

基于生态系统服务供需格局的 生态管理分区研究 ——以南京都市圈为例

曹继¹ 王丽² 曹卫东¹¹

(1. 安徽师范大学 地理与旅游学院, 安徽 芜湖 241002;

2. 江苏第二师范学院 城市与资源环境学院, 江苏 南京 210000)

【摘要】: 以南京都市圈各县市为研究单元, 通过象限法和供需均衡度模型对 2010—2020 年南京都市圈生态系统服务供需动态情况、空间相关性和内部分布特征进行研究。结果表明: (1) 研究期内, 南京都市圈生态系统服务供给总体呈不断下降的趋势, 生态系统服务需求总体呈缓慢增长的趋势。(2) 南京都市圈供需关联整体呈“先升后降”的趋势, 生态系统服务供需均衡度呈明显的空间集聚特征, 在全局形成了北、中、南部 3 个明显的空间集聚区。将南京都市圈分为湖泊生态涵养区、生态农林保育区、生态城市建设区、生态—经济重构区 4 个大区 10 个分区, 并提出管控措施和建议。

【关键词】: 生态系统服务 供需关系 时空演化 生态功能分区 南京都市圈

【中图分类号】: X321 **【文献标志码】:** A **【文章编号】:** 1005-8141(2022)05-0520-09

0 引言

生态文明建设是中华民族永续发展的千年大计, 也是中国社会经济可持续发展的重要保障。为了应对生态保护与经济发展的冲突, 对各地开展生态系统服务供需情况摸底具有重要意义。生态系统服务自提出就成为连接人类社会与自然系统的桥梁^[1], 其供给与需求的变化可以反映生态系统服务与人类社会间复杂的动态关联^[2]。目前生态系统服务供给方面的研究已经较为成熟, 主流的研究方法有模型计算法^[3,4,5]、价值量评估法^[6,7,8]、问卷调查法^[9,10,11,12]等, 但对于生态系统服务需求方面的研究仍处于初始阶段^[13]。人类对生态系统服务的相关需求将影响整个生态系统的运转, 因此仅考虑生态系统服务供给已经无法满足生态系统服务系统化管理的需要^[14]。从供需整体上对生态系统服务进行系统的测算及评价是国内研究的一个重要方向^[15]。目前国内生态系统服务供需研究多作为相关研究评价的辅助方法^[13,16], 无法发挥生态系统服务供需作为生态—经济权衡管控工具的作用^[17]。一方面, 现有研究空间研究尺度较大^[1,18,19,20], 多从全球^[21]、国家^[22]、省域^[23,24,25]等角度出发, 研究目标多集中于长江经济带或长三角等地区, 对于都市圈级别的生态系统服务供需研究较少; 且研究数据多采用栅格数据, 较少采用具体的土地调查数据, 受数据精度

作者简介: 曹继(1996-), 男, 江苏省南京人, 硕士研究生, 研究方向为区域发展与土地利用。曹卫东(1973-), 男, 安徽省寿县人, 教授, 博士生导师, 研究方向为区域空间结构演化。

基金项目: 国家自然科学基金项目(编号: 41571124)

影响难以开展中小尺度的研究。另一方面, 现有研究少有从时空角度分析区域生态系统服务供需关系, 多采用单一年份数据, 忽视了生态系统服务供需在发展过程中展现的动态复杂性, 难以说明生态系统服务供需在地理空间上的演化规律和集聚特性。总体而言, 已有研究为生态系统服务供需关系打下了扎实的基础, 但生态系统服务同时受生态本底与人类活动中多种因素^[19]的影响, 如何利用分析生态系统服务供需变化来实现生态—经济系统化管理将会是未来研究的热点和难点。

作为最先获得国家发改委正式批复的都市圈建设项目, 南京都市圈以建成具有全国影响力的现代化都市圈为目标, 以服务长三角世界级城市群发展为主旨。可以预见的是, 南京都市圈未来会迎来新一轮的发展高潮, 但是大规模的经济建设活动势必会对其生态造成影响。虽然南京都市圈生态资源丰富、自然本底较好, 但是经济发展与生态环境保护的矛盾也在逐渐加剧。建设用地的扩张, 不断侵占生态用地, 社会经济快速发展的背后是水体质量恶化、湿地遭到破坏、森林覆盖率逐年下降等一系列环境问题。本文借鉴已有的研究, 选取 2010 年、2015 年、2020 年 3 期土地利用数据, 从县域尺度出发摸清南京都市圈生态系统服务供需基本情况, 构建生态系统服务供需关联格局, 探究生态系统服务供需均衡度时空分异特征; 在此基础上, 划分生态功能分区并提出管控措施和建议, 从而为都市圈高质量发展道路提供科学依据与决策支持。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

南京都市圈地处长江下游, 作为我国首个跨省都市圈和长三角的重要组成部分, 在经济和生态上具有得天独厚的条件。南京都市圈气候温暖湿润, 地势南高北低, 所属城市大多地形平坦, 适宜农业发展; 都市圈南部地区森林覆盖率较高, 拥有丰富的林业资源; 圈内水系发达, 拥有长江、淮河两条主要河流和洪泽湖、高邮湖等大型湖泊, 水域与湿地面积庞大。依托特殊的地理位置, 南京都市圈既可带动长三角中西部的发展, 还拥有将长江经济带向南北辐射的天然优势。作为京沪线和沪汉蓉通道的节点, 南京都市圈承担起中国国土开发“T”字格局中“长江脊梁”的角色。目前都市圈共有 60 个县级以上行政单元, 总面积超过 6 万 km², GDP 总值超过 4 万亿元, 是长三角重要的经济中心之一。2021 年 2 月, 南京都市圈成为我国第一个由国家发改委正式批复的都市圈规划, 标志着其战略地位进一步提高。

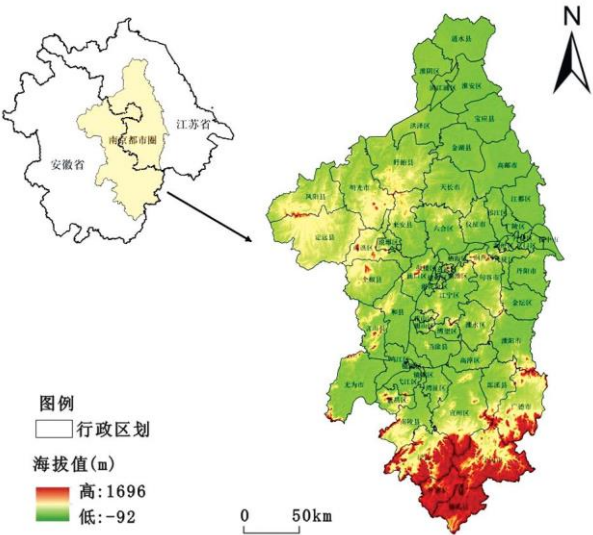


图 1 研究区行政区划和地形

注: 基于国家自然资源部标准地图服务系统 GS(2020)3189 号标准地图绘制, 底图无修改。

1.2 数据来源

土地利用数据主要来源于中科院资环所提供的土地利用遥感影像矢量数据，具体分类参照 LUC 标准，结合谢高地等^[6,7,8]提出的生态系统服务土地利用类型划分，将南京都市圈土地利用类型确定为耕地、草地、水域、林地、湿地、建设用地和未利用地 7 种，其中湿地权重系数由内陆滩涂与裸地按照 2：1 比例进行修正^[26]；粮食数据主要来源于各省份粮食局官网和《全国农产品价格调查年鉴》；人口、GDP 等数据主要来源于南京都市圈各县市统计年鉴和政府报告。

2 研究方法

2.1 供给核算

生态系统服务 (Ecological Services) 是指生态系统所形成的，可以直接或间接用于维持人类生存与发展的环境条件、生命支持产品和服务^[27]。自 20 世纪 90 年代以来，生态系统服务开始广泛应用于生态保护、生态区划和生态补偿等方面^[27,28]。目前对于生态系统服务供给价值的测算有多种方法，价值当量法因使用简便、评估结果可比性较好，得到了广泛的应用。本文在参考谢高地等^[7]提出的单位面积生态系统服务价值当量的基础上，根据研究区域现状进行了修正。考虑到南京都市圈的跨省属性，采用江苏省与安徽省当年粮食平均产量的平均值作为南京都市圈当年度的平均粮食产量^[20]。为了进一步消除经济因素对价值当量的影响，选取 2010 年、2015 年、2020 年 3 期价值当量的平均值作为本文的标准价值当量，并利用 CPI 指数将粮食价格修正到 2020 年，最终得到价值当量为 2390.58 元/hm²。同时，本文参考郭玉琬^[26]的研究，将建设用地对于生态系统服务供给价值的负效应一并纳入生态系统服务供给价值核算之中，构建了修正后的价值当量表 (表 1)。

表 1 南京都市圈生态系统服务价值当量

生态系统 分类	供给服务			调节服务				支持服务			文化服 务
一级分类	食品供 给	原材料生 产	水资源供 给	气体调 节	气候调 节	净化环 境	水文调 节	土壤保 持	维持养分 循环	生物多样 性	美学景 观
耕地	1.11	0.25	-1.31	0.89	0.47	0.14	1.50	0.52	0.16	0.17	0.08
林地	0.25	0.77	0.40	2.54	7.61	2.23	4.98	3.10	0.24	2.82	1.24
草地	0.25	0.34	0.19	1.21	3.19	1.05	2.34	1.47	0.11	1.34	0.59
水域	0.80	0.23	8.29	0.77	2.29	5.55	102.24	0.93	0.07	2.55	1.89
建设用地	0.00	0.00	-7.52	0.00	0.00	-2.46	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
湿地	0.17	0.17	0.86	0.65	1.20	1.27	8.10	0.78	0.06	2.64	0.00
未利用地	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.10	0.03	0.02	0.00	0.02	0.01

根据南京都市圈现状，参考谢高地等^[7]、王静等^[18]的研究，利用土地利用数据核算南京都市圈生态系统服务供给价值。计算公式如下：

$$ESV = \sum (A_i \times VC_i) \dots\dots\dots (1)$$

式中：ESV 表示南京都市圈生态系统服务供给总价值； A_i 表示南京都市圈第 i 种土地利用的面积； VC_i 表示南京都市圈第 i 种土地利用类型的生态系统服务供给价值系数。

2.2 需求核算

目前国内对于生态系统服务需求的研究仍然较为浅显，尚未对生态系统服务需求构建出较为全面的核算体系。本文借鉴彭建等^[13]、翟天林等^[29]的研究，利用人口密度、地均 GDP、建设用地比例来构建生态系统服务需求指数。计算公式如下：

$$X = x_{i1} \times \lg x_{i2} \times \lg x_{i3} \dots\dots\dots (2)$$

式中：X 表示生态系统服务需求指数； x_{i1} 、 x_{i2} 、 x_{i3} 分别表示第 i 年的建设用地比例、人口密度和地均 GDP。

2.3 供需系数

为了方便后续数据分析，消除量纲的影响，本文分别计算了各区域生态系统服务供给价值、需求指数与区域整体的比值，得到生态系统服务供给与需求系数。计算公式如下：

$$X = x_i / \sum_{i=1}^n x_i, P = p_j / \sum_{j=1}^n p_j \dots\dots\dots (3)$$

式中：X 表示南京都市圈各区域生态系统服务供给系数； x_i 表示南京都市圈各区域生态系统服务供给价值；P 表示南京都市圈各区域生态系统服务需求系数； p_j 表示南京都市圈各区域生态系统服务需求指数。

2.4 供需关联分析

本文根据以上对南京都市圈生态系统服务供给和需求系数的核算，利用 SPSS 的 Z-score 标准化对所得数据进行了标准化处理^[13,20,30]，并用处理后的数据构建坐标系：x 轴代表供给值，y 轴代表需求值；4 个象限分别对应 I 区（高供给—高需求）、II 区（低供给—高需求）、III 区（低供给—低需求）、IV 区（高供给—低需求）。

2.5 供需空间均衡度分析

生态系统服务供需均衡度是衡量某一地区生态系统能提供生态系统服务价值与人类发展需求量之间的均衡程度，可以较好地反映某一地区生态系统服务供给系数与需求的协调程度^[31]。计算公式如下：

$$C_i = \sqrt{\frac{P_i \times X_i}{((P_i + X_i)/2)}} \dots\dots\dots (4)$$

式中： C_i 为第 i 年的生态系统服务供需均衡度指数； X_i 和 P_i 分别为第 i 年的生态系统服务供给系数与需求系数。

3 结果及分析

3.1 供给时空演变

本文根据土地利用数据, 计算得出南京都市圈 2010—2020 年间生态系统服务供给值, 并分析其变化情况。2010—2020 年南京都市圈生态系统服务供给值变化总体呈下降趋势。从土地利用类型的情况来看, 生态系统服务供给值减少最多的是耕地, 下降了 7.4 亿元; 2015 年的草地与湿地的生态系统服务供给值相较于 2010 年有所上升, 说明南京都市圈的湿地保护措施效果显著; 建设用地所消耗的生态系统服务供给值在逐年增加, 说明需要合理安排建设用地的扩张面积, 以实现生态环境保护的目的。

从空间上看, 南京都市圈的生态系统服务供给情况总体上呈现“先升后降”的趋势, 2015 年的生态系统服务供给情况对比 2010 年有了明显好转, 但 2020 年又有部分地区供给情况出现下降。这主要是由于 2015 年前后国家大力推动退耕还林还湖政策, 加大对湿地资源的保护, 但随着经济的发展、城市面积的不断扩张, 导致建设用地大量侵占其他生态用地, 最终引发生态系统服务供给值下降。总体而言, 南京都市圈生态系统服务供给的低值区主要分布于各市的市区及其邻近地区, 这些地区经济发达、建设用地需求量较大, 导致生态系统服务供给值较低; 高值区主要位于自然本底较好的区域, 如围绕洪泽湖与高邮湖两座湖泊的区县和拥有大量森林资源的宣城地区。

3.2 需求时空演变

本文运用 ArcGIS10.7 自然断点法将南京都市圈 2010—2020 年生态系统服务需求指数划分为 5 个等级, 具体如图 2 所示。

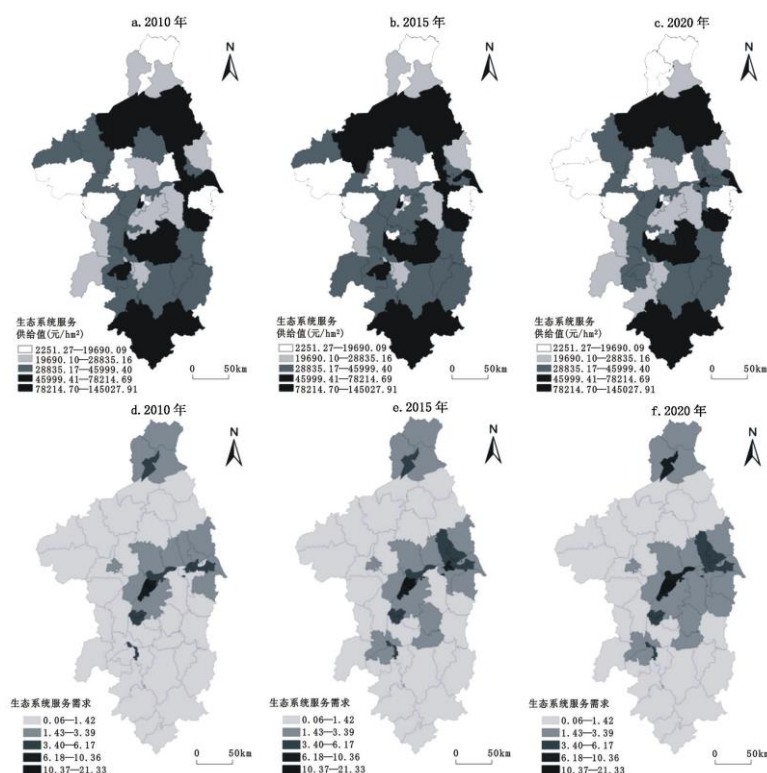


图 2 2010—2020 年南京都市圈生态系统服务供给和需求变化

从时间上看, 南京都市圈生态系统服务需求总体上处于缓慢增长状态, 各地增长情况不一。其中, 滁州市的需求基本没有变

化,其市区部分需求指数也处于较低水平,宣城市需求指数一直低于都市圈内其他城市。从空间分布来看,南京都市圈生态系统服务需求呈现显著的空间异质性,并呈现明显的“核心—边缘”的扩散态势。都市圈核心区域经济水平高、对周边人口吸引力大,城市化水平不断提高,城市建设用地面积不断扩大,使得生态系统服务需求不断增长。而其他大部分区域受到核心区的虹吸效应影响,且自身基础较差,导致经济缺乏活力,人口不断外流,需求提升较慢。剩余部分区域近年来不断发展,或受到核心区的反馈,生态系统服务需求有所提高。

3.3 供需关联格局

本文根据南京都市圈生态系统服务供给与需求情况,利用象限法对南京都市圈生态系统服务供需关联情况进行了分析,具体情况如图3所示。从图3可见,2010年没有位于I区(高供给—高需求)的县市,大部分地区都处于III区(低供给—低需求,21个县市)与IV区(高供给—低需求,20个县市),部分区域处于II区(低供给—高需求,17个县市);2015年,I区有7处,II区数量下降至11处,供需状况相对于2010年有了明显的好转;2020年,I区数量下降为3处,但IV区数量相较于2010年上升至27处。南京都市圈生态系统服务供需状况整体呈先升后降的发展趋势,2015年由于前期政府对湿地资源和其他生态用地的保护措施,推出了对城市开发边界和建设用地的限制等政策,提升了生态系统服务的供需状况;但后期由于经济的发展,城市不断扩张,侵占了更多的生态用地,导致生态系统服务供给不足,引发生态系统服务供需状况再次恶化。

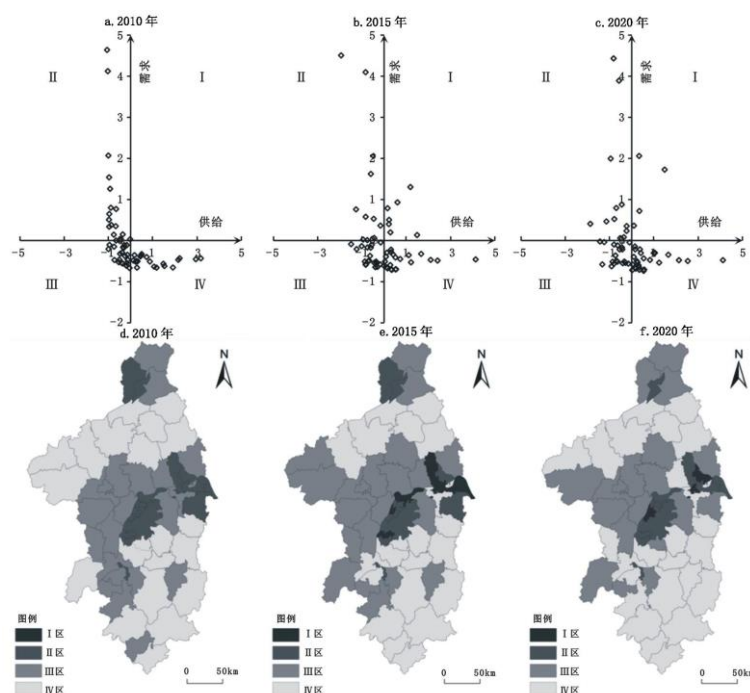


图3 2010—2020年南京都市圈生态系统服务供需关联分析

3.4 供需均衡度空间分异

本文利用Geoda软件分别对2010年、2015年、2020年南京都市圈生态系统服务供需协调度进行了全局空间自相关测算,测算得到的Moran' sI指数分别为0.481、0.471和0.506,且均通过了95%置信度检验。Moran' sI指数均为正值,表明南京都市圈生态系统服务供需价值具有显著的空间正相关性。从Moran' sI指数的变化来看,数值波动不大,总体呈波动上升趋势,表明南京都市圈生态系统服务供需均衡度具有明显的空间集聚倾向。

为了进一步探究南京都市圈生态系统服务供需均衡度的时空特征,本文利用 Geoda 软件分别对 2010 年、2015 年、2020 年南京都市圈生态系统服务供需均衡度进行了局部空间自相关测算,绘制出 LISA 集聚图(图 4)。

由图 4 可见,虽然南京都市圈生态系统服务供需均衡度空间异质性较大,但是空间分布格局变化较小。其中,高值区主要集中于都市圈中部和北部,即南京市周边和镇江市、扬州市、淮安市的部分区域,低值区主要分布于都市圈南部宣城市。从空间上分析,南京都市圈生态系统服务供需均衡度空间布局形成了以下 3 个集聚区:北部围绕淮安的两个市区淮阴区与淮安形成了高一低集聚区,中部区域以南京都市圈核心部分形成了高一高集聚区,南部区域以宣城市为主形成低一低集聚区,空间集聚特性显著。

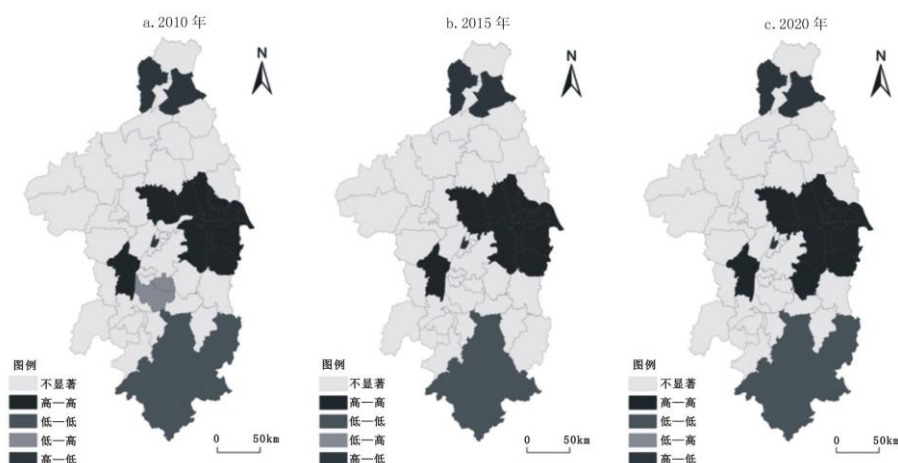


图 4 2010—2020 年南京都市圈生态系统服务供需均衡度 LISA 集聚

4 分区、管控措施及建议

根据前文分析结果,参照《南京都市圈发展规划》和相关区域绿色发展相关理论,以系统性和综合性为指导原则,针对南京都市圈各县区实际情况提出相应的发展方向,按县级行政单元角度将南京都市圈划分为湖泊生态涵养区(北部大两湖区、南部小两湖区)、生态林业保育区、生态农业保育区、生态城市建设区(北部生态城市建设区、沿江城市生态保育区、沿江城市生态修复区、沿江城市经济建设区)和生态—经济重构区(生态重构区、经济重构区),共计 4 个大区 10 个分区(图 5),并针对不同的分区提出管控措施及建议。

湖泊生态涵养区:湖泊生态涵养区拥有丰富的湖泊资源,是重点以维护和利用好湖泊生态系统为主的区域。根据南京都市圈的生态本底条件,将其划分为北部与南部两个湖泊生态涵养区。湖泊生态涵养区的共同特点是生态本底较好,但经济发展相对落后,总体上呈现高供给—低需求的状态,因此该区域的重点在于如何发展生态经济。一方面,要继续加强对湖泊水源地的保护,充分发挥湖泊水生态的涵养功能;另一方面,要充分利用当地的自然资源优势。根据区位不同,北部大两湖区主要是由北部洪泽湖与高邮湖周边区县构成,离都市圈核心区较远,更适宜发展水产养殖业,要打造一批具有全国知名度的地方特色水产品,兼顾发展生态旅游产业。南部小两湖区主要是由南部石臼湖与固城湖周边区县组成,离都市圈核心区域较近。一方面,要不断完善水利、路网等基础设施建设,提高自身承接都市圈核心区功能转移的能力;另一方面,要充分开发自身生态优势,大力发展生态旅游产业,吸引都市圈核心区域的游客。

生态农林保育区:生态农林保育区是由都市圈内部生态本底条件较好,拥有丰富的农业或者林业资源的地区组成。这些区域由于离都市圈核心较远,受核心区的辐射影响较小,导致经济一般落后于都市圈内其他城市发展,故多呈高供给—低需求状态,

大部分区域都处于供需均衡度的低值区。根据不同生态本底条件，可划分为生态林业保育区与生态农业保育区。生态林业保育区主要由宣城部分区县组成，该区域森林覆盖率较高，非常适合发展生态林业及其相关产业，应积极利用自身丰富的林业资源，发展林木相关产业和森林旅游产业，在发展的同时要加强对森林资源的保护，做到合理开发。生态农业保育区以南京都市圈内部分地形较为平坦，拥有大量的耕地资源，且距离各地区市域较近，以适宜开展生态农业建设的区域为主。该区域人口流失较为严重，农村地区发展较为落后。因此，这些区域一方面要合理统筹利用城乡建设用地，重点开展农村治理和土地整理活动，在盘活城乡经济的同时借助区位优势发展乡村旅游；另一方面要切实保护好永久基本农田，利用自身自然条件和现代化技术改善低效耕地，培育一批特色农产品，发展现代化生态农业。

生态城市建设区：生态城市建设区内人口众多、经济较为发达，同时面临着人地矛盾尖锐、生态环境恶化等共同问题。这些区域作为都市圈的核心，是都市圈内供需均衡度高值集中的区域，说明这些区域有能力在发展的同时保护好生态环境，做到绿色、协调发展。根据区位和条件的不同可以分为北部与沿江两个生态城市建设区，其中，沿江生态城市建设区根据内部差异可以再次细分为沿江城市生态保育区、沿江城市生态修复区和沿江城市经济建设区。①北部生态城市建设区主要包括淮安市区部分。作为北部经济核心，淮安市区要肩负起都市圈北部经济次核心的作用。因此，北部生态城市建设区一方面要加强经济，带动周边区域的发展进程；另一方面要注意城市发展带来的一系列环境问题，在坚持生态保护优先的前提下适度开发。②沿江城市生态保育区是在发展过程中呈现出高供给—高需求的状态，且供需均衡度均为高值区的一些区域。这些区域生态本底较好、自然条件优越、经济实力雄厚，因此该区域要维护好现有发展状态，对少部分出现供需失调的区域要进行及时治理，避免出现供需失衡的情况。该区域也可以作为绿色发展的重要节点，辐射带动周边地区的生态经济协调发展，共同打造沿江绿色发展城市带。③沿江城市生态修复区是由部分低供给—高需求状态的区域组成，这些区域经济发达，但是生态系统服务供给严重不足，区内生态系服务供需关系紧张。因此，该区域一方面要继续探索高质量的生态协调发展模式，积极利用经济与科技优势，促进产业结构转型升级，发展绿色、高质量产业；另一方面要继续注意保护好当地生态环境，扩大生态用地面积，调节好城市经济发展与生态环境保护之间的关系。④沿江城市经济建设区是由部分供需均衡度达到低值协调的区域组成，这些区域的特点为：分布在都市圈核心区周围，能积极吸收核心区的各种辐射带动作用，一般呈低供给—低需求的分布状态。因此，该区域的发展重点在于利用自身的距离优势积极承接核心区的产业转移，但在承接核心区产业转移时要避免接收“三高”型落后淘汰产业，不能以牺牲环境为代价发展经济。另外，部分区域还可以因地制宜地开展生态旅游，发展康养产业等。

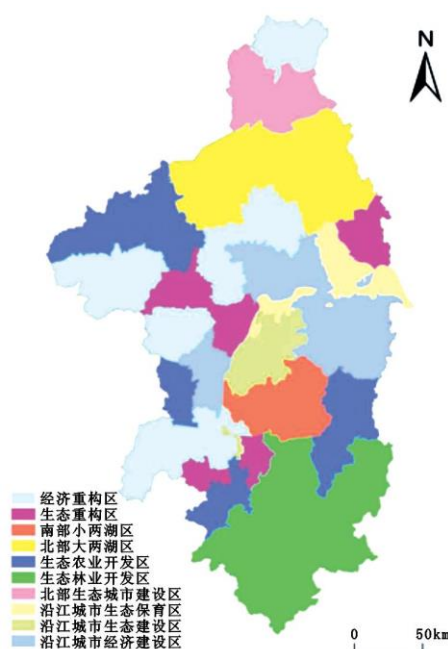


图5 南京都市圈生态功能分区

生态—经济重构区：生态—经济重构区是由目前生态系统服务供需呈现严重冲突状态的区域组成，这些区域目前的发展路线不符合绿色、高质量发展要求，需要进行重新调整。针对其发展的不同侧重点，可划分为生态重构区与经济重构区。生态重构区由都市圈内部分呈现低供给—低需求的市域部分组成，作为市域部分，其经济发展强于周边地区，但生态系统服务供给无法满足自身发展的需要。因此，该区域一方面要继续加强经济建设，带动周边地区共同发展；另一方面要做好经济发展与生态保护的平衡，在进行土地开发利用的同时注意生态用地的保护。经济重构区主要以南京都市圈部分低供给—低需求和少部分高供给—低需求的区域组成，其主要特点为生态系统服务供给能基本满足当地经济发展的需要，但经济落后于都市圈内其他地区。因此，经济重构区的重点在于发展经济，结合自身条件合理开发旅游资源，打造生态亮点产业，推动区域发展的可持续化，争取早日探索出符合自身情况的高质量绿色发展道路。

5 结论与讨论

5.1 结论

本文通过象限法和供需均衡度模型对 2010—2020 年南京都市圈生态系统服务供需动态情况、空间相关性及其内部分布特征进行了详细探讨，探究了南京都市圈生态系服务供需关联情况及其空间分布格局和集聚特性，并结合多种因素提出生态功能分区及相关管控建议，以期对南京都市圈走高质量绿色发展道路提供科学依据与决策支持。主要结论如下：①南京都市圈生态系统服务供给能力在不断下降，主要是由于建设用地的扩张压缩了生态用地的面积。高值区主要分布于“两湖区”和南部的宣城市，低值区则主要分布于长江沿岸各市的市区部分，表明南京都市圈生态系统服务供给受到生态本底与经济发展的双重因素影响。生态系统服务需求总体呈缓慢增长的趋势，空间上呈现明显的“核心—边缘”分布状态。②南京都市圈生态系服务供需关联结果呈先升后降的趋势，生态系统服务供需均衡度呈明显的空间集聚特征，在全局形成了 3 个明显的空间集聚区：北部以淮安市为主，围绕淮安市区形成了“高一低”分布的状态；中部沿长江形成了都市圈的“高一高”核心区；南部区域以宣城市为主，形成了“低—低”分布的状态。③根据对南京都市圈生态服务供需情况、关联分析和供需均衡度的空间分异特征的研究，发现经济的发展不可避免地会影响生态系统服务供需状况，但通过政策调控可以有效地改善供需失调的情况。因此，在综合考虑南京都市圈生态系统服务供需状况的基础上进一步开展生态功能分区，本文将南京都市圈划分为湖泊生态涵养区、生态农林保育区、生态城市建设区和生态—经济重构区等 4 个大区 10 个分区。总体上，湖泊生态涵养区围绕湖泊的治理与开发，根据不同的区位发展适宜的产业；生态农林保育区要在保护好耕地与林地的基础上，开展生态林业与农业建设；生态城市建设区首要避免建设用地进一步侵占生态用地，并在此基础上追求绿色发展；生态—经济重构区要在区域内做到生态与经济开展同步的调整，促进区域高质量发展。

5.2 讨论

限于数据的精度和可获得性，本文选取 2010 年、2015 年、2020 年 3 期截面数据对南京都市圈生态系统服务供需情况进行了分析，后续研究可考虑借助卫星遥感影像进行连续年份分析，以提高研究结果的准确性与可行性。此外，受限于经验，本文尚未能将具体的环境因素和碳中和的影响纳入到生态系统服务供给的计算中来，并且对生态系统服务需求的测度尚显粗糙。下一步研究将把以上要素纳入到生态系统服务的研究中来，为协调生态系统服务供需研究，优化生态功能分区提供更加客观准确的参考和借鉴。

参考文献：

- [1]张平, 朱翔, 贺清云, 等. 长江经济带生态系统服务供需时空分异与平衡格局分析[J]. 生态科学, 2020, 39(6): 155-166.
- [2]马琳, 刘浩, 彭建, 等. 生态系统服务供给和需求研究进展[J]. 地理学报, 2017, 72(7): 1277-1289.

-
- [3]刘冠,李国庆,李洁,等.基于 InVEST 模型的 1999—2016 年麻塔流域碳储量变化及空间格局研究[J].干旱区研究,2021,38(1):267-274.
- [4]刘汉仪,林媚珍,周汝波,等.基于 InVEST 模型的粤港澳大湾区生境质量时空演变分析[J].生态科学,2021,40(3):82-91.
- [5]马钢,潘玲,马增辉.生态系统服务评价模型及实证研究[J].安徽农学通报,2021,27(2):141-143.
- [6]谢高地,张彩霞,张昌顺,等.中国生态系统服务的价值[J].资源科学,2015,37(9):1740-1746.
- [7]谢高地,张彩霞,张雷明,等.基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进[J].自然资源学报,2015,30(8):1243-1254.
- [8]谢高地,甄霖,鲁春霞,等.一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法[J].自然资源学报,2008,(5):911-919.
- [9]Pena L,Casado-Arzuaga I,Onaindia M.Mapping Recreation Supply and Demand Using an Ecological and a Social Evaluation Approach[J].Ecosystem Services,2015,13:108-118.
- [10]郑悦.北京市典型休闲农业园生态系统服务评估及供需分析[D].北京:中国地质大学(北京)硕士学位论文,2017.
- [11]李海涛.宁夏哈巴湖保护区生态服务价值与生态补偿研究[D].北京:北京林业大学硕士学位论文,2017.
- [12]曹先磊,刘高慧,张颖,等.城市生态系统休闲娱乐服务支付意愿及价值评估——以成都市温江区为例[J].生态学报,2017,37(9):2970-2981.
- [13]彭建,杨,谢盼,等.基于生态系统服务供需的广东省绿地生态网络建设分区[J].生态学报,2017,37(13):4562-4572.
- [14]巩杰,徐彩仙,燕玲玲,等.1997—2018 年生态系统服务研究热点变化与动向[J].应用生态学报,2019,30(10):3265-3276.
- [15]彭建,胡晓旭,赵明月,等.生态系统服务权衡研究进展:从认知到决策[J].地理学报,2017,72(6):960-973.
- [16]谢余初,张素欣,林冰,等.基于生态系统服务供需关系的广西县域国土生态修复空间分区[J].自然资源学报,2020,35(1):217-229.
- [17]张碧天,闵庆文,焦雯王君,等.生态系统服务权衡研究进展与展望[J].生态学报,2021(14):1-16.
- [18]Wang J,Zhai T,Lin Y,et al.Spatial Imbalance and Changes in Supply and Demand of Ecosystem Services in China[J].Science of the Total Environment,2018,657:781-791.
- [19]刘晶晶,王静,戴建旺,等.黄河流域县域尺度生态系统服务供给和需求核算及时空变异[J].自然资源学报,2021,36(1):148-161.

-
- [20]寿飞云. 基于生态系统服务供求评价的空间分异特征与生态格局划分[D]. 杭州: 浙江大学硕士学位论文, 2020.
- [21]李圆圆, 谈明洪, 郝海广. 1992—2015 年全球耕地变化对陆地生态系统服务价值的影响(英文)[J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2019, 29(3): 323-333.
- [22]管青春, 郝晋珉, 石雪洁, 等. 中国生态用地及生态系统服务价值变化研究[J]. *自然资源学报*, 2018, 33(2): 195-207.
- [23]彭鹏, 梁栋栋. 2000—2015 年安徽省土地利用及生态系统服务价值变化分析[J]. *农村经济与科技*, 2020, 31(19): 25-28.
- [24]赵晓同, 苏军德, 王建, 等. 甘肃省生态服务供需关系及影响因子研究[J]. *中国环境科学*, 2021, (10): 1-18.
- [25]吴健生, 门·新纳, 梁景天, 等. 基于基尼系数的生态系统服务供需均衡研究——以广东省为例[J]. *生态学报*, 2020, 40(19): 6812-6820.
- [26]郭玉琬. 合肥都市圈土地生态系统服务价值与城镇化耦合关系研究[D]. 徐州: 中国矿业大学硕士学位论文, 2018.
- [27]Lautenbach S, Kugel C, Lausch A, et al. Analysis of Historic Changes in Regional Ecosystem Service Provisioning Using Land Use Data[J]. *Ecological Indicators*, 2010, 11(2): 676-687.
- [28]Wainger L A, King D M, Mack R N, et al. Can the Concept of Ecosystem Services be Practically Applied to Improve Natural Resource Management Decisions?[J]. *Ecological Economics*, 2010, 69(5): 978-987.
- [29]翟天林, 王静, 金志丰, 等. 长江经济带生态系统服务供需格局变化与关联性分析[J]. *生态学报*, 2019, 39(15): 5414-5424.
- [30]王萌辉, 白中科, 董潇楠. 基于生态系统服务供需的陕西省土地整治空间分区[J]. *中国土地科学*, 2018, 32(11): 73-80.
- [31]管青春, 郝晋珉, 许月卿, 等. 基于生态系统服务供需关系的农业生态管理分区[J]. *资源科学*, 2019, 41(7): 1359-1373.