

分类号 _____
UDC _____

密级 _____
编号 10741

兰州财经大学

LANZHOU UNIVERSITY OF FINANCE AND ECONOMICS

硕士学位论文

论文题目 江苏省耕地多功能权衡协同关系研究

研究生姓名: 吴旭

指导教师姓名、职称: 苑莉 副教授

学科、专业名称: 理论经济学 人口、资源与环境经济学

研究方向: 资源利用与区域发展

提交日期: 2024年6月5日

独创性声明

本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名： 吴旭 签字日期： 2024年6月5日

导师签名： 范莉 签字日期： 2024年6月5日

关于论文使用授权的说明

本人完全了解学校关于保留、使用学位论文的各项规定，同意（选择“同意”/“不同意”）以下事项：

1. 学校有权保留本论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文；

2. 学校有权将本人的学位论文提交至清华大学“中国学术期刊（光盘版）电子杂志社”用于出版和编入 CNKI《中国知识资源总库》或其他同类数据库，传播本学位论文的全部或部分内容。

学位论文作者签名： 吴旭 签字日期： 2024年6月5日

导师签名： 范莉 签字日期： 2024年6月5日

Research on Multi-functional trade-offs and synergy of arable land in Jiangsu Province

Candidate: Wu Xu

Supervisor: Yuan Li

摘要

耕地是农业生产的重要基础，对国家粮食安全和长期稳定具有重大影响。江苏省城镇化发展水平较高，人口规模基数较大且持续增长，耕地利用矛盾突出，出现土地资源不可持续利用危机。为实现耕地资源的持续利用，针对江苏省耕地多功能协同发展问题进行研究。论文梳理了耕地多功能相关理论，阐述其内涵，通过空间数据可视化、数据分析等技术手段，选取江苏省 60 个区县作为基本研究单元，分析了 2010-2020 年耕地多功能时空演变特征，研究了耕地多功能的影响因子以及多功能间权衡与协同关系判定。最后根据外部性理论，分析耕地利用相关主体行为，结合前述分析基础，提出实现江苏省耕地多功能协同发展的实施路径。通过本文研究，得出如下结论：

（1）耕地经济和社会功能值高的地区位于江苏省北部，耕地生态功能值呈现北低南高的格局；（2）城镇化和经济发展对于耕地的经济和社会功能主要产生抑制作用，经济发展对于耕地生态功能起到促进和抑制作用，自然环境对于耕地经济功能起到促进和抑制作用；（3）经济功能与生态功能、社会功能与生态功能均为权衡关系，经济功能和社会功能互为协同关系。

通过本文研究，得出推动江苏省耕地多功能协同发展的路径为：（1）提升城镇化质量；（2）推动经济高质量发展；（3）提倡可持续集约化农业。

关键词：耕地多功能 演化特征 影响因素 权衡与协同

Abstract

Arable land is the essential foundation of agricultural production, with significant impacts on national food security and long-term stability. Jiangsu Province has a relatively high level of urbanization development, a large and continuously growing population base, prominent contradictions in arable land utilization, and a crisis of unsustainable land resource utilization. In order to achieve the sustainable utilization of arable land resources, this article, based on the goals of sustainable arable land utilization and coordinated development, conducts research from the perspective of regional arable land functional changes, focusing on the evolutionary characteristics of multi-functional arable land in Jiangsu Province and the path of coordinated development. The paper reviews the relevant theories of multi-functional arable land, elaborates on their connotations, and, through spatial data visualization, data analysis, and other technical means, selects 60 research units in Jiangsu Province at the county level to analyze the characteristics of the evolution of multi-functional arable land during the period of 2010-2020, the influencing factors and mechanisms of multi-functionality, and the spatial-temporal correlation characteristics of multi-functionality balance and coordination. Finally, based on the theory of externalities, the paper analyzes the behavior of relevant subjects in arable land utilization, and, combined with the previous analysis, proposes an implementation path to

achieve the coordinated development of multi-functional arable land in Jiangsu Province. Through this study, the following conclusions are drawn:

(1) The regions with high economic and social value of arable land are located in the northern part of Jiangsu Province, showing a pattern of low economic value and high ecological value of arable land from north to south; (2) Urbanization and economic development mainly have a restraining effect on the economic and social functions of arable land, while economic development plays a role in promoting and restraining the ecological functions of arable land, and the natural environment plays a role in promoting and restraining the economic functions of arable land; (3) The economic function, ecological function, and social function of arable land are all in a balanced relationship, with economic function and social function in a synergistic relationship.

Through this study, the pathway to promote the coordinated development of multifunctional farmland in Jiangsu Province is identified as: (1) improving the quality of urbanization; (2) promoting high-quality economic development; (3) advocating for sustainable intensive agriculture.

Keywords: arable land multifunction; evolutionary characteristics; influencing factors; trade-off and synergy

目录

1 绪论	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 研究目的与意义.....	2
1.2.1 研究目的.....	2
1.2.2 研究意义.....	2
1.3 研究方法、内容和技术路线.....	3
1.3.1 研究方法.....	3
1.3.2 研究内容.....	4
1.3.3 技术路线.....	4
1.4 论文的创新性.....	6
2 国内外研究进展	7
2.1 耕地多功能及相关研究进展.....	7
2.1.1 农业多功能.....	7
2.1.2 生态多功能.....	7
2.1.3 土地利用多功能.....	8
2.1.4 耕地多功能.....	9
2.1.5 耕地多功能的分类.....	9
2.1.6 耕地多功能的影响因素.....	10
2.2 耕地多功能的权衡协同研究进展.....	11
2.3 研究评论与启示.....	11
2.3.1 研究评论.....	11
2.3.2 研究不足与启示.....	12
3 相关概念与理论基础	14
3.1 相关概念.....	14
3.1.1 耕地多功能.....	14
3.1.2 权衡与协同.....	14

3.2 理论基础.....	14
3.2.1 土地可持续利用理论.....	15
3.2.2 外部性理论.....	15
3.2.3 农业多功能理论.....	15
3.2.4 协同理论.....	16
4 江苏省耕地多功能时空格局特征及影响因素分析.....	17
4.1 研究区概况及数据来源.....	17
4.1.1 研究区概况.....	17
4.1.2 数据来源.....	18
4.2 耕地多功能评价方法.....	18
4.2.1 指标体系构建.....	18
4.2.2 指标权重值的计算.....	19
4.3 江苏省耕地多功能时空格局特征分析.....	21
4.4 耕地多功能影响因素回归模型构建.....	25
4.4.1 影响因子指标体系构建.....	25
4.4.2 地理加权模型构建.....	26
4.4.3 江苏省耕地多功能影响因素时空分异特征.....	26
4.5 耕地多功能影响机制分析.....	31
5 江苏省耕地多功能权衡协同分析.....	34
5.1 权衡与协同关系分析.....	34
5.2 空间关联特征分析.....	35
5.2.1 耕地经济与社会功能权衡与协同空间关联特征.....	35
5.2.2 耕地经济与生态功能权衡与协同空间关联特征.....	36
5.2.3 耕地社会与生态功能权衡与协同空间关联特征.....	37
5.3 影响因子分析.....	38
6 江苏省耕地多功能协同发展路径.....	41
6.1 耕地多功能协同发展的理论分析基础：耕地利用外部性行为.....	41
6.2 外部性视角下耕地多功能协同发展的路径分析.....	42

6.3 基于外部性控制手段的江苏省耕地多功能协同发展路径.....	43
6.3.1 提升城镇化质量.....	43
6.3.2 推动经济高质量发展.....	44
6.3.3 提倡可持续集约化农业.....	45
7 研究结论、政策建议与研究展望.....	47
7.1 研究结论.....	47
7.2 相关政策建议.....	48
7.3 研究不足.....	49
参考文献.....	50
致谢.....	56

1 绪论

1.1 研究背景

耕地不只是支撑人类生活和进步的基石，它也是生态环境的一个重要组成部分。随着生产力的提高，人们对耕地资源的利用能力增强，这使得耕地所提供的服务更加多样性，人们也开始意识到耕地对人类社会的多重价值和意义。人们会以自身需求为导向，对耕地资源进行有计划的管理。耕地的使用肩负着推动经济增长、确保社会和谐稳定以及维护生态环境安全等多方面的责任。与此同时，耕地资源的稀缺性越来越明显，随着城镇化的加速，耕地非农化现象增多，大量耕地转变为建设用地，抑制了耕地的生产潜能发挥，同时也削弱了其对社会的贡献价值，导致生态系统的退化，对耕地的可持续利用和农业的可持续发展造成了严重的影响。与此同时，随着我国城市化进程的加速，农村的劳动力逐渐减少，导致耕地被边缘化或甚至荒废，这进一步限制了耕地的生产能力，并降低了其对社会的贡献；农业机械化水平不断提高，极大地增加了耕地的产量，不再需要大量的劳动力，削弱了耕地的就业保障能力；在某些地区，化肥和农药的过度使用导致了土壤的酸化现象，这进一步导致了耕地生态系统的退化，并限制了耕地的生产潜能。鉴于中国的人口众多而土地有限、城市压力持续上升、耕地生态系统的过度负荷以及耕地的社会价值逐渐下降的问题，传统的单一耕地管理方式已经不能满足当前多样化的耕地使用需求。

2008年，在党的十七届三中全会上“永久基本农田”这一概念被首次提出。在2011年，《土地复垦条例》经过修订，明确规定了由于生产建设或自然因素导致的耕地损坏的复垦责任。中共十九大明确了乡村振兴战略的总体要求，即“产业兴旺、生态宜居、乡风文明、治理有效、生活富裕”。由于耕地资源是农民最重要的生产资料，因此耕地多功能的发展也受到了重视。2021年，中央一号文件对乡村振兴设立目标，也为农业现代化提出了建议。首要的任务就是保证粮食的供应能力，其次要做到绿色发展、改善环境以及提高农村的文明程度。在二十大报告中，再次重申了“全面加强粮食安全的基础，坚决维护十八亿亩的耕地红线，并确保中国人民的生计稳固地掌握在自己的手里”。因此，进行耕地多功能的权衡和协同关系研究，有利于更高效且可持续地利用耕地资源，这不仅是“端牢中国饭碗”的需求，也是推动城乡融合发展的必要条件。

1.2 研究目的与意义

1.2.1 研究目的

为了实现耕地系统的可持续发展，我们迫切需要识别耕地的多功能，并找到协同发展的路径。由于耕地系统的子功能之间存在相互制约以及相互促进的作用关系，相关利用主体在开发耕地系统时，往往只关注某几类功能，这会使耕地利用的整体收益降低，造成耕地系统某类子功能发展受限，从而对可持续发展产生负面影响。因此，推动多功能的协同发展是实现耕地可持续利用的根本保证。本研究深入探讨了耕地多功能之间的相互关系，旨在实现以下研究目标：

(1) 分析江苏省耕地多功能时空演变特征

本文将耕地多功能的相关概念进行梳理，确定了耕地系统的三大功能，并分别对子功能进行评价，再运用相关方法来探究 2010-2020 年江苏省耕地多功能的时空演变特征以及其在空间上的权衡协同关系特征。

(2) 识别耕地多功能影响因素，构建权衡协同驱动下的耕地利用影响机制

耕地多功能在不同地区和经济水平下会出现不同的状态。为了厘清耕地多功能协同发展的机制，本文分别从城镇化、经济发展和自然条件这三个方面筛选影响因子进行研究，探讨耕地多功能权衡协同关系的影响机制。

(3) 基于外部性理论研究耕地多功能协同发展路径

由于耕地利用相关利益主体之间需求导向不一致，致使耕地开发利用过程中矛盾不断，使得耕地多功能协同发展充满挑战。基于外部性的理论框架，我们对耕地系统中相关的利用主体行为进行了深入分析，揭示了耕地多功能协同发展的核心路径。进一步地，通过外部性的控制策略，实现了耕地多功能的协同发展，从而推动了耕地资源的合理使用，这也是本研究的主要目标。

1.2.2 研究意义

(1) 现实意义

1、有利于中央关于耕地保护政策的贯彻落实

随着江苏省城市化进程的加速，其经济规模持续上升，产业布局也在不断地进行优化和升级，这导致了耕地使用的各方利益分配出现不平衡，从而加剧了“三农”问题的复杂性和矛盾。习近平在出席十四届全国人大一次会议的江苏代表团

审议过程中明确指出，农业强国构成了社会主义现代化强国的基础，而推动农业现代化则是实现高质量发展的不可或缺的条件。我们必须严格遵守耕地的红线规定，确保粮食种植面积的稳定，加大对高标准农田的建设力度，以确保粮食和关键农产品的稳定和安全供应。

2、有利于提升耕地利用主体的耕地保护意识，实现耕地多功能协同发展

深入了解耕地多功能，探讨其变化背后的驱动机制，并提出协同发展策略，以确保国家的粮食供应安全，激发农民种植粮食的热情，促进城乡之间的和谐发展，缓解社会冲突，并推动耕地的多功能共同进步。

(2) 理论意义

1、揭示权衡协同关系下多因素耕地利用影响机制

为了实现耕地系统可持续发展，促进耕地多功能协同发展，厘清耕地多功能权衡协同关系下多因素耕地利用影响机制显得尤为重要。由于耕地资源在空间分布上存在明显异质性，且在不同的生产力水平下，耕地系统所显化的功能也会随着变化，表现出不同的形态。尤其是在各地划分主导功能区时，如何科学合理地制定相关分区政策，在做到最大化发掘生产潜力的同时保护好耕地系统，这是本研究的理论价值。本研究以江苏省省域尺度作为实证基础，对耕地的多功能和权衡协同关系的演变特征及其影响因素进行了深入分析，并构建了多因素权衡协同关系下的耕地利用影响机制。

2、提出耕地多功能协同发展路径，突出耕地多功能协同发展的重要性

本文以耕地系统的可持续发展为目标，强调耕地多种功能协同发展，提出协同发展路径以及优化措施，对耕地多功能研究作出一定边际贡献，提升了研究成果的应用价值，有利于耕地资源的保护和可持续利用。

1.3 研究方法、内容和技术路线

1.3.1 研究方法

(1) 文献研究法

通过系统梳理国内外关于耕地多功能及权衡与协同的相关文献，综合运用土地科学、资源与环境经济学、生态经济学等多学科理论知识搭建耕地多功能权衡协同的理论架构。

(2) 空间分析方法

基于 ArcGIS 软件,运用冷热点分析,识别出耕地各功能在空间上分布特征;运用地理加权回归工具进行建模,利用经过筛选后的影响因子构建地理加权回归模型,分析各影响因素在不同地区和时期的作用方式。基于 GeoDa 软件,利用双变量空间自相关方法分析耕地各功能之间的空间相关关系。

(3) 相关性分析法

采用 Spearman 秩相关系数分析江苏省耕地多功能之间的权衡与协同关系,使用偏相关系数的变化来判断研究权衡协同关系的影响因素,在此基础上为江苏省耕地多功能协同发展提供合理依据。

1.3.2 研究内容

在确定研究对象具有现实意义的基础上,对国内外相关研究进行必要的梳理,在明确了研究目的与意义之后,针对江苏省耕地多功能权衡协同关系展开研究,研究内容主要包括以下五个部分:

第一部分为绪论。详细阐明了本文所选研究内容的现实意义与理论意义,厘清研究的背景,确定好研究的主要内容、应用方法、技术路线和创新点。

第二部分为理论基础。详细介绍了耕地多功能的定义及研究的发展过程。对国内外相关研究进行整理评述,对耕地多功能的相关概念进行合理描述,并对耕地多功能进行划分,为后面的实证分析提供了坚实的理论支撑。

第三部分构建了江苏省耕地多功能评价体系,并且详细分析了耕地系统中各个功能在时间和空间上的演变趋势。从城镇化、经济发展、自然条件三个角度,筛选出相关指标对耕地多功能变化的影响因素进行研究,从而厘清权衡协同关系驱动下的影响机制。

第四部分,通过秩相关系数判定耕地多功能权衡与协同关系,结合双变量空间自相关方法分析其空间关联特征,以作为江苏省耕地多功能协同发展路径的依据。

第五部分,以外部性理论为基础,对耕地利用相关主体行为进行分析,从理论层面分析出耕地多功能权衡与协同关系的内在原因,找出协同发展路径的理论解释,以耕地系统可持续发展为目标导向,为江苏省耕地多功能协同发展提出合理政策建议。

1.3.3 技术路线

本文技术路线图如图 1.1 所示：

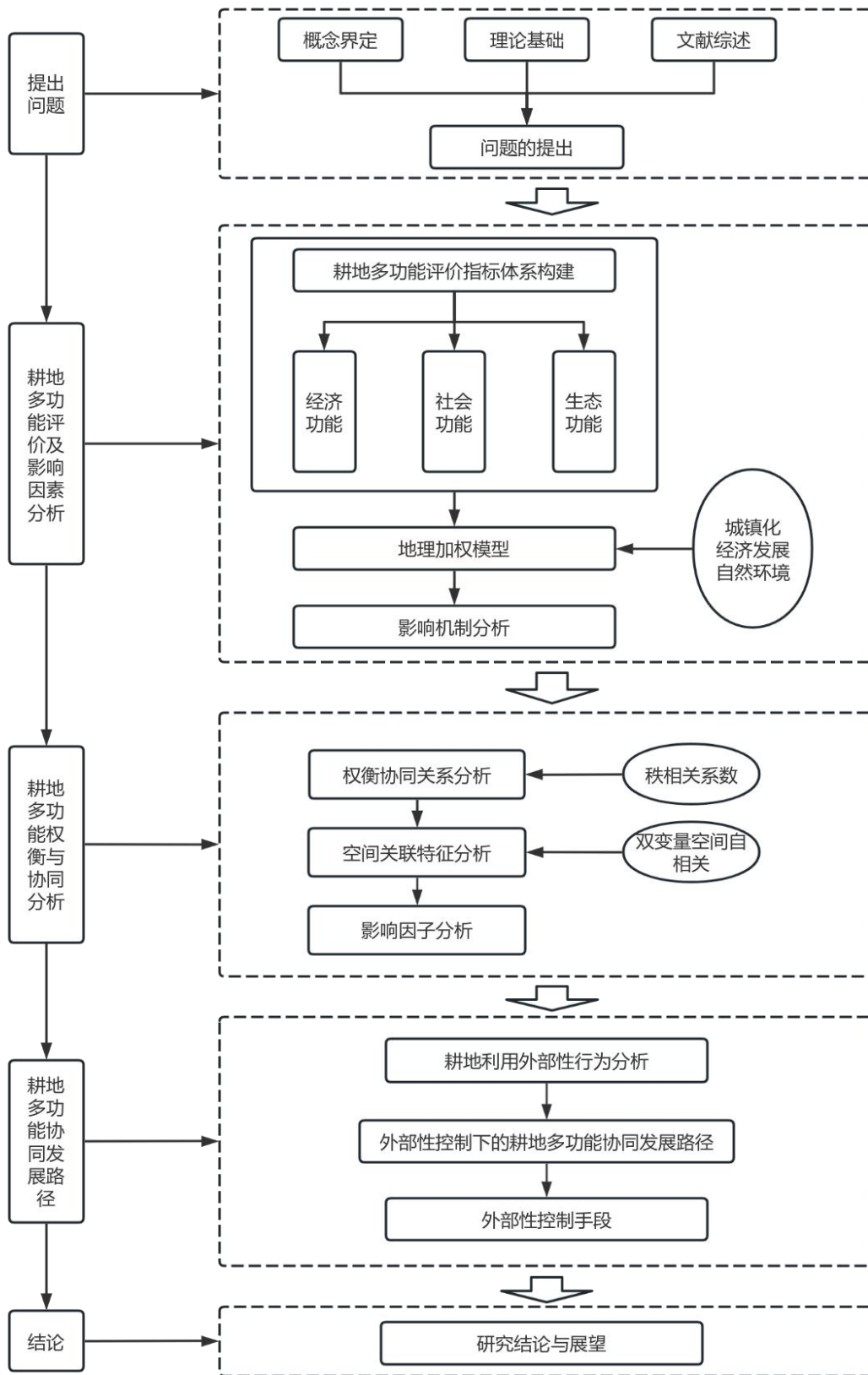


图 1.1 技术路线图

1.4 论文的创新性

(1) 利用多功能权衡协同分析工具，揭示耕地各功能之间的作用关系，构建协同权衡驱动下的耕地利用影响机制

关于耕地多功能的研究文献主要集中在功能的分类、变化和影响因素上，而对于耕地多功能间的相互作用机制的研究则相对较少，更缺乏多功能权衡协同分析工具在耕地多功能影响机制方面的运用。因耕地多功能权衡协同分析工具能够有效揭示耕地各种功能之间的相关关系，合理构建耕地多功能利用的影响机制，通过对耕地利用情况的综合分析，本研究利用耕地多功能权衡协同分析工具，从耕地的单一功能变化和多功能权衡协同关系两个方面探讨了影响耕地利用的各种因素的作用机制，揭示了这些因素如何影响耕地多功能的变化，并反映了耕地功能之间的相互关系，从而构建了多因素协同权衡驱动下的耕地利用影响机制。

(2) 基于外部性理论以促进多功能协同为目标，提出江苏省耕地多功能协同发展路径

本文基于外部性理论对耕地利用及相关利益主体的行为进行分析，强调了耕地多功能协同发展的核心在于对耕地系统的外部性进行有效控制。基于影响因素研究的核心发现，本研究专门针对制约耕地多功能协同发展的各种因素，提出了外部性的策略，旨在为江苏省的耕地多功能协同发展提供有价值的政策建议。

2 国内外研究进展

2.1 耕地多功能及相关研究进展

2.1.1 农业多功能

1992年,“农业多功能”这一观念在联合国的《21世纪议程》中被提及。在1997年,欧盟农业组织委员会指出:“在欧洲,农业不只是提供健康和高品质的食品及非食品产品,它还在土地使用、城乡规划、就业机会、激活农村、自然资源和环境保护以及乡村景观方面发挥着至关重要的作用”。在2005年,FAO特别强调了农业多功能在粮食安全、经济增长、环境影响以及社会福利等四个关键领域的重要性。Ashkenazy et al. (2017)指出,都市农业不仅有助于加强城乡之间的联系,还能保护城乡的生态环境,提升农业的生产质量,并确保食品的安全性。杨忍和刘芮彤(2022)在研究农业功能变化时,从生产供应、经济增长、社会保障和生态保护四个方面构建了都市农业功能的评估指标体系。彭锐等(2011)将农业的多功能划分为基础功能和拓展功能两大部分。其中,农业生产服务是基础功能,而拓展功能则包括生态环境保护、文化传承教育、社会服务保障和田园休闲娱乐功能。

2.1.2 生态多功能

Tansley (1935)对“生态系统”的定义为:这是一个由有机实体和与环境有关的物理元素构成的复杂系统。生态系统功能这一概念最初是由Odum (1971)提出的。由于全球环境危机的影响,这一领域的研究多年来一直是学者们关注的中心。他从系统学和生态学的视角出发,认为生态系统功能是生态系统的基础属性,包括生态系统的不同生境、生物学特性以及系统的性质和过程。

众多学者从各种不同的角度对生态系统服务进行了定义,而Daily (1997)则认为这是一个“对人类福利产生积极影响的”生态过程;Costanza (1997)描述它为人类从“生态系统”中所能接触到的“各式各样的产品与服务”;Groot (2002)阐述了生态系统服务为“由生态系统所创造的对人类的福利”。每一个概念的定义都与人类的福利或利益息息相关,因此,生态系统所提供的服务应当以满足人们的实际需求为基础。De Groot (2002)将生态系统功能定义为“生态系统所具有的为人类提供产品的能力”。

尹飞等（2006）耕地系统是一个结合了人工和自然元素的生态环境，它的主要职责是提供食物和原材料的生产，同时也是一个多功能的生态系统。由于耕地系统具有自然特性和与生态系统的从属关系，因此在利用耕地系统的过程中，除了提供基本的供给功能外，还会提供多种与生态系统服务相似的生态功能，例如涵养水源、促进生物多样性、调节气候和水土保持等。

耕地系统在提供生态产品和服务方面与其他的生态系统相比，显得相对不足。但是耕地通常成片的分布于居住区的周围，数量庞大密集，与人类的生活息息相关。因此，耕地系统的生态功能越来越成为一项不可或缺的部分。

2.1.3 土地利用多功能

随着社会对土地的认识逐渐转变，人们开始认识到，传统的单一功能的土地使用方式已经不能满足现今可持续发展的实际需求。因此，寻求将多种功能的服务产出结合起来，以实现综合效益的提升，成为实现土地可持续利用的有效途径。Mander（2007）从多功能的视角深入探讨了土地的使用方式，他认为提高人类福祉的主要途径涵盖了社会、经济和生态三个方面。

随着研究逐渐深入，欧盟在名为“可持续性影响评估：欧洲多功能土地利用的环境、社会、经济效应”项目中提出了土地利用多功能的概念，并从经济、社会、环境三个角度将土地利用多功能进行了分类。

王清扬等（2022）从社会经济发展、农业生产保障、生态环境保护三个维度分析土地利用多功能性的时空演变特征及驱动因素。许多学者根据土地功能的深层含义和实际规划需求，进行了大量关于国土空间功能分区的深入研究和实践。他们将国土空间细分为生活、生产和生态这“三生”功能，这一划分在学术界得到了广泛的接受和认可（金贵，2014；张美霞和周丙娟，2022；阚瑶川等，2023）。范业婷等（2022）将土地利用功能细分为农业生产功能、非农业生产功能、生活保障功能以及生态服务功能，并从自然环境条件、土地使用结构、农业现代化和社会经济条件这四个维度选择了影响土地利用功能的关键因素。

耕地是土地的一个类别，属于土地资源的一部分。也因此，耕地多功能在内涵、功能和作用上与土地多功能都有着交叉重叠的部分，耕地属性很大程度继承了土地的一些性质。所以对土地资源的相关研为对耕地多功能研究提供了理论基础，许多研究方法也值得借鉴，两个领域的研究互相交融、互相进步。

2.1.4 耕地多功能

农业多功能为耕地多功能提供了理论支撑,其中耕地是农业生产环节中不可或缺的生产资料,农业多功能的实现载体之一就是耕地系统,农业多功能即是耕地多功能的一种表现形式。关于土地利用多功能,丰富的研究成果和完整的理论体系为我们提供了一个评估耕地多功能的框架,而耕地多功能实际上是土地利用多功能的一个单一类别;在对生态系统服务的研究中所用到的权衡协同分析方法为耕地多功能的权衡协同分析提供了借鉴,且耕地也是生态系统中的一部分,因此耕地系统也具有生态功能。

OECD(2001)发表了关于农业多功能的研究框架,指出耕地利用的相关利益主体在对耕地系统开发利用的过程中,因为各自的目标导向和需求倾向不同,所以极有可能引起矛盾,从而造成耕地子功能之间的相互作用,导致耕地多功能显化的主导功能发生变化。

国内学者们也从多种角度对耕地多功能进行了深入研究。张玥等(2023)从生产、生活和生态三个方面对中国耕地的多功能时空特性进行了全面评估,并深入探讨了耕地多功能之间的耦合与协同作用。胡伟艳(2018)在研究江苏省耕地多功能对农业经济影响的时候,从耕地系统的内部结构视角出发,深入探讨了影响机制。此外,还有众多从耕地功能供需匹配的角度进行的研究。李梦燃(2019)从功能供需关系的视角出发,对江苏耕地多功能协同机制进行了多尺度的研究。熊昌盛等(2021)利用空间自相关方法对中国耕地多功能进行评价,并根据评价结果探索多功能主导的分区管控方案。

2.1.5 耕地多功能的分类

关于耕地多功能分类的研究表明,土地利用功能分类和农业多功能分类构成了主要的参考标准。Gebhard et al.(2001)从经济、社会、生态三个方面对土地的功能进行了分类,且格外强调了土地的生态功能占据了主导地位,是土地多功能的核心功能。在此以后得相关研究中,大都延续了经济、社会和生态这三类功能的分类方法,得到了国内外学者的一致赞同。

国内的学者也对耕地系统的子功能分类作出了相应的贡献。姜广辉(2011)认为耕地功能分为基本功能和衍生功能,其中基本功能是根本,支撑了耕地系统,衍生功能是基本功能的延伸,在不同的生产力水平下会展现出不同的特点和模

式，因此衍生功能其实是基本功能在各种外部条件下的具体表现。杨雪（2014）等将耕地的功能分成生产功能、生态环境功能、文化休闲功能和社会保障功能。张英男等（2018）从耕地系统构成要素的视角出发，将耕地功能划分为经济、社会、生态功能。安悦等（2021）将耕地功能划分为经济生产功能、社会保障功能及生态维护功能三大类。王雨枫（2022）对耕地利用的多种功能类型进行了细致的分类，并指出耕地利用的经济产出功能与社会保障功能间呈现权衡关系，经济产出功能与生态景观功能整体上同样为权衡关系，社会保障功能与生态景观功能则存在协同发展的特性。刘建志（2020）等将农业的功能细分为粮食供应、经济发展、社会保障和环境保护这四大部分，并详细描述了每个部分所承担的职责和贡献。

根据现有的学术研究，耕地功能类型的分类研究仍在不断地深化和拓宽，同时所获得的研究成果也在持续地进行创新。耕地多功能会随着社会的发展，不断显化出新的特性。对于不同地区以及不同的利益主体，耕地系统所显化的功能也不尽相同。因此，在耕地多功能类型的分类方面，仍需进行更深层次的研究，同时功能的生成和表现机制也亟需进一步的优化和完善。

2.1.6 耕地多功能的影响因素

目前对耕地多功能影响因素的研究主要聚焦于在不同的社会发展阶段，同一种影响因子对耕地多功能的影响程度和方式有哪些变化。当社会发展进入一定时期，产业体系存在显著差异，导致了农业的经济贡献度产生相应改变，此时耕地多功能内部之间的关系强弱便会发生相应变化。同时，居民对耕地功能的需求偏好会随着社会文明程度而变化，且城乡居民在生活质量、经济收入和文化水平上都有明显区别，导致城乡居民对于耕地多功能的偏好存在差别，耕地系统对拥有不同需求的相关主体表现出不同的特性。如宋小青等（2014）认为随着社会发展水平不断提高，耕地系统主导功能会从生产功能变为景观功能再转为生态功能，且耕地社会保障功能在一定生产力水平下会消失。刘建志等（2020）从农业资源禀赋和社会经济发展水平两个方面选取影响因子，研究对农业多功能性的影响机制。安悦等（2022）研究发现自然地理条件是早期影响洞庭湖地区耕地功能的主要因素，随时间推移自然条件的影响力逐渐减弱，经济因素对耕地功能的影响能力不断加强，并成为主要作用力量。蒋宁等（2019）探究了城市化水平对耕

地多功能的影响程度。张娇娇等（2018）在研究耕地景观文化功能的影响因素时发现发现环境、需求偏好等因素都会刺激人们对于耕地景观文化功能的需求。张丝雨等（2022）提出耕地的多功能性与农业的绿色全要素生产率之间存在一种相互融合和对立统一的关系，它们之间相互推动和相互制衡。

2.2 耕地多功能的权衡协同研究进展

耕地多功能权衡协同关系的研究方法仍有待拓展，目前主要采用的研究方法相对固定且简单。李怡等（2022）采用秩相关分析研究了耕地多功能权衡协同的时空演变；殷如梦等（2020）借助空间自相关法测算了江苏省耕地多功能权衡协同关系；彭建等（2016）利用秩相关系数对京津冀地区耕地景观功能的权衡与协同关系进行了判断识别；韦燕飞（2022）通过引用土地系统功能度模型和灰色关联度法对耕地利用转型及隐形变化形态的多功能权衡协同相互作用进行分析；刘玉等（2021）利用生产可能性边界对均方根偏差方法进行了改进，并对乡村多功能的权衡关系进行了定量分析。

2.3 研究评论与启示

2.3.1 研究评论

（1）耕地多功能

农业多功能为耕地多功能提供了理论支撑，农业涵盖多个领域，其中耕地作为是农业中不可或缺的部分，是实现农业多功能的关键；因为农田生态系统是生态系统的的一个子系统，因此在生态系统研究中所用到的权衡分析方法为耕地多功能研究提供了一个思路；耕地是土地类别的一部分，因此对于土地利用多功能的相关研究方法和结果，都适用于耕地系统，因此耕地多功能是土地多功能的细分，来源于土地多功能。

（2）耕地多功能分类

基于现有的研究成果，最被广泛接受的分类主要可以划分为经济、社会和生态这三个方面。随着社会和经济环境的变迁，有学者将社会功能进一步分化为粮食安全和社会保障功能，并提出文化功能和景观功能。不同的二级分类会逐渐显现并持续分化，一些现有的二级分类甚至可能会逐渐退化或完全消失。因此，对耕地多功能分类进行识别时，需要考虑到相关利益主体、经济发展水平、经济体

系架构等因素,在把握好研究对象的前提下,准确合理的对耕地系统进行功能识别与分类。

(3) 耕地多功能的影响因素

根据现有的研究资料,影响耕地功能变化的主要因素有:城市化程度、经济增长水平、地理位置、自然环境、消费者需求的变动以及政府的介入等。在选择城市化水平的相关指标时,我们考虑了土地城市化和人口城市化。经济增长的指标包括 GDP、产业布局、人均固定资产投资、劳动力配置和人均公共财政支出。地理位置的条件包括交通的便利性、主要河流的距离、离中心城市的距离、自然环境中的降雨量、积温和海拔高度,以及人均社会消费品的零售总额等。

(4) 耕地多功能权衡协同研究

当前,关于耕地多功能权衡协同的研究主要是基于生态系统服务权衡协同研究的分析框架来进行的。在最近的几年中,生态系统服务间的相互关系研究从最初的定性分析正在慢慢转变为定量分析,从单纯的理论论证慢慢转变为以现实单位为研究对象的实证分析。其中,定量方法涵盖了相关性分析、线性回归、均方根误差和耦合协调度等多种分析技术,这对于研究耕地的多功能权衡和协同关系提供了宝贵的参考。

2.3.2 研究不足与启示

(1) 未全面揭示耕地各功能间作用关系

虽然关于耕地多功能的定义、理论支撑、功能识别和影响要素的研究已经取得一定程度进展,但在各子功能之间的相互作用关系、如何使各功能协同发展以及优化策略等方面,仍需进一步的深入探讨和研究。有必要明确耕地各功能之间的相互作用以及在这种协同关系下多因素的影响机制。研究耕地功能的权衡协同机制需要对耕地利用相关主体的行为分析,由于利用主体的需求具有层次性和多样性,不同的利用主体有多种需求偏好,这些偏好会随着外部环境的变化而发生变化。因此,对耕地多功能权衡协同的相关研究显得尤为重要。

(2) 耕地多功能权衡协同的机制仍需进一步探索

目前,关于耕地耕地多功能权衡协同机制的研究仍需进一步探索,现有研究多聚焦于各类子功能间权衡协同关系的识别、影响因素的异质性分析以及空间上的集聚性,鲜有从理论层面对耕地多功能权衡与协同关系存在的原因进行阐释。

耕地多功能权衡协同机制的研究应更加深化,从理论层面论证这种相互关系产生的根本原因,以便于找出多功能协同发展路径,促进耕地多功能协同发展。

3 相关概念与理论基础

3.1 相关概念

3.1.1 耕地多功能

耕地多功能是从土地利用多功能和农业多功能两个方面发展而来的，同时，耕地也属于生态系统的一部分，所以耕地多功能先天就具备了土地利用的多功能性以及生态系统服务的多功能性。耕地属于土地类型中的一部分，耕地多功能则是土地利用多功能的进一步深化，因此土地利用的相关理论对耕地多功能有着很强的指导意义。耕地作为生态系统里的一环，理所当然就具有生态功能，因此，生态系统服务的相关理论也对于耕地多功能有着很强的指导意义。

由于耕地多功能的显化会随着经济发展水平、地区以及其他的外部因素的变化而发生变化，所以耕地系统对不同的主体所呈现的主导功能及功能分类也不尽相同。目前比较公认的一种功能分类便是将耕地多功能分为经济、社会和生态功能。

3.1.2 权衡与协同

耕地系统各子功能之间是有内在联系的，存在着错综复杂的作用关系，分别是协同、权衡和独立。在这里，协同是指当两种或更多的耕地功能展现出相似的变化轨迹；权衡意味着一个功能的增强会导致另一个或多个功能的减弱；独立性意味着耕地功能间的关联性并不明显。

在耕地系统利用过程中，各个利用主体都有其特定的偏好。农户主要集中在耕地的经济和社会功能上，并以收入增长和生活保障作为行为的导向目标。地方政府为了城镇的发展，会倾向于将耕地转换为非农用地，用来发展二、三产业。因此，地方政府的这种需求偏好可能会导致耕地经济和社会功能下降。与之相反，中央政府更看重耕地系统保证粮食安全和生态保护的功能，会通过政策来控制增产性物料的输入，减少耕地利用带来的负外部性，从而缓解农业发展中的结构性矛盾，并确保粮食安全和生态环境的全面维护。为了达到耕地多功能协同发展的目标，我们需要明确权衡的机制，消除其带来的不良影响，并推动多功能协同发展，以确保耕地的可持续使用。

3.2 理论基础

3.2.1 土地可持续利用理论

可持续发展的理念旨在满足现代人的需求,同时确保不对未来几代的发展能力产生负面影响,其核心原则包括公平性、持续性和共同性。随着可持续发展逐渐成为全人类的共识,这也催生了对社会经济发展相关概念的一系列修订和拓宽。持续性的发展观念对于人类社会的持续发展是有益的,它为人类的经济和社会进步提供了新的视角。

土地可持续利用是一种既能满足现代人民的生活需求,又不会影响后代的利用状态,同时体现了发展和限制。如今,随着城市化进程的加快,人地矛盾凸显,大量耕地转化为非农用地用于城市建设,且农村劳动力流失也造成土地撂荒现象,这些都对土地可持续利用提出了挑战,这使得确立可持续发展模式变得迫在眉睫。

本研究提出的关于耕地多功能协同发展的目标,正是为了满足土地可持续利用理论的。

3.2.2 外部性理论

外部性又称为外部经济,指一个人或一群人的行动和决策使另一个人或一群人受损或受益的情况。外部性有正负之分,正外部性是指个人某种行为产生的收益没有全部被自己享有,有一部分收益被社会享有,但社会无须为此支付成本。负外部性是指个人某种行为产生的成本,自身只支付了一部分,未完全承担,剩下的部分被社会所承担。正外部性和负外部性都会造成市场失调,资源分配不合理,从而导致资源浪费以及社会福利的损失。

本文基于外部性理论对耕地相关利用主体进行行为分析,揭示了耕地多功能协同发展路径的实质。

3.2.3 农业多功能理论

农业多功能概念是在联合国环境与发展大会上首次被正式提及。在最近的几年中,我国的社会经济稳步向前,随着城市化进程的加速和城市化水平的持续提升,城市开始面临人口密集和环境退化等多重问题,特别是在北京和上海这样的大城市,田园的景色变得尤为突出,这也成为了人们对农田的向往,多功能理论因此得到了广泛的推崇和理解,其中耕地作为农地的一个组成部分,涵盖了提供

农产品的基础生产功能，也具备了维护生态环境的功能，还能够促进社会的稳定和国家的粮食安全，并且在提供农民的就业方面起到了关键作用，因此我们要充分利用各功能间互相作用的综合系统特性。

该理论为本文所提出的耕地经济、社会和生态功能提供了依据。

3.2.4 协同理论

协同理论是系统科学中的一项重要理论，用于描述物质或能量交换过程中，通过自身系统内部的协同作用，自发地在时空或者功能上形成有序的结构，是一种描述系统间或系统内部从无序到有序转变过程的理论。在耕地系统的利用过程中，诸如生产资料、降雨量、气温、土壤、农作物和劳动力投入等各种要素持续不断地进入系统，各种要素之间互相联系又互相影响，形成了耕地系统。因此耕地具备经济、社会和生态的三重特性。在耕地功能中，要素共享和功能相互反馈之间存在一种复杂的关系，为了识别这些特性的作用方式，我们采用了协同理论，并据此制定了有针对性的管理策略，增强各功能间的协同作用，减少功能间的恶性竞争，避免降低功能的整体质量。

该理论为本文研究耕地经济、社会和生态功能之间的相互作用关系提供研究方法。

4 江苏省耕地多功能时空格局特征及影响因素分析

4.1 研究区概况及数据来源

4.1.1 研究区概况

江苏省在 $116^{\circ}18'E \sim 121^{\circ}57'E$ 和 $30^{\circ}45'N \sim 35^{\circ}20'N$ 之间,省际陆地边界线为 3383 公里,面积达到 10.72 万平方公里,地貌以平原为主,平原面积占江苏总面积的 70%以上。地理上跨越南北气候、植被也同时具备南部和北部的特点。

江苏省的地貌主要包括平原、山地和丘陵三大部分,平原占据了全省 86.90% 的面积,丘陵则占据了 11.54%,而山地则占据了总面积的 11.54%。江苏省地理位置独特,位于长江三角洲、淮河平原和苏中丘陵的交汇点,拥有丰富的海洋和陆地资源。长江从东到西贯穿全境,京杭大运河从南到北贯通,而其他内陆河流、湖泊和水库等水域则占据了全省总面积的 16.90%。

江苏省位于东亚季风气候带内,处于亚热带与暖温带气候的交界地带。以淮河和苏北灌溉总渠为分界线,其北部气候为暖温带湿润和半湿润季风型,而南部则是亚热带湿润气候,季风气候特点是四季分明,冬天寒冷,夏天炎热,平均温度约为 $4^{\circ}C$ 。每年的 7 月和 8 月是江苏省夏季气温最高的月份,平均温度约为 $28^{\circ}C$,而最低温度则出现在 1 月和 2 月,平均气温大约为 $0^{\circ}C$ 。这里的年平均日照时间大约在 2100-2300h 之间,太阳辐射相对较高,而南方地区的太阳辐射稍微超过了北方地区。受到季风作用的影响,降水在不同季节的分布呈现出不平衡的特点:夏季雨量较多,而春季和秋季的降水量相对较少;冬季的降水主要是雨和雪的混合,表现出雨热同季的气候特性。

江苏省的土地总面积达到 10.72 万平方公里,主要的土地资源包括平原、丘陵和水域。其中,广阔的平原面积为 89706.03 平方公里,占总面积的 86.89%。这片土地具有很好的自然特性,为农业发展提供了良好的条件,并且在历史上,这片土地的开发和利用历史悠久。农业用地在全省土地面积中占据了 63.47% 的绝对优势,其中耕地是最主要的农业用地类型。在“十三五”计划期间,耕地的总量达到了 516.38 公顷,永久基本农田的保护面积为 392.01 万公顷,省级及以上的公益林面积为 38.60 万公顷,湿地的总量为 282 万公顷,而建设用地的供应比例为 65.36%,全省的城市建设用地占比也达到了 65.36%。依据全国第三次国土

调查的数据，全省的耕地总面积达到 409.89 万公顷，大约占全省土地总面积的 38.24%。其中，用于建设的土地面积为 209.83 万公顷，城市建设用地占 46.36 万公顷，而水域和水利设施用地则为 254.26 万公顷。

4.1.2 数据来源

本研究使用地理空间数据，包括土地利用数据、数字高程数据（DEM）、降雨量、气温。其中，土地利用数据和数字高程数据来源于中国科学院资源与环境科学数据中心（<http://www.resdc.cn>），为栅格数据，空间分辨率为 30 米，降雨量和气温数据来源于国家地球系统科学数据中心（<https://auth.geodata.cn>）。本研究的社会经济统计数据来源于 2010、2015、2020 年《江苏统计年鉴》、各市统计年鉴以及国民经济和社会发展统计公报。本研究以 2020 年江苏省的县级行政区划分为出发点，由于省内各个地级市市辖区面积相对较小，因此决定将中心城区合并为一个单元，最终确定了 60 个研究单元。

4.2 耕地多功能评价方法

4.2.1 指标体系构建

本文将耕地系统所起到的作用为经济、社会和生态三大核心功能。基于对耕地多功能评价指标体系科学性、系统性、可操作性和客观性的全面考量，结合江苏省耕地实际情况，最终选取 12 个指标构建县域尺度的耕地多功能评价指标体系，如表 4.1 所示。

表 4.1 耕地多功能评价指标体系

功能类别	评价指标	单位	属性
经济功能	粮食单产	KG/公顷	+
	农业总产值比重	%	+
	耕地垦殖率	%	+
	耕地地均农业产值	万元/公顷	+
社会功能	粮食自给率	%	+
	收入公平指数	%	+
	单位耕地面积农业从业人数	万人/公顷	+
	农业机械化水平	KW/公顷	-
生态功能	农用化学品使用强度	t/公顷	-
	耕地景观破碎度	%	-
	耕地类型生态优势度	%	+
	农田生态多样性指数	%	+

耕地经济功能是耕地最基础的功能,代表了耕地最直接的产出能力,评价指标综合考虑了粮食产出能力、耕地利用程度和人力物力投入水平三个方面。其中,粮食单产揭示了在各种自然环境和不同的生产投入条件下耕地的生产潜力。耕地垦殖率揭示了耕地的开发和使用水平,垦殖率越高,对耕地的开发强大就大。耕地地均农业产值和农业总产值占地区生产总值的比重不仅反映了耕地的经济产值,还在一定程度上展示了单位面积生产要素的投入水平。如果不考虑其他影响因素,那么在再生产过程中,投入越多,粮食作物的生产能力也就越强。

社会功能是耕地的重要功能,主要表现为耕地所保障农民生活的社会经济价值,评价指标综合考虑耕地的粮食保障、经济保障和就业保障3个方面。其中,粮食自给率体现了耕地生产能力对于满足人口的粮食需求和确保粮食自给的能力。收入公平指数则揭示了耕地对农村居民经济保障的能力。单位耕地面积农业从业人数反映了耕地对农业人口的就业保障能力。单位面积农业机械总动力反映了耕地对农业人口就业承载能力的影响,农业机械化水平越高,农业生产经营对农村人口的依赖性越弱。

耕地生态功能和耕地的生产功能与社会保障功能紧密相关,主要表现为耕地生产过程中对环境保护和生物多样性维持等方面的能力。耕地生态功能不仅受耕地本底条件的制约,还受耕地景观结构和人类农业活动的影响。水田面积和耕地面积的比例反映了耕地的生态优势程度,当两者比值增大时,生物的多样性也随之提高,从而增强了耕地的生态保护功能。耕地景观破碎度反映了耕地资源的生态属性,较高的景观破碎度会减弱耕地生态结构和功能的整体性。农用化学品使用强度实际上代表了农业生产中增加的生产投入给耕地带来的生态负担。农田生态多样性指数反映了农田的生态系统中物种多样性程度,一定程度代表了农田生态系统的稳定性和恢复能力。

4.2.2 指标权重值的计算

(1) 指标归一化

为使各指标之间具备可比性,采用极差标准化对正向和负向指标数据进行归一化,归一化后的数据为无量纲数据。正向指标和负向指标的计算公式分别为:

$$\text{正向指标: } X_{\lambda ij} = (x_{\lambda ij} - x_{j \min}) / (x_{j \max} - x_{j \min}) \quad (4.1)$$

$$\text{负向指标: } X_{\lambda ij} = (x_{j \max} - x_{\lambda ij}) / (x_{j \max} - x_{j \min}) \quad (4.2)$$

式中 $X_{\lambda ij}$ 为归一化后的值, $x_{\lambda ij}$ 为第 λ 个年份第 i 个县区第 j 项指标的实际值, $x_{j\max}$ 为第 j 项指标的最大值, $x_{j\min}$ 为第 j 项指标的最小值。

(2) 熵值法

指标权重采用熵值法计算, 计算公式为:

$$P_{\lambda ij} = X_{\lambda ij} / \sum_{\lambda=1}^h \sum_{i=1}^m X_{\lambda ij} \tag{4.3}$$

$$E_j = -\frac{1}{\ln(hm)} \sum_{\lambda=1}^h \sum_{i=1}^m P_{\lambda ij} \ln P_{\lambda ij} \tag{4.4}$$

$$Q_j = 1 - E_j \tag{4.5}$$

$$W_j = Q_j / \sum_{j=1}^n Q_j \tag{4.6}$$

式中 $P_{\lambda ij}$ 为第 i 个区县的第 j 项指标比例; E_j 为指标信息熵; Q_j 为信息熵冗余度; W_j 为指标权重。其中 m 为评价的区县数, n 为指标数。

(3) 各功能得分计算

根据各指标标准化处理结果与其相对应的权重, 利用加权求和方法计算各耕地功能得分, 计算公式如为:

$$Y_k = \sum_{j=1}^n (W_j \cdot X_j) \tag{4.7}$$

式中 Y_k 为第 k 项一级指标的得分, W_j 和 X_j 与二分别为第 j 项二级指标的权重及标准化后的指标值, n 为各项功能中二级指标数量。 Y_k 处于 0-1 之间, 值越大, 代表其相应功能越强。

(4) 指标权重的确定

依据熵值法的测算, 计算得到江苏省耕地多功能各指标的权重, 计算结果见表 4.2。

表 4.2 耕地多功能评价指标体系

功能类别	评价指标	权重
经济功能	粮食单产	0.099
	农业总产值比重	0.549
	耕地垦殖率	0.109

社会功能	耕地地均农业产值	0.243
	粮食自给率	0.543
	收入公平指数	0.061
生态功能	单位耕地面积农业从业人数	0.289
	农业机械化水平	0.107
	农用化学品使用强度	0.273
	耕地景观破碎度	0.199
	耕地类型生态优势度	0.419
	农田生态多样性指数	0.109

4.3 江苏省耕地多功能时空格局特征分析

根据 4.2 节中相关方法，计算得出 2010、2015、2020 年江苏省各研究单元的耕地多功能评价得分。

计算江苏省各区县耕地多功能全局自相关的结果（表 4.3），观察发现 2010 年、2015 年、2020 年经济、社会和生态功能的 Global Moran's I 值均大于 0，Z 值均大于 1.96，全部通过显著性检验，表明耕地系统的三种功能在空间分布上呈现出显著正相关性，有明显的集聚效应。研究期间内，每年社会功能的 Global Moran's I 值均大于经济和生态功能，这表明耕地社会功能在空间分布上集聚效应更为明显。

表 4.3 江苏省耕地多功能全局自相关检验结果

功能类型	年份	Global Moran's I	Z 值	P 值
经济功能	2010	0.657097	8.379079	0
	2015	0.632657	8.070416	0
	2020	0.602735	7.696208	0
社会功能	2010	0.742174	9.426831	0
	2015	0.725531	9.226129	0
	2020	0.735487	9.356821	0
生态功能	2010	0.575006	7.370793	0
	2015	0.614708	7.852577	0
	2020	0.614145	7.852643	0

(1) 经济功能空间分析

通过经济功能分级统计表(表 4.4)可以观察到，其中高等级和较高等级地区数量基本保持稳定，但是研究期间出现了明显的变化，中等等级地区的数量明显增加，而较低等级地区的数量则相对稳定，但低等级地区的数量明显减少。整体来看江苏省耕地经济功能区域间差距在逐渐缩小。江苏省经济发展水平较高，农

业产业结构不断优化,农业科技水平不断提高,农业生产方式逐渐现代化,农业增加值占 GDP 的比重逐年下降,农业对耕地的依赖程度降低,耕地的经济功能相对弱化,区域间的差异减小。

表 4.4 2010-2020 年江苏省耕地经济功能分级统计

	低	较低	中	较高	高
2010	11	16	8	15	10
2015	6	17	14	13	10
2020	7	17	12	15	9

从 2010 年的可视化结果(图 4.1)可以观察到低等级地区和较低等级地区大多分布在苏南地区和少数苏中地区,冷点集中在南京地区和苏锡常地区(图 4.2);高等级地区和较高等级地区分布在苏北地区,热点集中在连云港市、淮安市、宿迁市和盐城市交汇地区。2015 年低等级地区数量有较大幅度下降,冷点向苏州市集中,南京地区未发生明显变化,苏南地区初步形成东西部低功能值集中的格局,分别以为核心;高等级地区和较高等级地区未发生明显变化。2020 年热点区向西部延伸,整体范围扩大;冷点区依然分别以南京市和苏州市为核心。

总体来说,江苏省耕地经济功能在研究期基本形成并维持北高南低,南京市和苏州市双低值区的整体格局。江苏省北部地区属于黄淮海平原,土地肥沃,水利条件好,农业生产条件优越,耕地的经济功能较强。江苏省南部地区属于苏南丘陵,土地瘠薄,农业生产条件相对较差,耕地的经济功能较弱。而且江苏省北部地区近年来加大了农业投入,推进了农业现代化,提高了农业生产效率和质量,增强了耕地的经济功能。江苏省南部地区近年来加快了城镇化进程,推进了工业化和服务业化,减少了农业投入和占用,削弱了耕地的经济功能。

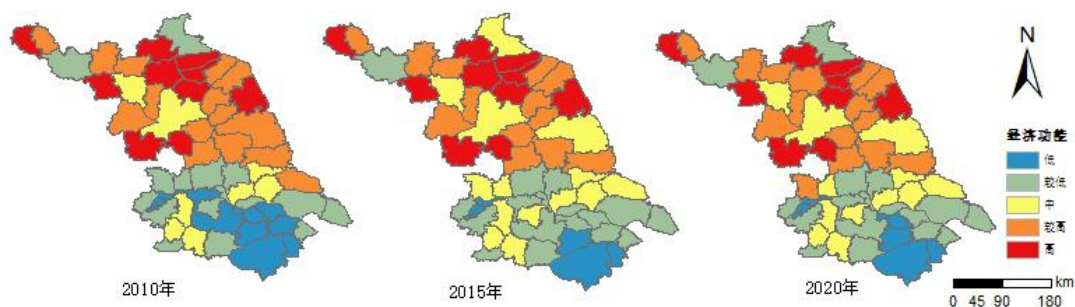


图 4.1 2010-2020 年江苏省耕地经济功能时空分布

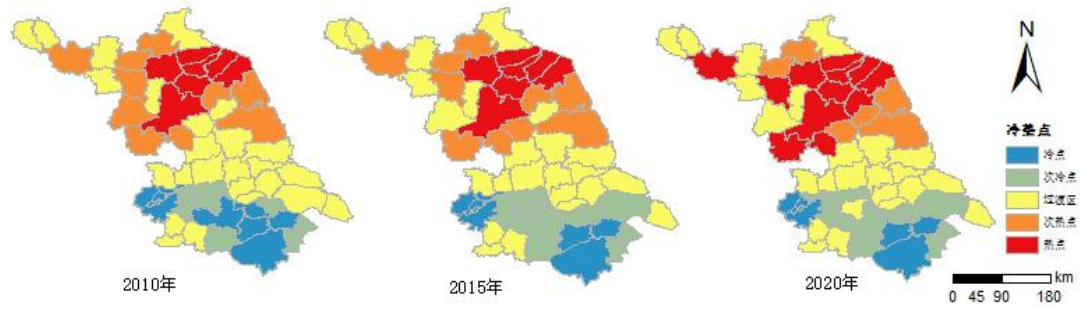


图 4.2 2010-2020 年江苏省耕地经济功能冷热点

(2) 社会功能空间分析

通过社会功能分级统计表(表 4.5)可以观察到, 除较低等级地区外, 其他等级地区数量在研究期间转折变化明显, 波动幅度较大, 说明江苏省耕地社会功能发展不稳定, 易受其他因素影响。

表 4.5 2010-2020 年江苏省耕地社会功能分级统计

	低	较低	中	较高	高
2010	12	13	12	13	10
2015	8	12	17	17	6
2020	14	12	8	14	12

根据可视化结果(图 4.3)所示, 2010 年江苏省耕地社会功能的时空分布特征是苏北地区评价单元功能较高, 苏南及苏中地区较低, 热点集中在淮安市及周边地区, 冷点集中在南京地区和苏州地区(图 4.4)。2015 年, 高等级地区数量减少且向苏北南部转移, 部分高等级地区转变为较高等级地区; 低等级地区数量同样减少, 范围有所收缩, 部分低等级地区转变为较低等级地区, 较低等级地区转变为中等级地区, 两端比重减少, 区域间差距缩小, 热点及次热点区范围大幅扩大。2020 年, 高等级地区数量大幅增加且范围向北部延伸, 部分较高等级地区转变为高等级地区; 低等级地区数量增加到比 2010 年更高的水平, 两端比重增

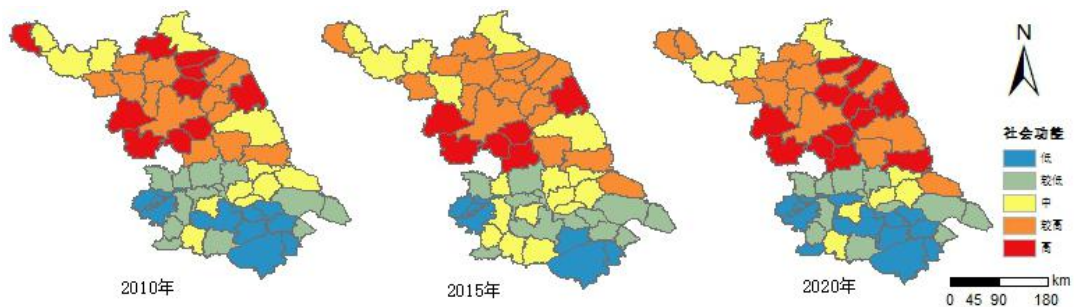


图 4.3 2010-2020 年江苏省耕地社会功能时空分布

加，区域间差距较大。研究期间内，较高等级和高等级地区数量总和变化不大，稳定分布在苏北地区，苏南及苏中地区低等级和较低等级地区之间转换频繁。

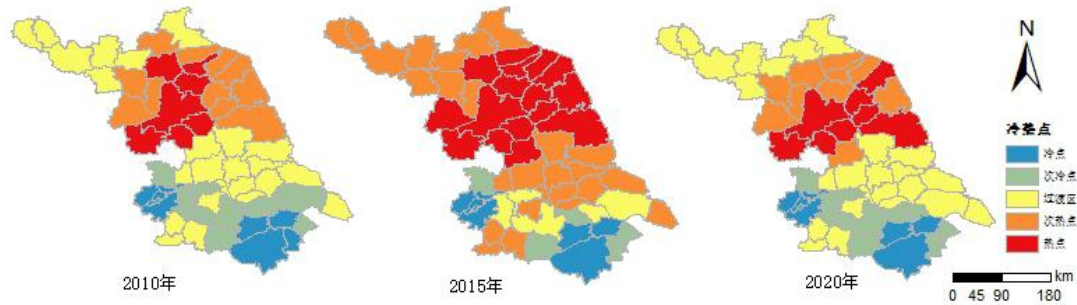


图 4.4 2010-2020 年江苏省耕地社会功能冷热点

(3) 生态功能空间分析

通过生态功能分级统计表(表 4.6)观察得到，其中低等级地区数量减少较多，高等级地区数量增加较多，研究期内江苏省耕地生态功能提升明显。

表 4.6 2010-2020 年江苏省耕地生态功能分级统计

	低	较低	中	较高	高
2010	14	10	11	13	12
2015	3	12	8	11	26
2020	4	10	8	13	25

根据可视化结果(图 4.5)所示，2010 年江苏省耕地生态功能的空间分布特征是苏北地区评价单元功能较低，苏南地区较高，热点集中在苏南和苏中地区，冷点集中在苏北地区（图 4.6）。2015 年，高等级地区数量显著增加且向苏北地区延伸；低等级地区数量同样减少，转变为较低等级地区，较低等级地区转变为中等等级地区，热点区范围缩小，冷点区无明显变化。2020 年，江苏省耕地生态功能各等级地区数量变化不大，但是热点区范围有进一步收缩的趋势。

研究期间内，江苏省各区县耕地生态功能的空间分布呈北低南高之势。其中高等级地区主要分布在苏中、苏南地区，该区域耕地类型中水田面积占比普遍较高，耕地类型生态优势度大；农用化学品使用强度较低，农业生产活动中对耕地生态功能造成的压力相对较小；苏南地区的耕地种植多样性较高，主要以水稻为主，同时种植油菜、蔬菜、水果等多种作物，实施轮作和间作，增加耕地生态系统的复杂性和丰富性，提高耕地的生产力、稳定性、土壤质量和生物多样性。低

等级地区集中在苏北地区，该区域内耕地类型以旱地为主，耕地类型生态优势度较小，且由于农业增产性投入，农用化学品使用强度明显高于苏南地区，给耕地带来较大的生态压力。热点区范围逐步缩小，说明耕地生态功能的空间差异有所下降，降低了耕地生态功能的空间集聚程度。

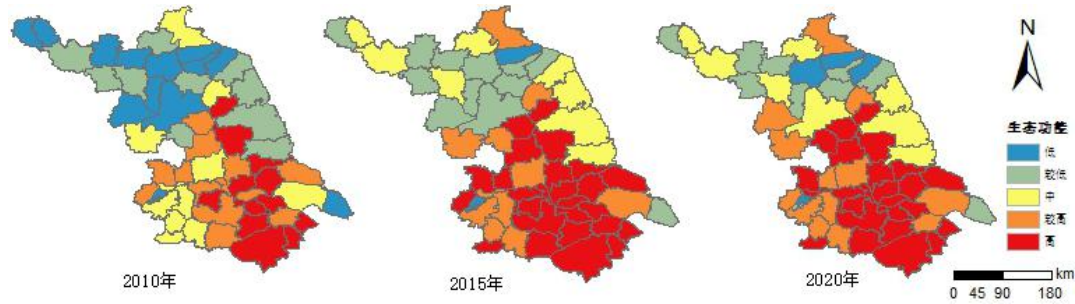


图 4.5 2010-2020 年江苏省耕地生态功能时空分布

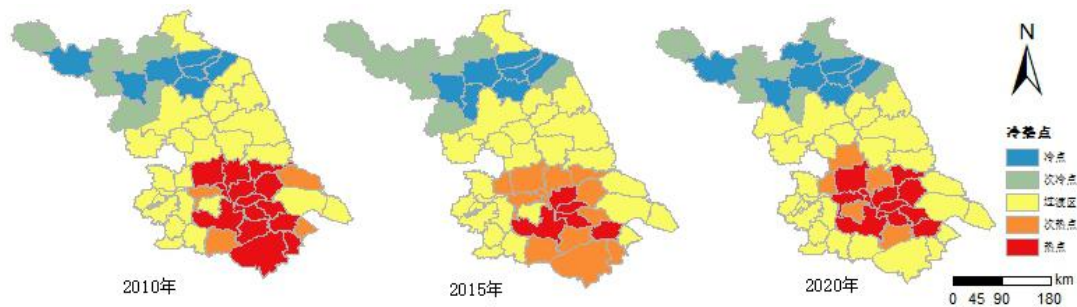


图 4.6 2010-2020 年江苏省耕地生态功能冷热点

4.4 耕地多功能影响因素回归模型构建

耕地多功能演变时刻受到社会经济发展水平的影响，本文从城镇化、经济发展、自然条件三个层面构建耕地多功能影响因素指标体系，借助地理加权回归模型对影响因素进行分析。

4.4.1 影响因子指标体系构建

从城镇化、经济发展、自然条件这三个方面选取共 7 个备选指标如下：

(1) 城镇化因素

1、人口城镇化率 (x_1)：表示评价单元内人口成为城镇居民的程 度，表达方式为城镇人口占总人口的比例。

2、土地城镇化率(x_2):衡量评价单元内土地被用于城市建设的程 度，其表达形式是评价单元内的城市建设用地面积相对于行政区总土地面积的比重。

(2) 经济发展因素

1、农村人口可支配收入(x_3):表示评价单元内农村居民收入水平。

2、第三产业产值占 GDP 比重(x_4):反映了评估单位的经济发展状况,其表示方法是第三产业的产值与 GDP 的比值。

(3) 自然条件因素

1、年均降水量 (x_5):数据提取方法是利用 ARcGIS 区域分析工具,将年均降水量的栅格数据展示在各个县域的分区统计中,从而得到每个单元的平均降水量数据。

2、年均气温 (x_6):数据提取方法是利用 ArcGIS 区域分析工具,将年均气温的栅格数据展示在各个分区统计中,从而得到每个单元的平均气温数据。

3、坡度 (x_7):描述评价单元内部陡缓程度的指标,通过 ArcGIS 分区统计方法来计算各个评价单元的坡度平均值。

表 4.7 耕地多功能影响因素指标体系

影响因素	指标	单位
城镇化	人口城镇化 (x_1)	%
	土地城镇化(x_2)	%
经济发展	城乡收入比(x_3)	元
	第三产业增加值占 GDP 比重(x_4)	%
自然条件	年均降水量(x_5)	mm
	年均气温(x_6)	°C
	坡度(x_7)	°

4.4.2 地理加权模型构建

本研究使用 GWR 模型分析影响因子和耕地各功能变化之间的关系,模型设置如下:

$$Y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_k \beta_k(u_i, v_i) X_{ik} + \varepsilon_i \quad (4.8)$$

式中, Y_i 是因变量, $\beta_k(u_i, v_i)$ 是回归系数,随着指标地理坐标 (u, v) 而改变, ε_i 是第 i 个区域的随机误差, X_{ik} 是自变量。GWR 模型的空间权重函数选择固定型空间核 (Fixed Spatial Kernels) 计算,并利用 Akaike 信息准则(AIC)确定带宽。

4.4.3 江苏省耕地多功能影响因素时空分异特征

利用 ArcGIS 的 GWR 空间分析工具，将各影响因子筛选后用来构建模型，并将输出的回归系数进行栅格化表达，以便更好地评估不同变量回归系数在空间上的差异性。

(1) 城镇化对耕地多功能影响的时空分异特征

1、城镇化对耕地经济功能的影响

研究期内，人口城镇化对耕地经济功能呈现出抑制作用，且抑制效果逐渐减弱。从空间分布的角度（图 4.7）可以发现，人口城镇化的作用从北向南递减，苏北地区人口对耕地经济功能有较强的抑制作用。随着城市的扩张，大量的耕地被用于建设，这直接导致耕地面积的减少，影响了农业生产，并且城镇化的快速发展不仅能推动经济总产值的增长，还能促进经济结构的转变，推动产业的升级和优化。因此，经济效益更高的二、三产业将进一步侵蚀农业在整体经济体系中的份额。随着二、三产业在特定地区的规模扩大，新兴产业将提

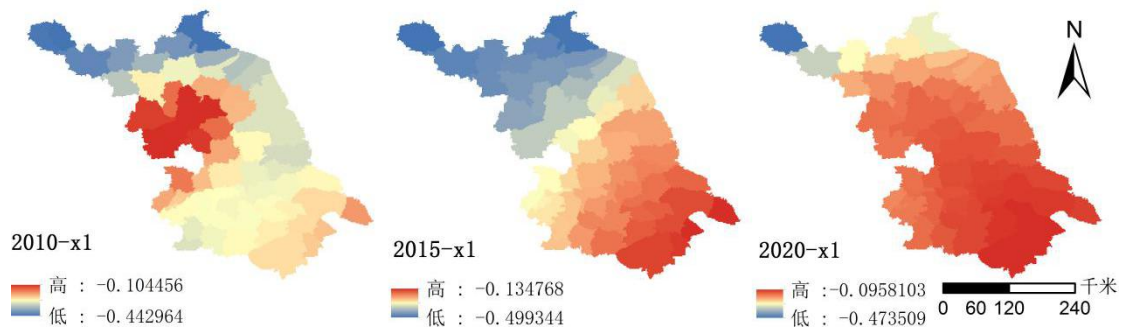


图 4.7 江苏省 2010-2020 年城镇化对经济功能回归系数的空间分布

供更多的就业机会，吸纳更多的农业劳动力，许多农民也将进入城市工作，这无疑对农业生产和耕地的经济功能产生了不利影响。尽管政府已经通过税收和财政支出等多种方式对农业生产进行了补偿，但这些措施仍然不足以填补农业经济在整个国民经济结构中所呈现的下降态势。江苏省北部地区的农村人口收入较低，更容易被城市的高工资吸引，进城务工的意愿更为强烈，因此城镇化对耕地经济功能的抑制作用北高南低。

2、城镇化对耕地社会功能的影响

城镇化对耕地社会功能的影响深远，其中人口城镇化对于社会功能的影响从 2010-2020 年整体上是抑制作用。从空间分布的角度可观察到（图 4.8），人口城

镇化的回归系数在东部沿海地区，随着时间的推移在递减，江苏省西部的回归系数在逐渐升高，高回归系数区域不断向西部内陆区县移动。城镇化进程对农民的净收入产生了显著的推动效果，高度的城镇化会吸引更多的农村劳动者。江苏省沿海地区由于海水侵蚀、盐碱化和地下水位的下降，导致了耕地的退化和减少。相较于其他农业区，这里的农业结构更为单调，农业的附加值较低，农民的收入增长也相对缓慢，因此在沿海地区城镇化具有更明显的抑制作用。

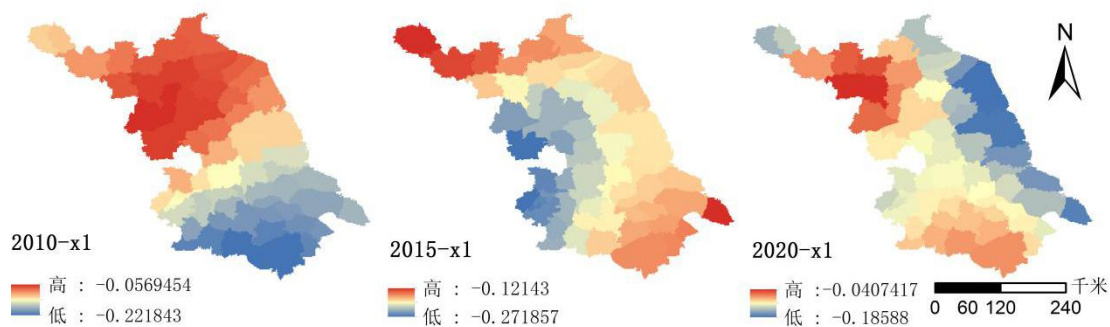


图 4.8 江苏省 2010-2020 年城镇化对社会功能回归系数

(2) 经济发展对耕地多功能影响的时空分异特征

1、经济发展对耕地经济功能的影响

2010-2020 年经济发展对耕地的经济功能产生了显著的抑制作用，且抑制效果逐步上升。第三产业的发展会导致耕地的利用效率和效益的降低。由于第三产业的发展能够提供更多的就业机会和收入来源，会吸引大量的农业劳动力转移，造成农村人口的减少和老龄化，影响农业的生产和管理。同时，第三产业的发展也会改变人们的消费结构和需求，导致农产品的供需失衡，影响农产品的价格和市场，降低耕地的利用效率和效益。

从空间分布的角度来看（图 4.9），2010 和 2015 年有少数地区成促进作用，到 2020 年江苏省内全部呈现抑制作用，且形成北强南弱的格局。2010-2020 年苏南地区一直为抑制作用较低地区，原因是苏南地区发展较早，第二产业发达，工业园区建设规模大，而与第二产业的影响程度相比，第三产业的增长影响则相对较小。苏北地区发展起步较晚，第二产业发展相对较弱，因此耕地经济功能受到第三产业增长的抑制较为明显。

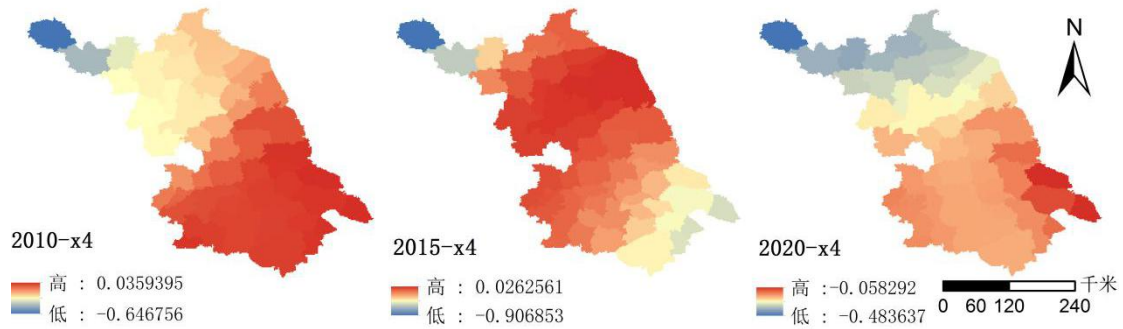


图 4.9 江苏省 2010-2020 年经济发展对经济功能回归系数

2、经济发展对社会功能的影响

经济发展对于社会功能呈现明显的抑制作用，从空间分布的角度（图 4.10），受抑制作用最严重的地区是苏北地区。随着经济发展水平的提高，农户对耕地的依赖正在急剧减少，城市新增的工作岗位逐渐增多，社会对农民工保障机制也不断完善，对劳动力的需求上升，导致农村劳动力流失。农业人口的流失造成农村的衰退、农业的下滑，耕地社会功能逐渐减弱。

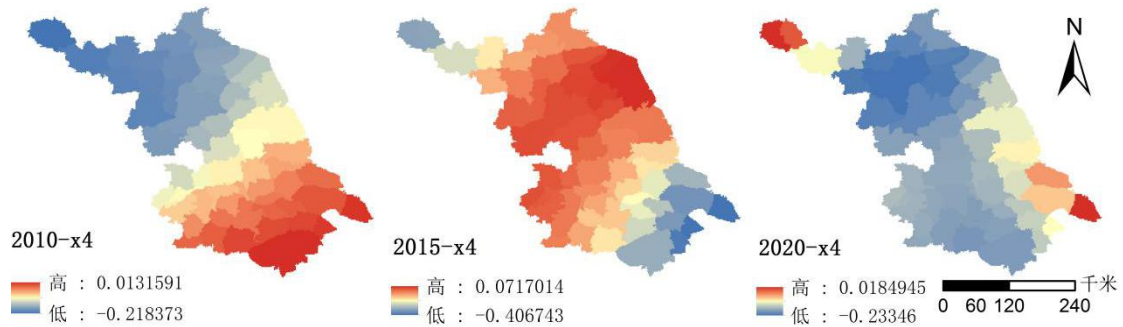


图 4.10 江苏省 2010-2020 年经济发展对社会功能回归系数

3、经济发展对生态功能的影响

经济发展对耕地生态功能的影响促进和抑制作用并存，具有明显空间分布特征（图 4.11）。苏北地区经济发展对耕地生态功能起到促进作用，并且自北向南回归系数逐渐降低至负值，苏南地区呈现抑制作用，说明不同的经济发展水平对耕地生态功能的影响变化较大。苏北地区经济社会发展水平与苏南地区相比处于较低水平，耕地利用模式较为单一，又因为耕地红线的限制，致使苏北地区对耕地的利用局限在基础农业生产，对耕地生境的破坏程度较低，且随着经济社会的发展，引进科学的绿色农业生产技术，使耕地生态功能得到进一步保护。苏南地区耕地红线面积占比较低，对耕地利用的限制较小，随着经济社会发展水平提升，

城市规模不断扩大，且这些地区主要以高新技术产业为主，如电子信息、生物医药、新能源等，对耕地的占用和影响相对较大，而且可能产生一些环境和社会问题，如资源消耗、污染排放、城市拥挤、城乡差距等，从而抑制耕地生态功能的发展。

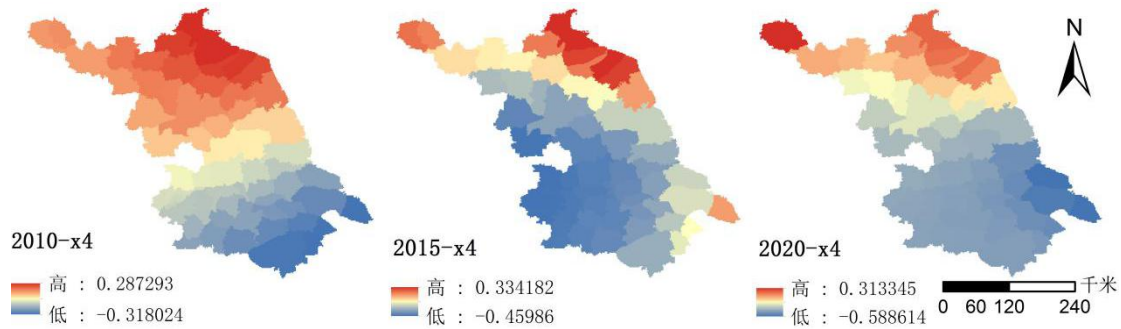
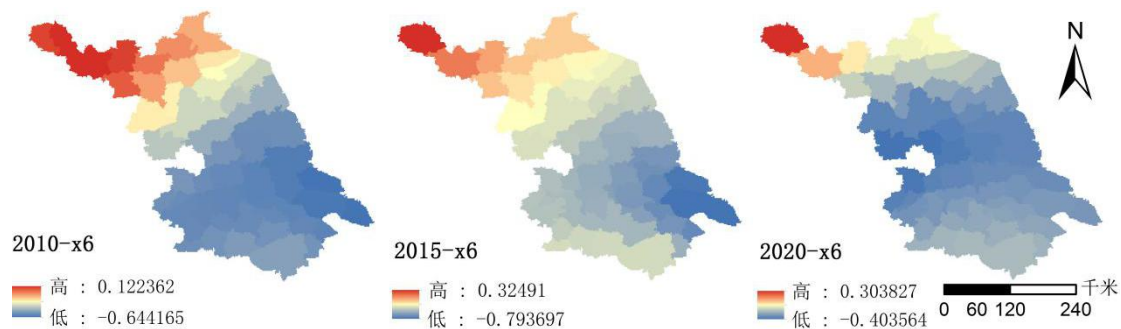


图 4.11 江苏省 2010-2020 年经济发展对生态功能回归系数的空间分布

(3) 自然条件对耕地多功能影响的时空分异特征

1、自然条件对经济功能的影响

从空间分布来看（图 4.12），降雨量对于耕地经济功能起促进作用的地区与徐淮农业区范围重合，其余地区降雨量起到抑制作用，坡度在徐淮农业区呈现出抑制作用且 2010-2020 年效果逐渐弱化，该地区地形由平原、丘陵组成，平均坡度较高，相对平原地区灌溉困难，机械化较低，土壤肥力较差，因此降雨量在该地区对耕地经济价值促进作用明显。该地区坡度的抑制作用逐渐走弱，这表明山区的耕地利用条件正在持续改善。政府加大了山区农机的补贴，使得山区农业机械化的推广取得了较大的成效。



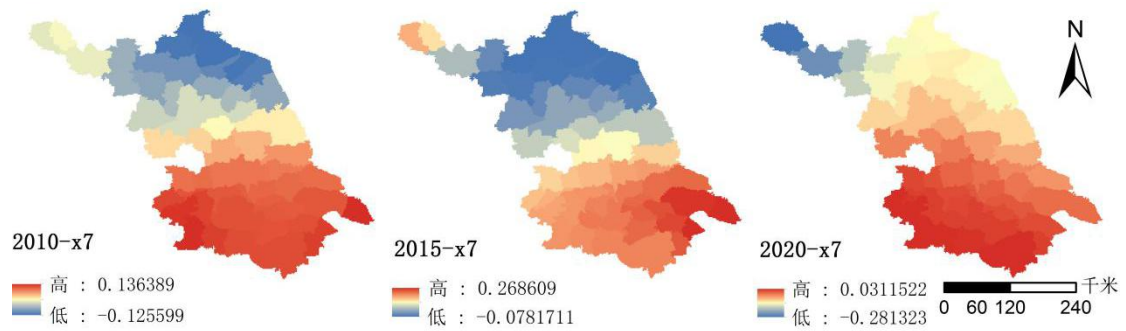


图 4.12 江苏省 2010-2020 年自然条件对经济功能回归系数的空间分布

2、自然条件对生态功能的影响

地形起伏度对于生态功能呈现明显的负面作用，但是呈明显的下降趋势。从空间分布上来看(图 4.13)，其中在苏北地区地形起伏度主要起促进作用，在南部地区则主要表现为抑制作用，2020 年地形坡度对于生态功能促进作用较强的地区转移到了沿海地带。南部地区受到抑制作用随着时间的推移逐渐削弱，说明随着农业生产技术的提升，在南部地区地形起伏度对耕地利用的限制逐渐减弱，农业增产性物料大量投入使得地形因素在维护对于耕地生态功能方面的作用逐渐减弱。

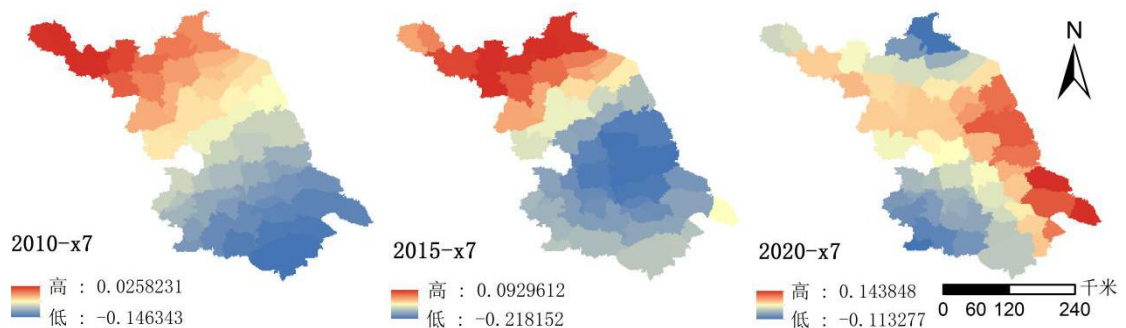


图 4.13 江苏省 2010-2020 年自然条件对生态功能回归系数的空间分布

4.5 耕地多功能影响机制分析

(1) 城镇化对耕地多功能的影响

城镇化是人口持续向城镇集聚的过程，这一过程伴随着城市建设用地的持续扩大、经济持续增长、产业结构的升级，以及居民生活方式和观念的改变。城市化涉及到多种内容和形态的转变，这包括户籍制度的改变、土地的性质和用途的转变，以及经济结构的调整等。随着人口向城市的迁移和集中，原有的城市居住空间容量面临了前所未有的挑战。为了满足新增居民的基本生活和工作需求，建

设用地的规模将不可避免地增加。同时，在城市化的各个阶段，对耕地的需求也会发生相应的变化。

在城镇化的早期阶段，城市居民数量较少，用于建设的土地规模也相对较小，其空间分布比较分散，扩张的强度和随机性都相对较低，同时，耕地的数量也相对较高，这使得农业在整个国民经济体系中的贡献更为显著。另外，当地居民的生活水平相对较低，他们对耕地的依赖度很高，对耕地的功能需求也相对单一。在耕地的多功能中，经济和社会功能的显化程度较高，但这在地理上并不是普遍存在的。在贫困的山区，耕地的利用投入相对较低，同时生态用地的占比也较高，生态功能也会比较突出。

在城镇化的中期阶段，工业化水平不断提升，对建设用地的需求也日益旺盛，大量耕地被侵占用。与此同时，耕地多功能的特性也得到了同步的体现。耕地的技术效率和生产率都有了显著的提升，导致了大量的耕地投入，尤其是化肥和农药等对环境有害的物质的投入增长最为显著。因此，耕地的集约化程度达到了一个新的高点，粮食产量的增速也是最快的。在这一阶段，城镇化对生态功能产生了明显的抑制作用，而经济和社会功能则呈现出不同程度的增长趋势。

随着城镇化进入到后期阶段，人口城镇化的增长速度开始放缓。但随着工程技术的进步和土地价格的持续上涨，建设用地的使用效率得到了显著提高。城市规划的执行效果也变得更加明显，城市用地的布局更加合理，对耕地的占用也受到了严格管控。因此，城乡居民的生活水平得到了进一步的提升，耕地的生态功能逐渐显化，占据重要地位，城镇化对生态功能的抑制作用逐步减弱。

在城镇化的最终阶段，城市规划的阶段性目标应当已经达成。随着城镇化进程的加速，建设用地高度集约化、建设用地规模的稳定，以及耕地和生态功能用地规模的持续稳定。在科学指导下，土地的使用和管理方式变得更为合理。因此，城镇化对耕地生态功能起到正向作用，这将导致农业人口的进一步减少，同时经济和社会功能的抑制效应也将持续增强。

(2) 经济发展对耕地多功能的影响

在不同的经济发展水平下，人们的认知能力和选择倾向会有所不同，这导致了耕地的各种功能呈现出不同的显化水平，进而影响了功能间权衡协同关系。在经济较为发达的区域，人们对基础物质生活的需求逐步减少，而更多的是对休闲

娱乐、教育文化和休闲观赏等精神需求的追求。例如，在各大城市附近建设的郊野公园和教育农园等设施，不仅满足了生产活动的需求，同时也满足了城市居民在高楼大厦密集和快节奏生活中的休闲和娱乐需求。在经济较为落后的地区，耕地在物质产出上具有明显的优势。随着时间的推移，耕地对农民的生活和工作保障变得越来越重要。农民在物质上的保障仍然不足，因此他们对生态和景观的精神需求较低。因此，他们更倾向于最大化地维持耕地的生产功能，而牺牲其生态功能，例如过度使用化肥和农药以确保其产量。这导致了土壤的板结和化肥的过量流失，进一步污染了河流，引发了一系列的生态问题。当地的人口规模、数量和素质是决定耕地功能之间关系的关键因素。当人口众多时，对耕地系统的要求也随之增加。当这种需求超过某一生态承载能力时，可能会导致耕地系统各功能间不平衡发展。相对地，区域内的人口数量越少，其素质越高，对整体耕地系统的需求就越低，与之进行的物质和信息的交换也会减少，从而减少了干扰，人们对耕地多功能协同发展的意愿更强烈。

(3) 自然条件对耕地多功能的影响

耕地系统是一个复杂的生态系统，它的功能表现不仅与其基础质量密切相关，还受到气候、地形、土壤和水文等多个因素的相互影响和制约。由于气候条件，例如温度和降水，南北地区的种植制度存在差异。北方的种植周期可能是一年一熟，而南方则多受气候变化的影响，如一年两熟或两年三熟。不同的种植模式会导致耕地功能之间的相关性有所不同。采用一年三熟的耕作模式会直接导致化肥使用量的增加和土壤压实问题的加剧，这进一步间接地妨碍了生态系统功能的正常运作，从而可能在南北两个地区产生不同的生产和生态功能的相互关系。东北地区的土壤因其较厚的土层和相对平坦的地形，在为耕地提供经济价值的同时，也能展现其生态功能。但在西部的山区，由于土壤层较薄和地形坡度较大，这导致在耕作过程中土壤容易流失，从而引发生态问题，形成了经济和生态功能之间的竞争关系。因此，在不同的自然资源环境中，耕地的各种功能表现会有所不同，这也导致了不同功能间的权衡协同关系存在差异。

5 江苏省耕地多功能权衡协同分析

前一章关于江苏省耕地多功能时空格局特征的分析结果表明,由于多种因素的影响,江苏省耕地多功能的空间分布和演变特征各异,为了促进耕地系统可持续发展,需要明确耕地多功能之间的关系。为此,本章先通过秩相关系数判断耕地多功能之间的权衡协同关系,再通过双变量空间自相关模型对耕地多功能在空间上的集聚特征进行分析。

5.1 权衡与协同关系分析

表 5.1-5.3 为江苏省耕地多功能间的相关系数结果,相关系数为正表示两功能之间呈正相关性,为协同关系;相关系数为负则表示负相关,为权衡关系;绝对值越大意味着相关性越强。总体而言,在研究期间,功能之间存在权衡关系的数量要多于协同关系,因此权衡关系是江苏省耕地多功能关系的主要特点,表明江苏省耕地多功能之间的相互关系还有很大的优化和改进空间。

耕地经济与社会功能一直为强协同关系,从 2010 年的 0.921 到 2020 年的 0.916,相关系数有所下滑,但仍保持强相关性;耕地经济和生态功能的关系一直是权衡关系,而相关系数从 2010 年的-0.487 上升到 2020 年的-0.385;耕地社会与生态功能同样一直是权衡关系,且权衡关系持续减弱,相关系数 2010 年的-0.387 上升到 2020 年的-0.267。综上,江苏省耕地多功能的三组相互关系中,两组为权衡关系,一组为协同关系。

表 5.1 2010 年江苏省耕地多功能相关系数

	经济	社会	生态
经济	1		
社会	0.921**	1	
生态	-0.487**	-0.387**	1

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

表 5.2 2015 年江苏省耕地多功能相关系数

	经济	社会	生态
经济	1		
社会	0.920**	1	
生态	-0.435**	-0.319*	1

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

表 5.3 2020 年江苏省耕地多功能相关系数

	经济	社会	生态
经济	1		
社会	0.916**	1	
生态	-0.385**	-0.267*	1

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

5.2 空间关联特征分析

本节使用双变量空间自相关模型，利用 GeoDa 软件实现，分别计算 2010、2015 和 2020 年江苏省耕地多功能之间的相互关系，并借助 Moran's I 散点图和 LISA 图对耕地多功能相互关系的空间关联特征进行了可视化表达。

5.2.1 耕地经济与社会功能权衡与协同空间关联特征

散点图中，第一象限表示高-高集聚，第三象限表示低-低集聚，在一、三象限的点代表着协同关系；而第二象限表示高-低集聚，第四象限表示低-高集聚，在二、四象限中的点代表权衡关系。通过散点图（5.1）可以观察到，三个年份江苏省耕地经济与社会功能之间呈现显著的协同关系，且随着时间推移点的分布逐渐分散，表现出离散趋势，Global Moran's I 的数值也逐步下降。

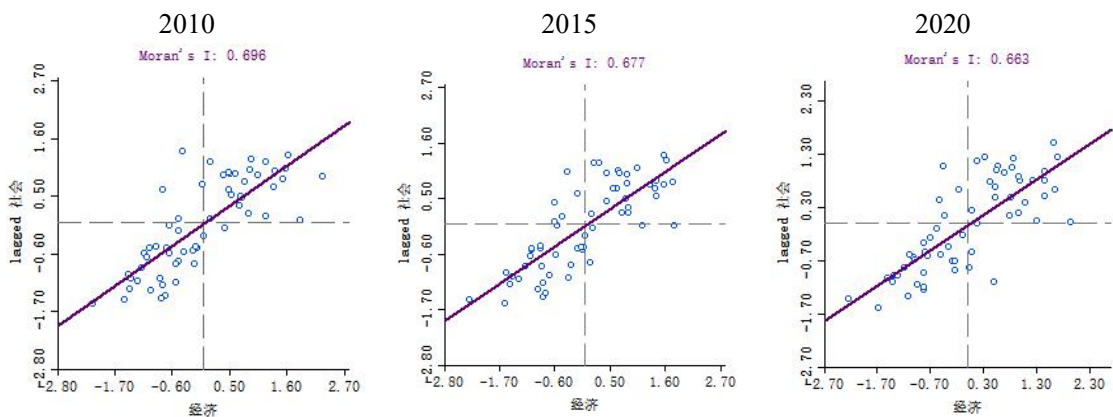


图 5.1 江苏省耕地经济与社会功能权衡与协同关系 Moran's I 散点图

从空间分布来看（图 5.2），2010 年，江苏省苏南地区是低-低集聚，形成了分别以南京地区和苏州、无锡地区为中心的两个集聚区。苏北地区主要是高-高集聚，附近的连云港市辖区、宿迁市辖区是低-高集聚。2015 年，高邮市、射阳县的功能关系发生转变，经济功能提升明显，转变为高-高集聚，句容市由低-低

集聚转变为高-低集聚，说明经济功能功能同样提升明显。2020年，南京市周边低-低集聚地区有所减少，六合区和句容市转变为高-低集聚，常州市转变为低-低集聚，苏南地区两个低-低集聚区有相连的趋势，同时苏北地区高-高集聚的空间范围开始扩散。耕地经济与社会功能主要表现为协同关系，在苏南地区两种功能都需要进一步提升，在苏北地区为高-高集聚，说明两功能已经形成互相促进发展的模式。

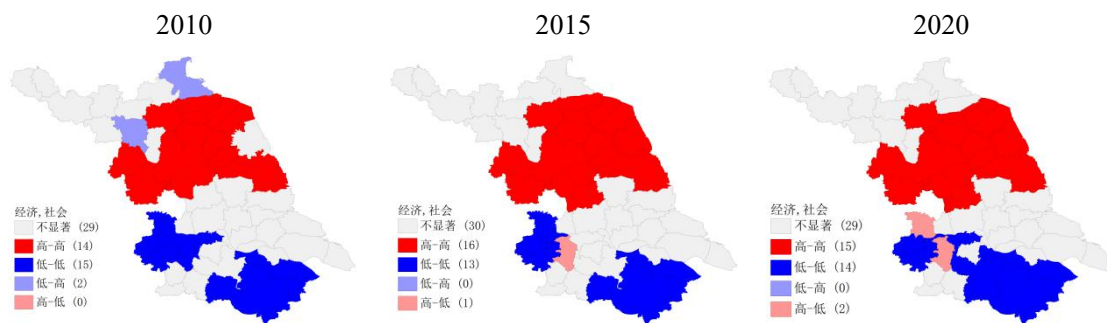


图 5.2 江苏省耕地经济与社会功能权衡与协同关系 LISA 分布图

5.2.2 耕地经济与生态功能权衡与协同空间关联特征

从散点图(图 5.3)可以观察到，Global Moran's I 的数值均小于 0，表示研究期内江苏省整体耕地经济功能与生态功能主要呈现出权衡关系，但空间负相关性有下降趋势。

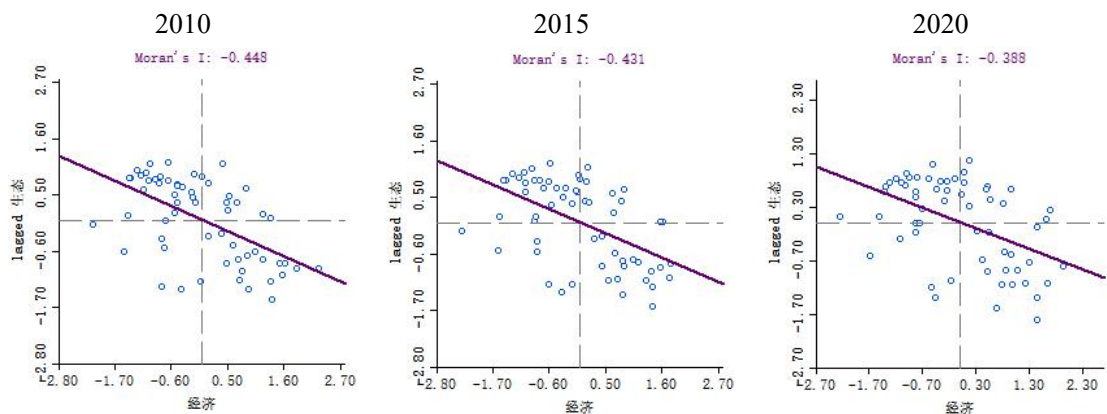


图 5.3 江苏省耕地经济与生态功能权衡与协同关系 Moran's I 散点图

从空间分布来看(图 5.4)，2010年江苏省耕地经济与生态功能关系的空间分布特征是徐淮农业区、沿江农业区权衡集聚明显，其中徐淮农业区以高-低集聚为主，徐州市区、宿迁市区和连云港市区是低-低显著，而沿江农业区除南通市以外全部都是低-高集聚，南通市是高-高显著。2015年徐淮农业区的空间集聚特

征有所转变,邳州市和新沂市转变为高-低显著,沛县从高-低显著转变为不显著,沿江农业区空间关联特征未发生变化。2020年沿江农业区和里下河农业区的空间集聚特征有所转变,其中泰兴市由低-高显著转变为高-高显著,如皋市由高-高显著转变为低-高显著,高邮市为高-高显著,徐淮农业区和沿江农业区的权衡关系开始减弱,泗阳县由高-低显著变为不显著,苏州市区由低-高显著转变为不显著。

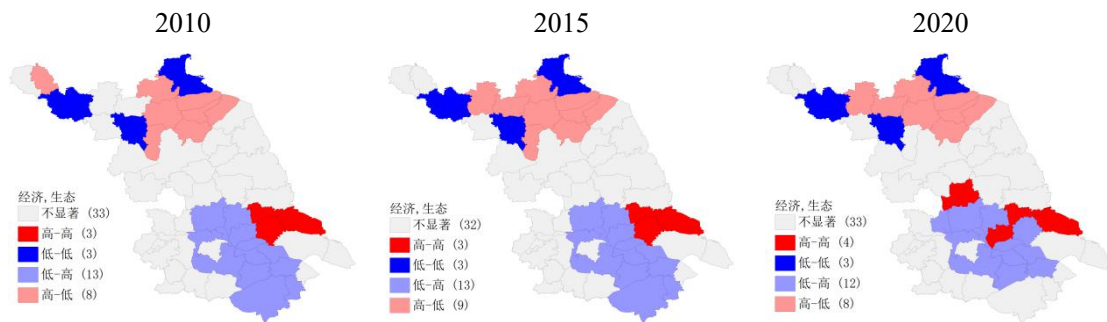


图 5.4 江苏省耕地经济与生态功能权衡与协同关系 LISA 分布图

整体来看,2010-2020年江苏省耕地经济与生态功能的关系是权衡与协同并存,其中2010-2015年权衡为主,2020年协同效应开始显化,里下河部分地区经济功能提升明显,功能关系从低-高向高-高转型,徐淮农业区和沿江农业区权衡关系减弱。耕地经济功能的增长对生态功能产生了一定程度抑制效果。但随着政府的环境政策以及可持续农业的发展,耕地经济和生态功能正在逐步朝向协同发展的关系转变。

5.2.3 耕地社会与生态功能权衡与协同空间关联特征

从散点图(图 5.5)可以观察到,Global Moran's I 的数值均小于 0,空间负相关性 2010-2020 年整体上减弱,但有反复,2020 年空间负相关性较 2015 年有所加强。研究期内江苏省耕地社会与生态功能的主要表现为权衡关系。

从空间分布来看(图 5.6),2010 年江苏省耕地社会与生态功能关系的空间分布也是徐淮农业区与沿江农业区权衡集聚明显,其中徐淮农业区以高-低集聚为主,徐州市区和连云港市区是低-低显著,而沿江农业区都是低-高集聚,另外扬泰地区也是低-高集聚为主,泰兴市为高-高集聚,海安市和如东县也是高-高集聚。2015 年徐淮农业区的空间关联特征发生了一定的变化,其中邳州市为低-低

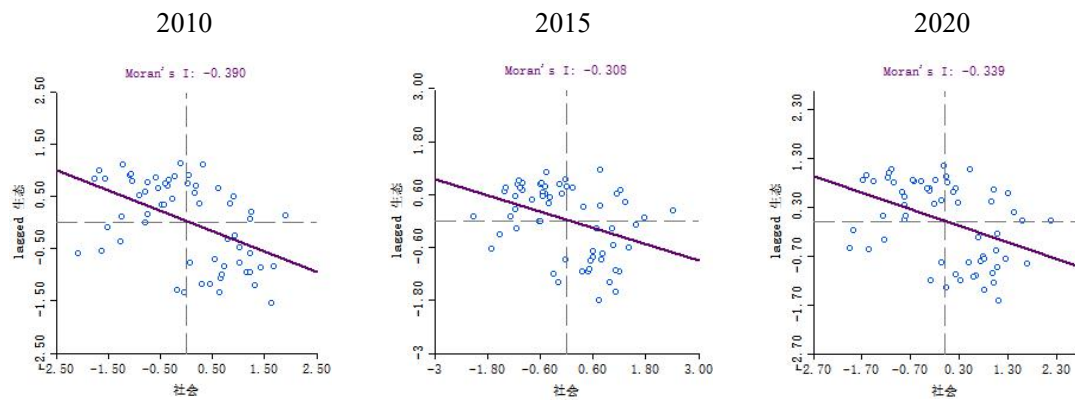


图 5.5 江苏省耕地社会与生态功能权衡与协同关系 Moran's I 散点图

显著，新沂市为高-低显著，沛县和泗阳县由高-低显著转变为不显著，沿江农业区低-高集聚单元数量减少，苏州市由低-高显著转变为不显著，高邮市转变为高-高显著，泰兴市由高-高显著变为低-高显著。2020 年连云港市区由低-低显著转变为高-低显著，泗阳县为高-低显著，沿江农业区仍然全部都是低-高集聚。江苏省耕地社会与生态功能之间以权衡关系为主，但这种关系逐渐减弱。从空间分布来看，徐淮农业区属于高-低集聚，耕地社会功能一定程度上抑制了生态功能，而沿江农业区属于低-高集聚，耕地生态功能高，社会功能低，两者也存在明显的抑制效果。

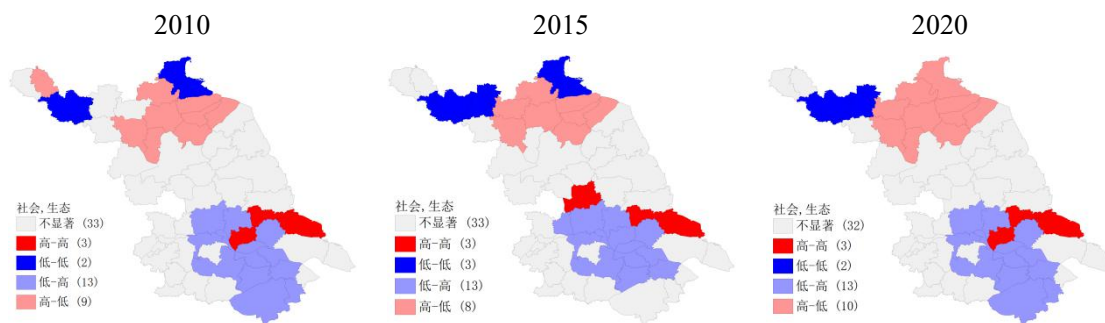


图 5.6 江苏省耕地社会与生态功能权衡与协同关系 LISA 分布图

5.3 影响因子分析

(1) 经济与社会功能权衡协同影响因子分析

观察偏相关系数表(表 5.4)后发现，2010 年让相关系数有明显变化的影响因子有 x_1, x_4, x_5, x_7 ，四个影响因子都对耕地经济与社会功能的协同关系起促进作用；2015 年 x_1, x_4, x_5, x_7 四个影响因子同样使相关系数发生了明显变化，其中 x_1, x_4, x_5

三个影响因子对耕地经济与社会功能的协同关系起促进作用， x_7 由 2010 年的促进作用转变为抑制作用；2020 年和 2015 年同样，除 x_7 以外的影响因子对协同关系都起到了促进作用。根据结果可以观察到， x_1, x_4, x_5, x_7 显著影响了江苏省耕地经济与社会功能的协同关系，城镇化和经济发展因素促进了经济与社会功能协同发展，而自然条件因素对经济和社会功能的协同关系以抑制为主。

表 5.4 耕地经济功能-社会功能关系偏相关系数

	相关系数	x_1	x_4	x_5	x_7
2010	0.921**	0.840**	0.851**	0.829**	0.912**
2015	0.920**	0.886**	0.898**	0.862**	0.928**
2020	0.916**	0.890**	0.886**	0.852**	0.925**

(2) 经济与生态功能权衡协同影响因子分析

对偏相关系数(表 5.5)分析后发现，2010 年相关系数发生明显变化的影响因子有 x_4, x_5, x_7 ，其中 x_4 对耕地经济与生态功能的权衡关系起抑制作用， x_5, x_7 则加强了权衡关系；2015 年使相关系数发生明显变化的是 x_1, x_4, x_5, x_7 四个影响因子，其中 x_1, x_4 两个影响因子对耕地经济与生态功能的权衡关系起抑制作用， x_5, x_7 则加强了权衡关系；2020 年是 x_1, x_4, x_5 三个影响因子使相关系数发生了变化， x_1, x_4 两个影响因子对耕地经济与生态功能的权衡关系起抑制作用， x_5 加强了权衡关系。因此，城镇化与经济发展的水平抑制了耕地经济与生态功能间的权衡关系，而自然条件因素一定程度上增强了两功能间的权衡关系。

表 5.5 耕地经济功能-生态功能关系偏相关系数

	相关系数	x_1	x_4	x_5	x_7
2010	-0.487**	-0.483**	-0.495**	0.069	-0.464**
2015	-0.435**	-0.532**	-0.519**	0.007	-0.401**
2020	-0.385**	-0.420**	-0.579**	-0.274*	-0.387**

(3) 社会与生态功能权衡协同影响因子分析

观察偏相关系数表(表 5.6)后发现，2010 年让相关系数发生了显著变化的影响因子为 x_1, x_5 ，两个影响因子都对耕地社会与生态功能权衡关系起促进作用；2015 年使相关系数发生明显变化的是 x_1, x_4, x_5 三个影响因子，其中 x_1, x_4 两个影响因子抑制了耕地社会与生态功能间的权衡关系， x_5 加强了权衡关系；2020 年在剔除了 x_4, x_5 两个影响因子之后，相关系数发生改变， x_4 对耕地社会与生态功能

的权衡关系起抑制作用， x_5 加强了权衡关系。因此，城镇化与经济发展因素抑制了耕地社会与生态功能间的权衡关系，而自然条件因素加强了权衡关系。

表 5.6 耕地社会功能-生态功能关系偏相关系数

	相关系数	x_1	X_4	X_5	X_7
2010	-0.387**	-0.360**	-0.382**	0.176	-0.385**
2015	-0.319*	-0.364**	-0.355**	0.144	-0.305*
2020	-0.267*	-0.265*	-0.417**	-0.107*	-0.293*

6 江苏省耕地多功能协同发展路径

本章基于外部性理论对耕地相关利用主体行为以及耕地多功能协同发展路径进行理论分析，结合以前章节关于耕地多功能协同关系影响因素的研究结论，由此获得江苏省耕地多功能协同发展的政策建议。

6.1 耕地多功能协同发展的理论分析基础：耕地利用外部性行为

耕地利用的负外部性主要表现为耕地过度耕作给生态环境带来的负面影响。为了追求更高的经济回报，农民常常过分依赖化肥、农药和农膜来增加短期内农产品的产量，这不仅导致了土壤的污染和附近水域的富营养化，还带来了巨大的生态损失。更为严重的是这些负面的外部影响还可能转移到未来，产生代际负外部性，给可持续发展带来巨大的障碍。这些成本最终会转移至社会，由社会共同承担。如图 6.1，由于负外部性的存在，社会边际成本(MSC)大于私人边际成本(MPC)，两者的差额则是耕地利用的负外部性。由于耕地利用主体不会承担所有的成本，因此最终会实现产量 Q_2 。因 Q_2 大于 Q_1 ，耕地的经济和社会功能提升，但是由此增加的社会成本降低了耕地生态功能，导致了功能间的权衡关系。由此可见，负外部性的存在会导致耕地多功能间权衡关系的产生。在进行耕地利用的生产过程时，必须考虑到当地耕地资源禀赋和生态环境的承载能力。如果无限制地使用增产性物料，虽然可以让产量上升，但长期会对自然环境造成损害，导致社会边际成本(MSC)的上升，负外部性也会增加，这就意味着耕地生产过程中会产生更多负外部性，且将由全社会共同承担，意味着耕地多功能之间无法协同发展。

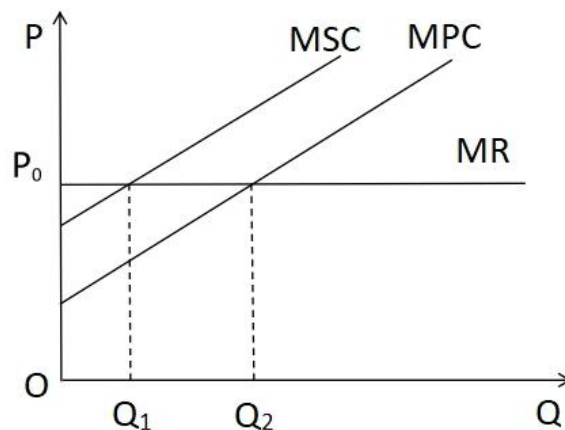


图 6.1 耕地利用负外部性

耕地利用的正外部性表现为耕地利用主体不能完全享有自身创造的利益，部分收益被无偿分配给了其他主体，因为耕地不仅具有经济功能，同时还具备社会和生态功能。如图 6.2，由于正外部性的存在，社会边际收益（MSR）总是大于私人边际收益（MPR），两者之间的差额则为耕地利用的正外部性。由于耕地利用主体创造收益的一部分被社会享有，且相关主体无需支付成本，耕地利用主体无法获取全部收益便会出现逆向选择，主动减少产量，导致最终的产量 Q_1 小于社会最优产量 Q_2 。在这种市场失调的情况下，耕地多功能也就无法实现协同发展。

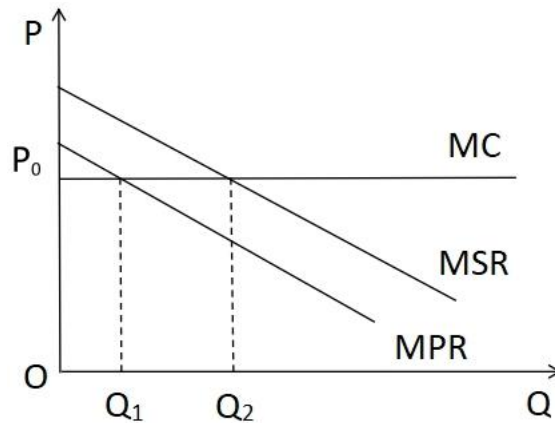


图 6.2 耕地利用正外部性

6.2 外部性视角下耕地多功能协同发展的路径分析

耕地利用外部性的存在会影响利用主体的经济活动量（图 6.3）。正外部性的存在使得耕地利用的外部收益被社会无成本的享有，耕地利用主体没有得到相适应的补偿，出现逆向选择行为，进而减少自己的经济活动量，且随着正外部性的增加，耕地利用主体减少经济活动量的倾向会越大。极端情况下，当社会收益远远大于私人收益时，耕地利用主体会停止生产行为，经济活动量减少为 0。因此需要政府部门介入，通过政策调控，对生产正外部性的利用主体进行补偿，使个人边际收益与社会边际收益的差额缩小，激发增产的积极性。另外，负外部性的存在使耕地利用主体在进行生产行为时，无需支付所有成本，外部成本由社会全体承担，因此收到利益驱使，耕地利用者会倾向于不断加大开发行为。由于边际效益递减规律的存在，且耕地利用受到生产要素总量的限制，因此负外部性的

曲线最终会变得更为平缓，导致负外部效应的持续累积。此时，公共部门可以制定相应政策以减少社会成本或是增加私人成本，缩小两者之间的差额，对付外部性进行控制。

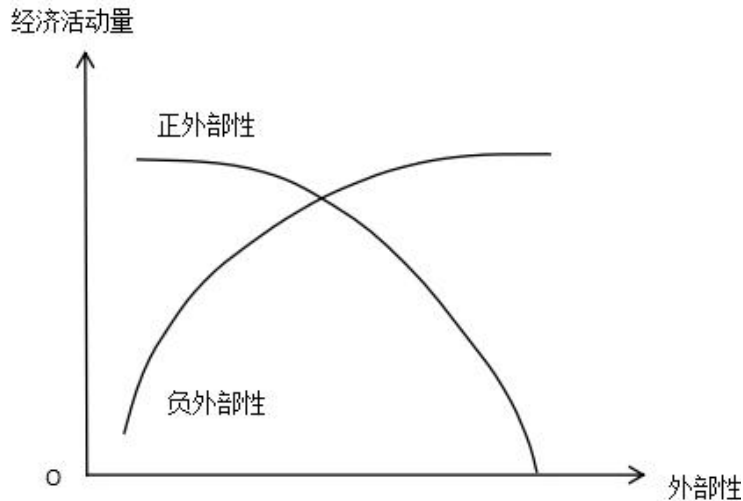


图 6.3 外部性对经济活动的影响

耕地多功能权衡的状态其本质是耕地系统由于外部性的存在，所导致的市场失灵。通过对外部性的控制，一方面对产生正外部性的主体给予补偿，另一方面对负外部性生产主体进行征税或惩罚，将外部成本内部化，从而对负外部性和正外部性进行平衡，从而达到耕地系统的帕累托最优，推动耕地多功能协同发展。耕地多功能协同发展路径的实质就是对耕地利用外部性的控制，尽可能减少私人和社会边际收益以及私人和社会边际成本之间的差额。

6.3 基于外部性控制手段的江苏省耕地多功能协同发展路径

根据江苏省耕地多功能格局和社会经济发展水平的具体情况，考虑耕地多功能协同影响因子的作用方式，基于上述分析得出的耕地多功能协同利用的外部性控制手段，可为江苏省耕地多功能协同发展提供有效的政策建议。

6.3.1 提升城镇化质量

在当前社会发展水平下，城镇化对耕地多功能以抑制作用为主，所以在当前阶段，城镇化的现状是抑制多功能协同发展的重要因素，提升城镇化质量可以促进耕地多功能协同发展。如前述及，通过提高私人边际收益，使曲线 MPR 向右移动，与曲线 MSR 差额减小，正外部性降低，减少耕地利用主体逆向选择的发

生,促进耕地多功能协同发展。结合当前江苏省各地区的城镇化情况和耕地多功能演变特征,提出以下耕地多功能协同发展建议:

(1) 优化城镇布局 and 结构。江苏省应该根据不同地区的资源禀赋、经济特点、人口规模、环境容量等因素,制定合理的城镇规划,形成以南京、苏州、无锡等大中城市为核心,以县域城镇为支撑,以乡村社区为基础的城镇体系,实现城镇的均衡发展和功能分工。深化落实“1+3”重点功能区,形成“生态优先、带圈集聚、腹地开敞”的“两心三圈四带”国土空间总体格局。同时,江苏省应该加强农村地区的基础设施建设,提高公共服务水平,改善农村的生态环境,提升耕地的经济功能。

(2) 推进农村土地制度改革。江苏省应该保障农民的土地承包权和经营权,激发农民的土地经营积极性,促进土地的集约化和规模化经营。同时,江苏省应该推动农民的土地流转和入股,增加农民的土地收益,拓宽农民的增收渠道。

(3) 江苏省应该规范农村土地的征收和利用。江苏省应该严格控制农村土地的征收规模,避免过度占用耕地,保护农业的基本生产条件。同时,江苏省应该合理确定农村土地的征收补偿标准,保障农民的合法权益,增强农民的参与感和获得感。此外,江苏省应该优化农村土地的利用结构,鼓励发展农村产业园区、特色小镇、乡村旅游等新型业态,提高耕地的附加值和综合效益。

(4) 发挥耕地的多功能作用。江苏省应该充分认识耕地不仅是农业生产的基础,也是生态保护的重要载体,也是文化传承的重要资源,也是社会稳定的重要保障。因此,江苏省应该在保障耕地的粮食安全功能的同时,加强耕地的生态建设,提高耕地的环境质量,增强耕地的生态服务功能。同时,江苏省应该弘扬农业文化,保护农业遗产,提升耕地的文化价值,增强耕地的文化传承功能。同时,江苏省应该促进农民的社会参与,保障农民的民主权利,提高耕地的社会效益,增强耕地的社会稳定功能。

6.3.2 推动经济高质量发展

如前述及,通过降低社会边际成本,使曲线 MPC 向右移动,与曲线 MSC 差额减小,负外部性降低,可促进耕地多功能协同发展;同时,通过提高私人边际收益的方式亦可完成耕地多功能协同发展的目标。结合当前江苏省各地的经济发展和耕地多功能现状,提出以下多功能协同发展建议:

(1) 加快产业转型升级。江苏省应该根据国家的战略规划和自身的优势，培育和发展新兴产业，如新能源、新材料、新一代信息技术、生物医药、高端装备制造等，提高产业的附加值和竞争力。同时，江苏省应该优化和调整传统产业，如钢铁、化工、纺织、建材等，推进节能减排、清洁生产、循环利用等，提高产业的效率和质量。产业转型升级可以减少对耕地的占用和污染。新兴产业和优化的传统产业，一般都需要较少的土地资源，而且都可以采用更环保的生产方式，从而减少对耕地的占用和污染，促进耕地多功能协同发展。

(2) 深化科技创新和人才培养。江苏省应该加大科技投入，强化科技支撑，建设一批国家和省级的科技创新平台，如国家实验室、工程技术研究中心、产业技术创新联盟等，促进科技成果的转化和应用。同时，江苏省应该加强人才引进和培养，建设一批国家和省级的人才培养基地，如国家重点实验室、国家重点学科、国家重点人才计划等，培养一批高层次的创新人才和领军人才。科技创新和人才培养，可以为农业提供更先进的技术和更优秀的人才，从而提高耕地的生产力和效益，保障耕地多功能协同发展。

(3) 推进区域协调和开放发展。江苏省应该充分发挥南京、苏州、无锡等中心城市的辐射带动作用，加强与周边省份和城市的合作和交流，形成一批区域性的发展战略，如长江经济带、长三角一体化、苏皖合作等，实现区域的协调发展和互利共赢。同时，江苏省应该积极参与国际和国内的开放合作，利用一带一路、自由贸易区、自由贸易港等机遇，拓展国际和国内的市场和资源，提高江苏的开放度和影响力。区域协调和开放发展，可以为农业提供更广阔的市场和更丰富的资源，从而拓展耕地的市场和资源，增加耕地的经济价值，随着市场的扩大，也会为农民提供更多的就业岗位。

6.3.3 提倡可持续集约化农业

如前述及，通过降低社会边际成本，使曲线 MPC 向右移动，与曲线 MSC 差额减小，负外部性降低，从而实现耕地多功能协同发展。结合当前江苏省各地的自然环境状况差异和耕地多功能现状，提出以下多功能协同发展建议：

(1) 优化耕地的布局 and 结构。江苏省应该根据不同地区的自然条件、经济特点、市场需求等因素，制定科学合理的耕地规划，确定耕地的功能定位和发展方向，形成以粮食作物为主的基本农田、以经济作物为主的优势农田、以特色作

物为主的特色农田等不同类型的耕地，实现耕地的功能分化和差异化发展。坚持构建五大片区农业空间格局，分别为徐淮农业区、沿海农业区、里下河农业区、宁镇杨丘陵农业区和沿江农业区，发挥不同区域农业资源优势，推动农业差异化协同发展，形成于主体功能定位相适应的农业空间格局。

（2）提高耕地的利用率和产出率。江苏省应该利用现代农业技术，如精准农业、智慧农业、节水农业、循环农业等，实现耕地的精细化管理和智能化决策，提高耕地的利用率和产出率，增加耕地的经济价值和社会效益。同时，江苏省应该实施多元化种植，如轮作、间作、套作等，提高耕地的生物多样性和土壤肥力。

（3）强化耕地的保护和修复。江苏省应该加强耕地的法律保护和监管，牢牢守住耕地红线，严格控制耕地的征用和占用，保持耕地的总量和质量，防止耕地的流失和退化。同时，江苏省应该加强耕地的生态修复和环境治理，如秸秆还田、有机肥施用、生物防治等，减少耕地的污染和破坏，恢复耕地的生态功能。

7 研究结论、政策建议与研究展望

本文梳理了耕地多功能的相关理论,将耕地多功能分为经济、社会和生态三类功能,在此基础上分析了江苏省耕地多功能的时空演化特征及多功能变化的影响因素,并进一步通过秩相关系数判定耕地多功能权衡与协同关系,结合双变量空间自相关方法分析空间关联特征,最后根据外部性理论,对耕地利用相关主体行为进行分析,阐述了多功能协同发展路径的实质,结合江苏省土地利用现状提出外部性控制手段以实现耕地多功能协同发展。现将论文研究结论及政策建议总结如下:

7.1 研究结论

(1) 耕地经济和社会功能值高的地区位于江苏省北部,耕地生态功能值呈现北低南高的格局

论文将耕地多功能分为经济、社会、生态三大功能,深入探讨耕地多功能时空分布及演变特征,并将结果进行了可视化表达,综合 2010-2020 年的结果对江苏省耕地多功能空间演化特征展开分析,研究结果表明:在研究期间,江苏省各区县耕地多功能的空间分布呈显著正相关,耕地经济和社会功能值高的地区始终位于江苏省北部,功能值低的地区位于江苏省南部,耕地生态功能呈北低南高的格局。从时间维度来看,2020 年耕地经济功能热点区向西部延伸,整体范围扩大;冷点区依然分别以南京市和苏州市为核心。2020 年,耕地社会功能高等级地区数量大幅增加且范围向北部延伸,部分较高等级地区转变为高等级地区;低等级地区数量增加到比 2010 年更高的水平,两端比重增加,区域间差距较大。耕地生态功能的热点区范围逐步缩小,说明耕地生态功能的空间差异有所下降,降低了耕地生态功能的空间集聚程度。

(2) 城镇化和经济发展对于耕地的经济和社会功能主要产生抑制作用,经济发展对于耕地生态功能起到促进和抑制作用,自然环境对于耕地经济功能起到促进和抑制作用

论文运用地理加权模型,选取 2010、2015、2020 年三个年份对江苏省县域耕地多功能的影响因素进行分析,研究各影响因素在不同的时间和地区所产生的差异性作用。研究结果表明:城镇化对于耕地经济和社会功能主要产生抑制作用,江苏省北部地区城镇化对耕地经济功能抑制效果更高,在沿海地区对于社会功能

抑制作用较高。经济发展对于耕地经济和社会功能同样是抑制作用，整体上对北部地区的抑制效果更强；经济发展对于耕地生态功能促进和抑制作用同时存在，苏北地区经济社会发展对耕地生态功能起到促进作用，并且自北向南回归系数逐渐降低至负值，苏南地区呈现抑制作用，说明不同的经济社会发展水平对耕地生态功能的影响变化较大。自然环境对于耕地经济功能促进和抑制作用同时存在，表明通过改善农业基础设施，可以一定程度缓解自然环境对耕地经济功能的限制。

(3) 经济功能与生态功能、社会功能与生态功能均为权衡关系，经济功能和社会功能互为协同关系

根据相关性分析结果显示，耕地经济与生态功能以及耕地社会与生态功能呈现出权衡关系，耕地经济与社会功能为协同发展的关系。在对耕地多功能进行空间分析后发现，集聚效应主要集中在徐淮农业区、里下河农业区和沿江农业区。

7.2 相关政策建议

基于论文的相关理论分析，结合上述主要研究结论，根据江苏省耕地多功能发展格局和经济发展水平，考虑各影响因子的作用方式，提出江苏省耕地多功能协同发展的政策建议如下：

(1) 规范城镇化进程

优化江苏省城镇布局 and 结构，根据不同地区的资源禀赋、经济特点、人口规模、环境容量等因素，制定合理的城镇规划；推进农村土地制度改革，保障农民的土地承包权和经营权，激发农民的土地经营积极性，促进土地的集约化和规模化经营；规范农村土地的征收和利用，严格控制农村土地的征收规模，避免过度占用耕地，保护农业的基本生产条件；发挥耕地的多功能作用，促进社会参与，提高耕地的社会文化效益。

(2) 推动经济高质量发展

加快江苏省产业转型升级，培育和发展新兴产业，优化和调整传统产业，减少对耕地的占用和污染；深化科技创新和人才培养，为农业提供更先进的技术和更优秀的人才，提高耕地的生产力和效益；推进区域协调和开放发展，发挥中心城市辐射带动作用，拓展国际和国内的市场和资源，为农业提供更广阔的市场和更丰富的资源，从而拓展耕地的市场和资源，提升耕地的经济和社会功能。

(3) 发展可持续集约化农业

优化江苏省耕地的布局 and 结构, 制定科学合理的耕地规划, 发挥不同区域农业资源优势, 推动农业差异化协同发展; 提高耕地的利用率和产出率, 利用现代农业技术, 实现耕地的精细化管理和智能化决策, 增加耕地的经济价值和社会效益; 强化耕地的保护和修复, 加强耕地的法律保护和监管, 严格控制耕地的征用和占用, 保持耕地的总量和质量, 同时加强耕地的生态修复和环境治理, 恢复耕地的生态功能。

7.3 研究不足

论文深入探讨了江苏省耕地多功能及其影响机制。然而, 由于耕地系统的内在复杂性以及耕地多功能显化的动态性, 对耕地多功能的识别和影响机制分析存在不足, 还需要进一步地研究和修正:

(1) 研究内容可进一步细化

关于耕地多功能类型的分类还没有一个统一的标准, 根据不同的观点或研究需求, 对耕地多功能内涵的定义也存在不同的看法。为了能够更加准确地认识与把握耕地多功能的特点, 就必须要根据耕地多功能的属性来进行相应的分类工作。本研究将耕地多功能分为经济、社会和生态三大功能, 但需要注意的是, 耕地在不同的发展时期和自然条件下会展现出不同的功能特性。因此, 对于不同的研究目标和地域, 科学地规划研究计划、细化研究主题和流程是耕地多功能研究中需要进一步加强和完善的部分。

(2) 研究区和时间可进一步扩展

本文以 2010-2020 年的数据对江苏省耕地多功能权衡协同关系进行研究, 时间跨度较短, 未揭示长期下耕地多功能演化特征, 且本文仅针对江苏一省进行研究, 具有一定局限性, 后续可从省域角度出发, 对全国范围内耕地多功能权衡协同关系的演化特征及影响机制进行研究, 进一步完善耕地多功能研究内容。

参考文献

- [1]Assesment M E.Ecosystems and human well-being:synthesis[J].Physics Teacher, 2005, 34(9):534-534.
- [2]Bennett,E.M.,Peterson,G.D.,&Gordon,L.J.(2009).Understanding relationships among multiple ecosystem services.Ecol Lett,12(12),1394-1404.
- [3]Boyd J,Banzhaf S.What are ecosystem services?The need for standardized environmental accounting units[J].Ecological Economics,2007,63(2-3):616-626.
- [4]Cord,A.F.,Bartkowski,B.,Beckmann,M.,Dittrich,A.,Hermans-Neumann,K.,Kaim,A. et al.(2017).Towards systematic analyses of ecosystem service trade-offs and synergies:Main concepts,methods and the road ahead.Ecosystem Services.10.1016/j.ecoser.2017.07.012.
- [5]Costanza R,Arge,Groot R D,et al.The value of the world's ecosystem services and natural capital[J].Nature,1997,387(15):253-260.
- [6]Daily G C.Nature's Services:Societal Dependence on Natural Ecosystems.1997.
- [7]Fisher B,Turner K,Zylstra M,et al.Ecosystem services and economic theory:integration for policy-relevant research[J].Ecological Applications,2008,18.
- [8]Gebhard B.Reinfried M.Assessment of Non Monetary Values of Land'For Natural Resource Management Using Spatial Indicators[C].International Conference on Spatial Information for Sustainable Development,2001(10):1-12
- [9]Groot R,Wilson M A,Boumans R.A typology for the classification,description and valuation of ecosystem functions,goods and services[J].2002,41(3):393-408.
- [10]Li H, et al. Spatial-temporal evolution and classification of marginalization of cultivated land in the process of urbanization[J]. Habitat International, 2017, 61 : 1-8
- [11]Odum E F.Fundamentals of Ecology.Saunders,1971.
- [12]OECD.Multifunctionality:Towards an Analytical Framework[M].Paris:OECD Publishing; Éditions OECD,2001.
- [13]Sal A G, García A G. A comprehensive assessment of multifunctional agricultural land-use systems in Spain using a multi-dimensional evaluative model[J].

- Agriculture, Ecosystems and Environment, 2006, 120(1):82-91.
- [14]ÜMander,Wiggering H,Helming K.Multifunctional land use:meeting future demands for landscape goods and services[J].Springer Berlin Heidelberg,2007,10.1007/978-3-540-36763-5(Chapter 1):1-13.
- [15]Verburg P H,Steeg J,Veldkamp A,et al.From land cover change to land function dynamics:A major challenge to improve land characterization[J].Journal of Environmental Management,2009,90(3):1327-1335.
- [16]Vereijken P H. Transition to multifunctional land use and agriculture[J]. NJAS:Wageningen Journal of Life Sciences, 2003,50(2):171-179.
- [17]程东亚,李旭东.贵州乌蒙山区人口-经济-农业生态环境耦合协调关系研究[J].世界地理研究,2021,30(01):125-135.
- [18]杜继丰,袁中友.基于耕地多功能需求的巨型城市区耕地保护阈值探讨——以珠江三角洲为例[J].自然资源学报,2015,30(08):1255-1266.
- [19]范业婷,金晓斌,甘乐,林金煌,杨清可,吕立刚,李颖.长三角地区土地利用功能权衡的空间特征及其影响机制[J].资源科学,2022,44(08):1589-1603.
- [20]胡伟艳,魏安奇,赵志尚,张安录,宋彦.农地多功能供需错位与协同作用研究进展及趋势[J].中国土地科学,2017,31(03):89-97.
- [21]姜广辉,张凤荣,孔祥斌,赵华甫,周丁扬.耕地多功能的层次性及其多功能保护[J].中国土地科学,2011,25(08):42-47.
- [22]蒋宁,程明洋,刘彦随,李进涛.京津冀地区农业农村发展及城镇化影响研究[J].地域研究与开发,2019,38(04):137-141.
- [23]靳文娟,边振兴,魏忠义,王淑敏.沈阳城市周边耕地多功能评价[J].中国农业资源与区划,2019,40(05):166-173.
- [24]阚瑶川,徐磊,郭宇,杨静园,孟凡迪,张长春.土地利用多功能远程耦合特征及空间聚类分析——基于京津冀地区县域的 SNA 模型实证[J].世界地理研究:1-16.
- [25]孔祥斌.制止耕地“非农化”须提升协同治理能力[J].中国党政干部论坛,2020(10):81-82.
- [26]李海燕,蔡银莺,王亚运.农户家庭耕地利用的功能异质性及个体差异评价——

- 以湖北省典型地区为实例[J].自然资源学报,2016,31(2):228-240.
- [27]李晓亮,吴克宁,褚献献,杨淇钧,张小丹,郝士横.耕地产能评价研究进展与展望[J].中国土地科学,2019,33(07):91-100.
- [28]李晓阳,赵华甫,南锡康.耕地多功能显化的新制度经济学路径分析[J].农村经济,2017,(06):64-68.
- [29]李益敏,李驭豪,赵筱青等.云南省文山市生态系统服务的权衡/协同关系[J].长江流域资源与环境,2022,31(11):2545-2555.
- [30]刘超,许月卿,卢新海.生态脆弱贫困区土地利用多功能权衡/协同格局演变与优化分区——以张家口市为例[J].经济地理,2021,41(01):181-190.
- [31]刘超,许月卿,卢新海.生态脆弱贫困区土地利用多功能权衡/协同格局演变与优化分区——以张家口市为例[J].经济地理,2021,41(01):181-190.
- [32]刘建志,房艳刚,王如如.山东省农业多功能的时空演化特征与驱动机制分析[J].自然资源学报,2020,35(12):2901-2915.
- [33]刘玉,郜允兵,潘瑜春等.基于多源数据的乡村功能空间特征及其权衡协同关系度量[J].地理研究,2021,40(07):2036-2050.
- [34]鲁莎莎,刘彦随,秦凡.环渤海地区农业地域功能演进及其影响因素[J].地理学报,2019,74(10):2011-2026.
- [35]吕立刚,撒旭,龙花楼等.耕地多功能供需匹配研究进展与展望[J].资源科学,2023,45(07):1351-1365.
- [36]马才学,金莹,柯新利等.基于全排列多边形图示法的湖北省耕地多功能强度与协调度典型模式探究[J].中国土地科学,2018,32(04):51-58.
- [37]牛丽楠,邵全琴,宁佳等.西部地区生态状况变化及生态系统服务权衡与协同[J].地理学报,2022,77(01):182-195.
- [38]彭锐,张婷,张秋玲,吴政文.大城市近郊都市现代农业多功能实施路径探究——以苏州高新区通安现代农业示范园为例[J].中国农业资源与区划,2021,42(10):11-18.
- [39]钱凤魁,迟艳茹,徐欢等.2006-2020年沈阳市耕地多功能权衡协同关系演变分析[J].中国土地科学,2022,36(10):31-41.
- [40]钱家乘,师诺,赵华甫等.中国耕地弹性管控的理论解析与研究框架:从单一目

- 标权衡到多目标协同[J].中国土地科学,2023,37(03):38-47.
- [41]施园园,赵华甫,郎文聚等.北京市耕地多功能空间分异及其社会经济协调模式解释[J].资源科学,2015,37(02):247-257.[1]
- [42]宋小青,李心怡.区域耕地利用功能转型的理论解释与实证[J].地理学报,2019,74(05):992-1010.
- [43]宋小青,吴志峰,欧阳竹.1949年以来中国耕地功能变化[J].地理学报,2014,69(4):435-447.
- [44]宋志军,刘黎明.北京市城郊农业区多功能演变的空间特征[J].地理科学,2011,31(1):427-433.
- [45]孙瑞,金晓斌,赵庆利,韩博,张晓琳,李寒冰,胡静,周寅康.集成“质量-格局-功能”的中国耕地整治潜力综合分区[J].农业工程学报,2020,36(07):264-275.
- [46]覃事娅,王忠诚.基于不同职能城市耕地多功能演变及驱动力分析[J].中国水土保持科学,2020,18(04):94-102.
- [47]谭雪兰,王振凯,蒋凌霄,安悦,雷济华,任辉.洞庭湖地区农业功能时空演变的影响机制研究[J].地理科学,2020,40(08):1355-1364.
- [48]田雪萍.北京市耕地多功能性及与社会经济耦合关系研究[D].中国地质大学(北京),2014.
- [49]王清扬,雷绪斌,周婧婧,颜蕾.县域土地利用多功能的演变及其影响因素——以湖南省为例[J].经济地理,2022,42(09):186-192.
- [50]王雨枫.耕地多功能利用转型特征与优化策略——基于城市群视角[J].江西财经大学学报,2022,(03):96-105.
- [51]卫新东,林良国,罗平平,王筛妮,杨洁,关嘉敏.耕地多功能耦合协调发展时空格局与驱动力分析[J].农业工程学报,2022,38(04):260-269.
- [52]卫新东,王筛妮,员学锋,王晓峰,张蚌蚌.陕西省耕地质量时空变化特征及其分异规律[J].农业工程学报,2018,34(03):240-248.
- [53]温良友,孔祥斌,辛芸娜,孙晓兵.对耕地质量内涵的再认识[J].中国农业大学学报,2019,24(03):156-164.
- [54]温良友,孔祥斌,张蚌蚌,孙晓兵,辛芸娜,张青璞.基于可持续发展需求的耕地质量评价体系构建与应用[J].农业工程学报,2019,35(10):234-242.

- [55]温玉玲,张小林,魏佳豪等.鄱阳湖环湖区生态系统服务价值时空变化及权衡协同关系[J].地理科学,2022,42(07):1229-1238.
- [56]辛芸娜,孔祥斌,郟文聚.北京大都市边缘区耕地多功能评价指标体系构建——以大兴区为例[J].中国土地科学,2017,31(08):77-87.
- [57]熊昌盛,张永蕾,王雅娟,栾乔林,刘学.中国耕地多功能评价及分区管控[J].中国土地科学,2021,35(10):104-114.
- [58]许多艺,濮励杰,黄思华,聂名萱,郗璐,朱明.江苏省耕地多功能时空动态分析及对耕地数量变化响应研究[J].长江流域资源与环境,2022,31(03):575-587.
- [59]杨忍,刘芮彤.珠三角城市群地区都市农业功能演变及其协同-权衡关系[J].地理研究,2022,41(07):1995-2015.
- [60]杨雪,谈明洪.北京市耕地功能空间差异及其演变[J].地理研究,2014,33(06):1106-1118.
- [61]尹飞,毛任钊,傅伯杰,刘国华.农田生态系统服务功能及其形成机制[J].应用生态学报,2006(05):929-934.
- [62]袁承程,张定祥,刘黎明,叶津炜.近10年中国耕地变化的区域特征及演变态势[J].农业工程学报,2021,37(01):267-278.
- [63]袁弘,蒋芳,刘盛和等.城市化进程中北京市多功能农地利用[J].干旱区资源与环境,2007,21(10):18-23.
- [64]张凤荣,关小克,王胜涛,徐艳,郭力娜.大都市区农田的功能、作物种植区划与土壤肥力调控区划[J].土壤通报,2009,40(06):1297-1302.
- [65]张娇娇,胡伟艳,李梦燃.农地景观文化功能需求及影响因素研究——基于计划行为理论拓展视角[J].资源开发与市场,2018,34(07):925-929.
- [66]张利国,王占岐,柴季等.湖北省耕地多功能地区差异及综合分区研究[J].地域研究与开发,2019,38(05):125-130.
- [67]张荣天,陈明.基于县域尺度的江苏农业多功能权衡与协同时空特征[J/OL].中国农业资源与区划,1-10.
- [68]张扬,周忠发,黄登红,朱孟,吴跃,孙建伟.喀斯特山区耕地时空演变与影响因子分析[J].农业工程学报,2020,36(22):266-275.
- [69]张英男,龙花楼,戈大专,屠爽爽,曲艺.黄淮海平原耕地功能演变的时空特征及

其驱动机制[J].地理学报,2018,73(03):518-534.

[70]张友,刘玉.乡村多功能视角下耕地资源资产价值核算研究[J].中国农业资源与区划,2022,43(04):129-138.

[71]朱从谋,李武艳,杜莹莹,许红卫,王珂.浙江省耕地多功能价值时空变化与权衡-协同关系[J].农业工程学报,2020,36(14):263-272.

[72]邹利林,李裕瑞,刘彦随等.基于要素视角的耕地“三生”功能理论建构与实证研究[J].地理研究,2021,40(03):839-855.

致谢

行文至此，感慨颇多，时光荏苒，三年的研究生生活马上就要结束了，心里有诸多不舍。至今，我的脑海中还能浮现出研究生刚开学时踏入校园的情形。伴着激动和紧张的心情我踏入了学校的大门，学姐和学长的迎新让我在陌生的环境中体会到了温暖，从这一刻起，我感受到了与兰财的连接。这三年里，我收获过各种美好，时常感叹自己的幸运，心中也满是感谢。首先，我要感谢我的导师苑莉，无论是在生活还是学习上都给予我十足的关心。还记得论文开题时，在老师的指点下，我才顺利的找到了自己的研究方向，并且在后续的论文写作中，当我遇到困难时，老师总能及时地提供帮助。感谢老师的悉心指导，我的论文才能顺利完成。其次，我要感谢我的家人，从考研开始就一直给予我莫大的支持，从未在经济上给予我压力，让我能够顺利完成学业。当我压力大时，家人总能耐心开导我，让我再次拥有勇气去面对生活和科研中的各种困难，因为我知道无论我遇到什么事情，家人永远是我坚实的后盾。最后，我要感谢我的女朋友张欣，在三年读研生活中，我们每天都分享彼此的开心与不开心，在我情绪低落时给予我最温暖的慰藉，相互支撑着走完整个研究生生涯，陪我度过人生中重要的一个阶段，于我而言，她早已经是家人般的存在。凡是过往，皆为序章，感谢所有的相遇，衷心希望我爱的人们都能万事顺遂，平安如意。