴殿鸣.城市功能空间对绿地格局作用效应的地理探测——以南京为例[J].中国园林,2021,37(09):31-35.
- [6] 余思奇,谢晓亮,常江.基于文献计量的公园绿地可达性分析[J].生态学



报,2021,41(18):7475-7483.

[7]杜伊.面向生活圈空间绩效的社区公共绿地布局优化——基于上海中心城区的实证研究[J].中国园林,2021,37(03):67-71.

[8]余思奇,朱喜钢,刘风豹,等.社会公平视角下城市公园绿地的可达性研究——以南京中心城区为例[J].现代城市研究,2020(08):18-25.

[9]赵万民,方国臣,王华.生活圈视角下的住区适老化步行空间体系构建[J].规划师,2019,35(17):69-78.

[10]Oh K, Jeong S. Assessing The Spatial Distribution of Urban Parks Using GIS [J].Landscape and Urban Planning, 2007, 82(82) :25-32.

[11]Sathyakumar V, Raaj R, Bardhan R. Geospatial approach for assessing spatiotemporal dynamics of urban green space distribution among neighbourhoods: A demonstration in Mumbai[J], Urban Forestry & Urban Greening, 2020,48.126585

[12]邹锦,颜文涛.存量背景下公园城市实践路径探索——公园化转型与网络化建构[J].规划师,2020,36(15):25-31.

[13]季珏,许士翔,安超,等.新时期中国城市绿地管理方式的现状、问题及建议.中国园林[J],36(06):56-59.

[14]杨梅,张建平,李宝勇,刘华斌,古新仁.城市绿地空间可达性与安全感相关性研究——以南昌八一公园为例[J].中国园林,2019,35(11):76-80.

[15]李翹,侯硕,张浩然.基于形态因子分析的城市绿色开放空间体系构建——以湘潭市为例[J].城市发展研究,2017,24(01):63-74.

[16]赵群毅,杨春志.生产空间的“再生产”：城市拉大框架后的讨论[J].城市发展研究,2020,27(11):31-37.

[17]王劲峰,徐成东.地理探测器:原理与展望[J].地理学报,2017,72(001):116-134.

[18] Wang J F, Li, X H, Christakos G , et al. Geographical Detectors-Based Health Risk Assessment and its Application in the Neural Tube Defects Study of the Heshun Region, China[J]. International Journal of Geographical Information Science, 2010, 24(1-2):107-127.

[19]刘彦随,杨忍.中国县域城镇化的空间特征与形成机理[J].地理学报,2012,067(008):1011-1020.

[20]徐曙光.浅析“十二五”时期济南城市建设的战略转型[J].中共济南市委党校学报,2012(01):103-106.

**图片来源:**

图 1-2、4-8: 作者自绘

图 3: 作者基于《济南市城市总体规划(2011-2020 年)》图纸绘制

**图片说明:**

图 1: 城市公园绿地可达性研究思路

Fig.1 research idea on urban green space accessibility

图 2: 城市公园绿地可达覆盖率示意图

Fig. 2 the coverage of urban green space accessibility

图 3: 济南城市发展战略与中心城区空间结构示意图

Fig.3 Urban development strategy and spatial structure of the central urban area in Jinan

图 4: 济南中心城区研究单元的划分

Fig.4 Division of research units in the central urban area of Jinan

图 5: 济南中心城区街道平均新增建设用地占比

Fig.5 the average proportion of the subdistrict incremental construction land in the central urban area of Jinan

图 6: 济南中心城区公园绿地可达覆盖率演变情况统计

Fig.6 statistics on the urban green space accessibility coverage of the central urban area in Jinan

图 7: 济南中心城区公园绿地可达覆盖率历年演变情况

Fig.7 the evolution of urban green space accessibility coverage over the years in the central urban area of Jinan

图 8: 济南中心城区公园绿地可达性演变特征示意图

Fig.8 the evolution characteristics of urban green space accessibility in the central urban area of Jinan