

山东省农业可持续发展水平测度及其耦合协调分析

郑欣, 周霞

(山东农业大学经济管理学院, 山东 泰安 271018)

摘要: 以山东省为例,从人口、社会、经济、资源、环境5个维度构建农业可持续发展水平评价指标体系,采用熵值法、耦合协调度模型等评价2012—2022年农业可持续发展水平及耦合协调性。结果表明:2012—2022年山东省农业可持续发展水平整体呈改善趋势,仍有进一步提升空间;人口、社会、经济、环境系统可持续发展能力总体提升,资源系统可持续发展水平较不稳定;山东省农业“人口-社会-经济-资源-环境”系统耦合度与耦合协调度呈上升趋势,两两子系统之间的耦合度及耦合协调度差异显著。

关键词: 农业可持续发展; 熵值法; 耦合协调度模型; 山东省

中图分类号: F327 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2024)19-0001-06

随着社会经济的快速发展,过分追求经济利益导致资源环境承载力接近上限^[1],化肥农药过度使用导致土地数量和质量双重下降^[2],农业生态环境恶化,严重阻碍农业现代化进程^[3]。农业农村部印发《全国农业可持续发展规划(2015—2030年)》明确指出,实现农业可持续发展是共建美丽家园的必然要求,2022年中央一号文件提出要推动农业可持续发展。实现农业可持续发展是农业现代化的基本要求,是保障和实现国家粮食安全的基础。

学者们对农业可持续发展问题的研究主要集中在农业可持续发展研究范围、指标构建以及评价方法上。研究范围方面,主要从国家^[4]、省级^[5-6]以及县级层面^[7]展开研究;指标构建方面,由于不同学者关注的侧重点不同,目前尚未形成统一的指标体系。袁久和和祁春节^[8]从人口、社会、经济和环境4个维度进行研究,丁文广等^[9]在其基础上增加了资源系统,陈聪和梁流涛^[10]则独创性地构建压力指标、状态指标、效应指标和响应指标;评价方法方面,多采用主成分分析法^[11]、欧氏距离法^[12]、层次分析法^[13]、灰色关联法^[14]、熵值法^[15]、DEA^[16]等。目前针对农业可持续发展的相关研究已经趋于完善,基本形成人口、环境、经济、社会、资源5个维度的指标体系构建思路,但现有研究以山东省为研究区域的较少,更缺乏各农业子系统之间耦合协调性分析的研究。因此,本文以山东省为研究区域,采

用熵值法测度山东省2012—2022年农业可持续发展水平,并应用耦合协调度模型探究农业子系统之间的耦合度和协调性,以期为促进山东省农业可持续发展提供理论参考。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 研究方法

1.1.1 熵值法

获得指标权重常见的方法包括主成分分析法、层次分析法和熵值法等。其中,主成分分析法将原始数据进行降维,存在数据一定程度上损失的问题^[17];层次分析法是一种基于专家判断和经验的层次化权重确定方法,易受人为主观因素的影响^[18];熵值法确定权重能够全面反映各类信息,避免因指标选取差异过小而造成分析不清^[19],评价结果客观有效,具有较高的可信度。具体步骤如下。

(1) 标准化处理。由于各指标对农业可持续发展水平的作用方向存在不一致,需要对其进行标准化处理,公式如下。

正向指标:

$$d_{ij} = \frac{x_{ij} - \min x_{ij}}{\max x_{ij} - \min x_{ij}} \quad (1)$$

负向指标:

$$d_{ij} = \frac{\max x_{ij} - x_{ij}}{\max x_{ij} - \min x_{ij}} \quad (2)$$

式中: x_{ij} 为指标值; $\max x_{ij}$ 为指标最大值; $\min x_{ij}$ 为

收稿日期: 2024-05-16

基金项目: 国家社会科学基金(19BGJ171)

作者简介: 郑欣(2000—),女,山东日照人,硕士研究生,研究方向为农业资源与环境管理;周霞(1971—),女,新疆焉耆人,博士,教授,研究方向为农业资源与环境管理。

指标最小值; d_{ij} 为处理后的第 j 个时间段的第 i 个指标值。

(2) 信息熵计算。计算第 i 个时间段中第 j 个指标所占该指标的比重 p_{ij} 。

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (3)$$

式中: m 为研究时间段。

(3) 计算第 j 项指标的信息熵 e_j 。

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} \quad (4)$$

式中: $k = \frac{1}{\ln m}$ 。如果 p_{ij} 为 0, 则假设 $\ln p_{ij}$ 也为 0。

(4) 计算第 j 项的信息熵冗余度 f_j 。

$$f_j = 1 - e_j \quad (5)$$

(5) 计算第 j 项指标的权重 w_j 。

$$w_j = \frac{f_j}{\sum_{j=1}^m f_j} \quad (6)$$

(6) 设 x_{ij} 的评价值为 u_{ij} , 则 $u_{ij} = w_j d_{ij}$ 。各子系统的评价得分 F_{ki} 为

$$F_{ki} = \sum_{j=1}^h u_{ij} \quad (7)$$

(7) 设所有指标权重之和为 E , 各子系统所占权重为 $W_k = E_i / E$, 则可持续发展水平综合得分 F 为

$$F = \sum_{k=1}^m W_k F_{ki} \quad (8)$$

1.1.2 耦合度模型

耦合度指两个或两个以上系统之间产生动态的相互作用和影响^[20], 反映两个及以上系统之间的相互作用程度。耦合度数值越大, 表明系统之间存在超过随机发展的有序方向性, 反之, 则说明系统之间的发展缺乏明确的方向性。耦合度计算公式为

$$C = \left[\frac{F_1 F_2 \cdots F_i}{\prod (F_1 + F_2 + \cdots + F_i)} \right]^{\frac{1}{n}} \quad (9)$$

式中: n 表示人口、社会、经济、资源、环境 5 个子系统, 取值为 5; C 为耦合度, 取值介于 0~1, C 越大, 说明系统之间相互作用程度越大。根据目前研究, 将 C 划分为 4 个阶段^[21]: 低水平耦合阶段 ($0 < C \leq 0.30$)、拮抗阶段 ($0.30 < C \leq 0.50$)、磨合阶段 ($0.50 < C \leq 0.80$)、高水平耦合阶段 ($0.80 < C \leq 1$)。

1.1.3 耦合协调度模型

耦合度仅能表明 5 个农业子系统之间相互影响的程度, 无法确定子系统之间的实际协调发展水平, 因此引入耦合协调度模型来有效解决该问题,

公式如下:

$$D = \sqrt{CT} \quad (10)$$

$$T = aF_1 + bF_2 + cF_3 + dF_4 + eF_5 \quad (11)$$

式中: D 为耦合协调度; T 为 5 个子系统综合协调指数; a 、 b 、 c 、 d 、 e 分别代表人口、社会、经济、资源、环境的权重, 分别为 0.12、0.19、0.14、0.20、0.35。根据相关研究^[22], 将耦合协调度划分为 10 个阶段 (表 1)。

表 1 耦合协调度等级划分标准

耦合协调等级	耦合协调 区间范围	耦合协调等级	耦合协调 区间范围
极度失调	$0 < D \leq 0.1$	勉强协调	$0.5 < D \leq 0.6$
严重失调	$0.1 < D \leq 0.2$	初级协调	$0.6 < D \leq 0.7$
中度失调	$0.2 < D \leq 0.3$	中级协调	$0.7 < D \leq 0.8$
轻度失调	$0.3 < D \leq 0.4$	良好协调	$0.8 < D \leq 0.9$
濒临失调	$0.4 < D \leq 0.5$	优质协调	$0.9 < D \leq 1$

1.2 指标体系构建

综合参考众多学者的研究成果, 以农业可持续发展内涵为出发点, 遵循科学性、系统性、可操作性原则, 设立人口系统、社会系统、经济系统、资源系统、环境系统 5 个一级指标, 并进一步细分为 22 个具体指标 (表 2)^[9,5,11]。

1.3 数据来源

研究数据来源于 2013—2023 年的《中国统计年鉴》《中国农村统计年鉴》《山东省统计年鉴》, 部分指标数据运用公式进行换算, 整理获得 2012—2022 年山东省历年原始指标数据。

2 结果与分析

2.1 山东省农业可持续发展水平综合评价

通过式 (1)~式 (7) 计算得到 2012—2022 年山东省农业可持续发展水平综合得分及各子系统得分。通过表 3 及图 1 得出, 2012—2022 年山东省农业可持续发展水平呈波动上升趋势, 说明农业可持续发展水平总体呈改善趋势, 综合得分仍有进一步提升空间。2022 年农业可持续发展水平综合得分最高, 为 0.793 1, 其次是 2021 年, 得分为 0.675 4, 农业发展水平综合得分最低的年份为 2013 年, 为 0.197 7。2018 年农业可持续发展水平综合得分大幅度增长, 原因在于环境子系统得分大幅度提高, 由 2017 年的 0.298 0 增加为 2018 年的 0.401 2, 山东省近年来高度重视环境保护, 修订 10 项生态环境法规, 编制完成 32 项环境保护标准, 加大力度保护农业农村环境, 注重农业可持续发展。

从各子系统综合得分来看, 人口系统得分呈波

表 2 山东省农业可持续发展评价指标体系及指标权重

一级指标	权重	二级指标	权重	单位	属性
人口系统	0.106 2	人口自然增长率	0.359 6	%	逆向
		区域人口密度	0.299 3	人/km ²	逆向
		农村人口比重	0.341 1	%	逆向
社会系统	0.182 2	农村居民人均居住面积	0.152 0	m ² /人	正向
		农村居民恩格尔系数	0.235 6	%	逆向
		城镇化水平	0.198 1	%	正向
		农村人均用电量	0.251 3	(kW·h)/人	正向
		城乡居民收入水平比例	0.163 0	%	正向
经济系统	0.152 4	人均农业生产总值	0.242 7	元/人	正向
		农村居民人均纯收入	0.273 1	元/人	正向
		农业固定资产投资	0.132 6	亿元	正向
		土地生产率	0.351 6	元/hm ²	正向
资源系统	0.180 9	人均耕地面积	0.389 1	hm ² /人	正向
		有效灌面积	0.131 9	10 ³ hm ²	正向
		单位耕地面积机械总动力	0.192 8	kW/hm ²	正向
		人均水资源	0.286 2	m ³ /人	正向
环境系统	0.378 3	单位面积施肥量	0.112 8	kg/hm ²	逆向
		单位面积农药量	0.105 5	kg/hm ²	逆向
		单位面积塑料薄膜使用量	0.127 3	kg/hm ²	逆向
		水土流失治理面积	0.103 4	10 ³ hm ²	正向
		森林覆盖率	0.306 2	%	正向
		农业成灾率	0.244 8	%	逆向

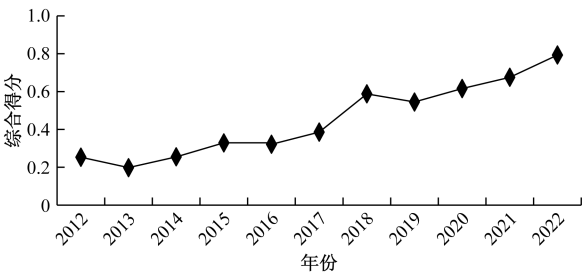


图 1 2012—2022 年山东省农业可持续发展水平综合得分

表 3 2012—2022 年山东省农业可持续发展水平得分

年份	人口	社会	经济	资源	环境	综合得分
2012	0.479 3	0.003 5	0.120 8	0.707 6	0.145 1	0.252 8
2013	0.488 7	0.097 8	0.239 0	0.389 2	0.056 0	0.197 7
2014	0.444 2	0.279 3	0.304 1	0.326 4	0.135 9	0.254 9
2015	0.513 9	0.402 2	0.376 8	0.365 0	0.204 5	0.328 7
2016	0.370 1	0.550 9	0.368 1	0.269 1	0.202 6	0.321 1
2017	0.402 5	0.682 5	0.348 2	0.291 8	0.298 0	0.385 7
2018	0.527 3	0.632 8	0.447 2	0.401 2	0.728 8	0.587 8
2019	0.584 2	0.715 6	0.603 4	0.303 4	0.543 2	0.544 8
2020	0.666 0	0.775 9	0.667 7	0.458 0	0.579 2	0.615 8
2021	0.720 9	0.803 4	0.787 7	0.533 4	0.623 5	0.675 4
2022	0.700 7	0.779 4	0.867 4	0.553 3	0.910 3	0.793 1

动缓慢上升趋势,2012—2016 年为人口系统可持续发展能力下降阶段,2016 年达到最低值 0.370 1,原因在于 2015 年国家为应对人口老龄化开放二孩政策,2016 年人口自然增长率达到近 10 年最高水平,人口数量增长过快降低人口子系统的可持续发展

能力。2017—2022 年人口自然增长率下降,可持续发展能力逐步回升。

社会系统可持续发展能力总体提升,2012—2017 年呈快速增长趋势,一方面是因为山东省深入实施城镇化战略,制定《山东省城镇化发展纲要(2012—2020)》加快城镇化发展,城镇化水平由 52.43% 增长为 59.02%,另一方面是因为山东省加快对社会主义农村建设,大力推动城乡统筹发展,农村居民收入水平提高,更加注重生活质量,恩格尔系数由 31.79% 降为 28.62%,城乡差距逐渐缩小。

经济系统得分 2012—2017 年增长趋势缓慢,2018 年后增长迅速,增幅高达 0.42,原因可能是,一方面 2017 年党的十九大报告提出乡村振兴战略,山东省加大对农业产业的投入,注重农业现代化发展,农业生产总值快速增长,另一方面,山东省加大对农村地区的投入,农厕改造、污水治理等一系列举措改善了农村居住环境,为农业可持续发展提供了保障。

资源系统得分呈连续“下降-上升”趋势,可持续发展水平较不稳定。环境系统可持续发展水平得分在 2018 年骤增,原因在于省政府 2018 年印发《山东省加强污染源防治推进“四减四增”三年行动方案(2018—2020 年)》,减少化肥农药使用量,大力推动有机肥替代化肥。

2.2 山东省农业系统耦合度时序演化分析

根据式(8)首先计算得到2012—2022年山东省农业“人口-社会-经济-资源-环境”耦合度(图2),其次计算得到两两子系统之间的耦合度(图3);根据式(9)、式(10)计算得到农业“人口-社会-经济-资源-环境”耦合协调度(图2)以及到两两子系统之间的耦合协调度(图4)。由图2可知,山东省农业“人口-社会-经济-资源-环境”系统耦合度呈波动上升趋势,由2012年低水平耦合阶段提升为2022年磨合阶段,系统耦合度总体来说逐渐改善。

由图3曲线变化可以看出,两两子系统之间的耦合度差异较为明显,人口与经济、社会系统间耦合

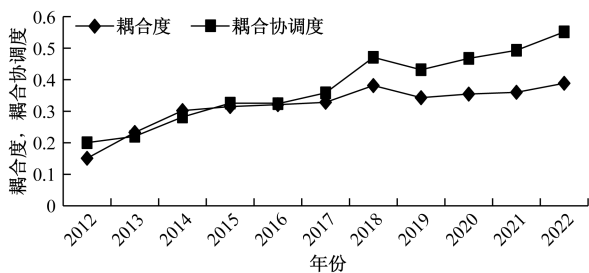
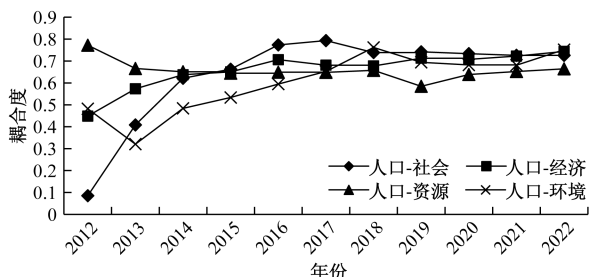
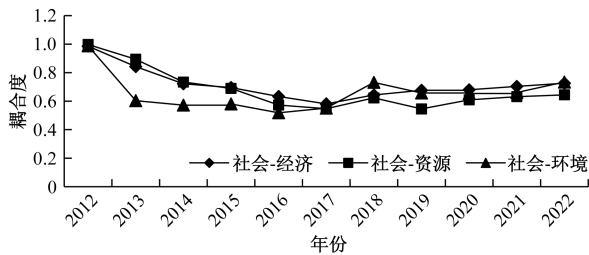


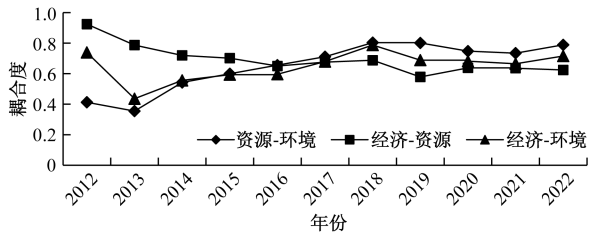
图2 2012—2022年山东省农业可持续发展耦合度和耦合协调度



(a) 人口系统与其他系统间耦合度



(b) 社会系统与其他系统间耦合度



(c) 经济系统与其他系统间耦合度

图3 2012—2022年山东省两两子系统间耦合度

度变化趋势都呈先上升后保持平稳趋势,分别由拮抗阶段变为磨合阶段、低水平耦合阶段变为磨合阶段,其中2012—2014年人口-社会系统间耦合度快速提高,由0.0851增长至0.6626,在此期间山东省城镇化水平明显提高,经济发展迅速,农村居民生活环境大幅改善,人口与社会、经济的融合度也随之提升;人口-资源系统耦合度稍有下降,仍稳定在磨合阶段。

社会与资源、环境、经济系统、经济-资源系统间耦合度变化趋势基本相同,在2018年之前下降较快,2018年后趋于平稳,由高耦合阶段下降为磨合阶段。究其原因,2018年前山东省大力发展农业与经济,加大化肥农药使用力度以提高粮食产量,经济发展致使工业用地占用耕地,导致耕地面积减少,农业生态环境破坏严重,制约了资源、环境与社会、经济之间的耦合性。

环境与人口、经济、资源系统间耦合度变化趋势相近,均处在磨合阶段,2013年为最小值,2018年为最大值,原因可能为山东省环境本身较为脆弱,资源环境承载力比较弱,人口、资源、环境之间的矛盾较为突出,2018年大力加强环境污染整治,资源环境承载力改善,推动人口、资源、环境之间耦合度提升。

2.3 山东省农业系统耦合协调度时序演化分析

由图2可以看出,山东省农业“人口-社会-经济-资源-环境”系统的耦合协调度呈上升趋势,农业系统整体朝协调有序方向发展,耦合协调度从2012年的0.2003增加到2022年的0.5516,从中度失调阶段过渡到勉强协调阶段,与农业可持续发展水平变化趋势一致。

由图4得出,资源与人口、社会、经济系统间耦合协调度变化趋势基本一致,呈连续多个“下降-上升”趋势,经历协调-失调-初级协调阶段,说明系统之间的耦合协调度不稳定,可能原因是城市与农村之间资源差距较大,人口基数大导致人均占有量下降,过去的经济增长依赖资源消耗和要素投入,粗放型经济发展导致资源利用效率低,影响了资源与社会、经济之间的耦合协调度。

环境系统与其他4个子系统之间耦合协调度变化均呈波动上升趋势,从失调阶段改善为中级协调,且在2018年出现凸起点,原因在于2018年“生态文明”正式写入宪法,山东省政府积极推进生态保护与经济高质量发展,生态文明建设成果显著。

社会系统与人口、经济系统间耦合协调度呈线

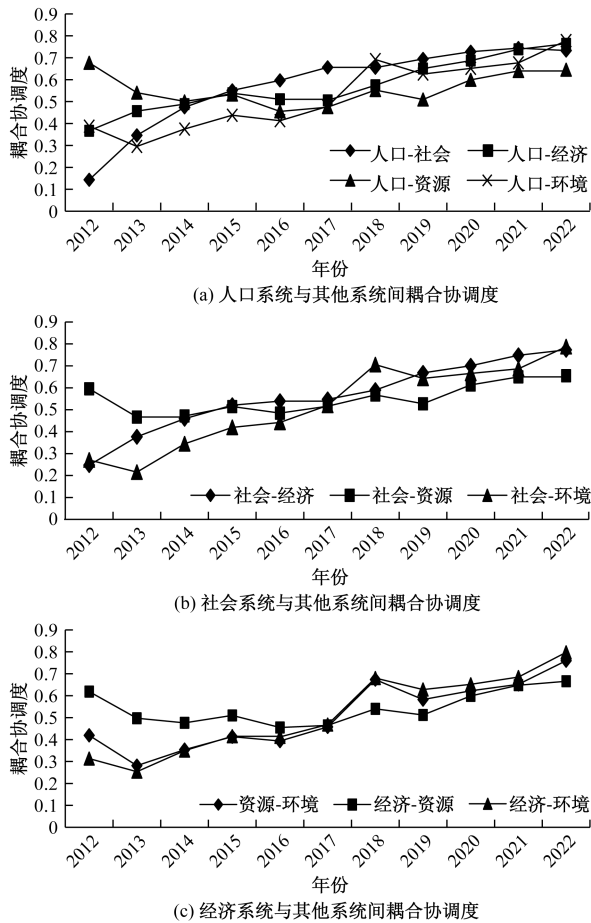


图4 2012—2022年山东省两两子系统间耦合协调度

性增长,分别从0.143 3增加到0.732 8、从0.247 5增加到0.773 0,从严重失调、中度失调转变为中级协调,说明社会发展与经济发展相辅相成,社会在不断进步;人口-经济系统耦合协调度不断改善,从轻度失调转变为中级协调。

3 结论与政策建议

选取2012—2022年山东省农业可持续发展水平指标数据,采用熵值法和耦合协调度模型进行测度,得到如下结论。

(1)2012—2022年山东省农业可持续发展水平总体呈改善趋势,综合得分从2012年0.252 8增长到2022年0.793 1,仍有进一步提升空间;人口、社会、经济、环境系统可持续发展能力总体提升,资源系统可持续发展水平较不稳定。

(2)农业“人口-社会-经济-资源-环境”系统耦合度总体改善,由2012年低水平耦合阶段提升为2022年磨合阶段;农业“人口-资源-经济-社会-环境”系统协调有序发展,耦合协调度从2012年的0.200 3增加到2022年的0.551 6,从中度失调阶段

过渡到勉强协调阶段。

(3)两两子系统之间的耦合度差异显著,人口与经济、社会系统间耦合度均提升至磨合阶段,社会与资源、环境、经济系统、经济-资源系统间耦合度均由高耦合阶段下降为磨合阶段,环境与人口、经济、资源系统、人口-资源间耦合度长期处于磨合阶段。

(4)两两子系统之间的耦合协调度差异显著,资源系统与人口、社会、经济系统间耦合协调度不稳定;环境系统与其他子系统之间耦合协调度逐渐改善;社会与人口、经济系统间耦合协调度呈线性增长;人口-经济系统间耦合协调度从轻度失调转变为中级协调。

根据上述结论,提出如下建议。

(1)加强农业资源保护力度,加大对农业科技研究的投入,鼓励农业科研机构 and 农民进行合作研发,引导农民进行技术创新;改变传统的粗放式农业生产方式,推广包括温室大棚技术、精准农业、水肥一体化等新型农业技术;发展滴灌、喷灌等节水灌溉技术,提高用水效率,培育节水型农作物品种,减少水资源的浪费。

(2)充分发挥城乡带动作用,吸纳农村剩余劳动力;重视加强农村教育投入力度,积极运用大数据、互联网等信息科技,加强农民种植技术及相关农业技术培训,做好农业科技的宣传和普及工作,提高农民的科技意识和科技水平。

(3)加强农业环境保护,加强对农田环境的监管,禁止使用有害农药和化肥,提倡推广有机农业和生态农业的发展;推广防灾减灾技术,建立健全农业灾害预警机制,积极推进农业保险;调整农产品种植结构和市场配置,加强农业合作社建设,采取资源集约化和规模化经营措施,提高农业生产效率和竞争力。

参考文献

- [1] 彭超,刘合光.“十四五”时期的农业农村现代化:形势、问题与对策[J].改革,2020(2):20-29.
- [2] 郭林涛.我国中长期粮食供应的脆弱性分析及其应对[J].中州学刊,2020(8):32-37.
- [3] 杜志雄.农业农村现代化:内涵辨析、问题挑战与实现路径[J].南京农业大学学报(社会科学版),2021,21(5):1-10.
- [4] 王颖,喻阳华.中国农业可持续发展水平多尺度时空演变特征[J].中国农业科技导报,2021,23(3):8-17.
- [5] 唐健飞,刘剑玲.省域农业可持续发展水平评价及其耦合协调分析:以长江经济带11省市为例[J].经济地理,

- 2022, 42(12): 179-185.
- [6] 高鹏, 刘燕妮. 我国农业可持续发展水平的聚类评价: 基于2000—2009年省域面板数据的实证分析[J]. 经济学家, 2012(3): 59-65.
- [7] 公茂刚, 宋梦月, 王学真. 黄河下游流域农业可持续发展水平测度及时空差异分析: 以山东省黄河流域23个区县为例[J]. 改革与战略, 2023, 39(3): 103-117.
- [8] 袁久和, 祁春节. 基于熵值法的湖南省农业可持续发展能力动态评价[J]. 长江流域资源与环境, 2013(2): 152-157.
- [9] 丁文广, 刘德, 耿怡颖, 等. 甘肃省农业可持续发展评价及耦合协调性分析[J]. 中国农业资源与区划, 2019(3): 61-69.
- [10] 陈聪, 梁流涛. 基于农户视角的农业可持续发展评价: 以河南省粮食生产核心区为例[J]. 地域研究与开发, 2018, 37(2): 128-132.
- [11] 宋晓桐, 周健, 王营营. 基于主成分分析: 耦合协调模型的生态文明理念下新疆农业可持续发展综合评价[J]. 喀什大学学报, 2023, 44(3): 33-39.
- [12] 杨世琦. 基于欧氏距离的农业可持续发展评价理论构建与实例验证[J]. 生态学报, 2017(11): 3840-3848.
- [13] 张金华. 现代农业可持续发展综合效益评价研究: 以贵州省为例[J]. 中国农业资源与区划, 2016(6): 178-183.
- [14] 傅琳琳, 毛小报, 毛晓红, 等. 浙江农业可持续发展水平与区域差异综合评价: 基于高质量发展视角[J]. 浙江农业学报, 2020, 32(10): 1880-1889.
- [15] 薛黎明, 王豪杰, 朱兵兵, 等. 煤炭资源可持续力评价与系统协调发展分析[J]. 经济地理, 2020, 40(1): 114-124.
- [16] 叶文辉, 陈丽如. 基于DEA方法的农业可持续发展能力评价: 以云南省为例[J]. 山西大学学报(哲学社会科学版), 2016(3): 97-103.
- [17] 李钢. 城郊村镇景观节点特征主成分分析及综合评价实证研究[J]. 中国农业资源与区划, 2017, 38(10): 204-209.
- [18] 安静, 王梁. 山东省农业可持续发展水平动态评价[J]. 山东农业科学, 2016, 48(2): 161-165.
- [19] 徐建华. 计量地理学[M]. 2版. 北京: 高等教育出版社, 2014.
- [20] 周京奎, 王文波, 张彦彦. “产业-交通-环境”耦合协调发展的时空演变: 以京津冀城市群为例[J]. 华东师范大学学报(哲学社会科学版), 2019(5): 118-134.
- [21] 李雪铭, 郭玉洁, 田深圳, 等. 辽宁省城市人居环境系统耦合协调度时空格局演变及驱动力研究[J]. 地理科学, 2019(8): 1208-1218.
- [22] 刘那日苏, 乌日嘎, 金良. 北方半农半牧区农牧户可持续生计与生态宜居的耦合协调评价研究: 以内蒙古自治区赤峰市巴林右旗为例[J]. 干旱区资源与环境, 2023, 37(11): 74-81.

Sustainable Development Level Measurement and Coupling Coordination Analysis of Agricultural in Shandong Province

ZHENG Xin, ZHOU Xia

(School of Economics and Management, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, Shandong, China)

Abstract: Taking Shandong Province as an example, the evaluation index system of agricultural sustainable development level was constructed from five dimensions: population, society, economy, resources and environment. Entropy method and coupling coordination degree model were used to evaluate the agricultural sustainable development level and coupling coordination from 2012 to 2022. The results show that the level of agricultural sustainable development in Shandong Province showed an overall improvement trend from 2012 to 2022, and there is still room for further improvement. The sustainable development capacity of population, society, economy and environment system has been improved overall, while the sustainable development level of resource system is relatively unstable. The coupling degree and coupling coordination degree of the agricultural “population-society-economy-resources-environment” system in Shandong Province shows an upward trend, and the coupling degree and coupling coordination degree between the two subsystems were significantly different.

Keywords: agricultural sustainable development; entropy method; coupling coordination degree model; Shandong Province