

# 南京市景观格局与社会经济发展耦合动态分析

冯少茹, 解华明, 黄木易\*, 舒莹, 谷梦茹

(安徽建筑大学 环境与能源工程学院, 安徽 合肥 230601)

**摘要:** 景观格局与社会经济发展间耦合协调程度对于区域生态安全和可持续发展具有重要意义。以长江流域的南京市为例, 借助 ENVI、ArcGIS、Fragstats 与 SPSS 等平台及土地利用和社会经济数据, 分析了南京市 2009~2019 年间景观格局演变规律及其与社会经济发展之间的耦合协调水平及动态特征。研究表明: (1) 2009~2019 年间南京市景观结构变化显著, 耕地、林地和草地景观面积呈下降趋势, 耕地由 385 295.31 hm<sup>2</sup> 减至 352 108.58 hm<sup>2</sup>, 景观类型动态度为 -1.46%; 建设用地景观面积显著增加, 由 115 489.92 hm<sup>2</sup> 增至 173 072.81 hm<sup>2</sup>, 景观类型动态度为 7.47%; (2) 景观空间聚集度和异质性整体呈上升趋势, 土地景观类型逐渐由占优势的大斑块所控制, 由分散逐渐转为聚合; (3) 南京市景观格局和社会经济发展耦合协调程度由 2009 年的 0.378 0 变化为 2019 年的 0.596 6, 呈上升趋势。耦合质量在提升, 但相对发展度不平稳, 由 2009 年的社会经济发展滞后型转为景观格局变化滞后型。因此, 进一步促进二者的协同提升是保持高质量耦合协调的前提。

**关键词:** 景观格局; 社会经济; 耦合协调模型; 南京市

中图分类号: F301

文献标识码: A

文章编号: 2095-8382(2022)05-051-08

## The Coupling Dynamic Analysis of Landscape Pattern and Socio-economic Development in Nanjing

FENG Shaoru, XIE Huaming, HUANG Muyi\*, SHU Ying, GU Mengru

(School of Environment and Energy Engineering, Anhui Jianzhu University, Hefei 230601, China)

**Abstract:** The coupling coordination between landscape pattern and socio-economic development is significant for regional ecological security and sustainable development. Taking Nanjing city along the Yangtzi River as an example, softwares such as ENVI, ArcGIS, Fragstats, SPSS, as well as land use and socio-economic data are used to analyze its evolution pattern of landscape pattern and the level as well as dynamic characteristics of coupling coordination between the evolution of landscape pattern and socio-economic development from 2009 to 2019. The results showed that (1) the landscape structure of Nanjing city changed significantly from 2009 to 2019 as the area of cultivated land, forest and bare land decreased from 385 295.31 hm<sup>2</sup> to 352 108.58 hm<sup>2</sup>, and the dynamic variation of landscape type was -1.46%. The area of construction land increased significantly from 115 489.92 hm<sup>2</sup> to 173 072.81 hm<sup>2</sup>, and the dynamic variation of landscape type was 7.47%. (2) the overall spatial aggregation and heterogeneity of the landscape showed an upward trend, and the landscape types are gradually occupied by dominant large patches and gradually shifting from dispersion to aggregation. (3) The coupling coordination degree of landscape pattern and socio-economic development in Nanjing changed from 0.378 0 in 2009 to 0.596 6 in 2019, showing an increasing trend. The coupling quality is improving, but the relative development

收稿日期: 2021-09-07

基金项目: 教育部人文社会科学研究一般项目(20YJAZH038); 安徽省教育厅科学研究一般项目(KJ2020JD09); 安徽省教育厅科学研究一般项目(KJ2020JD07)

作者简介: 冯少茹(1974-), 女, 讲师, 硕士, 研究方向: 3S 技术在资源环境中的应用;

通讯作者: 黄木易(1978-), 男, 教授, 博士, 研究方向: 城镇化、生态安全、生态系统服务及国土空间规划。

degree of coupling is not stable. Specifically, the coupling coordination type changes from the social and economic lag type in 2009 to the landscape pattern lag type. Therefore, strengthening the synergistic improvement of both is a prerequisite for maintaining high-quality synchronous coordination.

**Keywords:** landscape pattern; social-economic; coupling coordination model; Nanjing City

景观格局 (Landscape Pattern) 指在景观空间上排列的大小形状各不相同的景观斑块,是在不同时空尺度上多种自然和人为因素作用下的结果,包括景观要素的组成及空间配置<sup>[1-3]</sup>。景观格局演化分析成为近年来景观生态学的核心内容与热点问题<sup>[4-5]</sup>,运用景观生态学方法衡量土地利用变化与生态过程之间的关联已经成为重要研究方向<sup>[6-9]</sup>。景观格局变化是自然和人类社会经济活动共同作用的结果,与社会经济发展关系紧密,彼此制约,具有一定的耦合关系<sup>[10-11]</sup>。通过对景观格局与区域社会经济发展协调度的时空演变和耦合度分析,可以合理优化土地景观格局和土地资源配臵,实现经济和生态效益最大化,有利于区域的自然生态系统和社会经济系统健康持续发展。目前,关于区域景观格局分析主要集中在景观格局指数<sup>[12-13]</sup>、生态环境效应分析<sup>[14-15]</sup>、景观格局优化分析<sup>[16-17]</sup>、城市热岛效应耦合分析<sup>[18-19]</sup>及生态系统价值服务分析<sup>[20-21]</sup>等研究方向,缺乏从社会经济发展视角去探讨土地景观格局变化的本质以及两者之间的耦合协调关系。加强景观格局与社会经济的耦合及调控研究是区域可持续发展的基础。在相关研究的基础上引入耦合协调发展度分析方法可进一步反映二者的耦合协调程度,对于耦合质量的评价具有重要意义。

流域是我国一种常见的自然地理环境复杂的综合生态地域系统,长江流域经济带更是我国生态安全战略格局的重要部分。南京市作为长江三角洲核心城市之一,是国家发展长江经济带战略的重要组成,担负着建设本区域长江绿色生态廊道和经济健康发展的双重任务。当前,人类社会经济活动不断深入,对长江流域土地景观的危害与随之产生的不利影响进一步加大。然而,目前对于人类社会经济活动和政策干扰下长江流域土地景观格局与经济社会发展的耦合分析等相关问题研究不足。在国家提出长江保护修复攻坚战背景下,本文研究基于土地景观与社会经济耦合协调发展的视角,

利用南京市 2009~2019 年间的土地景观和社会经济数据,在景观类型、景观水平方面,分析景观格局演变特征,揭示景观层面与社会经济发展的关系,研究结果可在一定程度上为长江流域景观生态规划、长江经济带城市生态经济持续健康发展提供可靠的理论支撑。

## 1 数据来源及方法

### 1.1 研究区概况

南京市,江苏省省会,位于长江流域下游,自然地理区位优势明显,作为国家综合交通枢纽,是长江经济带与东部沿海经济带交汇的重要节点城市,经济影响辐射长三角中西部地区。地理坐标为北纬  $31^{\circ}14' \sim 32^{\circ}37'N$ ,东经  $118^{\circ}22' \sim 119^{\circ}14'E$ 。南京以丘陵、岗地与低山地貌为主,其中丘陵和岗地占比 57.3%。该区域属于北亚热带湿润气候,平均年降雨量 1 106.5 mm,年平均温度  $15.4^{\circ}C$ ,动植物资源丰富,生态类型多样。截至 2019 年,全市户籍人口为 709.8 万人,第一、二、三产业所占 GDP 比重由 2009 年的 3:46:51 变为 2019 年的 2:36:62。

### 1.2 数据来源及处理

本研究景观分类主要基于 3 期 Landsat 卫星影像数据 (2009 年 8 月、2014 年 9 月和 2019 年 10 月)。2009 年数据来源于 Landsat5 TM,2014 年与 2019 年遥感影像来源于 Landsat8 OLI。主要处理过程包括:首先应用 ENVI 5.2 进行影像预处理,然后利用 ArcGIS 10.2 对南京市范围的遥感影像进行提取,最后应用 ENVI 5.2 进行监督分类。结合南京市的土地景观特点,将研究区分为耕地、林地、草地、建设用地和水域 5 种景观类型,对三期遥感影像数据的景观分类结果分别进行精度检验,其 Kappa 系数均在 0.75 以上,符合研究精度要求。本次研究的社会经济指标数据主要来源于国家统计局《江苏省统计年鉴》(2010-2020 年)、《南京市统计年鉴》(2010-2020 年)及相关经济统计公报。在 SPSS 18.0 软件中标准化社会经济指标数据,利

用主成分分析法选取最终指标。

1.3 研究方法

1.3.1 景观指数计算

景观指数表示景观格局定量信息的变化情况<sup>[22-23]</sup>。本次研究分析南京市景观类型水平及景观水平层次上的景观格局变化。首先利用软件 ArcGIS 10.2 把南京市三期土地监督分类结果图转化为 TIFF 格式,然后导入景观格局分析软件 Fragstats 4.2,得到相关的景观指数。经分析,选取了 4 类 8 个指数,分别是:(1)优势度指标:斑块面积比例(PLAND)、最大斑块指数(LPI);(2)斑块分形指标:景观连通度指数(COHESION)、景观形状指数(LSI);(3)聚散性指标:蔓延度指数(CONTAG)、散列与并列指数(IJI);(4)景观多样性指标:均匀度指数(SHEI)、多样性指数(SHDI)。计算 8 个景观指数的相关公式详见 Fragstats 4.2。

1.3.2 景观类型动态度

本文针对南京市单一土地景观类型进行动态度分析,景观类型动态度公式为:

$$K=(A_2-A_1)/(A_1\times t)\times 100\% \tag{1}$$

式中, $K$  为研究区 2009~2019 年间土地景观类型动态度; $A_1$ 、 $A_2$  分别是研究期初始年和末年某一种土地景观类型数值; $t$  为研究期跨度时间。当  $t$  以年为时间单位, $K$  的值表示研究区某类景观的年变化率。

1.3.3 综合指数计算

景观格局与社会经济发展的耦合分析属于多指标综合评价问题,需建立在这两个系统的评价基础上<sup>[24]</sup>。首先对景观格局和社会经济发展水平指标予以筛选,建立评价指标体系,本研究采用层次

分析法对各指标的权重赋值<sup>[25]</sup>,标准化后得到两个系统评价指标及各指标的权重系数,结果如表 1 所示。通过加权算术平均法得出景观格局综合指数和社会经济发展综合指数,其公式如下:

$$F(X)=\sum_{j=1}^m W_{X_j} X_{ij} \tag{2}$$

$$F(Y)=\sum_{j=1}^m W_{Y_j} Y_{ij} \tag{3}$$

其中, $F(X)$  为景观格局变化综合指数, $F(Y)$  为社会经济发展综合指数; $W_{X_j}$ 、 $W_{Y_j}$  分别为景观格局、社会经济发展中各指标的权重; $X_{ij}$ 、 $Y_{ij}$  分别为景观格局、社会经济发展综合指标的值。

1.3.4 耦合协调度模型

耦合度能够衡量多个(大于等于两个)系统间彼此作用的水平,反应系统之间的协调作用<sup>[26]</sup>。参考廖估慧、任祁荣等<sup>[26-27]</sup>研究成果,引入耦合度模型。在本研究中,耦合度即指南京市景观格局与社会经济发展的耦合程度。其公式如下:

$$R=\left[F(X)\times F(Y)/\left[\left(F(X)+F(Y)\right)\times\left(F(X)+F(Y)\right)\right]\right]^{1/n} \tag{4}$$

式中, $R$  是耦合度, $F(X)$ 、 $F(Y)$  分别为景观格局变化、社会经济发展的综合指数, $n$  是子系统数。因为本次研究仅两个子系统,故  $n$  的值为 2。其中, $R$  的取值邻域为  $[0, 1]$ , $R$  越大协调水平越高(当  $0<R\leq 0.3$  时,属于低水平耦合;当  $0.3<R\leq 0.5$  时,属于颀颀;当  $0.5<R\leq 0.8$  时,属于磨合;当  $0.8<R\leq 1$  时,属于高水平磨合)。

耦合度被广泛用于评价子系统间的相互作用协调程度,但不同级别的协调质量需要进一步分析,以便更好地评价系统间的作用关系。因此,本

表 1 景观格局与社会经济综合指标体系与权重表

| 目标层           | 准则层                            | 指标层                                                                                                                |
|---------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 景观格局变化<br>(X) | X <sub>1</sub> 优势度 (0.390 5)   | X <sub>11</sub> 斑块所占景观格局比例 (0.292 9); X <sub>12</sub> 最大斑块指数 (0.097 3)                                             |
|               | X <sub>2</sub> 斑块分形 (0.138 1)  | X <sub>21</sub> 景观形状指数 (0.092 2); X <sub>22</sub> 斑块凝聚指数 (0.046 2)                                                 |
|               | X <sub>3</sub> 聚散性 (0.195 3)   | X <sub>31</sub> 散列与并列指数 (0.146 4); X <sub>32</sub> 蔓延度指标 (0.048 8)                                                 |
|               | X <sub>4</sub> 景观多样性 (0.276 1) | X <sub>41</sub> 香农多样性指标 (0.092 1); X <sub>42</sub> 香农均匀度指数 (0.184 1)                                               |
| 社会经济发展<br>(Y) | Y <sub>1</sub> 经济增长 (0.174 0)  | Y <sub>11</sub> GDP (0.099 4); Y <sub>12</sub> 人均 GDP (0.050 7); Y <sub>13</sub> 社会固定资产投资 (0.025 9)                |
|               | Y <sub>2</sub> 人口发展 (0.079 6)  | Y <sub>21</sub> 总人口数 (0.013 9); Y <sub>22</sub> 非农业人口数 (0.059 6)                                                   |
|               | Y <sub>3</sub> 产业结构 (0.269 6)  | Y <sub>31</sub> 第一产业产值比重 (0.037 8); Y <sub>32</sub> 第二产业产值比重 (0.169 5);<br>Y <sub>33</sub> 第三产业产值比重 (0.064 3)      |
|               | Y <sub>4</sub> 消费水平 (0.476 8)  | Y <sub>41</sub> 城镇居民人均可支配收入 (0.109 5); Y <sub>42</sub> 农村居民人均可支配收入 (0.059 2);<br>Y <sub>43</sub> 消费品零售总额 (0.310 2) |



文在相关研究的基础上引入耦合协调度的分析方法进一步评价系统间的耦合质量,即为了反映研究系统的综合发展水平及测度整体功效,构建耦合协调度模型,并在不同维度上进行对比分析,来评判模型优劣等级<sup>[28]</sup>。参考有关文献的划分方法<sup>[24]</sup>,将协调度系数 $S$ 由低到高分10个等级(当 $0 \leq S < 0.1$ 时,属于严重失调;当 $0.1 \leq S < 0.2$ 时,属于重度失调;当 $0.2 \leq S < 0.3$ 时,属于中度失调;当 $0.3 \leq S < 0.4$ 时,属于轻度失调;当 $0.4 \leq S < 0.5$ 时,属于濒临失调;当 $0.5 \leq S < 0.6$ 时,属于勉强失调;当 $0.6 \leq S < 0.7$ 时,属于初级协调;当 $0.7 \leq S < 0.8$ 时,属于中度协调;当 $0.8 \leq S < 0.9$ 时,属于良好协调;当 $0.9 \leq S < 1$ 时,属于优质协调)。另外,利用相对发展度模型<sup>[29-30]</sup>,可以更好地评价景观格局和社会经济的相对发展情况。计算公式如下:

$$S = \sqrt{R \times T} \quad (5)$$

$$T = \alpha F(X) + \beta F(Y) \quad (6)$$

$$e = F(X)/F(Y) \quad (7)$$

式中, $R$ 表示系统之间的耦合协调度,取值邻域为 $[0, 1]$ ;  $T$ 表示系统的综合发展指数; $\alpha, \beta$ 和为1,分别是 $F(X)$ 和 $F(Y)$ 在评价指标体系中的权重; $e$ 表示景观格局与社会经济发展系统的相对发展度(当 $e \leq 0.8$ 时,景观格局处于滞后阶段,耦合协调系统退化;当 $0.8 < e < 1.2$ 时,两个子系统同步发展、彼此促进;当 $e \geq 1.2$ 时,经济社会处于滞后阶段,耦合协调系统退化)。

## 2 结果与分析

### 2.1 南京市土地景观动态变化分析

分析表明,2009~2019年间南京市优势景观为耕地、建设用地,十年间土地景观结构发生较大变化。如图1所示,耕地面积在2009~2014年间下降19 471.18  $\text{hm}^2$ ,景观类型动态度为-0.84%;在2014~2019年间下降13 715.55  $\text{hm}^2$ ,景观类型动态度为-0.62%,动态度持续下降。建设用地景观类型面积在2009~2014年间增加24 118.03  $\text{hm}^2$ ,景观类型动态度为3.48%;在2014~2019年间增加33 464.86  $\text{hm}^2$ ,景观类型动态度为3.99%,建设用地的动态度快速增加。研究表明,该十年间,耕地、草

地类型主要流向了建设用地。在南京市社会经济快速发展的过程中,城市工业化生产的空间扩张必然要消耗大面积其他类型土地,故景观动态变化一定程度上反映了南京市社会经济快速发展对土地景观类型的影响。

### 2.2 南京市土地景观格局特征分析

#### 2.2.1 基于景观类型斑块的演化特征分析

从斑块类型尺度上分析,南京市在2009~2019年间景观格局指数有以下特征:耕地、林地的斑块面积比例/斑块面积比例(PLAND)、最大斑块指数/最大斑块指数(LPI)持续减少,表明以上两类景观的优势度减弱、破碎化程度明显且不规则度增大,受到的人类干扰逐渐增强。水域的各景观指数变化不明显,但趋于破碎化。建设用地景观斑块面积比例、最大斑块指数持续增加,尤其在2014~2019年间增幅最为显著;建设用地景观连通度指数由2009年89.556 4显著增至2019年96.937 8。分析表明,近年来,南京市的快速扩张促使居民建设用地和企业用地持续增多,同时有关部门不断实施农村综合整治和工矿废弃地整治,一定程度上促进了建设用地面积的增加,其表现为建设用地空间上的不断合并与集聚、景观破碎化程度降低和优势度上升。另外,景观连通度指数的增加也与南京市如公路、地铁等交通设施密度的不断增大相关(见表2)。

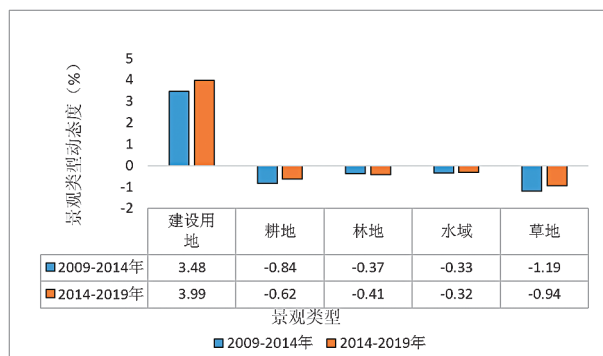


图1 研究区土地利用景观类型动态度变化趋势(%)

#### 2.2.2 基于景观水平的景观演化特征分析

南京市景观水平格局指数值显示:在2009~2019年间,蔓延度指数(CONTAG)由53.739增至55.408 6;散列与并列指数(IJI)由54.814 4减至46.660 4,景观形状指数(LSI)从101.348 7增至

表 2 研究区斑块类型水平景观格局指数变化趋势

| 种类   | 年份   | 斑块面积比例 PLAND | 最大斑块指数 LPI | 景观连通度指数 COHESION |
|------|------|--------------|------------|------------------|
| 建设用地 | 2009 | 17.001 6     | 0.036 2    | 89.556 4         |
|      | 2014 | 19.004 6     | 0.080 1    | 94.149 3         |
|      | 2019 | 25.915 6     | 0.736 6    | 96.937 8         |
| 耕地   | 2009 | 32.157 1     | 25.983 0   | 99.965 1         |
|      | 2014 | 30.397 5     | 24.834 6   | 99.981 5         |
|      | 2019 | 28.004 6     | 16.446 9   | 99.945 2         |
| 林地   | 2009 | 15.490 9     | 0.833 0    | 98.639 9         |
|      | 2014 | 11.667 7     | 0.921 9    | 98.693 8         |
|      | 2019 | 9.200 1      | 0.632 6    | 99.382 8         |
| 水域   | 2009 | 10.278 7     | 0.746 7    | 99.245 7         |
|      | 2014 | 10.905 2     | 0.573 0    | 98.482 1         |
|      | 2019 | 10.456 5     | 0.238 8    | 98.629 8         |
| 草地   | 2009 | 6.665 1      | 0.333 7    | 88.678 7         |
|      | 2014 | 4.458 7      | 0.665 2    | 98.382 4         |
|      | 2019 | 3.720 3      | 0.840 6    | 98.586 5         |

表 3 研究区景观水平的景观格局变化趋势

| 年份   | 蔓延度指数 (CONTAG) | 散列与并列指数 (LJI) | 景观形状指数 (LSI) | 多样性指数 (SHDI) | 均匀度指数 (SHEI) |
|------|----------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| 2009 | 53.739 0       | 54.814 4      | 101.348 7    | 1.331 4      | 0.743 1      |
| 2014 | 55.171 2       | 50.308 6      | 104.889 6    | 1.368 3      | 0.752 5      |
| 2019 | 55.408 6       | 46.660 4      | 134.623 6    | 1.393 6      | 0.773 2      |

134.623 6;香农多样性指数 (SHDI) 与均匀度指数 (SHEI) 呈增大趋势,见表 3。结果表明,该十年间,南京市整体景观格局空间聚集度增强,不规则程度加深,景观类型趋于均匀分布,景观的异质化程度上升。由此可见,在南京市城市化进程和社会经济快速发展过程中,人类活动对土地景观格局变化表现出显著的相关性。

2.3 景观格局变化与社会经济耦合分析

2.3.1 景观格局变化与社会经济发展综合评价

根据公式(2)和公式(3),分别计算出 2009~2019 年间南京市景观格局变化与社会经济发展的综合指数,结果见图 2。

2009~2019 年间南京市 F(X) 与 F(Y) 处于“交互”升降状态:F(X) 呈上升趋势,但幅度较为平缓;相比之下,F(Y) 增长幅度较大,由 2009 年 0.056 2 增长到 2019 年 0.929 4,增长了 16.5 倍,其中在 2014~2019 年间增长尤为显著。分析表明,经济增长、产业结构与消费水平的增长带动了南京市社会经济的发展,F(Y) 主要受到南京市消费水平指数的影响。2009~2019 年间消费水平指数由

0.002 5 增至 0.465 7,随着消费水平的提高,居民对生活质量与环境质量的要求也随之改变,促进了景观格局变化,如图 3 所示。结果表明,南京市社会经济发展相对于景观格局变化速度越来越快,与此同时对土地景观资源的依赖和消耗也日益严重,F(X) 与 F(Y) 显著相关。

2.3.2 南京市 2009~2019 年间景观格局变化与社会经济发展耦合协调分析

根据公式(4)(5)(6)(7)计算出 2009~2019 年间南京市景观格局和社会经济发展的耦合度 R、协调度 S 和相关发展度 e,判断景观格局与社会经济发展的耦合协调类型,结果见表 4 及图 4。在耦合度方面,2009~2019 年间南京市景观格局和社会经济发展之间的耦合度存在波动,但是一直处于颀颀阶段,耦合度整体趋势是向着较高水平有序稳固状态发展。在协调度方面,耦合协调度由 0.378 0 增加到 0.596 6,总体增加了 57.8%,经历了从轻度失调、濒临失调再到勉强失调的过程。可见该十年间,南京市景观格局与社会经济发展的耦合协调性有所改善。

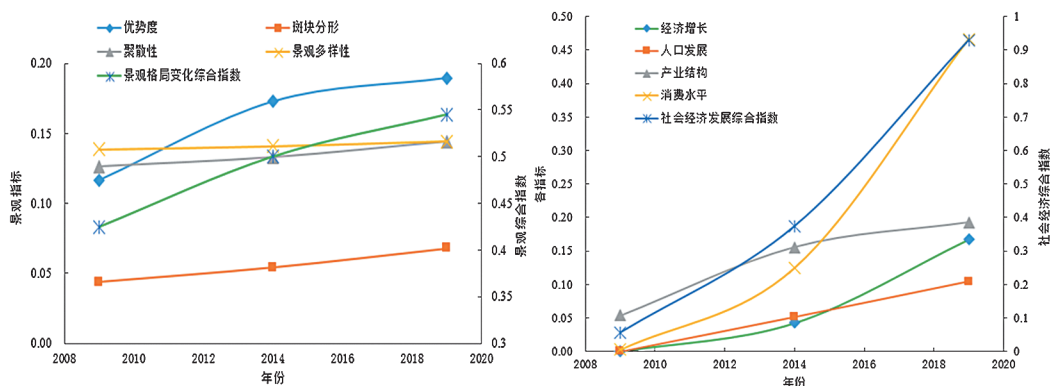


图 2 景观格局变化与社会经济发展综合指数变化趋势

表 4 研究区景观格局变化与社会经济发展耦合协调特征

| 年份   | 耦合度    | 景观格局综合指数 | 社会经济综合指数 | 阶段 | 协调度     | 相对发展度   | 耦合协调类型           |
|------|--------|----------|----------|----|---------|---------|------------------|
| 2009 | 0.3212 | 0.424 9  | 0.056 2  | 颀颀 | 0.378 0 | 7.560 5 | 社会经济发展滞后型的轻度失调   |
| 2014 | 0.4948 | 0.500 2  | 0.373 9  | 颀颀 | 0.465 0 | 1.337 8 | 社会经济发展滞后型的濒临失调   |
| 2019 | 0.4827 | 0.545 3  | 0.929 4  | 颀颀 | 0.596 6 | 0.586 7 | 景观格局变化发展滞后型的勉强协调 |

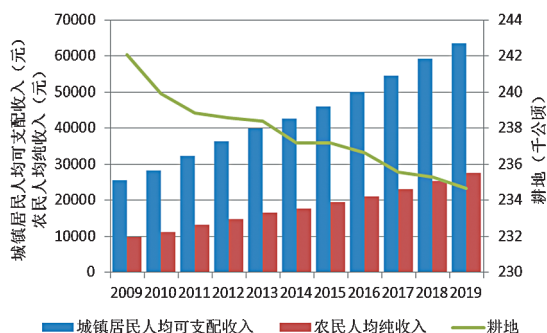


图 3 南京市 2009~2019 年间消费水平与耕地景观关系

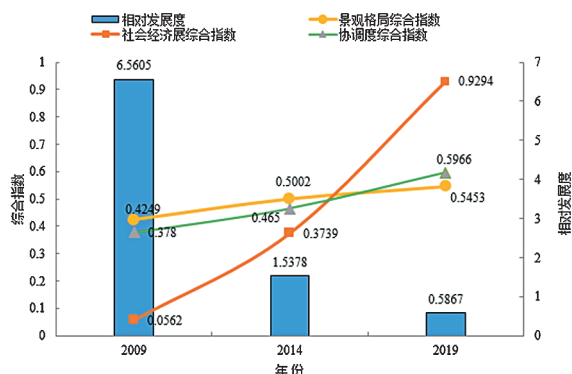


图 4 研究区景观格局变化与社会经济耦合发展趋势

根据相对发展度  $e$  的计算结果,2009~2019 年间南京市社会经济发展与土地景观格局协调度和相对发展度总体呈上升趋势,具体经历 3 个阶段:(1)2009 年耦合协调类型为社会经济发展滞后型

的轻度失调,此阶段南京市城镇建设快速推进、人口增加且耕地面积减少,土地景观趋于粗放利用,土地景观资源与社会经济的协调发展受到较大幅度的限制。(2)2014 年耦合协调类型为社会经济发展滞后型的濒临失调,此阶段南京市大力发展社会经济及产业优化升级。2012~2014 年南京市出台关于耕地保护、建设用地节约集约利用与违法用地监管等一系列政策制度,如《南京市节地提效保发展实施方案》《南京国土资源管理转型创新总体方案》等,说明在此期间南京市在发展社会经济的同时注重土地景观资源利用环境的改善,两者矛盾得到一定程度的缓和。(3)2019 年耦合协调类型为景观格局变化滞后型的勉强协调,此阶段南京市经济发展水平快速提升,第三产业比重增至 62%,引起刚性用地需求增加,土地景观资源结构成为限制性因素,存在一定的滞后性。结果表明,社会经济发展在耦合关系中处于优势地位。两者耦合协调度虽然一定程度上加强,但并没有出现高度协调阶段,说明截至 2019 年,南京市城市化发展过程中景观格局与社会经济发展之间的矛盾依然比较突出。

### 3 结论与讨论

#### 3.1 结论

本文针对南京市 2009~2019 年间景观格局指



数进行特征剖析,构建景观格局与社会经济发展耦合协调模型并进行动态分析,得出以下结论:

(1) 2009~2019年间,南京市景观类型结构变化较大,耕地、林地和草地景观面积呈下降趋势,建设用地景观面积显著增加。耕地景观面积在2009~2019年间下降33 186.73 hm<sup>2</sup>,景观类型动态度为-1.46%,建设用地景观类型面积在2009~2019年间增加57 582.89 hm<sup>2</sup>,景观类型动态度为7.47%。耕地、林地破碎度增强、优势度减弱。

(2) 2009~2019年间,南京市整体景观空间聚集度增强、复杂度和不规则度不断增加,景观空间形态多样化,景观异质程度上升,景观类型趋于均匀分布。随着南京市城市化速度不断提升,建设用地面积持续增长且用地更加集约。

(3) 2009~2019年间,南京市景观格局与社会经济发展的耦合度由0.321 2增至0.482 7,但一直处于颤颤阶段;耦合协调类型经历了社会经济发展滞后型的轻度失调、濒临失调再到景观格局变化发展滞后型的勉强协调的3个阶段,总体呈上升趋势,但没有出现两者高度协调阶段。

### 3.2 讨论

本文利用南京市2009年至2019年间的土地利用数据和社会经济统计数据,研究其土地景观和社会经济的耦合作用及其协调质量,对南京市可持续土地利用和社会经济发展质量进行评价。分析表明,研究区的社会经济发展不但改变了土地景观格局的形态结构,其速度和方向在一定程度上也受到土地景观格局形态变化的制约或促进,两者相互影响。本次使用研究方法区别于单一的城市景观分析和城市社会经济发展研究,可以较好地体现土地景观格局变化与社会经济发展的耦合作用程度和协调发展的水平。因此,研究结果对于城市社会经济发展中的国土空间规划中如何有效地进行景观优化调控具有一定的指导价值。随着南京市工业化、城市化推进及人口显著增加,建议在下一步工作中积极推进南京市社会经济发展模式改革,完善土地景观格局管理政策与体系,继续优化景观格局与调整产业布局,减少人类活动对耕地、林地等景观的干扰,以实现南京市景观格局与社会经济发展之间的长期协调稳定。由于文中景观指数的选取主要通过参考景观指数生态含义及相关文献进

行确定,因此存在着一定的主观性,后续研究将进一步加强景观指数选择的机理机制分析。

### 参考文献:

- [1] 王耕,常畅,韩冬雪,等.老铁山自然保护区景观格局与生境质量时空变化[J].生态学报,2020,40(6):1910-1922.
- [2] 王芳,谢小平,陈芝聪.太湖流域景观空间格局动态演变[J].应用生态学报,2017,28(11):3720-3730.
- [3] 王戈,于强,刘晓希,等.包头市景观格局时空演变研究[J].农业机械学报,2019,50(8):192-199.
- [4] 邬建国.景观生态学:格局、过程、尺度与等级[M].2版.北京:高等教育出版社,2007.
- [5] 刘俊岭,赵荣,王亮,等.青藏高原景观空间格局的特征研究[J].测绘科学,2014,39(1):87-92.
- [6] 买尔孜亚·吾买尔,阿里木江·卡斯木.资源型城市土地利用变化与景观格局:以新疆克拉玛依市为例[J].水土保持通报,2016,36(5):283-287,293.
- [7] 尹剑,张斌,邱远宏.皖江流域土地利用与景观格局时空演变研究[J].人民珠江,2021,42(6):14-21.
- [8] Olsen L M, Dale V H, Foster T. Landscape patterns as indicators of ecological change at Fort Benning, Georgia, USA[J]. Landscape and Urban Planning, 2007, 79(2): 137-149.
- [9] 赵方圆,杨宇翔,张华堂,等.土地利用及景观格局动态变化分析:以甘肃省党河流域为例[J].水土保持研究,2021,28(3):235-241.
- [10] DeFries R S, Foley J A, Asner G P. Land-use choices: balancing human needs and ecosystem function[J]. Frontiers in Ecology and the Environment, 2004, 2(5): 249-257.
- [11] Wr6bka T, Erb K H, Schulz N B, et al. Linking pattern and process in cultural landscapes. An empirical study based on spatially explicit indicators[J]. Land Use Policy, 2004, 21(3): 289-306.
- [12] Chen L D, Tian H Y, Fu B J, et al. Development of a new index for integrating landscape patterns with ecological processes at watershed scale[J]. Chinese Geographical Science, 2009, 19(1): 37-45.
- [13] 仇江啸,王效科,逯非,等.城市景观破碎化格局与城市化及社会经济发展水平的关系:以北京城区为例[J].生态学报,2012,32(9):2659-2669.
- [14] 叶晶萍,刘士余,盛菲,等.寻乌水流域景观格局演变及其生态环境效应[J].生态学报,2020,40(14):4737-4748.
- [15] 黄木易.快速城市化地区景观格局变异与生态环境效应互动机制研究:以杭州市为例[D].杭州:浙江大学,

- 2008.
- [16] 余宇晨,陈彩虹,贺丹,等.基于 MCR 模型和 Kriging 的海口市景观格局优化分析[J].西北林学院学报,2016,31(3):233-238.
- [17] 华昇,谢更新,石林,等.基于 GIS 的市域景观格局定量分析与优化[J].生态环境,2008,17(4):1554-1559.
- [18] 王耀斌,赵永华,韩磊,等.西安市景观格局与城市热岛效应的耦合关系[J].应用生态学报,2017,28(8):2621-2628.
- [19] 郭继强,潘洁.南京市热岛效应与景观格局的动态研究[J].林业资源管理,2019(3):139-146.
- [20] 郑博福,黄琼瑶,陶林,等.赣南地区景观格局变化及其对生态系统服务价值的影响[J].生态学报,2021,41(15):5940-5949.
- [21] 邹月,周忠学.西安市景观格局演变对生态系统服务价值的影响[J].应用生态学报,2017,28(8):2629-2639.
- [22] 贾艳艳,唐晓岚,唐芳林,等.1995—2015 年长江中下游流域景观格局时空演变[J].南京林业大学学报(自然科学版),2020,44(3):185-194.
- [23] 郑淋峰,李占斌,李鹏,等.丹江土石山区景观格局模拟与社会经济响应关系[J].水土保持研究,2019,26(1):338-343.
- [24] 程飞.基于分区的土地利用变化和社会经济发展的耦合协调研究:以江西省临川区为例[D].抚州:东华理工大学,2018.
- [25] 王富喜,孙海燕,孙峰华.山东省城乡发展协调性空间差异分析[J].地理科学,2009,29(3):323-328.
- [26] 廖信慧,彭贤伟,肖钊富.土地利用变化与社会经济发展耦合协调关系研究:以遵义市为例[J].贵州师范大学学报(自然科学版),2020,38(5):73-79.
- [27] 任祁荣,于恩逸.甘肃省生态环境与社会经济系统协调发展的耦合分析[J].生态学报,2021,41(8):2944-2953.
- [28] 王明全,王金达,刘景双,等.吉林省西部生态支撑能力与社会经济发展的动态耦合[J].应用生态学报,2009,20(1):170-176.
- [29] 马亚亚,刘国彬,张超,等.陕北安塞县生态与经济系统耦合协调发展[J].生态学报,2019,39(18):6840-6849.
- [30] 毕国华,杨庆媛,刘苏.中国省域生态文明建设与城市化的耦合协调发展[J].经济地理,2017,37(1):50-58.

(上接第 29 页)

- [2] 刘苏潇,孙兰东,吴蔚,等.城市适应气候变化行动方案:国内外应对气象灾害的典型案列[J].气象科技进展,2020,10(6):118-124.
- [3] Darnthamrongkul W, Mozingo L. Toward sustainable stormwater management: understanding public appreciation and recognition of urban Low Impact Development (LID) in the San Francisco Bay Area[J]. Journal of Environmental Management, 2021, 300.
- [4] Casares, P S, Benton, L, Bull, J, et al. Sustainable drainage retrofit case study: Counters Creek Flood Alleviation Scheme, UK[J]. Journal of Environmental Engineering and Science, 2021, 16(4): 166-173.
- [5] 赵宏宇,陈勇越,解文龙,等.于家古村生态治水智慧的探究及其当代启示[J].现代城市研究,2018,33(2):40-44,52.
- [6] 郑连第.古代城市水利[M].北京:水利电力出版社,1985.
- [7] 贺业钜.中国古代城市规划史[M].北京:中国建筑工业出版社,1996.
- [8] 张芳.中国古代灌溉工程技术史[M].太原:山西教育出版社,2009.
- [9] 郭涛.中国古代水利科学技术史[M].北京:中国建筑工业出版社,2013.
- [10] 王晞月.中国古代陂塘系统及其与城市的关系研究[D].北京:北京林业大学,2019.
- [11] 许继清,韦峰,胡泊.黄泛平原古城“环城湖”与城市防洪减灾[J].人民黄河,2011,33(9):3-4,6.
- [12] 郭巍,侯晓蕾.筑塘、围垦和定居:萧绍圩区圩田景观分析[J].中国园林,2016,32(7):41-48.
- [13] 郭巍,侯晓蕾.杭州湾传统海塘景观探究[J].风景园林,2018,25(12):70-74.
- [14] 苏猛,张玉坤,谭立峰.明清江浙地区“海塘-墩堡”海岸防御体系时空分布与体系研究[J].中国文化遗产,2019(2):19-26.
- [15] 福州市长乐区地方志编纂委员会办公室.长乐年鉴-2017[M].福州:福建省地图出版社,2017.
- [16] (民国)孟昭涵,李驹.长乐县志[M].福州:福建人民出版社,1994.
- [17] 吴庆洲.中国古代城市防洪研究[M].北京:中国建筑工业出版社,1995.