



农业资源与环境学报

中文核心期刊
中国科技核心期刊

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESOURCES AND ENVIRONMENT

欢迎投稿 <http://www.aed.org.cn>

县域乡村“三生”系统发展时空分异与优化决策

李进涛, 刘琳, 王乙杰, 冷安丽

引用本文:

李进涛, 刘琳, 王乙杰, 等. 县域乡村“三生”系统发展时空分异与优化决策[J]. 农业资源与环境学报, 2021, 38(3): 523–536.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13254/j.jare.2020.0222>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

我国美丽乡村建设的理论框架与模式设计

郑向群, 陈明

农业资源与环境学报. 2015(2): 106–115 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2015.0080>

乡村转型视角下山地丘陵区农地规模经营影响因素与分区

廖仕梅, 刘卫平, 谢德体, 倪九派

农业资源与环境学报. 2018, 35(2): 181–188 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2017.0241>

乡村环境保护和管理的景观途径

张鑫, 李朋瑶, 宇振荣

农业资源与环境学报. 2015(2): 132–138 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2015.0051>

老少边山穷地区城镇化与国土空间生态修复耦合协调机制研究

张中秋, 劳燕玲, 胡宝清, 韦金洪

农业资源与环境学报. 2020, 37(6): 882–893 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2020.0144>

土地利用多功能机制及其耦合协调时空分异——以广西为例

张中秋, 劳燕玲, 何彩珍, 韦金洪, 胡宝清

农业资源与环境学报. 2021, 38(2): 317–331 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2020.0290>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

李进涛, 刘琳, 王乙杰, 等. 县域乡村“三生”系统发展时空分异与优化决策[J]. 农业资源与环境学报, 2021, 38(3): 523–536.

LI Jin-tao, LIU Lin, WANG Yi-jie, et al. Spatiotemporal differentiation and optimizing decision of the “agricultural production–farmer life–rural ecology” system in county villages[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2021, 38(3): 523–536.



开放科学 OSID

县域乡村“三生”系统发展时空分异与优化决策

李进涛^{1,2,3}, 刘琳^{1,2}, 王乙杰^{1,2}, 冷安丽^{1,2}

(1. 山东大学政治学与公共管理学院, 山东 青岛 266237; 2. 山东大学公共治理研究院, 山东 青岛 266237; 3. 山东大学生活质量与公共政策研究中心, 山东 青岛 266237)

摘要:为了因地制宜促进乡村可持续发展,以山东省为例,构建县域乡村地域系统的农业生产、农民生活和农村生态的“三生”评价指标体系,运用空间分析技术和耦合模型开展县域乡村“三生”系统优化决策研究。结果表明:山东省县域乡村“三生”系统具有东北–西南地域分异特征,75.82%的县域乡村子系统处在磨合耦合阶段,乡村可持续性和协调性有待加强。乡村“三生”系统发展功能区具体分为低等协调持续发展区、中协调低持续发展区、低协调中持续发展区、中等协调持续发展区、高协调中持续发展区和高等协调持续发展区等六种类型,以中低协调发展区为主,占总量的72.6%。不同类型县域乡村“三生”系统功能区,应因地制宜、分类施策:鲁西南平原农区等低水平地区通过产业结构调整与转型,提高二三产业结构比例;胶东半岛等中等地区以产业集聚与技术创新为主,形成特色产业品牌;鲁北的高等协调地区以科学发展与示范建设为主,构建成熟乡村发展模式。乡村“三生”系统以耦合协调机理为依据,科学划分县域乡村发展功能区,对县域乡村振兴战略实施与乡村协调发展具有重要启示意义。

关键词:乡村“三生”系统;耦合协调;乡村可持续发展;功能区;优化决策

中图分类号:D422.6;F327 文献标志码:A 文章编号:2095–6819(2021)03–0523–14 doi: 10.13254/j.jare.2020.0222

Spatiotemporal differentiation and optimizing decision of the “agricultural production–farmer life–rural ecology” system in county villages

LI Jin-tao^{1,2,3}, LIU Lin^{1,2}, WANG Yi-jie^{1,2}, LENG An-li^{1,2}

(1. School of Politics and Public Administration, Shandong University, Qingdao 266237, China; 2. Institute of Governance, Shandong University, Qingdao 266237, China; 3. Centre for Quality of Life and Public Policy Research, Shandong University, Qingdao 266237, China)

Abstract: To implement local policies that promote rural sustainable development, this study constructed an evaluation index system for “agricultural production–farmer life–rural ecology” in county villages, taking Shandong Province as an example, and analyzed the spatiotemporal characteristics of this rural system and the coupling coordination relationship between each subsystem using spatial analysis, an analytic hierarchy process, and a coupling model. The study also divided the development functional areas of the rural regional system in Shandong Province and suggested some decisions by which to optimize rural sustainable development. The research results showed that there was an obvious northeast–southwest regional differentiation in the “agricultural production–farmer life–rural ecology” system in Shandong Province. Of these rural subsystems, 75.82% were still in the coupled running-in phase; the rural sustainability and coordination of these needed to be further strengthened. There were six types of functional zones: low-coordinated and sustainable development, medium-coordinated and low-sustainable development, low-coordinated and medium-sustainable development, medium-

收稿日期: 2020–04–29 录用日期: 2020–07–09

作者简介: 李进涛(1989–), 男, 山东烟台人, 博士, 助理研究员, 研究方向为土地资源利用与城乡发展。E-mail: lij2018@sdu.edu.cn

基金项目: 中国博士后科学基金(2019M662329); 教育部人文社会科学研究一般项目(20YJCZH070); 山东大学青年团队项目(IFYT20004); 2020年度青岛市社会科学规划研究项目(QDSKL2001033)

Project supported: The China Postdoctoral Science Foundation (2019M662329); MOE (Ministry of Education in China) Project of Humanities and Social Sciences (20YJCZH070); Shandong University Youth Team Project (IFYT20004); Qingdao Social Science Planning Research Project in 2020 (QDSKL2001033)

coordinated and sustainable development, high-coordinated and medium-sustainable development, and high-level coordinated and sustainable development zones. The functional areas of Shandong Province in which the “agricultural production–farmer life–rural ecology” system being developed was dominated by low- and medium-coordinated development zones that accounted for 72.6% of the total area. The functional areas of the “agricultural production–farmer life–rural ecology” system in the different zones should take measures based on local conditions and classifications. Low-level development zones such as the southwestern plain agricultural areas, in Shandong Province, should adjust their industrial structure and transformation thereof to increase the proportion of the secondary and tertiary industries. The medium development zones such as the Jiaodong Peninsula in Shandong Province should focus mainly on industrial agglomeration and technological innovation to build industrial brands. The high-level development zones in the northern areas of Shandong Provinces should focus on scientific development and construction of demonstration projects to develop mature rural development models. The rural “agricultural production–farmer life–rural ecology” system is based on a coupling coordination mechanism, and classifies the county’s rural development functional zones on a scientific basis. This has important implications for the implementation of the county’s rural revitalization strategy in Shandong Province and the promotion of rural coordinated development.

Keywords: “agricultural production–farmer life–rural ecology” system; coupling coordination; rural sustainable development; functional zones; optimizing decisions

2017年国家提出乡村振兴战略,旨在解决“三农”(农业、农民、农村)问题,实现农业强、农村美、农民富的乡村全面发展目标^[1]。然而,我国东部、中部、西部的乡村地域系统复杂多样,经济发展不均衡,差异明显^[2]。如何快速诊断乡村“疾病”,识别乡村不同功能区,因地制宜,分类施策,促进乡村振兴发展,是一项重要课题^[3-4]。为了避免新农村与美丽乡村建设过程中产生的“面子工程”,乡村振兴应统筹土地、产业、人口、资本等乡村发展要素,提升农业生产、农民生活、农村生态等系统协调与可持续发展水平,提出不同乡村地域系统优化决策。

长期以来,乡村发展问题始终是国内外学者关注的热点话题,主要包括乡村发展理论、乡村发展格局与驱动机理、乡村发展模式等研究^[5-7]。国外学者首先提出了城乡关系理论,解释城市与乡村关系,从城乡二元结构论到城乡一体化理论^[8-10],经过不同年代学者的研究,逐步推动城乡关系理论逐渐转向成熟,为阐述乡村地域系统发展过程中驱动要素的作用机理和深入分析乡村发展提供了理论支撑。国内学者吴传钧院士^[11]提出了人地关系地域系统理论,即人类社会和地理环境两个子系统在特定的地域中交错构成的一种动态结构^[12]。依据人地系统理论延展出的城乡系统融合理论与乡村地域系统理论,是全新认知现代城乡关系,透视城乡发展问题的基本依据^[13]。乡村地域多系统理论指出乡村是由城乡融合体、乡村综合体、村镇有机体、居业协同体的综合体,通过建设城乡基础网、乡村发展区、村镇空间场、乡村振兴极等构成的多级目标体系,实现城乡融合系统优化^[14-15]。

关于乡村发展格局与驱动机制研究,以城乡关系、人地系统、乡村地域系统等理论,学者们利用人口、土地、农业、教育、医疗、环境等单一或综合指标,对乡村要素或综合系统水平进行时间和空间分析,进而阐释了乡村地域系统发展过程中存在的问题,以及影响因素的作用机制^[16-18]。乡村地域系统存在明显的空间分异特征,随着时间的变化,人口、土地、资本要素的流动改变了乡村的演变历程与分布格局,进而衍生出乡村转型、乡村重构等重要理论^[19-22],为乡村地域系统研究提供了重要的理论支撑。关于乡村发展模式,欧美等发达国家作为早期工业革命兴起的国家,成熟的乡村发展模式形成较早,法国、德国等经过工业化推动、产业结构调整^[23]与完善交通运输网络等基础设施实现了“农村振兴计划”^[24-25];美国利用建设“新型城镇”的方式,促使城市的分散化,推进农村基础设施建设,盘活利用农村土地资源与资产,有效改善农村生产与生活条件^[26]。日本利用“村镇综合建设示范工程”发展模式^[27-28],韩国利用“新村运动”发展模式^[29-30],促进了乡村振兴发展。国内乡村成熟的发展模式形成较晚,随着新农村、美丽乡村、精准扶贫、乡村振兴等国家战略实施,乡村发展新模式如雨后春笋,为复杂的乡村地域系统发展提供了重要经验借鉴^[31-34]。

目前,关于乡村地域系统发展研究多以产业经济发展、人口流动、环境污染等单方面为主,针对性地开展乡村地域系统的“三农”问题,尤其是对“三农”的“三生”(生产、生活、生态)系统变化研究较少。“三生”最早是指土地利用的生产、生活、生态空间格局。根

据赋予土地功能进行划分:生产用地具有农业、工业、商业活动获取产品和供给功能;生活用地具有承载和保障人居住功能;生态用地具有调节、维持和保障生态安全功能^[35-36]。“三生”空间并非孤立存在的,三者之间存在着紧密联系。生产空间是根本动力,为生活空间和生态空间提供经济驱动,良好的生产空间有助于优化产业结构、推动经济发展,也决定了生活、生态空间的品质。生活空间是重要载体,“三生空间”协调优化的最终目标是提升居民的生活幸福感。生态空间是生产和生活的坚实保障,为乡村的发展提供稳定的环境和充足的承载力^[37-38]。针对乡村地域系统“三生”研究,主要是基于农村土地的“三生”功能,开展乡村振兴与发展的空间规划:摸清生态空间基底,提升生态系统功能;推动生产方式转型,丰富生产空间功能;重构生活空间格局,提升人居环境品质,通过实现“三生”空间的协同发展,促进城乡融合^[39-40]。

本研究借鉴“三生”用地功能,提出乡村地域系统的“三生”系统,即农业生产、农民生活和农村生态子系统,用来表征乡村发展过程中“三农”问题的演变,由人口、土地、产业、环境等核心要素之间相互作用形成子系统之间相互影响、相互联系。以山东省县域乡村地域系统为例,利用定量与定性相结合的方法,分

析1990—2017年县域乡村“三生”系统时空格局与各子系统耦合关系,基于研究结果,进一步划分山东省县域乡村“三生”系统发展功能区,并研究制定不同功能区县域乡村可持续发展优化策略,为山东省乡村振兴战略规划实施提供重要的实践指导。

1 区域概况与数据处理

1.1 研究区概况

山东省位于中国的东部沿海,黄河下游,京杭大运河的中北部,是华东地区最北端的省;濒临黄海和渤海,与日本、朝鲜和韩国隔海相望。2019年,全省有16个地级市和137个县(市、区)(图1),本研究以其中91个县(市、区)为例,其他46个区已转为市辖区,实现了完全城市化。2019年常住人口超过1亿,为中国人口第二大省。2019年全省地区生产总值(GDP)为72 678.18亿元,全国排名第三。山东省人口众多,但是土地面积较小(15.58万km²),耕地面积占比为48.78%,人均耕地面积约734 m²。随着快速城镇化和工业化发展,山东省区域与城乡之间社会经济差异愈加明显,东、中、西格局分化如同中国的缩影。西部人口、资本流向东部,导致鲁中西部平原区农村劳动力流失,“留守老人、留守妇女、留守儿童”转为农业

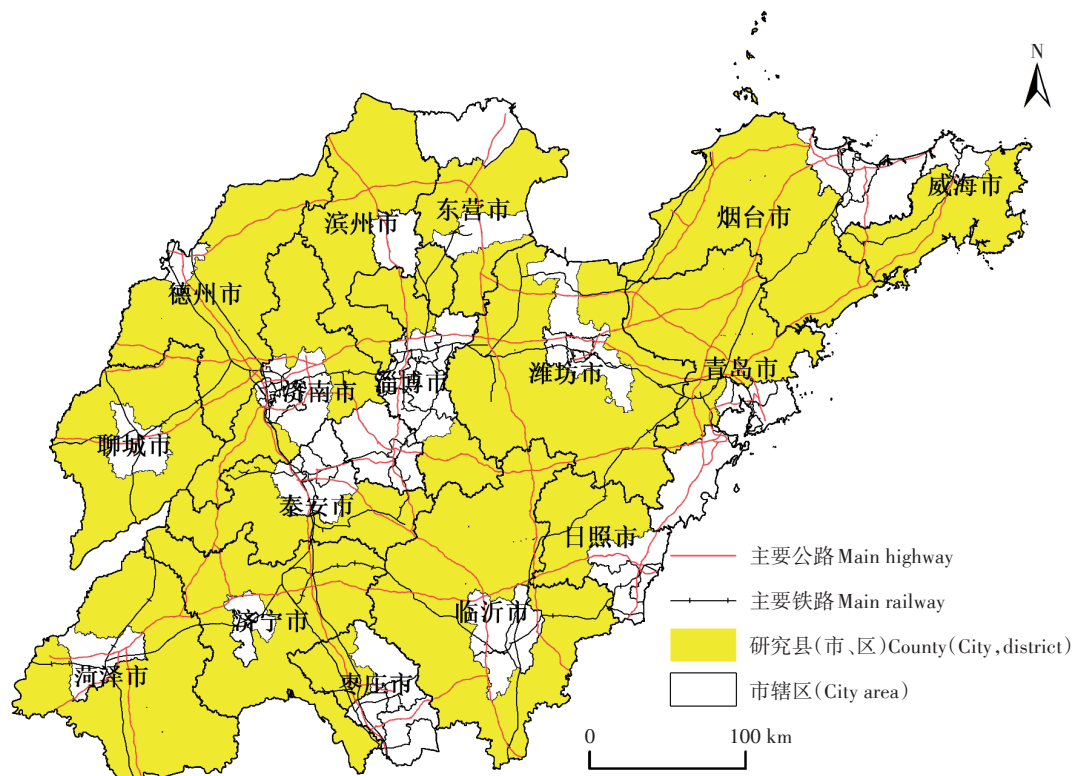


图1 研究区行政区划图

Figure 1 The administrative map of the study area

主体,大量宅基地空置、废弃,土地闲置浪费现象日趋严重,工业化污染物质排放到农村,对农村生态环境造成了严重破坏。因此,如何保障区域协调与城乡融合发展、缩小区域差异,是当前山东省亟待解决的一大难题。

1.2 指标体系与数据处理

1.2.1 构建指标体系

结合乡村发展的研究经验与数据资料的可获取性,以乡村发展状态的一般性评价指标体系为基本依据,从农业生产状况、农民生活水平和农村生态环境三个方面选择了20项指标,构建我国乡村发展状态的指标体系(表1),从而实现对乡村发展状态的测算。由此,本研究提出了基于“三生”系统的乡村发展度(RD)指标,用来表征乡村社会经济与生态环境变化的状态,由农业生产、农民生活和农村生态三个方面组成。

农业生产系统(AP)反映了乡村的农业发展状况,主要包括农业的生产条件与农业产出情况。生产条件用耕地面积、农业劳动力和机械化水平等指标表征;农业产出情况用粮食产量、肉类产量和农业产值等指标表征。指标均为正向属性,对农业生产发展具有积极影响,指标水平越高表示农业生产的状况越好。具体包括人均耕地面积、单位面积机械化总动

力、农业劳动力比例、人均粮食产量、人均农业产值、人均肉类产量等6项指标。

农民生活系统(AL)反映了农民在乡村的生活水平,主要包含了经济生活与社会生活两个方面。经济生活水平是指农民的收入、非农就业状况和消费水平;社会生活水平是指农民享受的医疗、教育、社会保障、公共文化、交通等服务设施的状况。指标均为正向属性,对农民的生活水平具有促进作用,指标值越大表示农民的生活水平越高。包括农民人均纯收入、非农就业比例、万人拥有床位数和人均拥有道路长度等8项指标。

农村生态系统(AE)反映了乡村的资源与环境状况,适宜的生态环境反映了农村良好的发展状态,主要包括资源禀赋与生态环境两个方面。资源禀赋用水资源、林地资源等指标反映;生态环境用化肥的使用、工业产生的废气废水以及土地利用生态景观格局指数等指标表征。由于研究是以县域乡村系统为单位,所涉及的废水、废气的污染在系统内被认为是等值的,同时考虑农村废水、废气污染数据难以获取,本研究选择区域内工业废气、废水排放作为县域乡村系统的环境指标。化肥使用与工业产生的废气废水、二氧化硫和粉尘排放为负向属性,值越大对乡村的生态环

表1 乡村“三生”系统发展评价指标体系

Table 1 Evaluation index system of "agricultural production-farmer life-rural ecology" system

目标层 Target layer	准则层 Criterion layer	指标层 Indicator layer	指标计算 Index calculation
农业生产 Agricultural production	生产水平	人均耕地面积	耕地总面积/区域总人口
		单位面积机械化总动力	农业机械总动力/区域总面积
		农业劳动力比例	农业劳动人口/区域总人口
	产出水平	人均粮食产量	粮食总产量/区域总人口
		人均农业产值	农业总产值/区域总人口
		人均肉类产量	肉类总产量/区域总人口
农民生活 Farmer life	经济生活水平	农民人均纯收入	农民人均纯收入
		非农就业比例	乡村非农就业人数/乡村从业人数
		人均社会消费品零售总额	社会消费品零售总额/区域总人口
		人均财政收入	财政总收入/区域总人口
	社会生活水平	万人拥有医疗床位	区域总床位数/区域总人口×10 000
		义务教育在校生比例	义务教育在校生数量/区域总人口
		人均道路拥有长度	区域道路总长度/区域总人口
		万户拥有固定电话量	区域固定电话拥有量/区域总户数×10 000
农村生态 Rural ecology	自然资源禀赋	森林覆盖率	林地面积/区域总面积
		人均水资源	淡水资源总量/区域总人口
	生态环境	单位面积化肥投入量	化肥投入总量/耕地总面积
		单位面积工业废水排放量	工业废水排放总量/区域总面积
		单位面积工业二氧化硫排放量	工业二氧化硫排放总量/区域总面积
		单位面积工业粉尘排放量	工业粉尘排放总量/区域总面积

境产生负向影响越大,其他指标为正向属性,值越大,对资源环境产生促进作用越大。具体包括森林覆盖率、人均水资源、单位耕地面积化肥投入量、单位面积工业废水排放量、单位面积工业二氧化硫排放量等6项指标。

1.2.2 数据标准化和赋权处理

层次分析法 (Analytic hierarchy process, AHP) 是 将 与 决 策 总 是 有 关 的 元 素 分 解 成 目 标、准 则、方 案 等 层 次,在 此 基 础 之 上 进 行 定 性 和 定 量 分 析 的 决 策 方 法,通 过 两 两 比 较,构 建 判 断 矩 阵,获 取 指 标 权 重。研 究 根 据 各 项 指 标 的 重 要 性 确 定 乡 村 生 产、生 活、生 态 子 系 统 等 发 展 指 标 和 人 口、土 地、产 业 转 型 等 指 标 主 观 权 重。

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1j} \\ a_{21} & 1 & \cdots & a_{2j} \\ \cdots & \cdots & 1 & \cdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \cdots & a_{ij} \end{pmatrix} \quad (1)$$

式中: A 为 判 别 矩 阵; a_{ij} 表 示 要 素 i 与 要 素 j 的 重 要 性 比 较 结 果,且 关 系 如 下:

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad (2)$$

均 方 差 法 即 标 准 差 法 (SD) 是 方 差 的 算 术 平 方 根。研 究 分 别 获 得 县 域 各 项 指 标 的 标 准 差,求 取 不 同 时 期 标 准 差 的 平 均 值,然 后 综 合 测 算 不 同 指 标 的 比 例 作 为 各 项 指 标 的 客 观 权 重。

$$w_j = \frac{\sigma_j}{\sum_{j=1}^m \sigma_j} \quad (3)$$

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum (z_{ij} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_{ij})^2}{n}} \quad (4)$$

式中: w_j 表 示 指 标 权 重; σ_j 表 示 不 同 指 标 的 标 准 差; z_{ij} 表 示 乡 村“三 生”系 统 指 标 标 准 化 后 的 值。

1.3 模型方法

乡村发展度测算模型如下:

$$RD = \sum_{j=1}^m z_{ij} \times w_j \quad (5)$$

$$CD = \frac{AP \times AL \times AE}{(\frac{AP + AL + AE}{3})^3} \quad (6)$$

$$OD = \sqrt{CD \times RD} \quad (7)$$

式中: RD 、 CD 、 OD 分 别 表 示 乡 村 发 展 度、协 调 度、耦 合 度; AP 、 AL 、 AE 分 别 表 示 农 业 生 产、农 民 生 活 和 农 村 生 态 系 统 值。

利 用 等 间 距 法,将 乡 村 发 展 的 指 标 测 算 结 果 划 分 为 不 同 的 梯 度 水 平。农 业 生 产、农 民 生 活、农 村 生 态 系 统 发 展 度 分 为 低 等 水 平、较 低 水 平、中 等 水 平、较 高 水 平 和 高 等 水 平 5 个 等 级,等 级 水 平 越 高,说 明 乡 村 的 发 展 状 况 越 好;耦 合 度 分 为 低 水 平 耦 合、拮 抗 耦 合、磨 合 耦 合 和 高 水 平 耦 合 4 个 等 级 (表 2)。

为 了 便 于 分 析 乡 村“三 生”系 统 发 展 的 可 持 续 性 与 协 调 性,科 学 划 分 乡 村 发 展 功 能 区,研 究 利 用 赋 分 法 对 县 域 乡 村 系 统 综 合 发 展 度 和 耦 合 度 进 行 从 低 等 到 高 等 水 平 等 级 序 列 赋 值。乡 村“三 生”系 统 综 合 发 展 度 由 低 到 高 分 别 为“1、3、5、7、9”,乡 村“三 生”系 统 耦 合 度 由 低 到 高 分 别 为“1、3、5、7”,赋 值 大 小 表 示 系 统 发 展 或 耦 合 水 平 的 高 低,值 越 大,系 统 发 展 或 耦 合 水 平 越 高。然 后,获 取 四 个 阶 段 乡 村“三 生”系 统 的 综 合 发 展 度 或 耦 合 度 的 平 均 分 值,作 为 乡 村 功 能 区 划 分 依 据。综 合 发 展 度 平 均 分 值 越 高,乡 村“三 生”系 统 发 展 越 具 可 持 续 性,分 为 低 等 持 续 发 展[2.0~4.0)、中 等 持 续 发 展[4.0~6.0)、高 等 持 续 发 展[6.0~8.0)。耦 合 度 平 均 分 值 越 高,乡 村“三 生”子 系 统 之 间 协 调 性 越 好,分 为 低 等 耦 合 协 调[2.0~3.0)、中 等 耦 合 协 调[3.0~4.0)、高 等 耦 合 协 调[4.0~5.0)。

2 乡村“三生”系统发展分析

2.1 乡村“三生”子系统发展特征

根据乡村发展度测算模型,获取了山东省的县域

表 2 乡村“三生”系统发展等级划分

Table 2 The development level of rural "agricultural production-farmer life-rural ecology " system

发展度 Development degree						耦合度 Coupling degree		
农业生产 Agricultural production	农民生活 Farmer life	农村生态 Rural ecology	综合值 Comprehensive value	划分等级 Classification level	分值 Score	综合值 Comprehensive value	划分等级 Classification level	分值 Score
[0~0.05)	[0~0.05)	[0~0.15)	[0~0.3)	低等水平	1	[0~0.4)	低水平耦合	1
[0.05~0.10)	[0.05~0.10)	[0.15~0.20)	[0.3~0.4)	较低水平	3	[0.4~0.6)	拮抗耦合	3
[0.10~0.15)	[0.10~0.15)	[0.20~0.25)	[0.4~0.5)	中等水平	5	[0.6~0.8)	磨合耦合	5
[0.15~0.20)	[0.15~0.20)	[0.25~0.30)	[0.5~0.6)	较高水平	7	[0.8~1.0)	高水平耦合	7
[0.20~1.00)	[0.20~1.00)	[0.30~1.00)	[0.6~1.0)	高等水平	9			

乡村发展度、农业生产水平、农民生活水平以及农村生态水平,并按照等间距法进行空间类型划分,最终形成山东省县域乡村发展度空间分布图(图2~图5)。

总体上,1990—2017年山东省农业生产水平逐渐增加。1990年,山东省乡村县域农业生产主要为低等水平和较低水平,占比分别为41.46%和58.24%,没有中等水平及以上的农业生产发展县,说明该时期农业生产水平比较落后;2000年山东省县域农业生产水平空间分布均匀,95.60%的县为较低水平,山东省大部分县域农业生产由低等水平转化为较低水平,占比为38.46%,并开始出现中等水平的农业生产县;2010年和2017年农业生产水平逐步提升,由较低水平向中、较高水平转变,占比分别为35.16%、65.93%。1990—2017年,山东省各县农业生产水平存在明显差异,尤其北部地区各县发展速度明显高于南部地区(图2d)。

山东省1990—2017年农民的生活水平也逐渐提高,尤其是青岛市、济南市、烟台市等大城市周边县域,生活水平变化明显。1990年,农民的生活主要为低等水平和较低水平,占比分别为38.46%和61.54%;2000年,农民生活水平发生逐渐发生改变,大部分县域由低等水平转为较低等水平,占比为91.21%,东营市、烟台市、威海市等开始出现中等农民生活水平县域;2010年,农民生活水平发生明显改善,尤其是位于青岛市、济南市、烟台市、威海市等周边的县域变为较高、高等生活水平,占比为16.48%,同时开始出现东西地区差异现象;2017年山东省农民生活水平进一步提高,较低、低等生活水平县域消失,中等水平以上的县域明显增加,占比为41.46%,东西地区差异更加明显。1990—2017年,山东省的农民生活水平具有明显空间差异,东部地区与西部地区的差距逐渐拉大,尤其是西部平原农区的农民生活水平变化缓慢

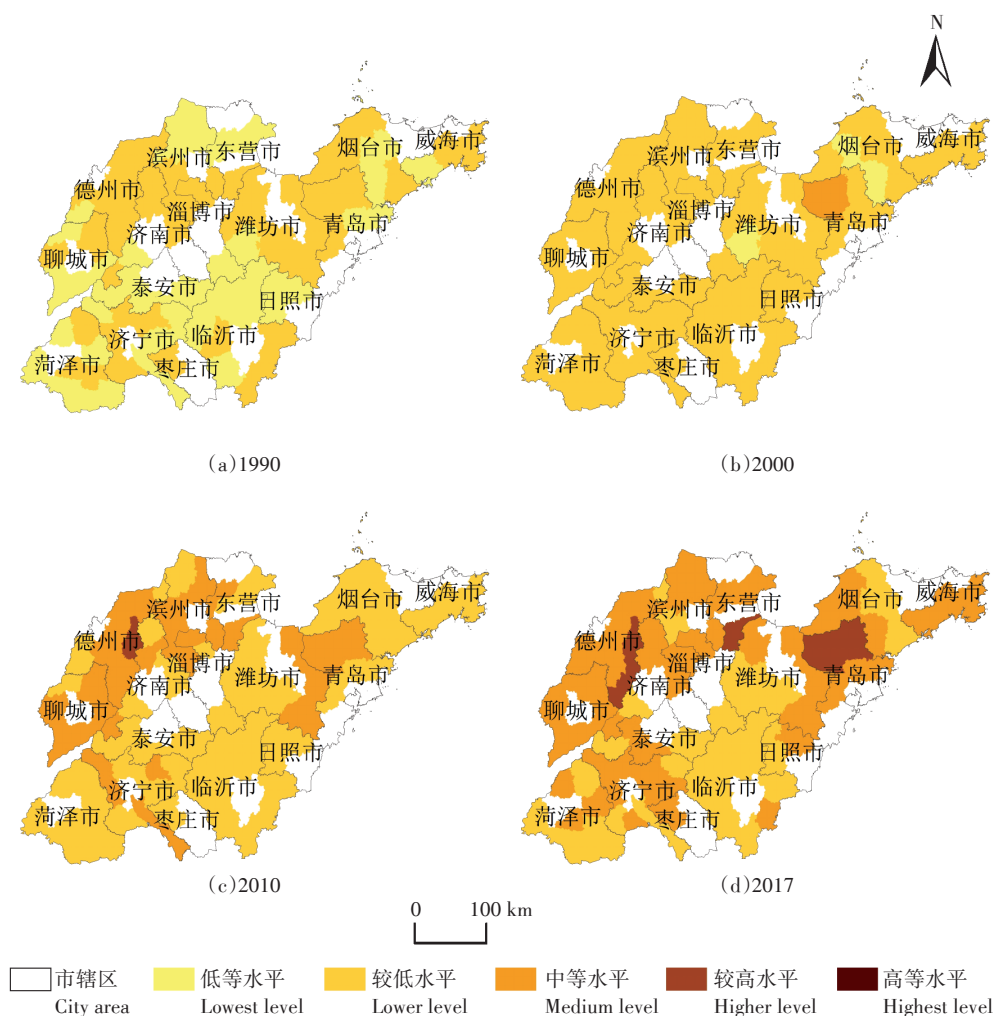


图2 农业生产子系统分布

Figure 2 Distribution of agricultural production subsystems

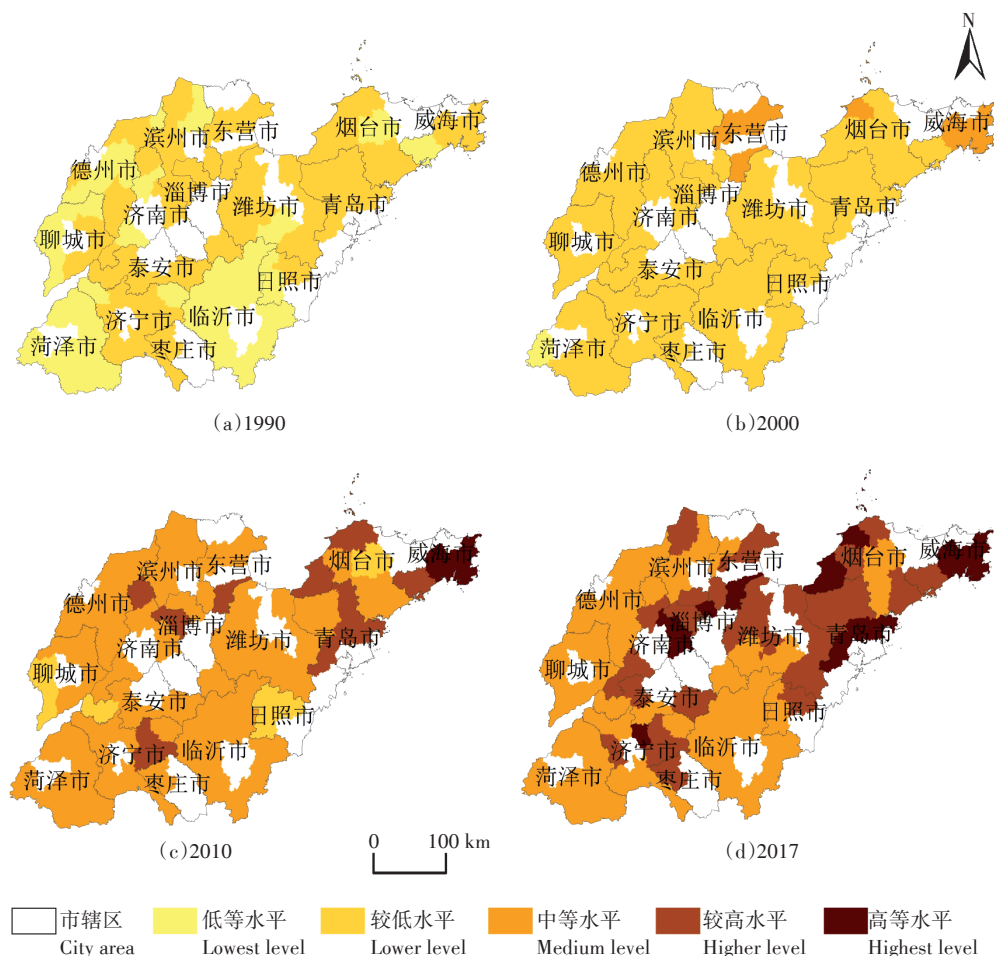


图3 农民生活子系统分布

Figure 3 Distribution of farmer life subsystems

(图3d)。

山东省的县域农村生态水平变化规律与农业生产、农民生活不同,县域农村生态水平呈波动性变化,东西地区存在一定的差异,东部地区农村生态水平略高于西部地区。1990年山东省大部分县域农村生态处于中等水平,占比为74.73%,分布比较均匀;2000年山东省的县域农村生态水平下降,尤其是西部地区的县域农村生态开始由中等水平向较低水平转化,依然以中等水平县域为主,占比为73.63%;2010年县域农村生态水平进一步降低,西部地区农村生态较低水平县域数量增加,占比为21.98%,东部地区部分县域的农村生态水平主要为中等,占比为70.33%;2017年山东省的县域农村生态水平略有提升,相比2010年农村生态中等水平县域数量增加,占比变为87.91%,较高水平县域数量也增加,占比为10.99%。1990—2017年山东省农村生态水平变化相对稳定,主要以中等水平为主,1990—2010年,农村生态水平受社会

经济发展的影响逐渐降低,2010—2017年生态环境保护得到重视,农村生态水平开始提升(图4d)。

2.2 乡村“三生”综合系统发展特征

基于农业生产、农民生活和农村生态的发展水平,对乡村发展度进一步分析。综合来看,1990—2017年,山东省乡村发展度逐渐增加,由较低等水平发展为较高等水平,区域整体的差异性逐渐增加(图5d)。1990年,县域的乡村发展度分布均匀,主要为较低水平,占比为83.52%;2000年,乡村发展度逐渐提升,但是变化幅度较少,东部地区部分县域转为中等水平,西部地区部分县域转为较低水平,占比分别为7.69%和90.11%;2010年,县域的乡村发展度水平进一步增加,尤其是青岛市、东营市、威海市等周边县域乡村发展度已达到中等、较高水平,占比分别为70.33%和6.59%;2017年,山东省所有县域乡村发展度均达到了中等水平以上,高等水平县域主要集中在北部地区,占比为6.59%。1990—2017年,山东省乡

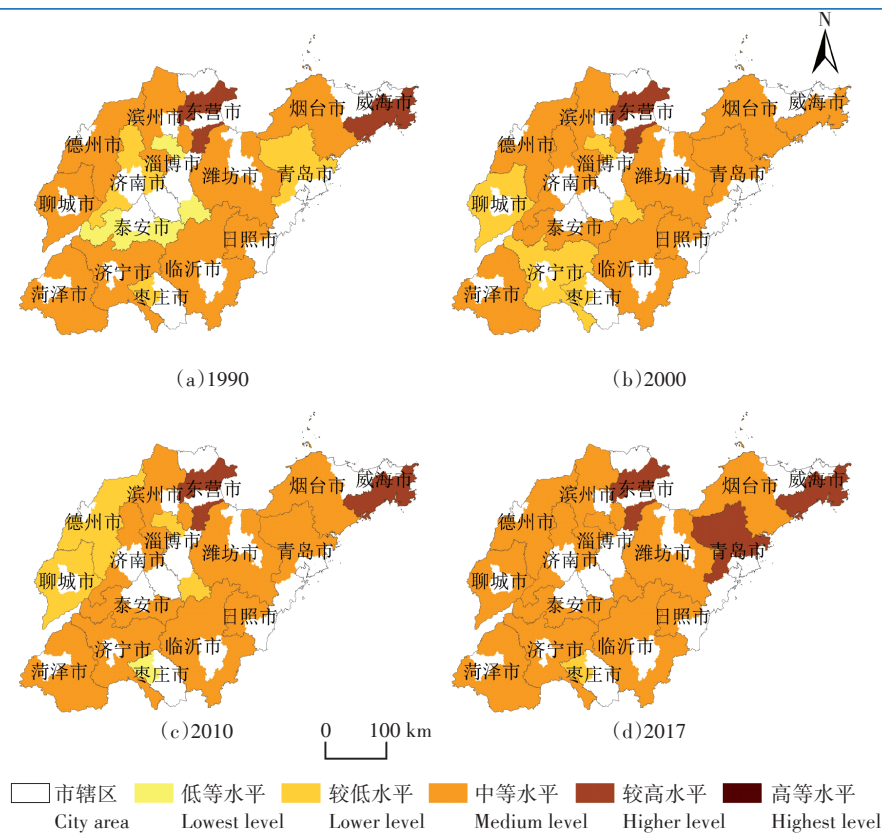


图4 农村生态子系统分布

Figure 4 Distribution of rural ecology subsystems

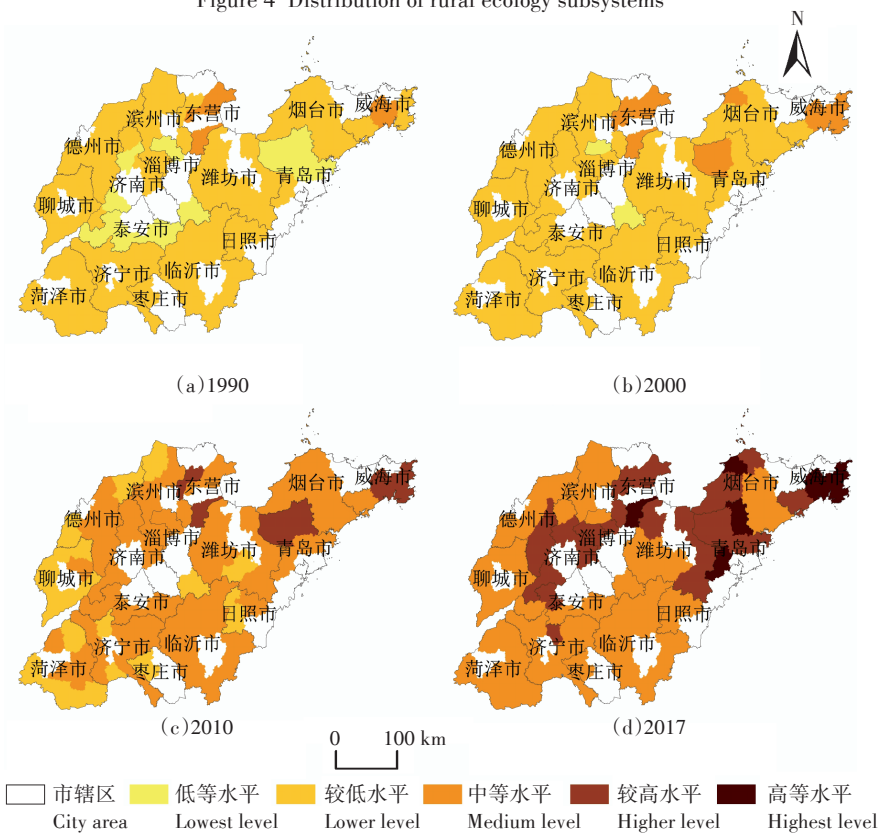


图5 乡村系统综合发展水平

Figure 5 Comprehensive development level of "agricultural production-farmer life-rural ecology" system

村发展整体水平不断提升,东北-西南区域差异现象随着时间的增加逐渐凸显。

通过分析山东省乡村系统的生产、生活、生态和综合发展水平发现,不同时间段各子系统发展程度存在一定的差异,同时农业生产、农民生活和农村生态共同影响的综合乡村发展度呈现出东西分异现象。由此可以推断乡村发展度在不同时期受生产、生活和生态“三生”系统主导作用不同,由生态为主逐渐转为以生产、生活为主。

2.3 乡村“三生”系统耦合分析

为进一步分析山东省县域乡村发展状况与“三生”子系统之间的关系,对县域乡村农业生产、农民生活和农村生态子系统进行了耦合分析。1990年,大部分县域处于低水平耦合阶段和拮抗耦合阶段,占比分别为51.65%和48.35%,各子系统之间的耦合水平低,属于低度耦合;2000年,县域的乡村各子系统之间的耦合度分布比较集中,主要处于拮抗耦合阶段,占比为98.90%;2010年,山东省乡村各子系统之间的耦合关系进一步提升,部分县域转化为磨合耦合阶段,占比为35.16%,大部分县域依然为拮抗耦合,占比为64.84%;2017年,大部分县域乡村子系统之间的耦合关系转为磨合耦合阶段,占比为75.82%,但是没有高水平耦合

阶段的县域(图6)。综合分析发现,1990—2017年山东省乡村农业生产、农民生活和农村生态子系统的耦合水平逐渐增加,但是大部分县域仍然处于磨合耦合阶段,远低于高水平耦合阶段。因此,可以推断山东省的乡村各子系统发展的耦合水平仍然有待提升,在未来的发展中必须重视乡村农业生产、农民生活与农村生态之间的相互促进关系。

3 乡村“三生”系统可持续发展决策

3.1 乡村发展功能区划分

根据乡村“三生”系统综合发展度与耦合度的平均分值得结果发现,山东省县域乡村“三生”系统综合发展度平均分数的变化范围为2.5~6.5,耦合度平均分数的变化范围为2.0~4.0。将山东省县域乡村“三生”系统综合发展度平均分与耦合度平均分分别划分为低、中、高三类,将综合发展度平均分扩大1 000倍,耦合度平均分扩大10倍,二者相加形成一个新的数值,利用表3对山东省县域乡村“三生”系统功能区进行划分,共包含低等协调持续发展区、中协调低持续发展区、低协调中持续发展区、中等协调持续发展区、高协调中持续发展区和高等协调持续发展区(图7)。

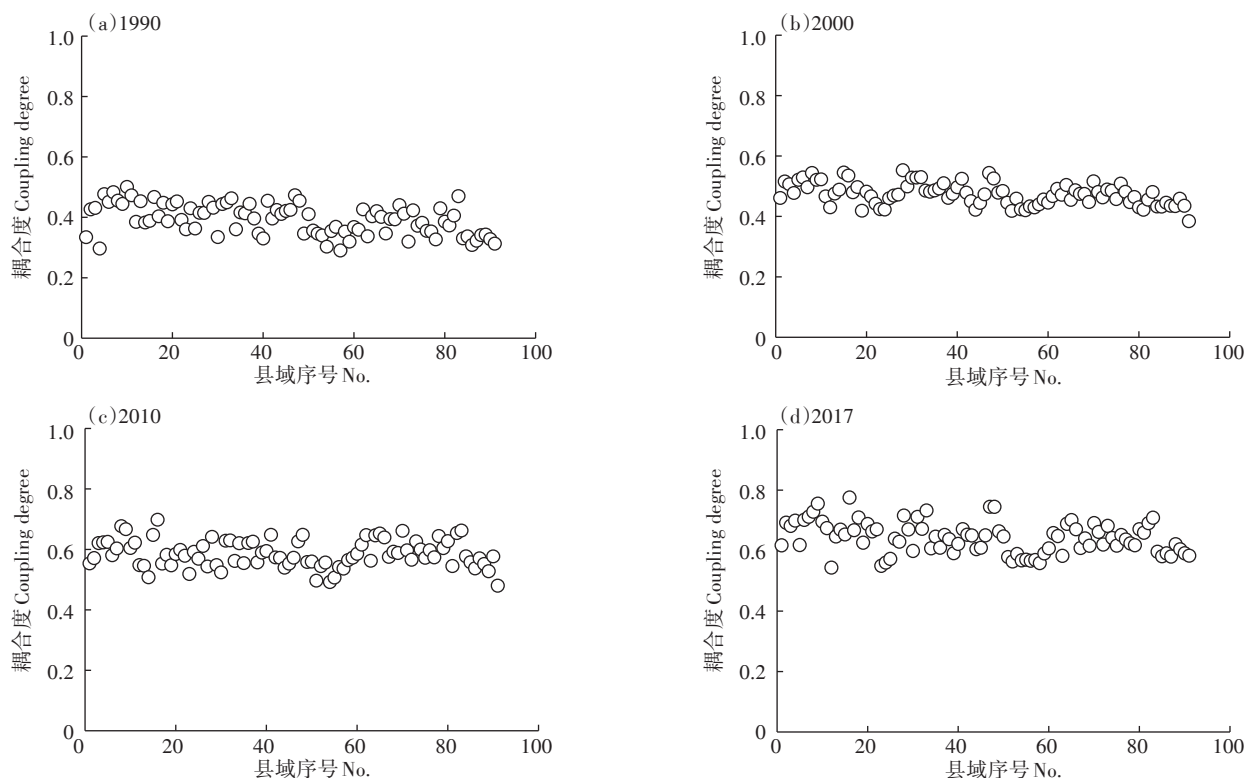


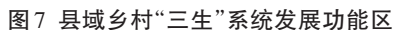
图6 乡村“三生”系统耦合度

Figure 6 Coupling degree of "agricultural production-farmer life-rural ecology" system

统主要为中等水平,生活子系统为中等或较高水平,生态子系统为中等水平。与低等协调发展区功能类似,乡村农业以粮食生产为主,农民主要通过外出务工来提高经济收入;但该县乡村具有较为丰富的乡村旅游资源,因此农民借助资源禀赋积极发展休闲、观光农业等,促进乡村经济发展。

(3)低协调中持续发展区。包括栖霞市、沂水县等14个县(市、区),占总数的15.4%,位于鲁南和鲁西南地区丘陵山区。该区域县域乡村生产子系统为较低或中等水平,生活子系统为中等水平,生态子系统为中等水平。区域以发展林果业和粮食种植业为主,相比平原农区,经济农作物种植比例较高,因此能够给农民带来较高的收入;但是由于区位较差,交通运

Table 3 The average score distribution of the comprehensive development degree and coupling degree of " agricultural production-farmer life-rural ecology " system



—532—

输设施不发达,县域二三产业经济发展缓慢。

(4)中等协调持续发展区。包括长清区、莱州市等27个县(市、区),占总数的29.7%,位于鲁北、鲁中和鲁东地区,分布比较广泛。该类型区县域乡村生产子系统为中等水平,生活子系统为较高或高等水平,生态子系统为中等水平。区域内耕地资源丰富,农业生产发达,部分县域已经形成特色农产品;区位和交通均较为便捷,部分县域工业经济发达,能够提供大量的非农就业机会,是外来劳动力务工的主要地区。

(5)高协调中持续发展区。包括平阴县、胶州市等22个县(市、区),占总数的24.2%,位于鲁西北、鲁西南和鲁中地区。该类型区县域乡村生产子系统为中等或较高水平,生活子系统为中等或较高水平,生态子系统为中等水平。乡村的“三生”子系统类型相对一致,县域均靠近城市的市辖区,具有较为便利的就近务工条件;农业生产也以经济作物为主,且具有便利的消费市场,因此农民经济收入水平较高。

(6)高等协调持续发展区。仅有广饶县、荣成区和文登区3个县(区),位于东营市和威海市,主要分布在半岛沿海地区。该区域县域乡村生产子系统为中等水平,生活子系统为高等水平,生态子系统为较高水平。三个县域的农民生活和农村生态水平均位于山东省前列,是乡村“三生”系统发展度最高的地区。县域内具有明显的区位优势,靠近经济发达的城市,且耕地资源丰富,植被覆盖率高,工业污染少;但由于临海,县域内农民以发展养殖业和沿海旅游业为主,经济收入水平远高于其他县域。

3.2 乡村“三生”系统可持续发展对策

根据分析结果发现,山东省县域乡村“三生”系统发展功能区中,仅有3个县(区)处于高等协调发展区,而72.6%的县域乡村处在中低协调发展区,县域乡村的农业生产、农民生活和农村生态水平依然比较低,三者的协调性、可持续性需要进一步加强。因此,研究结合各县域乡村发展现状对不同类型的功能区提出适宜的对策,促进乡村“三生”系统可持续发展。

(1)鲁西、鲁西南平原农区、鲁南山地丘陵区等低水平乡村发展地区以产业结构调整与转型为主。首先,要开发鲁南山地丘陵区生态环境旅游资源,以保护自然环境为原则,充分利用美丽自然景色吸引游客参观游览;以绿色、健康为主题,加强当地农民发展水果、渔业等农产品生产,发展旅游观光、农村采摘等休闲产业;同时开发区域风俗、文化融入旅游景区,完善

基础设施建设,搭建集旅游、休闲、观光、文化于一体的乡村发展模式。既能够带动周边地区乡村共同发展,提供更多的就业岗位,又能够促使产业转型与人口非农就业,增加农民收入。其次,结合土地整治工程,对相邻空心化严重、空间结构散乱的农村进行综合治理,建立基础与公共服务设施完善、住房空间结构合理的新型乡村;将分散耕地、整治复垦后土地集中规模化,为机械化生产提供条件;调整与提升传统农业生产结构,发展平原农区特色农产品,形成区域标志商品。同时建设农产品深加工企业,由村委组织管理,为乡村剩余劳动力提供更多就业岗位,也吸引大量外出务工农民返乡创业、务工,从而提升产业、土地与人口非农转型。

(2)鲁中、胶东半岛等中等乡村发展地区以产业集聚与技术创新为主。一方面要引入高新技术、机械化技术、科学技术等到农业生产发展中,打破原有的农业生产结构,引入新品种,增加农民收入;加强土地流转,集中破碎耕地斑块,便于农业规模化生产,提高农业生产效率。同时,通过深加工、包装等手段提升农产品质量,形成特色农产品,使得产业向非农化转型,为当地农民提供更多的就业机会。另一方面,将小规模产业集成扩展为大规模产业,以产业升级或者引进大企业投资的形式,在乡村建设多功能性生产工厂,以加工业、制造业为主;根据各产业类型,加强土地流转,扩大产业园区生产规模;同时加强区域生态环境保护和设施监督机制,避免乡村生态系统遭受破坏。

(3)胶东半岛和鲁北的高等协调的乡村发展地区以科学发展与示范建设为主。首先要依靠科学技术联合集中周边散村、散户,构建农业生产区;叠加农业生产空间,建设“立体式”种植(养殖)模式,如无土栽培;搭建深加工平台,提升农产品质量,增加就业机会,提高农民收入;由村委组织负责高端农产品的收购、销售及组织推广,作为连接农户与农产品市场的桥梁,集中供应周边城市,保障农产品的销路。此外,集中各类产业,建设产业示范园区,严格控制工业占用土地与外来人口规模,减轻乡村承载压力;坚持以人为本,充分做好外来人口安置工作,合理划分劳动力类型,安排各类人口从事适宜的产业工作;建设各类产业的污水、空气和固体污染物排放质量保障与治理设施,保护区域的生态环境安全;产业园区兼具地方学习考察、技术推广等功能,联合供给土地的村委,构建园区产业管理协会,协调、组织、管理园区内劳动

力、产品供销与推广宣传等。

4 讨论

乡村“三生”系统是乡村振兴战略实施的核心内容,围绕农业生产过程中产品质量与供给数量保障,农民生活经济收入提高和基础设施、公共服务设施齐全,农村生态环境和谐美丽等,重在转变乡村发展观念,增加二三产业结构转型,以扩大村集体收入。本文围绕乡村地域系统的农业生产、农民生活和农村生态三个子系统构建县域乡村“三生”系统评价指标体系,以山东省为例,分析乡村“三生”子系统与综合系统的时空发展特征,剖析各子系统耦合协调关系,进一步划分了山东省县域乡村地域系统发展功能区,包含低等协调持续发展区、中协调低持续发展区、低协调中持续发展区、中等协调持续发展区、高协调中持续发展区和高等协调持续发展区;并提出以产业结构调整与转型、产业集聚与技术创新、科学发展与示范建设为主的县域乡村“三生”系统发展功能区优化策略,以期对山东省县域乡村振兴战略规划提供实践指导。

然而,乡村“三生”系统可持续协调发展必须通过科学规划,建设完善基础设施和公共服务设施,健全组织建设,加强资本投入。本研究基于县域尺度开展乡村研究,旨在科学合理划分县域乡村发展功能区,而村域尺度的乡村“三生”系统研究更具针对性,充分利用社会调查与土地利用规划等,深度剖析乡村问题,提出乡村“三生”系统规划与建设方案,对加快实现乡村振兴具有重要意义。

5 结论

(1)1990—2017年,山东省县域农业生产系统与农民生活系统整体水平逐渐提升,而农村生态系统呈波动变化。空间上,山东省县域“三生”综合系统具有明显的东北—西南地域分异特征,北部地区的乡村生产子系统发展速度明显高于南部地区,东部地区的乡村生活子系统高于西部地区,生态子系统空间分布均匀,胶东半岛地区水平较高。

(2)受农业生产、农民生活与农村生态系统的综合影响,各功能区表现为不同的发展特征。根据山东省县域乡村各子系统之间的耦合协调关系,将山东省县域“三生”系统发展功能区具体分为低等协调持续发展区、中协调低持续发展区、低协调中持续发展区、中等协调持续发展区、高协调中持续发展区和高等协

调持续发展区等六种类型,中等协调持续发展区、高协调中持续发展区比例较高,分别为29.7%和24.2%。

(3)鲁西、鲁西南平原农区、鲁南山地丘陵区等中、低协调持续发展水平地区应通过产业结构调整与转型,提高二三产业结构比例;鲁中、胶东半岛等中等协调发展地区需以产业集聚与技术创新为主,形成特色产业品牌;胶东半岛和鲁北的高等协调地区应以科学发展与示范建设为主,构建成熟乡村发展模式。

参考文献:

- [1] 孔繁金. 乡村振兴战略与中央一号文件关系研究[J]. 农村经济, 2018(4): 7-14. KONG Fan-jin. Relationship between rural revitalization strategy and Central No. 1 Document[J]. *Rural Economy*, 2018(4): 7-14.
- [2] 刘彦随, 周扬, 李玉恒. 中国乡村地域系统与乡村振兴战略[J]. 地理学报, 2019, 74(12): 2511-2528. LIU Yan-sui, ZHOU Yang, LI Yu-heng. Rural regional system and rural revitalization strategy in China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(12): 2511-2528.
- [3] 郑小玉, 刘彦随. 新时期中国“乡村病”的科学内涵、形成机制及调控策略[J]. 人文地理, 2018, 33(2): 100-106. ZHENG Xiao-yu, LIU Yan-sui. Connotation, formation mechanism and regulation strategies of rural diseases in the new epoch in China[J]. *Human Geography*, 2018, 33(2): 100-106.
- [4] 刘彦随, 周扬. 中国美丽乡村建设的挑战与对策[J]. 农业资源与环境学报, 2015, 32(2): 97-105. LIU Yan-sui, ZHOU Yang. Challenges and countermeasures for beautiful countryside construction in China[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2015, 32(2): 97-105.
- [5] 王丹, 刘祖云. 国外乡村空间研究的进展与启示[J]. 地理科学进展, 2019, 38(12): 1991-2002. WANG Dan, LIU Zu-yun. Progress and implications of international rural space research[J]. *Progress in Geography*, 2019, 38(12): 1991-2002.
- [6] 宋玉, 黄剑锋. 国内外乡村记忆地理研究进展与展望[J]. 世界地理研究, 2019, 28(6): 166-177. SONG Yu, HUANG Jian-feng. Research progress and prospect of rural memory geography[J]. *World Regional Studies*, 2019, 28(6): 166-177.
- [7] 关中美, 杨贵庆, 王祯, 等. 我国乡村空间研究进展与热点的可视化分析[J]. 现代城市研究, 2019(9): 2-9. GUAN Zhong-mei, YANG Gui-qing, WANG Zhen, et al. The visualization analysis of the research progress and hotspots of rural space in China[J]. *Modern Urban Research*, 2019(9): 2-9.
- [8] Oral H, Phelps K T. Almost all self-dual codes are rigid[J]. *Journal of Combinatorial Theory Series A*, 1992, 60(2): 264-276.
- [9] Hagebaum-Reignier D, Girardi R, Carissan Y, et al. Hückel theory for Lewis structures: Hückel-Lewis configuration interaction (HL-CI)[J]. *Journal of Molecular Structure Theorchem*, 2007, 817(1/2/3): 99-109.
- [10] 武小龙. 城乡对称互惠共生发展: 一种新型城乡关系的解释框架[J]. 农业经济问题, 2018(4): 14-22. WU Xiao-long. Symmetry mutualism of urban and rural areas: A new theoretical framework of

- urban-rural relationship[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2018(4): 14-22.
- [11] 吴传钧. 人地关系与经济布局[M]. 北京: 学苑出版社, 2008. WU Chuan-jun. Human-land relationship and the economic layout[M]. Beijing: Academic Press, 2008.
- [12] 陆大道, 郭来喜. 地理学的研究核心——人地关系地域系统——论吴传钧院士的地理学思想与学术贡献[J]. 地理学报, 1998, 53(2): 3-11. LU Da-dao, GUO Lai-xi. Man-earth areal system: The core of geographical study: On the geographical thoughts and academic contributions of academician WU Chuan-jun[J]. *Acta Geographica Sinica*, 1998, 53(2): 3-11.
- [13] 樊杰. “人地关系地域系统”是综合研究地理格局形成与演变规律的理论基石[J]. 地理学报, 2018, 73(4): 597-607. FAN Jie. "Territorial System of Human-environment Interaction": A theoretical cornerstone for comprehensive research on formation and evolution of the geographical pattern[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(4): 597-607.
- [14] 刘彦随. 中国新时代城乡融合与乡村振兴[J]. 地理学报, 2018, 73(4): 637-650. LIU Yan-sui. Research on the urban-rural integration and rural revitalization in the new era in China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(4): 637-650.
- [15] 刘彦随. 新时代乡村振兴地理学研究[J]. 地理研究, 2019, 38(3): 461-466. LIU Yan-sui. Research on the geography of rural revitalization in the new era[J]. *Geographical Research*, 2019, 38(3): 461-466.
- [16] 程明洋, 李琳娜, 刘彦随, 等. 黄淮海平原县域城镇化对乡村人地-业的影响[J]. 经济地理, 2019, 39(5): 181-190. CHENG Ming-yang, LI Lin-na, LIU Yan-sui, et al. Influence of county urbanization on rural population-land-industry in Huang-Huai-Hai Plain[J]. *Economic Geography*, 2019, 39(5): 181-190.
- [17] 杨忍, 罗秀丽, 陈燕纯. 中国县域乡村地域多功能格局及影响因素识别[J]. 地理科学进展, 2019, 38(9): 1316-1328. YANG Ren, LUO Xiu-li, CHEN Yan-chun. Spatial pattern and influencing factors of rural multifunctionality at county level in China[J]. *Progress in Geography*, 2019, 38(9): 1316-1328.
- [18] 曹润, 杨朝现, 刘勇, 等. 基于生态保护格局的丘陵山区乡村聚落空间重构策略[J]. 生态与农村环境学报, 2019, 35(6): 689-697. CAO Run, YANG Chao-xian, LIU Yong, et al. Restructuring strategy of rural settlement space in hilly and mountainous areas based on ecological protection pattern[J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2019, 35(6): 689-697.
- [19] Naumann M, Rudolph D. Conceptualizing rural energy transitions: Energizing rural studies, ruralizing energy research[J]. *Journal of Rural Studies*, 2020, 73: 97-103.
- [20] 龙花楼, 戈大专, 王介勇. 土地利用转型与乡村转型发展耦合研究进展及展望[J]. 地理学报, 2019, 74(12): 2547-2559. LONG Hua-lou, GE Da-zhuan, WANG Jie-yong. Progress and prospects of the coupling research on land use transitions and rural transformation development[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(12): 2547-2559.
- [21] 龙花楼, 屠爽爽. 乡村重构的理论认知[J]. 地理科学进展, 2018, 37(5): 581-590. LONG Hua-lou, TU Shuang-shuang. Theoretical thinking of rural restructuring[J]. *Progress in Geography*, 2018, 37(5): 581-590.
- [22] 龙花楼, 屠爽爽. 论乡村重构[J]. 地理学报, 2017, 72(4): 563-576. LONG Hua-lou, TU Shuang-shuang. Rural restructuring: Theory, approach and research prospect[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(4): 563-576.
- [23] Meng G, Gebhardt H. Rural development and transformation in the Federal Republic of Germany since the 1950s[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2011, 66(12): 1644-1656.
- [24] Bauerkämper A. Collectivization and memory: Views of the past and the transformation of rural society in the GDR from 1952 to the early 1960s[J]. *German Studies Review*, 2002, 25(2): 213-225.
- [25] Albaladejo C. Learning in agriculture: Rural development agents in France caught between a job identity and a professional identity[J]. *Journal of Agricultural Education & Extension*, 2007, 13(2): 95-106.
- [26] Elder G H J, Conger R D. Children of the land: Adversity and success in rural America. Studies on successful adolescent development[J]. *Contemporary Sociology*, 2001, 30(2): 134.
- [27] Dobashi N, Kurita T. Comprehensive national development plan and agricultural infrastructure improvement and rural development in Japan[J]. *Journal of the Japanese Society of Irrigation Drainage & Reclamation Engineering*, 2000, 46(5/6): 301-302.
- [28] Arimoto Y. Participatory rural development in 1930s, Japan: The economic rehabilitation movement[J]. *Developing Economies*, 2012, 50(2): 170-192.
- [29] Oh H S. The evolution of the regional development policy and types of the rural development policies in France[J]. *Korean Journal of Agricultural Extension*, 1997, 4(2): 431-442.
- [30] Park S. Rural development in Korea: The role of periodic markets[J]. *Economic Geography*, 1981, 57(2): 113-126.
- [31] 巫昊燕. 基于精准扶贫的重庆市乡村旅游发展模式及空间分布格局研究[J]. 中国农业资源与区划, 2019, 40(10): 244-249. WU Hao-yan. Research on the development model and spatial distribution pattern of rural tourism in Chongqing based on accurate poverty alleviation[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2019, 40(10): 244-249.
- [32] 杨园园, 臧玉珠, 李进涛. 基于城乡转型功能分区的京津冀乡村振兴模式探析[J]. 地理研究, 2019, 38(3): 684-698. YANG Yuan-yuan, ZANG Yu-zhu, LI Jin-tao. Rural revitalization mode in Beijing-Tianjin-Hebei from the perspective of urban-rural transformation functional zoning[J]. *Geographical Research*, 2019, 38(3): 684-698.
- [33] 屠爽爽, 龙花楼, 李婷婷, 等. 中国村镇建设和农村发展的机理与模式研究[J]. 经济地理, 2015, 35(12): 141-147, 160. TU Shuang-shuang, LONG Hua-lou, LI Ting-ting, et al. The mechanism and models of villages and towns construction and rural development in China[J]. *Economic Geography*, 2015, 35(12): 141-147, 160.
- [34] 李裕瑞, 杨乾龙, 曹智. 长江经济带农业发展的现状特征与模式转型[J]. 地理科学进展, 2015, 34(11): 1458-1469. LI Yu-rui, YANG Qian-long, CAO Zhi. Current status and pattern transformation of agricultural development in the Yangtze River economic belt

- [J]. *Progress in Geography*, 2015, 34(11):1458-1469.
- [35] 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[J]. 地理研究, 2018, 37(6):1100-1114. WANG Cheng, TANG Ning. Spatio-temporal characteristics and evolution of rural production-living-ecological space function coupling coordination in Chongqing Municipality[J]. *Geographical Research*, 2018, 37(6):1100-1114.
- [36] 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[J]. 地理学报, 2017, 72(7):1290-1304. LIU Ji-lai, LIU Yan-sui, LI Yu-rui. Classification evaluation and spatial-temporal analysis of "production-living-ecological" spaces in China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(7):1290-1304.
- [37] 江曼琦, 刘勇. “三生”空间内涵与空间范围的辨析[J]. 城市发展研究, 2020, 27(4):43-48, 61. JIANG Man-qi, LIU Yong. Discussion on the concept definition and spatial boundary classification of "production-living-ecological" space[J]. *Urban Development Studies*, 2020, 27(4):43-48, 61.
- [38] 朱媛媛, 余斌, 曾菊新, 等. 国家限制开发区“生产-生活-生态”空间的优化——以湖北省五峰县为例[J]. 经济地理, 2015, 35(4):26-32. ZHU Yuan-yuan, YU Bin, ZENG Ju-xin, et al. Spatial optimization from three spaces of production, living and ecology in national restricted zones: A case study of Wufeng County in Hubei Province[J]. *Economic Geography*, 2015, 35(4):26-32.
- [39] Yang Y Y, Bao W K, Liu Y S. Coupling coordination analysis of rural production-living-ecological space in the Beijing-Tianjin-Hebei region[J]. *Ecological Indicators*, 2020, 117:106512.
- [40] 李欣, 方斌, 殷如梦, 等. 村域尺度“三生”功能与生活质量感知空间格局及其关联——以江苏省扬中市为例[J]. 地理科学, 2020, 40(4):599-607. LI Xin, FANG Bin, YIN Ru-meng, et al. Spatial pattern and association of production-living-ecological function and life quality on the village scale: A case of Yangzhong City, Jiangsu Province[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2020, 40(4):599-607.