

# 江苏省县域“三生”功能时空变化及协同/权衡关系

李欣<sup>1,2</sup>, 方斌<sup>1,2,3,4</sup>, 殷如梦<sup>1,2</sup>, 荣慧芳<sup>1,2</sup>

(1. 南京师范大学地理科学学院, 南京 210023; 2. 江苏省地理信息资源开发与  
利用协同创新中心, 南京 210023; 3. 南京师范大学乡村振兴研究院, 南京 210023;  
4. 南京师范大学新型城镇化与土地问题研究中心, 南京 210023)

**摘要:** 揭示江苏省县域“三生”功能的时空关联特征及协同/权衡关系, 可为县域空间规划布局提供理论支持。从生产—生活—生态三个维度构建国土空间三生功能识别体系, 以空间自相关和相关系数法定量测算江苏省 55 个县域 1996 年、2005 年、2015 年三个时期的“三生”功能时间效应及协同/权衡关系。结果表明: (1) 江苏省“三生”功能生态位宽度变化各异, 空间分布各具特色, 具体表现为: 1996-2015 年生产功能生态位宽度时序上总体呈增长状态, 变化过程具阶段性; 空间上呈“南高北低”格局特征, 长江南岸条带状集中分布, 长江北岸则呈多集聚斑块状。1996-2015 年生活功能生态位宽度不断压缩, 空间上具以市辖区为中心向外同心圆衰减规律。1996-2015 年生态功能生态位宽度不断增大, 空间上生态功能生态位宽度具依山傍水呈高值特征。(2) 江苏省 1996-2015 年间, 生产功能、生活功能、生态功能均有随时间变化正相关类型(高高、低低)集聚明显, “组团”式分布; 负相关类型(高低、低高)集聚性低, “离散”状分布规律。(3) 生产与生活功能存在空间协同关系, 生产与生态功能呈协同/权衡波动变化态势, 生活功能与生态功能变化趋势类似于生产与生态功能, 交叉变化更明显, 不同年份协同/权衡关系在不同单元有明显差异。研究表明, 以上特征均与区域经济社会发展有较强的吻合性, 未来应逐步改变以生产功能过速扩张压缩生活、生态功能的现象, 应以保护生态环境、提升生活质量实现“三生”更加协同。

**关键词:** 国土空间; 三生功能; 空间格局; 协同与权衡; 江苏省

国土空间可划分为生产—生活—生态空间<sup>[1]</sup>, 空间稀缺性和功能外溢性引致不同空间为寻求最大利益产生竞争冲突<sup>[2]</sup>。明晰“生产—生活—生态”功能间的相互作用及博弈过程, 是科学开展国土空间开发的前提, 也是“以人为本”的空间正义诉求。国内外学者针对“三生”空间已展开多方面探讨, 研究内容从单一到多元, 涵盖“三生”功能的内涵<sup>[3-5]</sup>、分类体系和评价量化<sup>[6-9]</sup>、格局过程<sup>[10-12]</sup>、空间优化<sup>[13-14]</sup>等方面; 研究范围以宏观的国家、区域和微观的县、乡镇等为主, 中观尺度下分析省内县域单元“三生”功能的文献仍不多见。随着研究逐步深入, 人们意识到“三生”功能处于非平衡状态具协同或权衡关系<sup>[15-16]</sup>。协同是指两种功能在关键因素支配下互相协作共同增益, 使“三生”功能有序发展, 具有空间融合效应; 权衡是指两种功能此消彼长的情形, 易使“三生”整体功

收稿日期: 2019-04-15; 修订日期: 2019-08-31

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41271189, 41671174); 江苏高校优势学科建设工程资助项目 (164320H116)

作者简介: 李欣 (1991-), 女, 安徽滁州人, 博士研究生, 主要从事土地利用变化研究。

E-mail: lxx0923@foxmail.com

通讯作者: 方斌 (1968-), 男, 江西九江人, 博士, 教授, 主要从事土地资源管理研究。

E-mail: wenyanfang731@163.com

能紊乱,具有空间冲突或竞争关系<sup>[17-18]</sup>。目前对于“三生”功能相互作用的研究还较薄弱,主要集中于“三生”功能的数量与空间结构<sup>[19-20]</sup>、“三生”功能之间相互转换及其空间效应<sup>[21-22]</sup>、“三生”功能时空演变规律<sup>[3]</sup>等,对“三生”功能相互作用关系定性认识居多,也有少数学者借助耦合协调模型等<sup>[3,16]</sup>对其定量表达,然而数理统计方法忽视空间格局过程,更关注数量关联特征,对空间相互作用关系表达不足。而多用于相互关系分析的耦合协调度模型学界也存在混乱,主要是对原理理解、公式计算、结果解释等,如钱丽等<sup>[23]</sup>核算中国省际工业化、城镇化、农业现代化耦合协调程度与刘耀彬等<sup>[24]</sup>计算中国城市化与生态环境耦合度所采用的耦合协调度模型存在定义和公式的差异,姜磊等<sup>[25]</sup>对耦合协调模型进行了实证验证后发现,由于计算公式混乱,低估耦合度常有发生。此外,“三生”功能间的相互关系受制于社会经济发展阶段和地域分异规律<sup>[3]</sup>,具有显著的时空分异特征,但以往研究偏重“三生”功能静态格局评价,动态演变规律揭示不足,难以刻画“三生”功能的延续性和动态性。尝试引入生态位态势理论,旨在同时实现刻画某一时刻状态和预测发展趋势<sup>[26-28]</sup>,可为解读这种现象和认识客观规律提供新的思路和方法。

江苏省位于我国陆域东部,长江、淮河下游,紧邻黄海,自然社会经济资源充沛,县域经济发展突出,截至2015年,全域范围25个县(市)位列全国百强县,是中国最发达的省份之一。快速工业化、城镇化背景下,其国土空间开发格局剧烈变化,自20世纪80年代初期,“苏南模式”发展乡镇企业使土地利用功能由农业生产转向工业生产;20世纪90年代“开发区热”加剧了土地利用非农化趋势,使土地利用生活功能与生态功能进一步弱化;2010年以来,在明确国土空间主导功能的基础上,重新规划了区域发展、城乡结构、土地利用的格局。江苏省作为改革开放先行试验区,对带动沿海和长江经济带发展、助力乡村振兴具有重要意义,但区内人口密度大、资源数量不足,区内差异凸显,亟需重组“三生”发展秩序,优化国土空间。鉴于此,本文以江苏省55个县域行政单元为研究对象,以“三生”空间理论为指导,通过测算1996年、2005年、2015年江苏省55个区县单元“三生”功能生态位宽度并进行空间对比和时序分析,借助相关分析、双变量空间自相关分析等揭示其数量和空间上的协同/权衡关系,充分揭示江苏省县域“三生”功能之间协同/权衡关系的时空异质性和交互过程,以期为区域可持续发展与乡村振兴战略布局提供理论指导和科学依据。

## 1 研究方法与数据来源

### 1.1 “三生”功能指标体系构建

#### 1.1.1 “三生”功能相互作用关系

国土空间是多重功能空间,将其分为生产功能、生活功能、生态功能是对国土空间内涵的细化和延伸<sup>[1]</sup>。“三生”功能在国土空间中有功能强弱主次和多种功能交错的情形<sup>[4]</sup>。生产功能指土地作为劳动对象直接获取或以土地为载体进行社会生产而产出各种产品和服务的功能<sup>[9,30]</sup>,是其他功能的物质基础,与生活功能交互关联、密不可分,在扩张和强化中挤压生态功能<sup>[3]</sup>;生活功能保障基本物质生活<sup>[9]</sup>,主要提供人类职、住、行、消、乐<sup>[31]</sup>等功能,是人生存品质的表现,生活需求量的加大会强化生产功能强度,生活品质的需求也需维持一定的生态服务功能;生态功能是“三生”功能的基本,主要维护生态平衡、健康和安全,保障人类生产、生活运行所需的环境条件,调节生产和生活功能发展方向<sup>[6,14-15]</sup>。任何一个可持续的生产功能、生活功能空间都需生态空间的支

撑,若恶化将直接制约前二者<sup>[32]</sup>。“三生”功能空间彼此交叉共生、相互促进又互相胁迫的耦合互动关系,具非线性、系统性、动态性<sup>[11,15]</sup>。

1.1.2 指标体系构建

在”三生“功能内涵解析基础上<sup>[4-6,32]</sup>,总结前人相关研究成果,考量“三生”功能的交互关联,并探索主导功能与多重功能之间的组合关系<sup>[6]</sup>,借鉴协同学理论、“三生”空间优组理论等<sup>[32]</sup>,从土地利用生产的物资空间、生活保障的社会空间、生态保育的自然空间等方面,以生产空间集聚、生活空间集中、生态空间集成为目标<sup>[1]</sup>,自上而下构建“生产—生活—生态”三维指标体系(表1)。“三生”功能整体效益需生产—生活—生态功能相互协作,但各自间结构、功能处于不稳定平衡状态,其组件间关键要素支配其他要素,其他要素也影响关键要素,而少数关键因素改变会使“三生”系统整体结构、功能相应变化<sup>[18]</sup>。考虑敏感性、整体性和适应性,考察文献资料<sup>[6,8,30-31]</sup>并结合生态学、地理学、土地利用领域三位专家意见,剔除冗余指标后共选取17项关键评价指标,各指标与功能间具关联性且影响程度不同。保障社会经济产出价值是国土空间开发的基本追求,涉及粮食安全、发展效率、强度及趋势,选取可表达农业生产总量、效率及非农生产规模、效率、水平及发展集中程度和趋势的关键指标表征<sup>[33]</sup>,农业生产为工业生产提供原材料,两者协作下优化经济效益和发展路径<sup>[32]</sup>;国土空间需维持生活安居,以居民点用地占

表1 “三生”功能评价指标体系  
Table 1 "Production-living-ecological" function evaluation index system

决策层	目标层	指标层及权重	指标说明或计算方法	功效性	单位
“三生” 综合 功能	生产 功能	粮食单产X1 (0.0736)	粮食产量/耕地面积	+	t/hm <sup>2</sup>
		土地垦殖率X2 (0.0810)	耕地面积/区域土地总面积	+	%
		地均工业生产总产值X3 (0.0423)	工业生产总产值/区域土地总面积	+	亿元/km <sup>2</sup>
		财政贡献率X4 (0.1084)	地方一般预算收入/区域土地总面积	+	亿元/km <sup>2</sup>
		产业结构X5 (0.0466)	第三产业产值/区域土地总面积	+	亿元/km <sup>2</sup>
		经济密度X6 (0.0593)	国民生产总值/区域土地总面积	+	亿元/km <sup>2</sup>
	生活 功能	城镇村居民点用地比例X7 (0.0693)	城镇村居民点用地/区域土地总面积	+	%
		交通用地密度X8 (0.0490)	交通运输用地/区域土地总面积	+	%
		第三产业人员从业比例X9 (0.0613)	第三产业从业人员数/地区从业人员总数	+	%
		从业人口密度X10 (0.0569)	从业人口总数/区域土地总面积	+	人/km <sup>2</sup>
		每万人拥有医院床位数X11 (0.0571)	医院床位数/总人口	+	张/万人
		人均社会消费品零售总额X12 (0.04321)	社会消费品零售总额/总人口	+	亿元/万人
	生态 功能	农用化肥投入强度X13 (0.0533)	农用化肥施用量/耕地面积	-	kg/hm <sup>2</sup>
		土地退化指数X14 (0.0381)	退化土地面积/区域土地总面积	-	%
		人均水资源X15 (0.0536)	水资源总量/总人口	+	m <sup>3</sup> /人
		生境丰度指数X16 (0.0594)	区域内生物多样性的丰贫程度	+	—
		生态服务总量X17 (0.0399)	区域生态服务价值总量的大小	+	亿元

注:“+”表示正向作用的指标,“-”负向作用的指标;退化土地面积为盐碱地、沙地、裸地等面积总和。生境丰度指数= $AiBo \times (0.35 \times \text{林地} + 0.21 \times \text{草地} + 0.28 \times \text{水域湿地} + 0.11 \times \text{耕地} + 0.04 \times \text{建设用地} + 0.01 \times \text{未利用地}) / \text{区域土地总面积}$ 。生态服务价值总量使用当量价值法测算。

比、交通用地比重代表居住和交通的空间承载力；以从业人口密度表达就业的总量支撑，趋势性支撑以第三产业吸纳就业人员表达；土地系统提供的社会保障功能以医疗卫生条件和社会消费水平表征<sup>[34-35]</sup>；支撑和满足人类生产与发展的条件是维护国土空间的生态健康<sup>[6]</sup>，生态系统自我维持和外生改造具有一定弹性，故从脆弱性、适宜性、稳定性等方面，根据区域本地条件和发展阶段选取生态关键指标。生态功能是满足人类各种福祉需求的保障，人类直接或间接作用下物质和能量变动，改变生态系统服务（表1）。

## 1.2 数据来源及处理

数据来源于：（1）国家统计局1997年、2006年、2016年份《中国县域统计年鉴》及《中国城市统计年鉴》，江苏省统计局1997年、2006年、2016年份的《江苏省统计年鉴》及各地市的统计公报、水资源公报等，数据不一致时以国家统计局相关数据为准。（2）土地利用相关数据源自江苏省国土厅1996年、2005年、2015年度土地利用变更调查二级（一级）分类面积汇总表，一级分类为8类，二级分类为46类<sup>[9]</sup>；申请自“国家地球系统科学数据共享平台——长江三角洲科学数据中心”的1:10万江苏省土地利用数据。1996-2015年江苏省行政区划调整较频繁，多处地域出现“撤县设区”和“镇改市”现象，为保证研究的时序可比和数据来源的稳定性，顾及城市建成区与郊区间存在渐变的城乡过渡区<sup>[36]</sup>，将二者分割不利于保持研究单元整体性，故按2015年行政区划调整，将各地市市辖区统一合并处理，重组县、县级市和市辖区后，共计55个县域单元（图1）。

为消除变量量纲影响及便于生态位计算，以极值标准化法对三生功能评价指标线性变换后所有数据均 $\in [0, 1]$ ，满足实验要求，具体分析见文献[27]、文献[37]。

## 1.3 研究方法

### 1.3.1 指标关联性分析

由于“三生”功能复杂系统的不确定性，采用灰色关联分析定量测算指标间关联性，其对数据要求较低并可减少因系统不对称的损失。指标间同向变化，表示变化趋势相协调，关联系数较大。江苏省多数指标灰色关联系数在0.80以上且变化趋势大致相同，表明各指标相互配合共同作用于“三生”功能。

### 1.3.2 综合评价模型

“三生”功能生态位宽度是衡量“三生”功能优势地位的重要指标，取值在0~1之间，越接近1表明竞争能力越强；反之则越弱<sup>[28]</sup>。

$$N_i = \frac{(S_i + A_i P_i)}{\sum_{j=1}^n (S_j + A_j P_j)} \times W \quad (1)$$

式中： $i, j=1, 2, \dots, n$ ； $N_i$ 来表示研究单元表示评价单元 $i$ 的生态位； $S_i$ 表示研究单元 $i$ 的

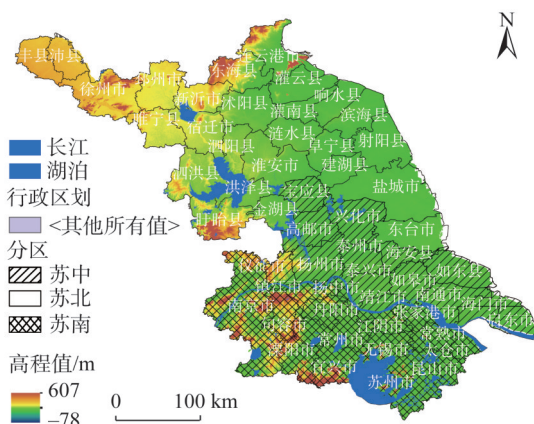


图1 2015年江苏省行政区划

Fig. 1 Administrative divisions of Jiangsu province in 2015



态;  $P_i$ 表示研究单元 $i$ 的势;  $S_j$ 表示研究单元 $j$ 的态;  $P_j$ 表示研究单元 $j$ 的势;  $A_i$ 和 $A_j$ 为量纲转换系数;  $S_i+A_iP_i$ 表示研究单元 $i$ 的绝对生态位;  $W$ 为权重,以均方差决策法得到。态、势指标分别以当前年份数值和各指标年均增长量测度。量纲转换系数依时间尺度设定<sup>[27]</sup>,本文研究时点为1996年、2005年、2015年,分别间隔9年和10年,为减小计量偏差,量纲转换系数设置1996-2005年为9、2005-2015年为10。

综合生态位宽度以生产、生活、生态功能三大维度加权求和求取,具体计算公式如下:

$$M_i = \sum_{j=1}^n N_{ij} \times W_j \quad (2)$$

式中:  $M_i$ 表示 $i$ 地区的综合生态位;  $N_{ij}$ 表示 $i$ 地区在 $j$ 维上的相对生态位;  $j$ 表示维数;  $W_j$ 表示 $j$ 维权重。

### 1.3.3 空间相关性

探索性空间数据分析(Exploratory Spatial Data Analysis, ESDA)主要检测事物和现象空间分布格局的依存关系,判断空间分布的扩散性、极化性或随机性,用以揭示研究对象属性值之间的相互作用机理<sup>[38]</sup>。借助全局空间自相关测度生产功能、生活功能、生态功能的Moran's  $I$ 指数<sup>[39]</sup>,取值 $[-1, 1]$ ,值越接近1其空间自相关性越强,即相邻区域“三生”功能越趋于集聚。空间权重为一阶Rook邻接矩阵,以 $Z$ 值检验结果。采用局部空间自相关Local Moran's  $I$ 指数研究同一区域内发生集聚状态的具体位置,Local Moran's  $I$ 同Moran散点图一致,可将值分解为相同生态位水平的集聚区域(高高区HH、低低区LL),呈空间协同关系;异质性集聚区域(低高区LH、高低区HL),呈空间权衡关系<sup>[40]</sup>。Anselin<sup>[38]</sup>提出的双变量局部空间自相关分析模型,改进了以往空间自相关分析只有一个变量的缺陷,在双变量局部空间自相关分析中,自变量和因变量互换后的空间关联特征并无本质区别,据此选择某项功能生态位宽度作为自变量,另一种功能生态位宽度空间滞后量作为因变量,即可分析两项功能之间协同/权衡关系和程度。

## 2 结果分析

### 2.1 “三生”功能时空分异特征

1996年、2005年、2015年江苏省55个县域单元的“三生”功能生态位宽度空间分异特征明显,具体可见图2,在时空对比、相关性分析的基础上<sup>[42]</sup>,“三生”功能空间分异规律、时序演化过程及区域特征主要表现为:

生产功能:1996-2015年,生产功能生态位宽度总体呈增长状态,东北部分县区持续扩展,而市辖区及长江沿岸区域不断压缩,其余单元生态位宽度处于波动升降状态,变化过程具有阶段性特征,以2005年为间隔,后一时段变化更剧烈,这既反映出社会经济的发展也体现产业生命周期变化。空间上“南高北低”,区域梯度差异明显,长江南岸城市生态位宽度较大,呈条带状集中分布,源于苏锡常等地产业结构合理、交通便利、人口密度较大、城乡联系紧密,乡镇工业有较强的引领性;低值区多位于长江北岸,尤以东北县域居多,呈多集聚斑块状,究其缘由,该地区城镇化起步晚,产业结构不合理,非农生产功能薄弱,社会经济生产效率偏低,欠缺提升全局生产能力的拉动点。

生活功能:1996-2015年,生活功能生态位宽度总体呈不断压缩状态,但以2005年为分割时点,前一时段全域范围其生态位宽度减小态势显著,而2005-2015年苏锡常地区

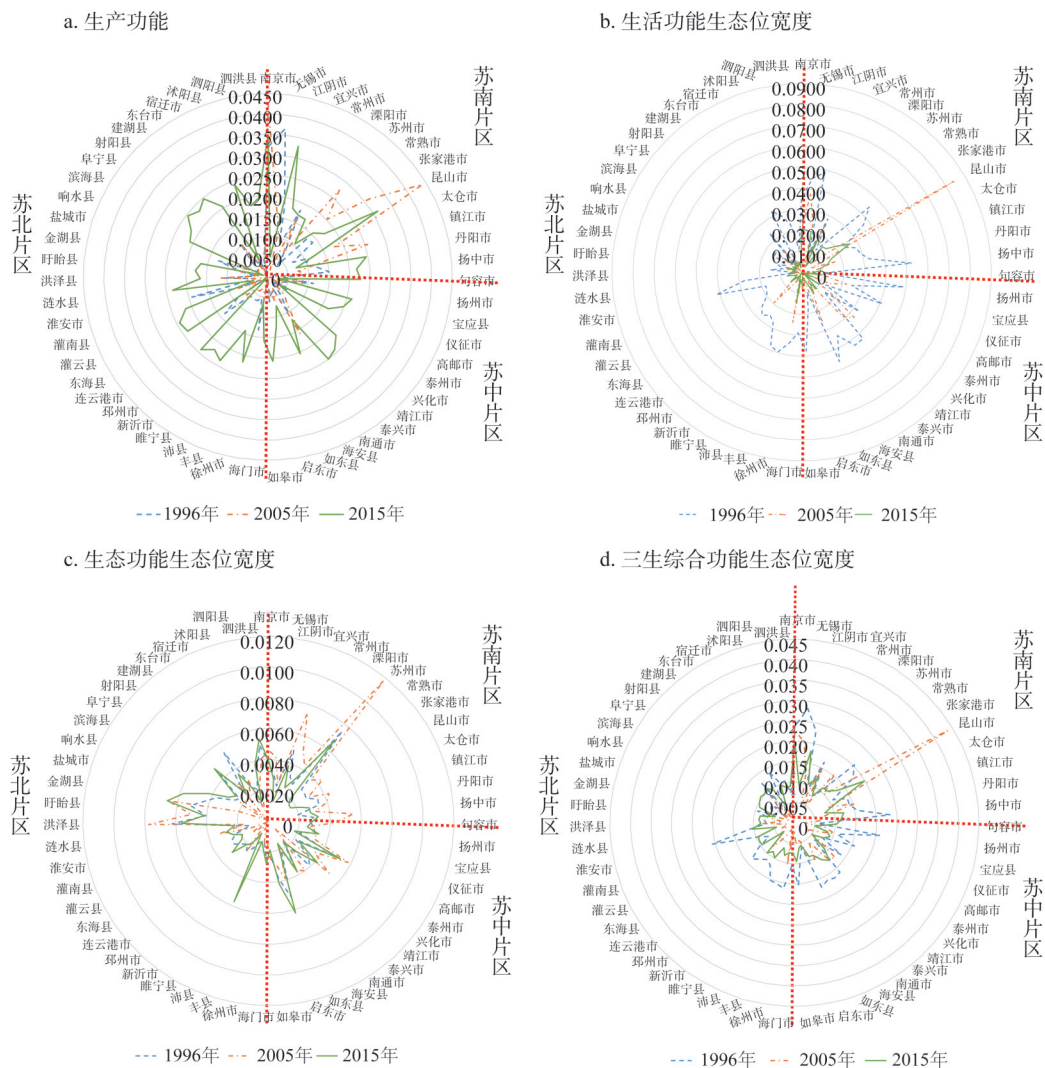


图2 1996-2015年江苏省生产—生活—生态功能生态位变迁

Fig. 2 The "production-living-ecological" function niche change map of Jiangsu province from 1996 to 2015

周边、苏北灌溉总渠一线、环洪泽湖一带共26个单元有所扩展。空间上呈以市辖区为中心向外圈层式逐渐减小的衰减规律，生活功能受城市辐射带动和扩散效应，生态位较大区域多为市辖区及苏南城市绵延区，这些地区因产业、人口密集分布，形成连片融合发展的规模效益，就业、医疗、交通、公共服务水平较好，故宜居性较高<sup>[9]</sup>。

生态功能：1996-2015年，生态功能生态位宽度总体呈扩大趋势，变化速度较平稳，1996-2005年苏锡常地区、环洪泽湖一带、宁镇扬丘陵地带扩展较明显，东北部呈缩小状态，这归因于生态景观本底功能发挥；2005年后，由于逐渐意识到生态环境的空间效应，通过退耕还林、绿色生态走廊等约束，区域植被覆盖率及景观多样性提升，以连云港市（0.0023~0.0031）、射阳县（0.0043~0.0049）、盐城市（0.0042~0.0058）等为代表的淮海地区生态功能生态位宽度不断扩大，但因苏南、苏中局部生态压力偏大，其生态功能生态位宽度有缩减迹象。空间上生态功能生态位宽度有依山傍水之势，高值区于环洪泽湖、沿江北岸、沿海等地聚集，这类地区水网密集、湿地多；低值区主要集中在西北

县域,该地复垦矿区多,环境污染较大,故而生态功能生态位宽度较小。

测定区域“三生”功能综合生态位可进一步量化生产功能、生活功能、生态功能三大维度与综合功能时空关联性<sup>[43]</sup>。近20年,“三生”综合功能生态位宽度仅环洪泽湖一带、北部沿海地区不断扩增,其余地区综合值升降交替变化,1996-2005年变化更剧烈。昆山市(0.0110~0.0437)、苏州市(0.0101~0.0155)、镇江市(0.0141~0.0155)等上升态势明显,而沛县、淮安市、连云港市等减损较大,下降幅度均在0.0129~0.0189之间,其余地区变化不大;至2005年后,市辖区综合生态位宽度普遍压缩,尤以苏锡常地区、南京市耗损较大,而沿海地带县域单元扩张态势突出。空间上由南到北呈高一中一低有序分布,生态位宽度较大的区域主要集中在苏南地区,该区域地理环境优越、经济发展水平高、产业结构较为合理,生产功能、生活功能拉动整体效应<sup>[9]</sup>;低值区对位于苏北部分地区,其社会经济发展相对滞后,且受低端产业渗入生态环境受到破坏和胁迫。

总体而言,“三生”功能生态位时序演变具有波动性:1996-2015年,生产功能不断扩大,生态功能基本维持稳定,而生活功能则呈逐渐萎缩迹象,“三生”综合生态位波动中总体增大;空间分异现象呈多元化,生产功能南北差异较大,生活功能具同心圆衰减特征,生态功能具自然山水的规模尺度依赖效应。可见,目前江苏省以产业主导驱动发展的倾向突出,建成区扩张、人口净流入、城乡一体化结构不断调整,城市化进程不断加快却影响了生活质量,生活功能生态位不断压缩;在推行“生态文明建设”和“主体功能区划”等政策后,有效约束了以牺牲环境为代价的发展路径,使得综合生态位有所提升。然而,“三生”功能间相互胁迫、挤压又对区域空间发展与演化产生新的影响<sup>[13]</sup>,“三生”功能需要作为整体协同共生,空间发展过程中仍需有机协调三者关联。

2.2 “三生”功能时空关联格局

为进一步了解江苏省国土空间生产功能、生活功能、生态功能相互关系,采用空间自相关模型判别各单项功能的空间关联性。全局Moran's *I*指数计算结果证实三者具有明显的空间正相关性,即相邻单元交互作用强,有集聚性空间现象<sup>[9]</sup>。具体而言,1996-2015年生活功能集聚特征较显著,而生产功能、生态功能相对微弱(表2)。三者Moran's *I*指数总体均呈现以2005年为间隔波动性上升现象,这体现了不同社会经济发展阶段“三生”功能的时空演变过程,在快速发展时期,“三生”功能为追求规模尺度的极化效应,空间集聚性更强;步入稳定发展阶段,扩散和涓滴效应显现,空间集聚性稍有消减。生产功能、生活功能、生态功能变化各异,但总体波动幅度均不大,生产功能生态位宽度Moran's *I*介于0.1538~0.2563之间;生活功能生态位宽度Moran's *I*介于0.4815~0.5722之间,空间关联总体加强;生态功能生态位宽度Moran's *I*处于0.1217~0.2527之间,呈微弱的波动状态。

在三种功能均存在全局空间自相关Moran's *I*基础上,采用LISA图进行局部空间自相关分析,进一步探讨局部区域的空间异质性(图3),结果表明,江苏省国土空间生产、生活、生态三种功能空间分异特征明显。具体而言,(1)生产功能:近20年变化较大,HH集聚单元由4个上升到6个,集中区域从中南部转至西南部,

表2 江苏省“三生”功能生态位宽度的Moran's *I*估值

Table 2 Estimation of Moran's *I* of the "production-living-ecological" function's niche breadth in Jiangsu province

时间	功能		
	生产功能	生活功能	生态功能
1996年	0.1538	0.4815	0.1217
2005年	0.2563	0.6037	0.2766
2015年	0.1947	0.5722	0.2527



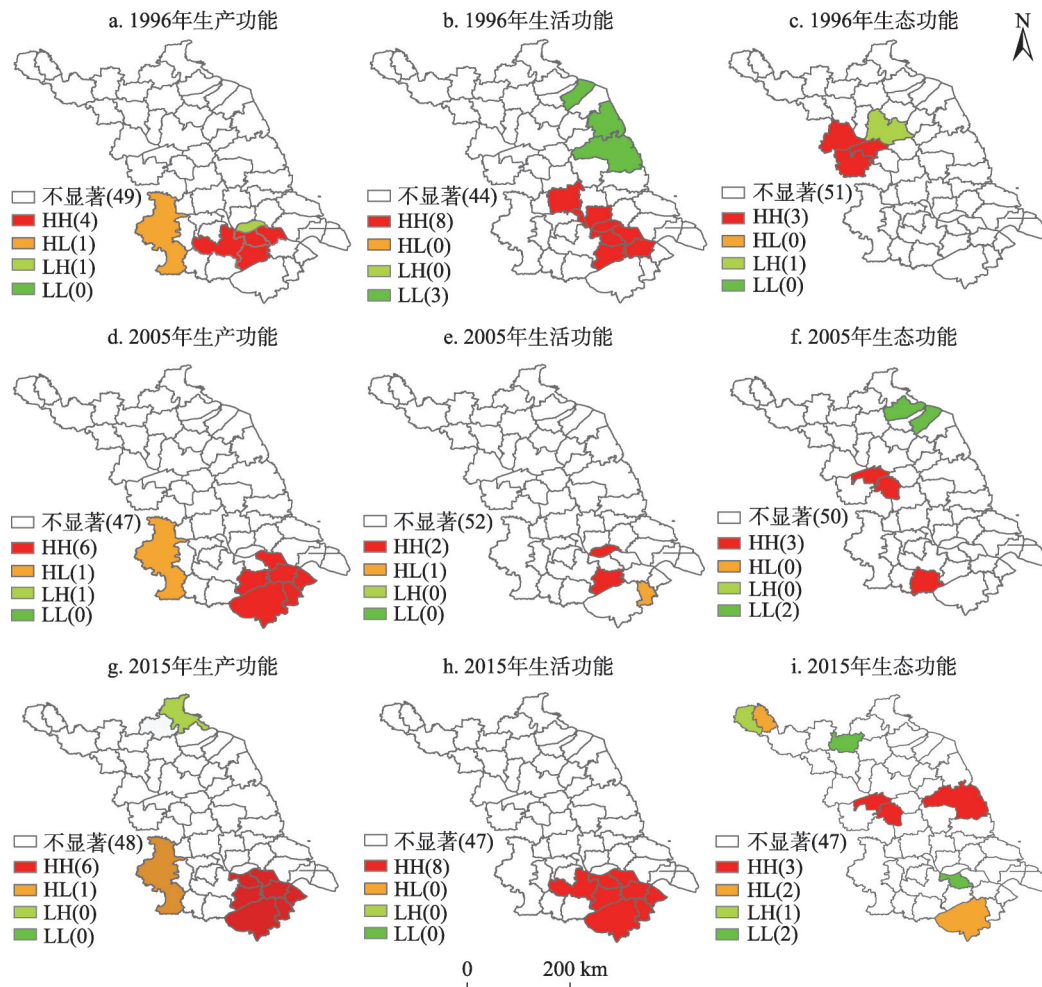


图3 1996-2015年江苏省生产—生活—生态功能局部LISA

Fig. 3 LISA cluster map of "production-living-ecological" function 1996-2015 in Jiangsu province

LL、HL区域数量和空间上没有明显变化, 2005年后数量和空间变化均较小(图3a、图3d、图3g); (2) 生活功能: 1996-2005年HH集聚单元由8个减少至2个, 集中区域有所缩减, HH区域由中南部的扬州市、无锡市、常熟市、张家港市、扬中市等地迅速缩小至无锡市、靖江市两地, 显著LL区域消失, 2015年HH集聚单元上升至8个, 集中区域转移到苏锡常地区(图3b、图3e、图3h); (3) 生态功能: 从1996年、2005年、2015年三个年份来看, 显著HH集聚单元数量均为3个, 但集聚位置有所差异, 1996年集中分布于环洪泽湖区域, 2005年则散乱分布于洪泽县、盱眙县和宜兴市等, 2015年主要位于洪泽湖至盐城市一线(图3c、图3f、图3i)。

综上, 江苏省国土空间生产、生活、生态三种功能受制于地域分异规律并与社会发展阶段相匹配<sup>[3,11,14-15]</sup>, 具有随时间变化正相关类型(HH、LL)集聚明显, “组团”式分布; 负相关类型(HL、LH)集聚性低, 呈“散布”状的规律。

### 2.3 “生产—生活—生态”功能相互协同/权衡态势

由上述研究结果可知, 江苏省生产、生活、生态功能三种功能时空异质性明显, 且



生产—生活—生态功能高低值区域存在空间错位,为定量分析三者间空间异质性和关联性,需进一步从数量和空间上诊断三者间协同/权衡关系。

2.3.1 协同/权衡数量关系

功能之间的协同/权衡分析主要有相关分析、耦合协调模型、情景模拟等方法<sup>[44-45]</sup>,为实现时空序列的空间表达,参考孙艺杰等<sup>[46]</sup>、王成等<sup>[47]</sup>的方法,测算三种功能间协同/权衡关系(表3)。

表3 生产—生活—生态功能相关系数  
Table 3 "Production-living-ecological" function correlation coefficient

	生产功能			生活功能			生态功能		
	1996年	2005年	2015年	1996年	2005年	2015年	1996年	2005年	2015年
生产功能	1.0000	1.0000	1.0000	0.4457**	0.4534**	0.0791**	-0.0841**	0.4400**	-0.2422**
生活功能				1.0000	1.0000	1.0000	-0.5712**	0.0524**	-0.0542**
生态功能							1.0000	1.0000	1.0000

注:\*\*表示在0.01水平(双侧)上显著相关。

依据相关系数取值差异判断生产功能、生活功能、生态功能间协同/权衡关系<sup>[38]</sup>,正相关表现为相互增益、有序发展的协同关系,负相关表现为此消彼长、无序混乱的权衡关系;其绝对值大小表示相关性程度,即协同/权衡关系的强弱。具体而言,生产功能与生活功能三个年份均呈现正相关性,具空间协同关系。但随时间变化,相关系数由1996年的0.4457下降至2015年的0.0791,协同程度减小,主要因生产功能为居民维持生计、提高生活水平奠定物质和经济基础,而生活功能进一步提升也可为生产功能提供人力和技术保障<sup>[3]</sup>,二者相辅相成,然而2010年后协同关系下降表明生产功能的优化与生活功能同时存在竞争关系,因此在制定区域发展政策时需注意二者协同发展。生产与生态功能1996-2015年呈权衡/协同波动变化态势,总体上协同关系更强烈(相关系数0.4400),生产与生态功能的权衡关系有增强倾向。生活功能与生态功能变化趋势类似于生产与生态功能,协同/权衡关系不断交叉变化,1996年呈较强的负相关(相关系数-0.5712),至2015年权衡程度大幅减小,主要缘于不同社会发展状态,主导功能不一,生产功能、生活功能、生态功能的地位、相互关系存在差异,但生态功能是“三生”功能的承载基础,支撑生产功能和生活功能的实现,是协调人地关系和提升区域发展能力的关键。

2.3.2 协同/权衡的空间关系

为深入探析生产功能、生活功能和生态功能空间上的协同/权衡关系,以55个县域为基础单元,借助GeoDA软件测算“三生”功能1996年、2005年、2015年的双变量LISA值,以Z检验( $P=0.05$ )为标准,借助LISA分布图可较好地表达区域相邻两项功能空间交互关系<sup>[41]</sup>。

生产功能、生活功能和生态功能两两之间的协同/权衡关系具有时空异质性(图4),具体表现在:(1)生产功能与生活功能,1996年协同关系主要集中在HH(长江南岸)、LL(环洪泽湖及偏北部的沿海地区),权衡关系主要集中于南通市北部临近县域及盐城市;至2005年协同关系主要位于苏州市等地,权衡关系区域消失;2015年协同/权衡关系区域散乱分布,协同关系主要位于南京都市圈及苏锡常都市区周边县域及环洪泽湖一带、盐城市,权衡关系LH类型于苏南集聚,HL类型散乱布于盱眙县、金湖县、丰县

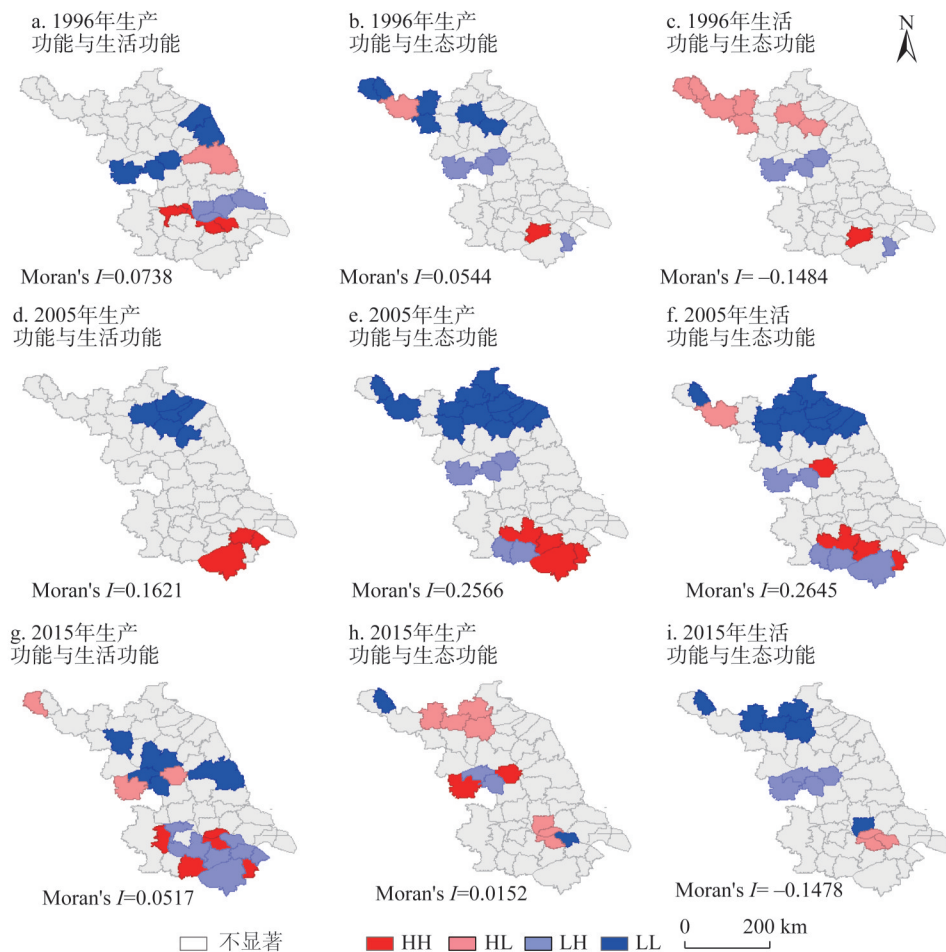


图4 江苏省生产、生活、生态功能双变量局部LISA表达

Fig. 4 Bivariate LISA cluster map of "production-living-ecological" function 1996-2015 in Jiangsu province

等。(2) 生产功能与生态功能, 1996年协同关系散乱分布, HH区位于无锡市, LL区主要为苏北地区, 权衡关系多处于环洪泽湖一带; 2005年协同关系区域扩大, HH(苏锡常地区)与LL(徐宿连淮等地)呈南北分化之势, 权衡关系区域由环洪泽湖一带扩张至溧阳市、宜兴市; 2015年主要表现为权衡关系, 权衡程度较弱, 呈随机性分布。(3) 生活功能与生态功能, 1996年主要表现为权衡关系, 多为徐州市周边地区及环洪泽湖地区; 2005年协同关系为主体, 多为徐宿淮连地区, 权衡关系表现为LH集聚区, 以环湖(洪泽湖、太湖)、南北低山丘陵地带为主; 2015年协同关系主要表现为LL聚集, 聚集在北部局部区域, 权衡关系集中于环洪泽湖一带及靖江市、江阴市、张家港市等。

### 3 结论与讨论

#### 3.1 结论

本文对江苏省县域单元的“三生”功能进行时空格局测算和诊断, 明晰其“三生”功能空间的相互作用关系和演化方式, 得到以下结论:

(1) 江苏省“三生”功能呈现显著的空间分异特征。生产功能生态位宽度,近20年,生态位宽度总体呈增长状态,但变化过程有阶段特征,空间上呈“南高北低”格局特征,长江南岸城市生态位宽度较大,呈条带状集中分布,长江之北地区值偏低,呈多集聚斑块状。生活功能生态位宽度,1996-2015年生态位宽度不断压缩,高低值及南北分布较均衡,具有以市辖区为中心向外圈层式渐小特征。生态功能生态位宽度不断扩展,空间上有依山傍水之势。总体看来,生产—生活功能空间匹配关系较明显,但生产—生活—生态功能空间竞争关系尚存,随着时间推移,江苏省国土空间“三生”功能协同共生之势渐显,因此未来可根据“三生”功能时空差异特征,因地制宜、因时施测有序协调“三生”功能发展方向。

(2) 江苏省1996-2015年间,生活功能集聚特征较显著,而生产、生态功能相对微弱。三者的Moran's  $I$ 指数总体均有以2005年为拐点波动性上升的现象,呈随时间变化正相关类型(HH、LL)集聚明显,“组团”式分布;负相关类型(HL、LH)集聚性低,呈“散布”状的规律。

(3) 生产功能与生活功能具有空间协同关系,生产与生态功能1996-2015年呈现协同/权衡波动变化态势;生活功能与生态功能变化趋势类似于生产与生态功能,协同/权衡关系不断交叉变化,不同年份协同/权衡关系所表现的单元有明显差异。未来应严格限制生产功能过大扩张而压缩生活功能、生态功能的现象,避免资源消耗大、环境污染严重、人居环境受挤压等问题,在发展经济的同时需要合理保护生态环境,注重生态环境污染治理,提升地区生活质量。

### 3.2 讨论

探究国土空间生产、生活、生态三大主导功能间的协同/权衡关系,是江苏省实现“三生”空间合理优化、融合,理顺空间发展顺序、协调城乡关系、提高地区竞争力和实现乡村振兴的关键。本文通过引入生态位态势理论,分别核算了1995年、2005年、2015年生产功能、生活功能、生态功能在多维空间中的发展状态,揭示其时空演变规律,继而以GIS空间分析与相关性分析相结合的方法从空间和数量层面探讨“三生”功能协同/权衡关系,为厘清“三生”功能相互作用关系提供了一种新的视角。

研究表明江苏省国土空间“三生”功能相互间协同/权衡关系有明显的空间分异特征,并随时间变化协同/权衡关系交替变化,体现了土地资源三生功能在数量和空间上再分配的动态发展过程<sup>[14]</sup>,与本地区城市化进程相吻合,所得结论与他人研究相一致<sup>[14,16]</sup>,“三生”功能相互作用,遵循地域分异规律与社会经济发展状况,经历协同—权衡—协同的螺旋式发展过程。

研究结果也出现了与以往学者针对横断山区<sup>[12]</sup>、三峡库区<sup>[48]</sup>进行“三生”研究结果的差异,他们大多认为区域生产、生态功能波动变化,而生活功能会扩大。究其缘由,主要与地域环境特征及社会经济发展阶段有关,以上地区多为西南山区,地形复杂,城镇化率尚有待提升,生活功能会由于建设用地扩张、城镇化进程的推进而不断改善。而江苏省作为东部沿海发达省份,先天条件优越,城镇化水平高,人地矛盾相对突出,生产发展、生态保护对饱和的生活空间会形成挤压胁迫,造成城市内部生态用地减少等,但随着人们对生态文明建设认识的加深和对生活品质需求的加大,这种现象会得到改变。

由于数据获取和技术等原因,本文主要分析了土地利用生产—生活—生态三大功能交



互胁迫关系,而土地利用功能的具体分类还有待细化,指标之间的复杂关系也有待进一步挖掘,“三生”功能的相互转化、协同及权衡时空效应及其机制研究均有待后续研究完善。

### 参考文献(References):

- [1] 方创琳,马海涛,李广东,等.城市群地区国土空间利用质量提升理论与技术方法.北京:科学出版社,2017. [FANG C L, MA H T, LI G Z, et al. Theory and Technical Method for Improving the Quality of Land Use in Urban Agglomerations. Beijing: Science Press, 2017.]
- [2] 周国华,彭佳捷.空间冲突的演变特征及影响效应:以长株潭城市群为例.地理科学进展,2012,31(6): 717-723. [ZHOU G H, PENG J J. The evolution characteristics and influence effect of spatial conflict: A case study of Changsha-Zhuzhou-Xiangtan Urban Agglomeration. Progress in Geography, 2012, 31(6): 717-723.]
- [3] 王成,唐宁.重庆市乡村三生空间功能耦合协调的时空特征与格局演化.地理研究,2018,37(6): 1100-1114. [WANG C, TANG N. Spatio-temporal characteristics and evolution of rural production-living-ecological space function coupling coordination in Chongqing Municipality. Geographical Research, 2018, 37(6): 1100-1114.]
- [4] 李广东,方创琳.城市生态—生产—生活空间功能定量识别与分析.地理学报,2016,71(1): 49-65. [LI G D, FANG C L. Quantitative function identification and analysis of urban ecological-production-living spaces. Acta Geographica Sinica, 2016, 71(1): 49-65.]
- [5] 方创琳,贾克敬,李广东,等.市县土地生态—生产—生活承载力测度指标体系及核算模型解析.生态学报,2017,37(15): 5198-5209. [FANG C L, JIA K J, LI G D, et al. Theoretical analysis of the index system and calculation model of carrying capacity of land ecological-production-living spaces from county scale. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(15): 5198-5209.]
- [6] 陈婧,史培军.土地利用功能分类探讨.北京师范大学学报:自然科学版,2005,41(5): 536-540. [CHEN J, SHI P J. Discussion on functional land use classification system. Journal of Beijing Normal University: Natural Science, 2005, 41(5): 536-540.]
- [7] XIE G D, ZHEN L, ZHANG C X, et al. Assessing the multifunctionalities of land use in China. Journal of Resources and Ecology, 2010, 1(4): 311-318.
- [8] 王枫,董玉祥.广州市土地利用多功能的空间差异及影响因素分析.资源科学,2015,37(11): 2179-2192. [WANG F, DONG Y X. Spatial differences and influencing factors of land use function in Guangzhou. Resources Science, 2015, 37(11): 2179-2192.]
- [9] 李欣,殷如梦,方斌,等.基于“三生”功能的江苏省国土空间特征及分区调控.长江流域资源与环境,2019,28(8): 1833-1846. [LI X, YIN R M, FANG B, et al. Research on the functional zoning and regulation of Jiangsu province's territorial space based on the "production-living-ecological" function. Resources and Environment of the Yangtze River Basin, 2019, 28(8): 1833-1846.]
- [10] 刘继来,刘彦随,李裕瑞.中国“三生空间”分类评价与时空格局分析.地理学报,2017,72(7): 1290-1304. [LIU J L, LIU Y S, LI Y R. Classification evaluation and spatial-temporal analysis of "production-living-ecological" space in China. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(7): 1290-1304.]
- [11] 李伯华,曾灿,窦银娣,等.基于“三生”空间的传统村落人居环境演变及驱动机制:以湖南江永县兰溪村为例.地理科学进展,2018,37(5): 677-687. [LI B H, ZENG C, DOU Y D, et al. Change of human settlement environment and driving mechanism in traditional villages based on living-production-ecological space: A case study of Lanxi village, Jiayangyong county, Hunan province. Progress in Geography, 2018, 37(5): 677-687.]
- [12] 时振钦,邓伟,张少尧.近25年横断山区国土空间格局与时空变化研究.地理研究,2018,37(3): 607-621. [SHI Z Q, DENG W, ZHANG S Y. Study on the spatial pattern and temporal and spatial changes of Hengduan Mountain area in recent 25 years. Geographical Research, 2018, 37(3): 607-621.]
- [13] 席建超,王首琨,张瑞英.旅游乡村聚落“生产—生活—生态”空间重构与优化:河北野三坡旅游区苟各庄村的案例实证.自然资源学报,2016,31(3): 425-435. [XI J C, WANG S K, ZHANG R Y. Space reconstruction and optimization of "Production-Life-Ecology" in tourist rural settlement: A case study of Gougezhuang village in Yesanpo tourism district, Hebei province. Journal of Natural Resources, 2016, 31(3): 425-435.]
- [14] 黄金川,林浩曦,漆潇潇.面向国土空间优化的三生空间研究进展.地理科学进展,2017,36(3): 378-391. [HUANG J C, LIN H X, QI X X. Research progress of sansheng space for land and space optimization. Progress in Geography, 2017, 36(3): 378-391.]
- [15] 刘燕.论“三生空间”的逻辑结构、制衡机制和发展原则.湖北社会科学,2016,(3): 5-9. [LIU Y. On the logical struc-

- ture, balance mechanism and development principle of "three life spaces". Hubei Social Sciences, 2016, (3): 5-9.]
- [16] 徐磊, 董捷, 陈恩. 基于“三生”功能的长江中游城市群国土空间利用协调特征. 水土保持研究, 2018, 25(2): 257-263. [XU L, DONG J, CHEN E. Coordination characteristics of land and space utilization of urban agglomeration in the middle reaches of the Yangtze River based on the function of "production-living-ecological". Soil and Water Conservation Research, 2018, 25(2): 257-263.]
- [17] 李双成, 张才玉, 刘金龙, 等. 生态系统服务权衡与协同研究进展及地理学研究议题. 地理研究, 2013, 32(8): 1379-1390. [LI S C, ZHANG C Y, LIU J L, et al. Advances in ecosystem services tradeoffs and synergies and geography issues. Geographical Research, 2013, 32(8): 1379-1390.]
- [18] 哈肯·H 著, 郭治安 译. 高等协同学. 北京: 科学出版社, 1989. [HAKEN H. Translated by GUO Z A. Advanced Synergetics. Beijing: Science Press, 1989.]
- [19] 党丽娟, 徐勇, 高雅. 土地利用功能分类及空间结构评价方法: 以燕沟流域为例. 水土保持研究, 2014, 21(5): 193-197. [DANG L J, XU Y, GAO Y. Classification of land use function and evaluation method of spatial structure: A case study of Yangou Watershed. Soil and Water Conservation Research, 2014, 21(5): 193-197.]
- [20] 冉娜, 金晓斌, 范业婷, 等. 基于土地利用冲突识别与协调的“三线”划定方法研究: 以常州市金坛区为例. 资源科学, 2018, 40(2): 284-298. [RAN N, JIN X B, FAN Y T, et al. Study on the method of "three lines" delimitation based on the identification and coordination of land use conflict: A case study of Jintan district of Changzhou city. Resource Science, 2018, 40(2): 284-298.]
- [21] 吕立刚, 周生路, 周兵兵, 等. 区域发展过程中土地利用转型及其生态环境响应研究: 以江苏省为例. 地理科学, 2013, 33(12): 1442-1449. [LYU L G, ZHOU S L, ZHOU B B, et al. Study on land use transformation and its eco-environmental response in the process of regional development: A case study of Jiangsu province. Scientia Geographica Sinica, 2013, 33(12): 1442-1449.]
- [22] 杨清可, 段学军, 王磊, 等. 基于“三生空间”的土地利用转型与生态环境效应: 以长江三角洲核心区为例. 地理科学, 2018, 38(1): 97-106. [YANG Q K, DUAN X J, WANG L, et al. Land use transformation and eco-environmental effect based on "Sansheng Space": A case study of the core area of the Yangtze River Delta. Scientia Geographica Sinica, 2018, 38(1): 97-106.]
- [23] 钱丽, 陈忠卫, 肖仁桥. 中国区域工业化、城镇化与农业现代化耦合协调度及其影响因素研究. 经济问题探索, 2012, (11): 10-17. [QIAN L, CHEN Z W, XIAO R Q. Study on the coupling coordination degree of regional industrialization, urbanization and agricultural modernization in China and its influencing factors. Inquiry into Economic Issues, 2012, (11): 10-17.]
- [24] 刘耀彬, 李仁东, 宋学锋. 中国城市化与生态环境耦合度分析. 自然资源学报, 2005, 20(1): 105-112. [LIU Y B, LI R D, SONG X F. Analysis of coupling degree of urbanization and ecological environment in China. Journal of Natural Resources, 2005, 20(1): 105-112.]
- [25] 姜磊, 柏玲, 吴玉鸣. 中国省域经济、资源与环境协调分析: 兼论三系统耦合公式及其扩展形式. 自然资源学报, 2017, 32(5): 788-799. [JIANG L, BAI N, WU Y M. Coupling and coordinating degrees of provincial economy, resources and environment in China. Journal of Natural Resources, 2017, 32(5): 788-799.]
- [26] 欧阳志云, 王如松, 符贵南. 生态位适宜度模型及其在土地利用适宜性评价中的应用. 生态学报, 1996, 16(2): 113-120. [OUYANG Z Y, WANG R S, FU G N. Niche suitability model and its application in land use suitability assessment. Acta Ecologica Sinica, 1996, 16(2): 113-120.]
- [27] 聂晓英, 石培基, 吕蕊, 等. 基于生态位理论的河西走廊县域城市竞合关系研究. 生态学报, 2018, 38(3): 841-851. [NIE X Y, SHI P L, LYU R, et al. Ecological niche-based competition and cooperation relationships among county-level cities in Hexi Corridor. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(3): 841-851.]
- [28] 谭少军, 邵景安. 基于生态适宜性评价的西南丘陵区土地整治工程布局研究. 地理研究, 2018, 37(4): 659-677. [TAN S J, SHAO J A. Land consolidation project layout based on ecological suitability evaluation in hilly areas of Southwest China. Geographical Research, 2018, 37(4): 659-677.]
- [29] 李平星, 陈雯, 孙伟. 经济发达地区乡村地域多功能空间分异及影响因素: 以江苏省为例. 地理学报, 2014, 6(6): 797-807. [LI P X, CHEN W, SUN W. Spatial differentiation and influencing factors of rural territorial multifunctions in developed region: A case study of Jiangsu province. Acta Geographica Sinica, 2014, 6(6): 797-807.]
- [30] 王枫, 董玉祥. 基于灰色关联投影法的土地利用多功能动态评价及障碍因子诊断: 以广州市为例. 自然资源学报, 2015, 30(10): 1698-1713. [WANG F, DONG Y X. Dynamic evaluation of land use functions based on grey relation projection method and diagnosis of its obstacle indicators: A case study of Guangzhou city. Journal of Natural Resources,

- 2015, 30(10): 1698-1713.]
- [31] 孙丕冬, 许月卿, 刘庆果, 等. 环京津贫困带土地利用多功能性的县域尺度时空分异及影响因素. 农业工程学报, 2017, 33(15): 283-292. [SUN P L, XU Y Q, LIU Q G, et al. Spatiotemporal differentiation and driving factors of multi-functionality of land use in country scale in poverty belt around Beijing and Tianjing. Transactions of the CSAE, 2017, 33(15): 283-292.]
- [32] 方创琳, 毛汉英, 叶大年, 等. 中国城市发展空间格局优化理论与方法. 北京: 科学出版社, 2016. [FANG C L, MAO H Y, YE D N, et al. Theory and Method of Spatial Pattern Optimization of Urban Development in China. Beijing: Science Press, 2016.]
- [33] 匡兵, 卢新海, 周敏, 等. 中国地级以上城市土地经济密度差异的时空演化分析. 地理科学, 2017, 37(12): 1850-1858. [KUANG B, LU X H, ZHOU M, et al. Temporal and spatial evolution analysis of urban land economic density differences in cities above prefecture level in China. Scientia Geographica Sinica, 2017, 37(12): 1850-1858.]
- [34] 杜国明, 孙晓兵, 王介勇. 东北地区土地利用多功能性演化的时空格局. 地理科学进展, 2016, 35(2): 232-244. [DU G M, SUN X B, WANG J Y. Spatiotemporal patterns of multi-functionality of land use in Northeast China. Progress in Geography, 2016, 35(2): 232-244.]
- [35] 刘超, 许月卿, 刘焱序, 等. 基于系统论的土地利用多功能分类及评价指标体系研究. 北京大学学报: 自然科学版, 2018, 54(1): 181-188. [LIU C, XU Y Q, LIU Y X, et al. Research on land use functions classification and evaluation system based on system theory. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2018, 54(1): 181-188.]
- [36] 刘盛和, 张肇. 杭州市半城市化地区空间分布变化. 地理研究, 2008, 27(5): 982-992. [LIU S H, ZHANG Q. The change of spatial distribution of peri-urbanization areas in Hangzhou Municipality. Geographical Research, 2008, 27(5): 982-992.]
- [37] 刘彦随, 刘玉, 陈玉福. 中国地域多功能性评价及其决策机制. 地理学报, 2011, 66(10): 1379-1389. [LIU Y S, LIU Y, CHEN Y F. Territorial multi-functionality evaluation and decision-making mechanism at county scale in China. Acta Geographica Sinica, 2011, 66(10): 1379-1389.]
- [38] ANSELIN L. Local indicators of spatial association: LISA. Geographical Analysis, 1995, 27(2): 93-115.
- [39] MORAN P A. Notes on continuous stochastic phenomena. Biometrika, 1950, 37(1-2): 17-23.
- [40] 钱彩云, 巩杰, 张金茜, 等. 甘肃白龙江流域生态系统服务变化及权衡与协同关系. 地理学报, 2018, 73(5): 868-879. [QIAN C Y, GONG J, ZHANG J X, et al. Change and tradeoffs-synergies analysis on watershed ecosystem services: A case study of Bailongjiang Watershed, Gansu. Acta Geographica Sinica, 2018, 73(5): 868-879.]
- [41] 刘玉, 唐林楠, 潘瑜春, 等. 京津冀地区县域农产品生产功能的时空格局及耦合特征. 农业工程学报, 2015, 31(16): 305-314. [LIU Y, TANG L N, PAN Y C, et al. Spatiotemporal patterns and evolution characteristics of agricultural production function at county level in Beijing-Tianjin-Hebei region. Transactions of the CSAE, 2015, 31(16): 305-314.]
- [42] JIANG Y, SHEN J. Measuring the urban competitiveness of Chinese cities in 2000. Cities, 2010, 27(5): 307-314.
- [43] 李淑娟, 陈静. 基于生态位理论的山东省区域旅游竞合研究. 经济地理, 2014, 34(9): 179-185. [LI S J, CHEN J. The cooperation-competition model of regional tourism cities of Shandong based Niche Theory. Economic Geography, 2014, 34(9): 179-185.]
- [44] RAUDSEPPHEARNE C, PETERSON G D, BENNETT E M. Ecosystem service bundles for analyzing tradeoffs in diverse landscapes. PNAS, 2010, 107(11): 5242-5247.
- [45] FELIPELUCIA M R, COMÍN F A, BENNETT E M. Interactions among ecosystem services across land uses in a flood-plain agroecosystem. Ecology & Society, 2014, 19(1): 360-375.
- [46] 孙艺杰, 任志远, 赵胜男, 等. 陕西河谷盆地生态系统服务协同与权衡时空差异分析. 地理学报, 2017, 72(3): 521-532. [SUN Y J, REN Z Y, ZHAO S N, et al. Spatial and temporal changing analysis of synergy and trade-off between ecosystem services in valley basins of Shaanxi province. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(3): 521-532.]
- [47] 王成, 彭清, 唐宁, 等. 2005-2015年耕地多功能时空演变及其协同与权衡研究: 以重庆市沙坪坝区为例. 地理科学, 2018, 38(4): 1110-1114. [WANG C, PENG Q, TANG N, et al. Spatio-temporal evolution and the synergy and trade-off relationship of cultivated land multi-function in 2005-2015: A case of Shapingba district, Chongqing city. Scientia Geographica Sinica, 2018, 38(4): 1110-1114.]
- [48] 李睿康, 黄勇, 李阳兵, 等. 三峡库区腹地土地功能演变及其驱动机制分析. 长江流域资源与环境, 2018, 27(3): 594-604. [LI R K, HUANG Y, LI Y B, et al. Analysis of land function evolution and its driving forces in the hinterland of Three Gorges Reservoir area. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2018, 27(3): 594-604.]



## Spatial-temporal change and collaboration/trade-off relationship of "production-living-ecological" functions in county area of Jiangsu province

LI Xin<sup>1,2</sup>, FANG Bin<sup>1,2,3,4</sup>, YIN Ru-meng<sup>1,2</sup>, RONG Hui-fang<sup>1,2</sup>

(1. Nanjing Normal University, College of Geography, Nanjing 210023, China; 2. Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application, Nanjing 210023, China;

3. Nanjing Normal University, Rural Revitalization Research Institute, Nanjing 210023, China; 4. Nanjing Normal University, Research Center of New Urbanization and Land Problem, Nanjing 210023, China)

**Abstract:** This paper reveals the spatial-temporal correlation characteristics and coordination/trade-off relationship of the "production-living-ecological" functions in the county of Jiangsu province, which can provide theoretical support for the spatial planning of the county. Based on the theory of "production-living-ecological" spatial superior group and niche situation theory, this paper constructs the function recognition system of land space from three dimensions of production, life and ecology. The spatial autocorrelation and correlation coefficient method were used to quantitatively measure the time effect and coordination/trade-off relationship of the "production-living-ecological" function in Jiangsu province in 1996, 2005 and 2015. The results were obtained as follows: (1) The niche width of "production-living-ecological" functions in Jiangsu was varied, and its spatial distribution had its own characteristics. The specific manifestation was that the niche width of production function had a general increasing trend in the period 1996-2015, but the changing process had the stage characteristic, presenting a pattern of "high in the south high but low in the north", the south bank of the Yangtze River was in strips distribution, and the north bank was multi-aggregated. From 1996 to 2015, the niche breadth of life function was continuously compressed, and the space was attenuated by the concentric circle centered on the municipal area. In the same period, the ecological function niche width increased continuously, the ecological functional niche breadth in space has high value near the mountain and water. (2) From 1996 to 2015, the three functions of production, life and ecology in this province had positive correlation type (HH, LL) clustering obviously, presenting a "group" type distribution with the change of time. On the contrary, negative correlation type (HL, LH) with low agglomeration, showing a "discrete" distribution. (3) Production and life function had spatial synergistic relationship, and production and ecological functions showed a coordination/trade-off fluctuations. The changing trend of life function and ecological function was similar to the production and ecological function with more obvious change, and the coordination/trade-off relationship in different years had obvious differences in different units. Studies have shown that all of the above characteristics were in good agreement with regional economic and social development. In the future, we should gradually change the phenomenon of production function expansion and compression of life and ecological functions, so as to protect the ecological environment and to improve the quality of life oriented coordinated and optimized development path.

**Keywords:** land and space; production-living-ecological function; spatial pattern; coordination and tradeoff ; Jiangsu province