

城市不透水表面的梯度格局、演变驱动与景观优化

吴宇哲, 谷晨焯

(浙江大学公共管理学院, 杭州 310058)

摘要: 不透水表面扩张对城市生态系统的过程、功能、服务有显著影响, 研究其演变规律对城市发展有重要意义。以南京市为研究区, 基于 2000—2020 年土地利用数据, 采用空间梯度分析与景观格局分析相结合的方法, 沿城市中心向外设置等距辐射状梯度带, 分析不透水表面时空分布和梯度变化特征, 同时建立沿江、跨江样带, 研究不透水表面扩张规模与方向演变背后的驱动机制, 最终为南京市景观格局优化提供政策依据。结果表明: (1) 不透水表面景观优势度沿梯度带逐渐降低, 城市中心不透水表面高度集聚, 外围城区是扩张的重点区域, 耕地、林地、水域等景观面积缩减严重, 景观格局变化剧烈, 城郊区域保持低速稳定扩张。 (2) 地形地貌与河流水系显著影响不透水表面扩张方向, 政策规划也起到一定的作用, 经济发展、人口增长、产业结构优化影响不透水表面扩张规模。 (3) 南京市应从改善城市生活空间、转变城市发展模式、控制城市扩张规模 3 个方面对城市景观格局进行优化。

关键词: 不透水表面扩张; 南京市; 梯度分析; 驱动机制; 景观格局优化

中图分类号: X826

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2023)01-0168-08

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcxb.2023.01.023

Gradient Pattern, Driving Forces and Landscape Optimization of Urban Impervious Surface

WU Yuzhe, GU Chenzhuo

(School of Public Affairs, Zhejiang University, Hangzhou 310058)

Abstract: Impervious surface expansion has a prominent impact on the process, function and service of urban ecosystem, so exploring its variation is of great significance to urban development. Based on the land use data from 2000 to 2020 in Nanjing, we integrated landscape spatial gradient analysis and pattern analysis method, setting radial gradient zones around the downtown by expanding outward at equal distances to analyze the spatial and temporal distribution and gradient characteristics of impervious surface. Meanwhile, the transects along and across the Yangtze River were set to analyze the driving forces behind the expansion scale and direction variation of impervious surface. It could provide policy suggestions for the landscape pattern optimization of Nanjing. Results showed that: (1) Impervious surface landscape dominance showed a downward trend along the gradient zone. The urban center was highly concentrated with well-shaped impervious surface. The peripheral urban area was the key regions of impervious surface expansion, accompanied with the reduction of arable land, forest land, water body and other natural landscape, so the landscape pattern of this area changed drastically. The suburban area impervious surface maintained slow and steady expansion. (2) Topography and river system significantly affected the expansion direction of impervious surface, planning policy would play a certain regulatory role. Economic development, population growth and industrial structure adjustment and optimization affected the expansion scale of impervious surface. (3) Nanjing should optimize the urban landscape pattern from three aspects improving the urban living space, transforming the mode of urban development and controlling the urban expansion.

Keywords: impervious surface expansion; Nanjing; gradient analysis; driving forces; landscape pattern optimization

城市是一个地区社会、经济、文化活动异常频繁的聚集地, 是受人类影响最大的生态系统, 代表着人类文明

的进步与发展^[1]。在城市发展中, 不透水表面作为一种典型人工地表特征, 其扩张规模大小是城市化过程快

慢最直接的表现,并且这种扩张受多种驱动因素影响,具有明显的梯度变化特征。伴随着不透水表面面积的增加,那些具有较高生态价值的植被、水源地等生态用地日益缩小破碎^[2],这将使得原本连续均质的自然景观逐渐呈现出异质化、复杂化、高度破碎化的特征^[3-5]。同时下垫面的改变将导致城市对水资源的吸收、储备与净化能力下降,最终引发严重的热岛效应^[6]。

不透水表面是城市环境变化的主要因素之一^[7-8],很多学者将其作为研究城市生态环境的重要切入点。根据研究侧重大致分为 2 类:一类是利用地表覆被变化数据,开展不透水表面空间分布与动态变化特征研究。如刘珍环等^[9]将城市主体景观用不透水表面来表征,运用地统计学方法整体刻画深圳市地表覆被格局的空间分异与演变特征,并结合剖面线法进一步分析其微观特征,结果表明,不透水表面梯度变化特征明显,在空间上呈现连续渐变;雷金睿等^[10]建立缓冲区梯度带,利用景观格局指数研究海口市不透水表面空间分布和梯度变化特征,结果表明,城乡融合区是地表覆被变化最为激烈的地带;另一类聚焦于不透水表面扩张驱动机制分析,已有研究^[11]发现,自然因素以及人文(社会、经济、政策)因素是城市扩张的主要驱动因素。如李发志等^[12]利用偏最小二乘回归分析方法对南京市城市扩张驱动机制开展定量分析,结果显示城市扩张方向不仅受城市外部空间特征、发展战略、土地利用规划等社会因素的影响,自然因素也发挥重要的作用,产业从业人数、人口密度、固定资产投资额等因素影响城市扩张规模;黄保荣等^[13]从宏观角度以各地级行政区划为分析单元,采用空间回归模型对中国大陆地区 2000—2010 年建设用地扩张的驱动力进行研究,发现受东中西部均衡发展战略影响,建设用地向平均海拔坡度较高地区扩张,同时第二产业发展、流动人口迁移、外商投资等是扩张的主要人文驱动因素。

综上所述,学者们围绕不透水表面时空演变与驱动机制已进行大量的研究,但目前来看主要还存在 3 个问题:(1)对于空间分布与动态变化研究大多选择 2~3 期数据进行对比分析,时间跨度小,变化特征不明显;(2)对于驱动机制研究多采用定量方法,且侧重于不透水表面规模演变分析,未结合城市自身特征探究方向演变背后的驱动机制;(3)描述性研究居多,未能针对所发现的问题提出具体合理的景观优化对策。因此本文以南京市为研究区,基于 2000—2020 年 5 期地表覆被数据,采用景观空间梯度分析与景观格局指数分析相结合的方法,构建以城市最中心区域为起点的 8 条辐射状梯度带,揭示南京市不透水表面 20 年来的景观格局时空演变及梯度分异规律,同时沿长江

与跨江大桥建立 2 条样带,探究不透水表面沿自然廊道与人工廊道的 2 种扩张模式,并结合自然、政策、经济、人口等影响因素分析不透水表面方向与规模演变背后的驱动机制,最终为南京市城市空间结构功能优化与区域可持续发展提供决策依据。

1 研究区域与数据来源

1.1 研究区概况

南京市位于江苏省西南部,是长江中下游的重要城市,其南连太湖,北接江淮平原,以低山缓岗为主,属亚热带季风气候区,自然资源丰富,景观基质良好。南京市现辖 11 区(为研究方便将城市中心的 5 个区合称为主城区,并规定新街口为城市最中心区域),总面积 6 587 km²(图 1),2020 年末户籍人口 709.82 万。经济快速发展促使南京市城市化水平迅速提高,城市规模也在不断扩大,1978—2020 年,南京的建成区面积从原来的 116 km²扩展到 868 km²,这种建设与扩张也使得城市内部景观结构发生巨大的改变^[4]。

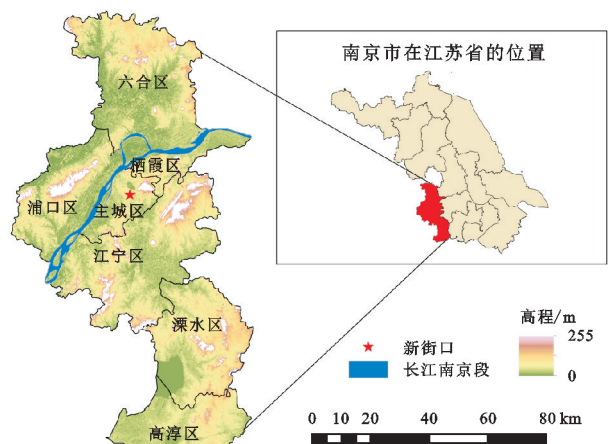


图 1 研究区位置

1.2 数据来源

本研究采用中国科学院空天信息创新研究院开发的 1985—2020 年全球 30 m 精细地表覆盖动态监测产品 (GLC_FCS30-1985_2020)^[14],共包含 29 个地表覆盖类型,更新周期为 5 年。本文选取该产品 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年共 5 期研究数据,提取研究区内土地覆被类型,并按研究需要进行重分类,最终得到南京市不透水表面、耕地、林地、水体、草地、未利用地共 6 种土地利用类型数据。

2 研究方法

2.1 景观空间梯度分析

利用景观空间梯度分析方法可以有效地反映出城市景观格局的动态变化特征,其中主要包括梯度带分析^[15]、样带分析^[16-17]和样线设置与样带提取分析^[18]。本研究采用梯度带分析方法,以南京市城市中心新街口为辐射原点,向外建立 8 个等距辐射状梯度带,每个梯

度带之间距离为 5 km(图 2),以此来研究不透水表面沿城市化梯度的历史变化规律^[19]。同时为研究方便,规定第 1,2 梯度带为城市中心区;第 3,4 梯度带为外围城区;第 5,6 梯度带为近郊区,第 7,8 梯度带为远郊区,其中第 5~8 梯度带可统称为城郊区域,利用 Fragstats 4.2 软件计算每个梯度带内的景观格局指数。

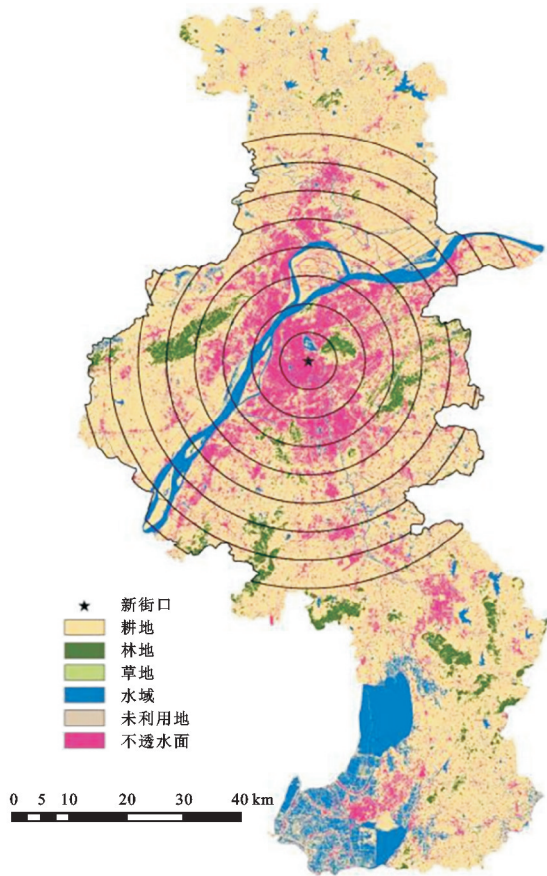


图 2 研究区梯度带设置

2.2 景观格局指数分析

景观格局指数高度浓缩景观格局信息,可以综合反映景观结构组成和空间配置特征,是检测城市化的梯度特征以及进程变化趋势的重要指标^[20]。单个景观格局指数无法完全反映出区域的景观格局与变化,所以需要建立适当的景观指标体系,既要充分考虑到各指标之间的特殊性和独立性,又要保证其系统性和完整性。参考相关研究^[21-24],本文选取斑块类型占面积百分比(PLAND)、斑块平均面积(MPS)、边缘密度(ED)3 个指标,分别用来衡量不透水表面景观优势度、破碎化程度,以及形状复杂程度。

3 不透水表面景观格局梯度变化分析

3.1 不透水表面时空梯度分异特征

不透水表面类型占面积百分比(PLAND)由城市中心向城郊呈现下降趋势,说明距城市中心越远不透水表面的占主导的优势度逐渐降低^[25],这与前人^[26]研究所得结论基本相符。研究期间,除第 1 梯度带不透水表面

面积占比未出现明显增加,其余梯度带均逐年上升,并且外围城区上升幅度大,城郊上升幅度小,这说明城市中心可开发的土地资源稀少,不透水表面扩张潜力弱,外围城区由于具备相对丰富的土地资源,成为扩张的重点区域,城郊虽然有最丰富的土地资源,但由于开发带来的经济效益较弱,所以该区域不透水表面保持低速稳定扩张。当然不透水表面扩张也带来耕地、林地、水域等自然景观面积的大幅缩减,以及破碎化程度的加重,这样的情况在外围城区表现得尤为明显(图 3)。

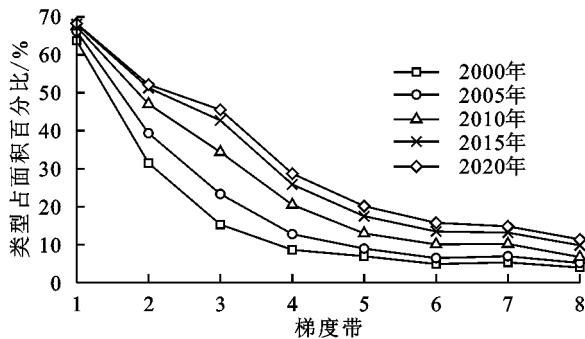


图 3 不透水表面类型占面积百分比梯度变化特征

斑块平均面积(MPS)可以表征景观的破碎化程度,越低代表景观越破碎。不透水表面的斑块平均面积沿梯度带呈剧烈下降趋势,在第 1 梯度与第 2 梯度带之间几乎为“断崖式”下跌,过了第 4 梯度带之后才逐渐平稳,这反映出不同区域发展水平的极度不平衡,不透水表面在城市中心高度集聚与城郊区域高度分散形成对比,甚至外围城区的不透水表面也多以小型斑块为主,破碎化程度严重。研究期间,各梯度带不透水表面斑块平均面积均有不同程度的增加,第 2,3 梯度带增加明显,这表明当城市发展到一定水平之后,不透水表面扩张不再聚焦于城市中心,更多转向城乡交错地带,因此该区域景观格局变化激烈(图 4a)。

边缘密度(ED)用来表征斑块形状复杂程度,越低代表斑块形状越规则。该指标整体变化分 2 个阶段,2005 年之前沿梯度带递减,2005 年之后则整体呈现出“n”形变化趋势,并且峰值基本出现在第 2,3 梯度带,也就是说在 2005 年前,城市中心的不透水表面形状最复杂,2005 年之后开始向规整转变,此时外围城区逐步替代城市中心成为不透水表面形状最复杂的区域,不过 2010 年之后该区域边缘密度不再发生明显变化,这表明 2010 年后外围城区不透水表面形状也开始有向规整转变的趋势。城郊区域不透水表面边缘密度逐年上升,斑块形状日益复杂(图 4b)。

3.2 不透水表面景观格局存在的问题

3.2.1 城市中心不透水表面过度集聚,绿地景观稀少
城市中心住宅、商业用地集中,造成不透水表面景观的大量聚集,然而近年来其扩张势态趋于饱和,已无较大开发潜力。同时由于早期的城市开发相对无序,

城市中心的不透水表面形状复杂,加之目前新城开发的热度上升、力度加大以及老旧城区本身较大的改造难度,其整治工作无法得到有效开展,因此不透水表面形状复杂程度居高不下。此外,由于各类用地竞争激烈,城市中心配套的绿地景观分布少且零散,破碎

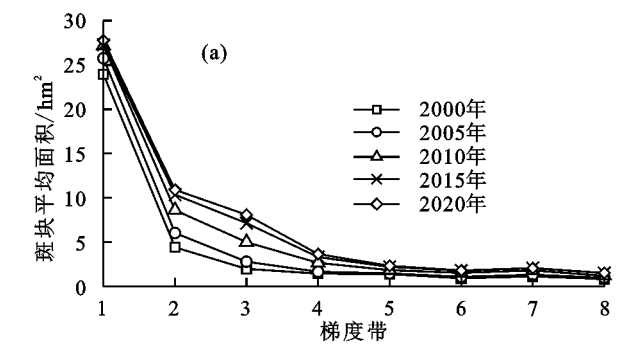


图 4 不透水表面斑块平均面积与边缘密度梯度变化特征

3.2.2 外围城区不透水表面快速扩张,规划理念欠缺
城市中心土地资源开发殆尽,外围城区成为不透水表面扩张的重点区域,所以自 2000 年开始,外围城区不透水表面一直保持较高的增长速度。不过由于早年没有合理的规划理念介入,片面追求经济增长和城市规模扩大,使得该区域发展没有能够考虑到资源环境承载条件的限制,提出一些超越发展阶段的指标,所以 2000 年至今,外围城区新增不透水表面的形状相对复杂。此外,盲目地发展一方面侵占大量的耕地、林地、水域等自然景观,严重破坏生态环境,造成区域整体景观格局的复杂状况;另一方面,也导致大范围拆迁进行粗放型城市建设行为的产生,既浪费宝贵的土地资源,又损害市民的利益。

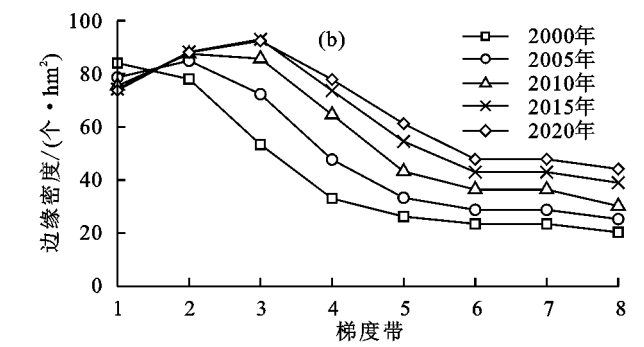
3.2.3 城市郊区不透水表面零散分布,开发相对随意
城市郊区不透水表面面积增加的同时,斑块形状复杂程度也随之增加。从扩张模式来看,该区域大多为小型斑块的零散扩张,整体来看有一定的随意性。这一方面是由于在此区域开发能产生的经济效益并不高,大规模开发并不现实,所以更多是以乡镇、街道或者更小单位的局部开发活动为主,较高的自主性与不到位的监管导致开发的随意性;另一方面,由于郊区的城市发展依旧存在着严重的多头管理现象,不同部门从自身的利益角度开展管理活动,所以各项政策在实施中难以形成合力,从而导致郊区的开发缺少全局的视角。

4 不透水表面演变驱动机制分析

4.1 影响不透水表面扩张方向的驱动机制分析

城市不透水表面扩张受多种因素影响,有其特有的方向性。从整体上看,南京市具有特殊的城市形态,南北向较宽,东西向较窄,这直接从宏观上限制城市扩张的方向,除此之外地形地貌、河流水系、政策规划等因素也有可能影响不透水表面扩张方向,因此采用样带分析方法,探究南京市不透水表面扩张的方向

化程度很高。作为建设海绵城市的重要自然下垫面,绿地的缺失将会导致城市的蓄水、渗水、储水能力严重不足,很容易造成地表下沉、水源污染等危害。严重时,地表植被的减少显著影响城市微气候环境,引发热岛效应。



性特征与背后的驱动机制。

4.1.1 样带构建 样带分析可用于揭示不同土地利用类型由于某个或某些驱动因素沿样带表现出的空间差异规律。南京市是江苏省内唯一一个跨江发展的城市,长江深刻影响着南京城市文明的起源、变化和未来发展格局,同时也为城市生态文明的推进提供了空间廊道和创新载体。为了具体探究南京市沿江与跨江发展的历史格局、变化特征以及变化背后的驱动机制,本研究沿长江设置 1 条长为 51 km 的沿江样带作为不透水表面扩张的自然廊道,同时沿南京长江大桥设置 1 条长 54 km 的跨江样带作为不透水表面扩张的人工廊道,各样带宽度均统一取值为 3 km,并且样带内包含多个 3 km×3 km 的正方形窗口,使用移动窗口法计算各个窗口中不透水表面的景观指标值。为更好量化分析不透水表面距城市中心远近而发生的变化,研究定义样带中心点为 0(该点代表城市中心),由近及远依次进行距离标注(图 5)。

4.1.2 沿江样带不透水表面景观格局分析 沿江样带中不透水表面斑块平均面积(MPS)沿城市中心向东北方向有小幅下降,但基本保持高值。样带西南方向距城市中心 18~21 km 范围内不透水表面斑块平均面积也相对较高,但在 0~18 km 范围内出现明显的波谷特征,同时研究期间该区域斑块平均面积增长幅度也是最高的,这说明沿江东北方向不透水表面属于均衡扩张,西南方向距离城市中心 18 km 附近存在一个发展水平很高的次中心,但两中心之间的区域发展水平不高,不透水表面以小型斑块为主,当然研究期间该区域斑块平均面积迅速增加,不透水表面扩张强度加大(图 6a)。

结合边缘密度(ED)来看,城市中心与西南方向的次中心边缘密度指标均为波谷值,这反映出两中心不透水表面形状非常规整,但两中心之间的区域则呈现波峰状态,不过这种状态也在逐步减弱,说明该区域的不透水表面形状正向规整转变。样带东北方向

距城市中心 1.5 km 处的边缘密度虽然也呈现波峰状态,但数值较低,并且逐年递减,所以区域发展水平较高,不透水表面扩张潜力趋于饱和(图 6b)。

4.1.3 跨江样带不透水表面景观格局分析 跨江样带中不透水表面斑块平均面积(MPS)由城市中心向两边递减,2005 年之前该指标几乎呈对称分布,反映 2005 年之前江南与江北远离城市中心区域不透水表面扩张水平相对均衡。但在 2005—2010 年,样带东南方向距城市中心 9~24 km 范围斑块平均面积开始迅速增加,不透水表面扩张强度加大,反观样带西北方向的斑块平均面积增加并不明显,2010 年后才有小幅上升,这说明 2005 年前江南、江北非城市中心区域发展水平差别不大,2005 年后江南明显进入快速发展阶段,江北发展开始滞后(图 7a)。

城市中心区域边缘密度(ED)呈现波谷状态,不透水表面形状十分规则,但样带两端不透水表面形状则相对复杂。研究期间样带东南方向的边缘密度值较西北方向整体下降幅度明显,说明跨江样带东南段城市发展受到良好规划的介入,不透水表面形状逐渐规整。值得注意的是,样带西北方向距城市中心 12 km 区域常年处于高值,该处实际跨越浦口区的老山国家森林公园,不透水表面扩张受到山体的阻挡(图 7b)。

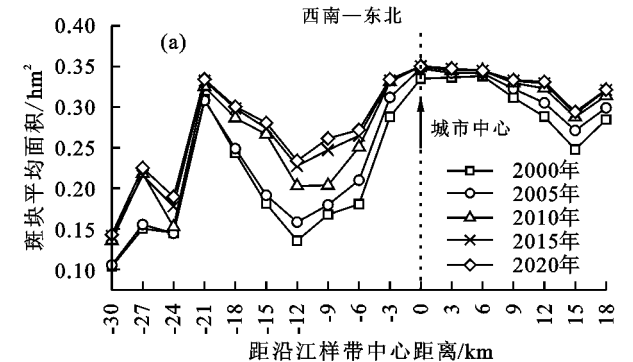


图 6 沿江样带不透水表面景观格局变化

4.1.4 影响不透水表面扩张方向的驱动因素

(1)地形地貌。海拔坡度显著影响不透水表面的扩张方向,平原地区海拔低、坡度小,这种平坦的地势更适合城市不透水表面的扩张。跨江样带西北方向距城市中心 12 km 区域由于受到自然山体阻隔,开发难度大,同时从城市建设的成本角度来考虑,基础设施建设在平原区域的成本投入明显低于山丘地区,所以不透水表面在此处难自由地进行“摊大饼”式扩张。

(2)河流水系。河流水系是影响南京市不透水表面扩张方向的重要原因。城市依江发展由来已久^[11],从农业的角度来讲,河流下游土地相对上游更加肥沃平坦,更利于生产发展;从工业的角度来讲,海运、河运作为重要的交通运输方式使得下游比上游更具有区位优势,因此下游更适宜不透水表面的扩张,

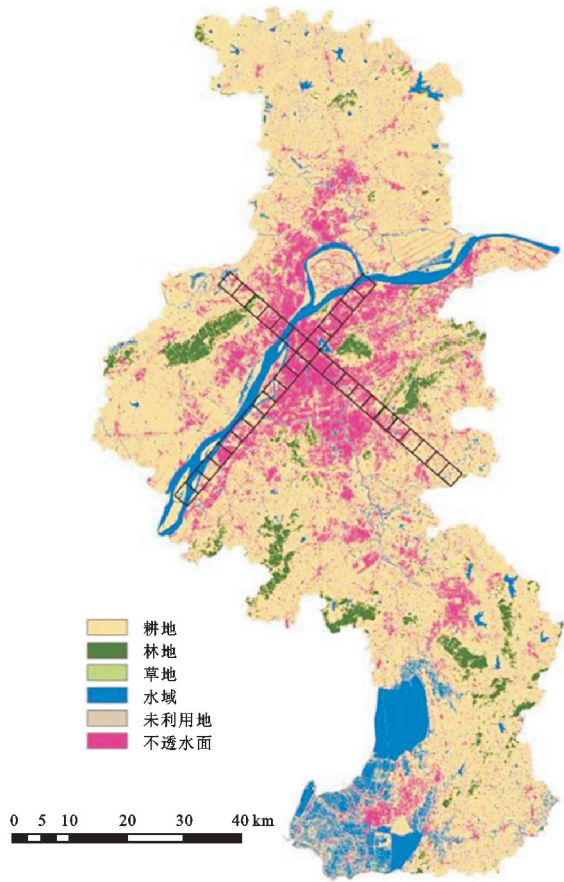
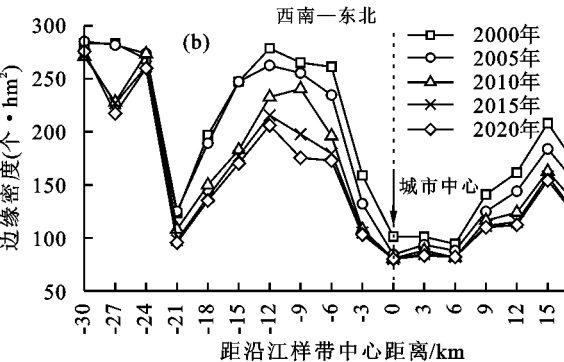


图 5 研究区样带的设置



所以南京市沿江样带的东北部发展水平必然高于西南部。但是随着人口的快速增长,下游土地被开发完毕之后城市依旧难以承载现有的人口数量,所以必然要开发另一块区域来分散主城区压力,因此沿江样带上游出现城市的次中心,也就是现在的建邺区河西新城,不透水表面的扩张集中在城市中心与次中心之间的区域。在跨江发展中,长江密布的水网又成为不透水表面扩张的天然阻隔,江南主城的经济辐射难以有效覆盖江北地区,因此江北发展明显滞后于江南非城市中心区域。

(3)政策规划。合理、科学的城市规划对城市建设和经济发展起着重要的指导作用,政府根据当前城市发展状态制定一系列的激励或约束政策,从而加速或遏制城市土地利用结构的变化^[26],调节城市不透

水表面演化的方向和规模。2015 年国务院正式批复同意南京江北新区的建设,自此江北新区迎来发展的“新春天”,得到大量的政策倾斜和经济支持,江北新区同时也抓住国家给予的发展机遇,充分构建“产—

学—研”融合体系,发挥高校、企业、研究院的集聚优势,吸引大量国内外知名企业及科研机构在此落地,因此土地开发规模不断增加,不透水表面的扩张强度也在 2015 年出现明显提升。

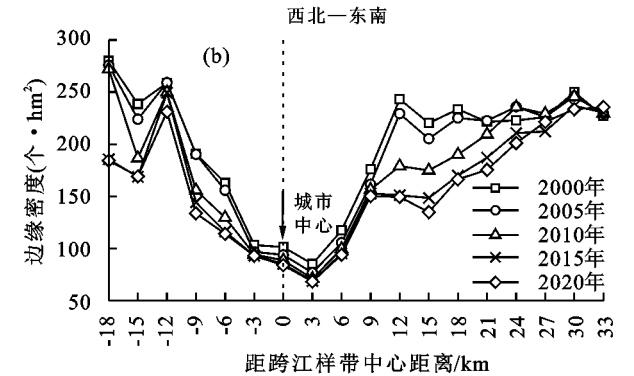
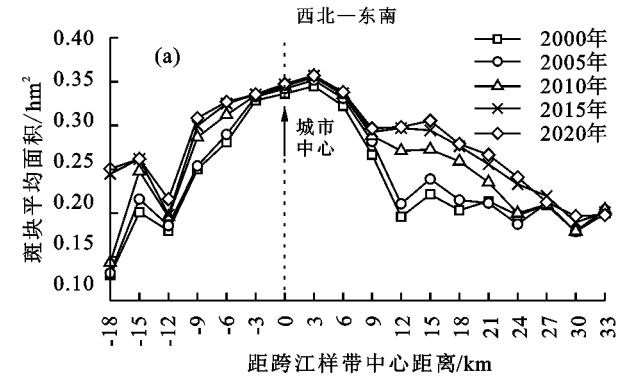


图 7 跨江样带不透水表面景观格局变化

4.2 影响不透水表面扩张规模的驱动机制分析

4.2.1 人口增长 人口的增长与集聚促使住宅用地、就业用地、公共配套设施用地等城市建设用地的需求增加,从而引起城市不透水表面的快速扩张。南京受长三角经济圈辐射的影响,具有很强的经济活力,吸引大量的外来人口流入。2000—2020 年全市常住人口由 614.85 万增长到 931.97 万,涨幅约 52%,其中 2019—2020 年涨幅最大。城市中心土地被开发殆尽,但持续的人口增长不断加大对住房、基础设施、公共服务用地的需求,这使得不透水表面在外围城区急剧扩张。

4.2.2 经济发展 不透水表面的空间扩张速率随着经济发展的波动而变化^[27]。经济发展水平一般与城市基础设施建设能力呈正相关,基础设施的完备能够吸引大量人口以及产业流入,从而推动土地利用结构快速转变,大量经济价值较低的农用地将向经济价值更高的建设用地转移,带动城市建设用地的增量发展^[28]。

在经济快速发展的 20 年,南京市不透水表面面积扩张速度迅猛。2020 年不透水表面面积与 2000 年相比扩张近 2 倍,一定程度上反映经济发展对不透水表面扩张的助推效应,通过两者速率的对比进一步体现不透水表面扩张速度与经济发展速度的关系(表 1)。经济的快速发展使得农业劳动力向城镇转移,城镇规模不断扩大,城镇建设投资额不断增加,建设力度不断加大,旧城区因此得到提质改造,新城区发展同样也进行得如火如荼。2000—2020 年,南京固定资产和房地产开发投资额呈现波动上升趋势,其中固定资产投资额从 210.61 亿元上升至 5 418.23 亿元,房地产开发投资额从 97.91 亿元上升至 2 631.4 亿元,上升幅度巨大。多方资金投入加快城市发展进程,同时也为不透水表面的扩张提供充足的动力,大批的工业园区、产业园区、物流加工基地因此得以建设与发展,城市内部空间结构发生巨大变化^[29]。

表 1 南京市历年不透水表面与 GDP 增长速率

指标	年均增长速率/%			
	2000—2005 年	2005—2010 年	2010—2015 年	2015—2020 年
不透水表面	5.89	7.22	4.99	2.15
GDP	25.68	21.85	17.89	10.49

4.2.3 产业集聚与结构调整 城市产业集聚与结构调整是城市不透水表面扩张的重要动力。近 20 年来,南京市不断探索先进生产发展模式,加快推进高新技术、智能制造的产业化、规模化,明确以产业结构战略性提升为抓手的重构城市服务功能目标。产业结构不断优化,各产业构成变化明显,目前南京市已形成第三产业为主,第一、二产业为辅的产业发展格局。产业结构的优化提升将倒逼城市用地内部结构的调整转变,第二产业的稳步发展不仅扩大了工业用地面积,同时其创造出的就业岗位也吸引大量人口涌入,居住需求的增加促使城市住房用地与配套的基础设施用地也随之增加。第三产业的高速发展则反映居民对生活质量要求的提高与绿色生活方式的转变,从而促进城市中心绿色用地与城郊生态用地需求的增长。

5 城市景观格局优化

城市景观格局优化应注重维持城市自然、文化景观的整体性,增加城市景观的多样性、提升城市空间的舒适性并发掘其中的美学价值。总体来看,南京市城市发展存在的问题有:(1)城市中心不透水表面过度集中且形状复杂,开发潜力弱,同时配套的绿地景观少且零散,城市蓄水、渗水能力弱,容易造成地表下沉、水源污染等危害。(2)外围城区不透水表面保持较高扩张速度,但未能进行合理规划,耕地、林地、水域等景观被大量侵占,景观格局复杂程度加重。(3)城市郊区不透水表面扩张零散,随意性较强,整体发展缺少有效的监管和合理的协调措施。(4)沿江经济带发展不均衡,下游地区不透水表面扩张潜力几近饱和,上游河

西新城与主城区之间的区域不透水表面扩张势头过于迅猛,未能得到良好控制,同样江南、江北的城市发展水平也不均衡,江北发展相对滞后。因此本研究从不同方面提出南京市城市景观格局优化对策。

5.1 改善城市生活空间

5.1.1 老城区微更新改造 舒适、美观、适用是城市公共空间建设的方向,由于老城区建设年代早,缺乏良好的规划和监管,导致居住、商业用地布局错综复杂,街道狭窄,人车混行。为避免老城区的大拆大建,整体应采用微更新的方式进行改造。对于具有特殊历史意义的老式建筑、房屋应予以特殊保护,不能盲目改造和修建。住宅小区的商业与居住功能应当相对分离,鼓励将商业集中布置或按照商业内街布置,同时应禁止住宅小区临主干道设置临街商业设施。对老城区尤其是新街口商业街地段中不规则、狭窄、人车混行的街道,应进行改道或限制车辆通行,让道路更加宽敞、空间适合共享,为居民休闲、购物、散步提供良好环境,从而提升居民幸福感。此外,老城区排水系统相对老旧,为了提高城市蓄水、渗水能力,应采用自然途径与人工措施结合优先对雨天重涝区域的排水系统进行改造,利用“绿色”措施比如渗水砖、植草沟、下沉式绿地等来进行初次排水,其次再依靠下水管渠、排水管道、沟道等“灰色”设施来实现二次排水,最终达成城市良性水循环。

5.1.2 城市绿地景观建设 绿地作为海绵城市系统的重要载体,在减少城市暴雨径流、遏制洪涝等方面发挥着重要作用^[30]。不透水表面的集聚扩张使得城市绿地受到不同程度的挤压,从而可能导致城市生态系统的联结度和服务价值急剧下降^[31]。可以从 2 方面开展绿地景观的建设,一方面是加强区域中心公园绿地斑块构建,城市中心区分布着一些如紫金山、玄武湖、九华山等大型的公园绿地斑块,可将这些绿地资源进行集中整合,打造出一个服务全民的中央公园。外围城区与郊区可以依托城镇开发边界周围的自然山水、历史文化资源,分别设置一些规模适宜的中心公园绿地,其中江北可以构建以龙王山为核心的中心绿地,仙林构建以栖霞山为核心的中心绿地,东山构建以百家湖为核心的中心绿地^[32];另一方面是打造绿地景观廊道系统,主要是环城绿带与道路绿地网络的构建。环城绿带是一种有效遏制城市盲目扩张的手段,可在主城边缘的绕城公路以及江北、仙林、东山共同构成的外围城区绕城公路沿线规划绿地,控制主城与外围城区的无序蔓延。道路绿地因其具有协调硬质道路景观与自然环境之间的矛盾冲突、营造舒适的道路行车环境^[33]、提升景观视觉效果等功能,成为城市生态系统的重要组成部分,因此适当增加城市道路绿地面积可以将道路密度控制在较优值,同时也可充分发挥其联结作用,将城市中的公园、水体、广

场、步行街有机联系起来,构建出可供城市居民和游客休闲活动的公共绿色空间。

5.2 转变城市发展模式

南京市要将城市骨架进一步拉大,南北以延伸、均衡发展为主,东西以拓展、提升发展为主,同时应跳出重点发展江南主城的思想,更多侧重于开发江北新城以满足城市化发展新阶段对城市功能的要求。南京新一轮的规划草案首次提出南北双主城的构想,所以未来政策应当对江北新区按照独立城市标准进行综合提升。一方面要提升基础设施,构建出集水路、公路、铁路、管道等于一体的交通运输体系,保证江南主城经济的有效辐射与自身经济的快速发展;另一方面集聚产业、创新资源,国家级、省级园区应优先在江北新区布局,发挥江北新区丰富科教资源优势,吸引更多的高科技企业落户投资。这些措施将有助于缩小其与江南主城的差距,最终发展成为与江南主城并列的新主城。城市郊区应以副城开发为主要发展模式,充分发挥其分担主城区人口压力的重要功能,因此该区域的重点需要由大改大造转变为综合服务能力的提升,在注重生态环境保护的前提下,不断提高对周边城市的辐射带动作用,最终形成主城、新城、副城融合发展的新格局。

5.3 控制城市扩张规模

南京市应严格控制外围城区与城郊不透水表面的扩张规模,这部分区域土地资源相对丰富,但目前缺乏合理的规划,开发随意性较强,盲目开发乱占耕地现象严重,因此需要按照“先规划、后开发”的原则进行城市建设,同时要加大开发的监管力度,将重点由提高空间增量转为提升空间质量上来,此外还要加强耕地保护的制度供给,杜绝违法占用耕地的行为发生。沿江区域应以长江为主要发展轴,沿江放射状交通网络为基础,跨江地上地下交通为支撑,形成“一江两岸”联动发展的新格局,当然在发展的同时也要十分重视长江水域的保护,加强沿江岸线生态修复,最终将长江南京段打造成为产业优质、生态良好、文化浓厚、管控严格的经济带、景观带、示范带。

6 结论

(1)从梯度变化来看,距城市中心距离越远,不透水表面的景观优势度越低。城市中心不透水表面高度集中,扩张潜力弱,形状复杂。不透水表面的急剧扩张主要集中在外围城区,但均以形状复杂的小型斑块为主,扩张导致该区域耕地、林地、水域等景观的大面积缩减以及严重的破碎化。城郊区域不透水表面保持低速稳定扩张,但由于缺少相应规划,斑块形状日益复杂。

(2)从扩张方向来看,受地形地貌影响,南京市不透水表面扩张主要发生在平原地带。受长江水系横穿的影响,沿岸不透水表面迅速扩张,但上游、下游的

扩张模式却并不相同,下游土地肥沃平坦,以均衡开发为主,上游则重点开发河西新城,由新城、老城共同带动周边发展。但在跨江发展中,密布的水网却形成天然阻隔,不透水表面难以向北扩张,致使江南、江北发展不平衡。不过随着江北国家级新区的落成,各项政策向其倾斜,江北发展水平也在不断提高。从扩张规模来看,南京市不透水表面扩张与经济发展、人口增长以及产业结构优化有较大关联。

(3)南京市景观格局应优化城市生活空间,进行老城区微更新改造和城镇绿地景观建设,恢复城市海绵能力;转变城市发展模式,重点发展江北新区与城郊,形成主城、新城、副城融合发展的格局;控制城市扩张规模,放缓开发速度,提升开发质量,注重生态保护。

参考文献:

- [1] 王如松.高效 和谐—城市生态调控原则与方法[M].长沙:湖南大学出版社,1988:3-8.
- [2] 刘珍环,王仰麟,彭建.不透水表面遥感监测及其应用研究进展[J].地理科学进展,2010,29(9):1143-1152.
- [3] Feng H H, Zhao X F, Chen F, et al. Using land use change trajectories to quantify the effects of urbanization on urban heat island[J]. Advance in Space Research, 2013,53(3):463-473.
- [4] 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[J].生态学报,2013,33(4):1042-1050.
- [5] 齐杨,郭建国,李建龙,等.中国东西部中小城市景观格局及其驱动力[J].生态学报,2013,33(1):275-285.
- [6] 刘刚,李鹏,张旭,等.西安市水土流失空间分布特征与管控空间划分[J].水土保持学报,2020,168(3):91-97.
- [7] Espy W H, Morgan W C, Masch F D. A study of some effects of urbanization on storm runoff from a small water-shed[R]. Report 23. Austin: Texas Water Development Board,1966:7-9.
- [8] Stankowski S J. Population density as an indirect indicator or urban and suburban land-surface modifications [R]. U.S. Geological Survey Professional Paper 800-B. Washington D C: U.S. Geological Survey,1972:25-40.
- [9] 刘珍环,王仰麟,彭建,等.基于不透水表面指数的城市地表覆被格局特征:以深圳市为例[J].地理学报,2011,66(7):961-971.
- [10] 雷金睿,陈宗铸,杨琦,等.基于 GIS 的海口市景观格局梯度分析[J].西北林学院学报,2017,32(3):205-210.
- [11] 刘涛,史秋洁,王雨,等.中国城乡建设占用耕地的时空格局及形成机制[J].地理研究,2018,37(8):1609-1623.
- [12] 李发志,朱高立,姬超,等.基于不透水表面指数的城市扩张趋势及驱动机制分析:以南京市为例[J].长江流域资源与环境,2021,30(3):575-590.
- [13] 黄宝荣,张慧智,宋敦江,等.2000—2010 年中国大陆地区建设用地扩张的驱动力分析[J].生态学报,2017,37(12):4149-4158.
- [14] 张肖.全球 30 m 地表覆盖定量遥感分类与制图研究[D].北京:中国科学院大学,2020.
- [15] Li Y J, Fu H. The heat island effect response to the Urban Landscape Pattern of Haikou based on the “source-sink” theory[J]. Journal of Resources and Ecology, 2022,13(2):257-269.
- [16] 巩杰,孙朋,谢余初,等.基于移动窗口法的肃州绿洲化与景观破碎化时空变化[J].生态学报,2015,35(19):6470-6480.
- [17] 杨一鹏,孙皓铭,郭砾,等.基于遥感的珠海市景观变化梯度分异研究[J].中山大学学报(自然科学版),2013,52(1):123-129.
- [18] 巫丽芸,何东进,游巍斌,等.东山岛海岸带景观破碎化时空梯度分析[J].生态学报,2020,40(3):1055-1064.
- [19] 郭紫荆,李枝坚,曾辉.惠州市景观格局空间分异特征的梯度分析[J].生态学杂志,2021,40(2):490-500.
- [20] 郭建国.景观生态学:格局、过程、尺度与等级[M].北京:高等教育出版社,2007:4-8.
- [21] Flowers R, Huang K T, Aldana G O. Analysis of the habitat fragmentation of ecosystems in Belize Using Landscape Metrics [J]. Sustainability, 2020,12(7):3024-3024.
- [22] Luck M, Wu J G. A gradient analysis of urban landscape pattern: A case study from the Phoenix metropolitan region, Arizona, USA[J]. Landscape Ecology, 2002,17(4):327-339.
- [23] 贾艳艳,唐晓岚,刘振威,等.1995—2016 年长江沿岸芜湖区段景观格局梯度分析[J].地域研究与开发,2020,39(4):115-121.
- [24] 林琳,边振兴,王淑敏.大中城市周边乡村景观格局分析:以沈阳市为例[J].中国农业资源与区划,2020,41(5):223-230.
- [25] 伍斌,王志杰,潘远珍.基于 GIS 的安顺市景观格局空间梯度分析[J].西北林学院学报,2019,34(6):214-223.
- [26] 黄孝艳.重庆市主城区城市用地扩展研究[D].重庆:重庆师范大学,2012.
- [27] 毕森,王恒,张丽,等.基于不透水面的海南港口城市扩张分析[J].应用科学学报,2017,35(3):346-354.
- [28] 冀青青,乔伟峰,卢诚,等.1980 年以来南京市建设用地扩张阶段性特征[J].长江流域资源与环境,2018,27(9):1928-1936.
- [29] 张雪茹,姚亦锋,孔少君,等.南京市 2000—2014 年城市建设用地变化及驱动因子研究[J].长江流域资源与环境,2017,26(4):552-562.
- [30] 方政,杜建会,张思毅,等.人为侵入体对城市绿地土壤水分入渗特征的影响[J].水土保持学报,2020,169(4):124-130.
- [31] 徐晶园,宋敏,唐燕,等.基于 GIS 的南京城市道路绿化景观分析及优化[J].北方园艺,2020(10):87-94.
- [32] 元颖.城乡绿地系统构建与景观格局优化研究[D].南京:南京农业大学,2014.
- [33] 殷明,肖威,纪易凡,等.高速公路生态景观质量评价指标体系和评价方法:以江苏南通为例[J].应用生态学报,2018,29(12):4128-4134.