

沿黄九省(区)农业用水效率与农业经济发展 耦合协调关系研究

查建平¹, 周玉玺², 周霞¹

(1. 山东农业大学 经济管理学院, 山东 泰安 271018; 2. 山东农业大学 公共管理学院, 山东 泰安 271018)

摘要: 实现农业用水效率与农业经济的协调发展是黄河流域高质量发展的重要内容。分别运用非期望产出超效率SBM模型和综合评价模型测度沿黄九省(区)农业用水效率和农业经济发展水平,并运用耦合协调度模型和变异系数法分析二者的耦合协调关系及空间差异。结果表明:2011-2019年沿黄九省(区)农业用水效率和农业经济发展水平均得到整体提升,二者的耦合度处于初级耦合阶段,耦合协调度从中度耦合阶段过渡到高度耦合阶段;耦合度的空间差异不断缩小,耦合协调度的变异系数总体上呈现先减小后增大的特征;不同省(区)的耦合度和协调度处于不同阶段。因此,各地区应采取因地制宜的发展策略,同时要注重水资源利用与经济发展的协调性。

关键词: 农业用水效率; 农业经济发展; 耦合协调度; 变异系数; 沿黄九省(区)

中图分类号:TV213; F303.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2021)05-0219-08

Coupling and coordination relationship between agricultural water use efficiency and agricultural economic development in the nine provinces (autonomous regions) along the Yellow River

ZHA Jianping¹, ZHOU Yuxi², ZHOU Xia¹

(1. College of Economics and Management, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China;

2. College of Public Administration, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China)

Abstract: The coordinated development of agricultural water use efficiency and agricultural economy has become an important part of the high-quality development of the Yellow River Basin. The undesired output super-efficiency SBM model and the comprehensive evaluation model are used to measure the agricultural water use efficiency and the level of agricultural economic development in the nine provinces (autonomous regions) along the Yellow River, then the coupling coordination degree model and the coefficient of variation method are used to analyze their coupling coordination relationships and spatial differences. The results show that the agricultural water use efficiency and agricultural economic development level of the nine provinces (autonomous regions) along the Yellow River have witnessed overall progress from 2011 to 2019; their coupling degrees are in the primary coupling stage, and the coupling coordination degree has transitioned from the moderate coupling stage to the high coupling stage; the spatial differences of coupling degree are constantly narrowing, and the coefficient of variation of the coupling coordination degree shows the general trend of initial falling and subsequent rising; the degrees of coupling and coordination in different provinces (autonomous regions) are at different stages. Therefore, all regions should adopt development strategies tailored to local conditions, and also pay attention to the coordination between water resources utilization and economic development.

Key words: agricultural water use efficiency; agricultural economy; coupling coordination degree; coef-

收稿日期:2021-04-21; 修回日期:2021-07-12

基金项目:国家社会科学基金项目(16BJY053、19BJL171); 教育部人文社科基金项目(16YJA790071)

作者简介:查建平(1997-),男,山东临沂人,硕士研究生,研究方向为农业资源与环境管理。

通讯作者:周玉玺(1969-),男,山东潍坊人,博士,教授,博士生导师,研究方向为农业资源与环境管理、农业产业组织与管理。

ficient of variation; the nine provinces (autonomous regions) along the Yellow River

1 研究背景

改革开放 40 多年来,黄河流域经济社会发展成效显著,与之相伴的则是用水量的增加^[1]。黄河流域水资源开发率超过 40% 的生态警戒线^[2],进一步制约了黄河流域的高质量发展。2019 年习近平总书记提出“以水而定、量水而行”、“水资源节约集约利用”、“重在保护,要在治理”的黄河流域治理战略。黄河流域是农产品主产区,粮食和肉类产量约占全国的 1/3。然而,黄河流域农业部门在贡献 8.16% 产值的情况下耗用了 67.28% 的水资源^[3],农业水资源浪费情况严重。黄河流域高质量发展应当是农业用水效率和农业经济发展的协调统一。因此,如何提高农业用水效率与农业经济发展的耦合协调程度,是黄河流域高质量发展的一项重要内容。

当前,中国水资源利用效率呈现先下降后上升的 U 型发展趋势^[4],东部地区水资源利用效率较高,中、西部地区较低^[5],具有明显的空间非均衡性^[6]。从不同产业来看,工业用水高效率中心由东向西转移^[7],空间分布存在显著正相关性^[8];农业水资源效率逐年上升^[9],总体特征为“东部低、西部高、中部居中”^[10]。从制度层面来看,需要建立相应的交易制度^[11],平衡各主体用水需求^[12]。

中国水资源短缺态势和经济社会发展水平区域差异显著^[13],学者们采用库茨涅兹曲线^[14]、VAR 模型^[15]、脱钩分析^[16]和耦合协调度^[17]等方法,从不同的空间尺度^[18-19],测度分析了水资源与经济社会发展的关系,并从法制层面、管理层面和社会层面^[20]制定了耦合协调机制。

现有研究从全国或地区等空间尺度探讨了水资源利用与经济发展的关系,为本文研究提供了借鉴经验,然而鲜有学者基于特定流域进行研究,邢霞等^[21]对黄河流域水资源利用效率与经济发展的耦合协调关系进行了探讨,但忽视了农业用水效率与农业经济发展的关系研究。基于此,本文按照“宜粮则粮、宜农则农”的原则,以沿黄九省(区)为研究对象,分别运用非期望产出超效率 SBM (slacks-based measure) 模型和综合评价模型测度其农业用水效率和农业经济发展水平,并运用耦合协调度模型分析二者的耦合协调关系,同时通过变异系数法分析耦合度和耦合协调度的空间差异,提出可行性建议,以推进黄河流域高质量发展。

2 数据来源与研究方法

2.1 研究区概况

黄河发源于青藏高原巴颜喀拉山脉,自西向东于山东省汇入渤海,黄河流域覆盖了青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、山西、陕西、河南和山东 9 个省和自治区(沿黄九省(区))。随着农业经济不断发展,黄河流域农业用水需求不断增加,进一步制约了黄河流域的高质量发展。因此,深入分析黄河流域农业用水效率和农业经济发展的耦合协调程度,促进黄河流域农业水资源利用与农业经济协调有序发展,具有重要的现实意义。

2.2 数据来源

本研究以青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、山西、陕西、河南和山东 9 个省(区)为研究对象,时间跨度为 2011 - 2019 年。相关指标的数据均来自于《中国统计年鉴》《中国环境统计年鉴》及各省统计年鉴。对于缺失的相关指标,本文按照时序数据趋势推测法进行处理。

2.3 研究方法

2.3.1 非期望产出超效率 SBM 模型 在绿色发展的背景下,农业用水效率不仅要考虑经济发展的数量,还应当体现生态环境容量的变化。因此,本文考虑农业用水效率的投入产出指标时,不仅考虑农业用水带来的经济增长,同时考虑农业用水投入带来的水环境污染问题。

本文运用非期望产出超效率 SBM 模型,测度沿黄九省(区)农业用水效率。与传统 CCR (Charnes - Cooper - Rhocles) 和 BBC (Banker - Bardhan - Cooper) 模型相比,SBM 模型可直接处理投入过剩和产出不足的问题^[22],解决了投入产出变量存在的松弛性问题。令 n 为决策单元数量, m 、 s_1 、 s_2 分别为投入指标数量、期望产出指标数量和非期望产出指标数量,则非期望产出超效率 SBM 模型公式如下:

$$\rho = \min \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m s^- / x_{i0}}{1 + \frac{1}{s_1 + s_2} \left(\sum_{j=1}^{s_1} s_j^g / y_{j0}^g + \sum_{k=1}^{s_2} s_k^b / y_{k0}^b \right)} \quad (1)$$

$$\text{s. t. } \begin{cases} x_0 = \mathbf{X}\boldsymbol{\lambda} + s^-, y_o^g = \mathbf{Y}^g\boldsymbol{\lambda} - s^g, z_o^b = \mathbf{Z}^b\boldsymbol{\lambda} + s^b \\ s^- \geq 0, s^g \geq 0, s^b \geq 1, \boldsymbol{\lambda} \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

式中: s^- 、 s^g 、 s^b 分别为投入指标、期望产出指标和非期望产出指标的松弛量; x 、 y^g 、 z^b 分别为农业生产的投入要素、期望产出要素和非期望产出要素; m 、 s_1 、 s_2 分

别表示投入指标数量、期望产出指标数量和非期望产出指标数量; X 、 Y^e 、 Z^b 分别为对应的投入、期望产出和非期望产出的矩阵; λ 为权重向量, ρ 为目标函数, 取值为 $[0,1]$, 当 $\rho = 1$ 时, 表示决策单元达到有效状态, 否则表示该决策单元处于无效率状态。

2.3.2 综合评价模型 熵权法根据提供数据的有用信息进行赋权^[23], 避免了人为赋权的主观性。因此, 本文首先利用相对偏差值法对指标进行标准化处理, 然后运用熵权法确定指标权重, 最后利用综合评价模型测度沿黄九省(区)农业经济发展水平。具体公式为:

$$Z = \sum_j^n \theta_j b_{ij} \quad (3)$$

式中: Z 为沿黄九省(区)农业经济发展综合评价值; θ_j 为运用熵权法确定的指标权重值; b_{ij} 为标准化后的指标值; n 为评价指标数目; i 表示第 i 个评价对象; j 表示第 j 个评价指标。

2.3.3 耦合协调度模型 耦合度是对系统间或系统内部诸要素相互作用程度强弱的度量^[24]。水资源是经济发展的基础, 而水资源短缺又进一步制约了经济发展, 因此水资源与经济社会发展是相互作用、相互影响的关系。本文选择耦合度模型分析沿黄九省(区)农业用水效率与农业经济发展相互作用的关联程度。耦合度函数计算公式为:

$$C = \left[\frac{\mu \cdot v}{(\mu + v)^2} \right]^{\frac{1}{k}} \quad (4)$$

式中: C 为耦合度, 值域为 $[0,1]$; μ 为农业用水效率; v 为农业经济发展水平; k 为调节系数, 本文中令 $k = 2$ 。当 $C = 0$ 时, 表示农业用水效率与农业经济发展水平无关联性, 不存在耦合关系, C 值越大, 表明二者耦合性越好。

耦合度虽然能反映耦合作用的强弱, 但无法反映协调发展水平的高低^[25]。因此, 本文引入耦合协调度模型, 分析沿黄九省(区)农业用水效率与农业经济发展的整体协调发展程度。公式如下:

$$D = \sqrt{C \cdot T} \quad (5)$$

$$T = \frac{1}{2}\mu + \frac{1}{2}v \quad (6)$$

式中: D 为耦合协调度, 值域为 $[0,1]$; C 为耦合度; T 为农业用水效率和农业经济发展的综合评价指数, 值域为 $[0,1]$ 。

借鉴邢霞等^[21]的研究, 本文将耦合度和耦合协调度按值进行等级划分, 如表 1 所示。

2.3.4 变异系数法 耦合协调度反映了沿黄九省

(区)农业用水效率与农业经济发展的整体协调程度, 但无法反映各省(区)之间的差异状况。为探究沿黄九省(区)耦合度和耦合协调度的空间差异性, 本文运用变异系数法计算 2011 - 2019 年沿黄九省(区)耦合度和耦合协调度的差异值。变异系数可以反映事物内部之间的均匀性、稳定性和一致性^[26], 变异系数越大, 表明各省(区)区域之间耦合度和耦合协调度的空间差异性越大; 变异系数变小, 则说明各省(区)之间耦合度和耦合协调度的区域差异越小。本文运用变异系数法中的标准差系数进行分析, 具体公式如下:

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \quad (7)$$

式中: C_v 为变异系数; σ 为标准差; \bar{x} 为平均值。

表 1 耦合度和耦合协调度等级划分

耦合度值	耦合等级	耦合协调度值	耦合协调等级
0 ~ 0.3	低度耦合	0 ~ 0.4	低度协调阶段
0.3 ~ 0.5	初级耦合	0.4 ~ 0.5	中度协调阶段
0.5 ~ 0.7	中级耦合	0.5 ~ 0.8	高度协调阶段
0.7 ~ 1	高度耦合	0.8 ~ 1	极度协调阶段

2.4 指标体系构建

在农业用水效率子系统的指标体系中, 本文将指标分为投入指标、期望产出指标和非期望产出指标。表 2 为农业用水效率指标体系。

表 2 农业用水效率指标体系

指标类型	指标/单位
投入	农作物播种面积/hm ²
	农业用水量/m ³
	第一产业从业人员数/10 ⁴ 人
	农业机械总动力/kW
期望产出	化肥折纯量/t
	农林牧渔总产值/10 ⁸ 元
非期望产出	农业废水量/t

投入指标包括农业生产中的自然资源、劳动力、资本和技术。自然资源是最基本的农业生产要素, 包括土地、水资源等, 本文分别选取农作物播种面积和农业用水量代表土地和水资源。随着城镇化进程加快和劳动力成本上升, 农业劳动力出现向其他行业转移的趋势, 但作为农业生产的主导力量, 农业劳动力依然是农业生产必不可少的要素, 本文选取第一产业从业人员数代表劳动力投入。在社会主义市

市场经济条件下,资本逐渐成为重要的农业生产要素,本文参考张玲玲等^[27]的研究,选取农业机械总动力代表农业资本投入。化肥是农业生产必不可少的生产要素,本文选择化肥折纯量作为投入指标。

期望产出指标是农业生产要素投入带来的经济效益,本文以农林牧渔总产值表示。水资源的投入不仅会带来经济产出,还会产生污水等非期望产出,本文参考杨骞等^[28]的研究思路,以农业废水中的农业氨氮排放量和农业 COD 排放量的总和代表农业废水量。

表3为农业经济发展指标体系。本文评价农业经济水平时,不仅考虑农业经济的规模效益,同时考虑了农业经济的结构特征、农业投入及社会效益。因此,本文参考相关文献^[29]、^[30],选取了农业发展规模、农业发展结构、农业发展投入、农业经济目标和农民生活质量5个维度的指标。农业经济发展

直接表现为农业发展规模的扩大和经济效益的提高,本文以人均农业总产值代表农业发展规模。第一产业占GDP比重表明了农业发展结构。第一产业固定资产投资占比和农业财政支出占比代表了国家对农业经济发展的投入力度。农业经济发展的目的是增加农民收入,提高人类福祉,因此选择农村居民可支配收入表示农业经济目标。农村恩格尔系数反映了农民生活水平和生活质量的高低,因此本文选择农村恩格尔系数表征农民生活质量。

3 结果与分析

3.1 农业用水效率分析

运用公式(1)、(2)测度沿黄九省(区)农业用水效率,并以9个省(区)各年份的农业用水效率平均值代表其农业用水效率,表4为2011-2019年沿黄九省(区)农业用水效率值。

表3 农业经济发展指标体系

一级指标	二级指标/单位	指标含义	指标性质
农业发展规模	人均农业总产值/ 10^4	农林牧渔总产值/乡村人口	正向
农业发展结构	第一产业占GDP比重/%	第一产业生产总值/地区生产总值	正向
农业发展投入	第一产业固定资产投资占比/%	第一产业固定资产投资/固定资产投资总额	正向
	农业财政支出占比/%	农业财政支出/一般预算支出	正向
农业经济目标	农村居民可支配收入/ 10^4 元		正向
农民生活质量	农村恩格尔系数/%	食品烟酒支出/消费支出	负向

表4 2011-2019年沿黄九省(区)农业用水效率值

年份	青海	四川	甘肃	宁夏	内蒙古	陕西	山西	河南	山东	平均值
2019	1.000	1.000	1.000	0.149	0.366	1.000	0.957	1.000	1.000	0.830
2018	1.000	1.000	0.677	0.196	0.377	1.000	1.000	1.000	1.000	0.806
2017	1.000	0.953	0.655	0.197	0.392	1.000	1.000	1.000	1.000	0.800
2016	0.943	0.963	0.639	0.208	0.389	1.000	1.000	1.000	1.000	0.794
2015	0.747	0.993	0.637	0.237	0.375	1.000	1.000	1.000	1.000	0.777
2014	0.816	1.000	0.633	0.242	0.388	1.000	1.000	1.000	1.000	0.787
2013	0.746	1.000	0.628	0.242	0.402	1.000	1.000	1.000	1.000	0.780
2012	0.794	0.925	0.673	0.250	0.395	1.000	1.000	1.000	1.000	0.782
2011	1.000	1.000	0.723	0.231	0.391	1.000	1.000	1.000	1.000	0.816
平均值	0.894	0.981	0.696	0.217	0.386	1.000	0.995	1.000	1.000	

从表4中时序特征来看,2011-2019年沿黄九省(区)农业用水效率整体呈现上升态势,其平均值由2011年的0.816提高到了2019年的0.830,增幅为1.72%,农业用水效率整体水平较高,变化幅度

较小。除宁夏、内蒙古和山西外,2019年其他6省农业用水效率均达到有效状态。这表明随着经济社会的发展,沿黄九省(区)农业节水技术不断进步,农业用水效率不断提升,农业水资源得到充分利用。

然而,2019年部分省(区)未达到有效状态,农业用水效率存在一定的提升空间。

从表4中区域差异来看,陕西、河南和山东的农业用水效率平均值最高,2011-2019年均达到有效状态,宁夏和内蒙古的农业用水效率平均值最低,分别为0.217和0.386。山东和河南作为经济大省,综合实力较强,科技水平较高,农业节水技术的充分应用大大提高了其农业用水效率;2019年陕西生产总值位于沿黄九省(区)第4,为其农业用水效率的提高提供了经济支撑,农业废水排放量相对较少,因

此其农业用水效率处于有效状态;宁夏和内蒙古位于河套平原,水资源相对充足,但经济发展水平和技术相对落后,农业发展过度依赖水资源投入,从而陷入了“资源诅咒”陷阱。

3.2 农业经济发展水平分析

运用公式(3)对沿黄九省(区)的农业经济发展水平进行评价,本文以9个省(区)各年份农业经济发展的平均值代表其农业经济发展水平,表5为2011-2019年沿黄九省(区)农业经济发展水平综合评价价值。

表5 2011-2019年沿黄九省(区)农业经济发展水平综合评价价值

年份	青海	四川	甘肃	宁夏	内蒙古	陕西	山西	河南	山东	平均值
2019	0.502	0.409	0.588	0.500	0.681	0.599	0.334	0.370	0.377	0.484
2018	0.443	0.415	0.490	0.511	0.737	0.484	0.316	0.370	0.343	0.457
2017	0.384	0.360	0.457	0.524	0.719	0.415	0.373	0.379	0.338	0.439
2016	0.382	0.353	0.457	0.467	0.591	0.409	0.449	0.359	0.340	0.423
2015	0.327	0.319	0.455	0.404	0.598	0.375	0.372	0.359	0.358	0.396
2014	0.341	0.281	0.348	0.396	0.532	0.312	0.274	0.326	0.304	0.346
2013	0.290	0.231	0.317	0.380	0.473	0.304	0.244	0.302	0.292	0.315
2012	0.211	0.201	0.306	0.349	0.421	0.240	0.169	0.282	0.279	0.273
2011	0.210	0.207	0.234	0.313	0.382	0.239	0.107	0.271	0.247	0.245
平均值	0.344	0.308	0.406	0.427	0.571	0.375	0.293	0.335	0.320	

从表5中时序特征来看,2011-2019年沿黄九省(区)农业经济发展水平呈现不断上升趋势,其综合评价价值从2011年的0.245增大到2019年的0.484,提高了97.55%。这表明沿黄九省(区)农业经济不断发展,农产品供应充足。2011年以来,国家加大了第一产业固定资产投资和农业财政支出力度,且人均农业总产值和农村居民可支配收入不断增加,农村恩格尔系数不断下降,农业经济水平不断提高。尽管沿黄九省(区)农业经济发展水平呈现良好态势,但总体水平较低,存在较大的提升空间,农业发展投入不足,未来应当对具有农业发展优势的地区加大农业投资,提高农产品质量和数量,提升农业未来发展潜力,保障农产品供应安全。

从表5中区域差异来看,内蒙古农业经济发展水平综合评价平均值最高,其次是宁夏、甘肃、陕西、青海、河南、山东、四川,最低的是山西。2011-2019年内蒙古农业经济发展水平总体不断上升,与2011年的0.382相比,2019年农业经济发展水平为0.681,增长了78.27%,但在2016和2019年出现下降趋势,主要是因为第一产业固定资产投资不足。

尽管内蒙古农业经济发展水平最高,但仍有巨大的提升空间,该区在未来发展过程中要加强第一产业投资,保障农产品供给。山西农业经济发展水平综合评价平均值为0.293,作为能源大省,山西经济发展主要向工业倾斜,农业发展相对落后。与其他省份相比,山西人均农业总产值和第一产业占GDP比重较低,农村居民可支配收入较少,因此农业经济发展水平最低。山东和河南是农业大省,同时也是经济大省,经济体量较大,尽管第一产业产值较高,但第一产业占GDP比重较小,此外资本投入向其他产业倾斜,第一产业固定资产投资占比和农业财政支出占比较低,本文在评价农业经济发展水平时不仅考虑了农业发展规模,同时也考虑了农业发展结构和农业发展投入,这也是山东和河南农业经济发展水平较低的主要原因。

3.3 耦合度与耦合协调度分析

运用公式(4)计算沿黄九省(区)农业用水效率和农业经济发展的耦合度,运用公式(5)、(6)计算其耦合协调度。图1为农业用水效率与农业经济发展的耦合度和耦合协调度的时间演化趋势,表6为

耦合度和耦合协调度的空间差异及变异系数。

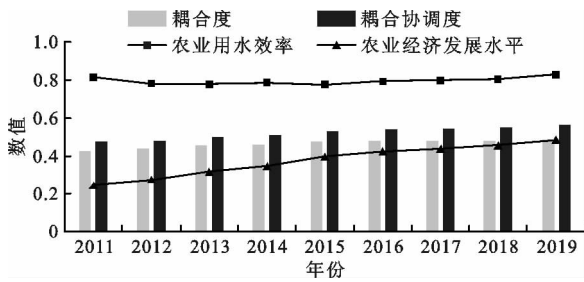


图1 2011-2019年沿黄九省(区)农业用水效率与农业经济发展的耦合度和耦合协调度变化

对图1和表6中的结果分析如下:

从时序特征来看,2011-2019年沿黄九省(区)农业用水效率与农业经济发展的耦合度不断提升,从2011年的0.422上升到2019年的0.482,增加了14.22%,处于初级耦合阶段,这表明农业用水效率

与农业经济发展出现了相互影响和相互作用的趋势,但总体上影响作用程度较小。从耦合协调度来看,沿黄九省(区)农业用水效率与农业经济发展的耦合协调度不断上升,从2011年的0.473上升到2019年的0.563,增加了19.03%,从中度协调阶段过渡到了高度协调阶段。这表明沿黄九省(区)农业经济发展水平在不断提高,与农业用水效率的差距不断缩小,二者之间由相互制约走向相互促进、相互支撑。通过图1可知,沿黄九省(区)的农业用水效率远远高于农业经济发展水平,这表明耦合协调度的提高主要依赖于农业用水效率的提升,因为农业经济发展滞后于农业用水效率的提升,即农业经济发展并没有因为农业用水效率的提升而带来相应的产出增加值,耦合协调系统处于消极的农业用水效率提升状态。

表6 2011-2019年沿黄九省(区)农业用水效率和农业经济发展的耦合度和耦合协调度的空间差异及变异系数

年份	耦合指标	青海	四川	甘肃	宁夏	内蒙古	陕西	山西	河南	山东	变异系数
2019	耦合度	0.472	0.454	0.483	0.421	0.477	0.484	0.438	0.444	0.446	0.044
	耦合协调度	0.595	0.566	0.619	0.370	0.500	0.622	0.532	0.552	0.554	0.129
2018	耦合度	0.461	0.455	0.494	0.448	0.473	0.469	0.427	0.444	0.436	0.040
	耦合协调度	0.577	0.568	0.537	0.398	0.513	0.590	0.530	0.552	0.541	0.097
2017	耦合度	0.448	0.446	0.492	0.446	0.478	0.455	0.445	0.446	0.435	0.036
	耦合协调度	0.557	0.541	0.523	0.401	0.515	0.567	0.552	0.555	0.539	0.087
2016	耦合度	0.453	0.443	0.493	0.462	0.489	0.454	0.462	0.441	0.435	0.040
	耦合协调度	0.548	0.540	0.520	0.395	0.490	0.566	0.579	0.547	0.540	0.097
2015	耦合度	0.460	0.429	0.493	0.483	0.487	0.445	0.445	0.441	0.441	0.047
	耦合协调度	0.497	0.530	0.519	0.393	0.487	0.553	0.552	0.547	0.547	0.092
2014	耦合度	0.456	0.414	0.479	0.485	0.494	0.426	0.411	0.431	0.423	0.066
	耦合协调度	0.514	0.515	0.484	0.393	0.477	0.528	0.512	0.534	0.525	0.081
2013	耦合度	0.449	0.391	0.472	0.487	0.498	0.423	0.397	0.422	0.418	0.081
	耦合协调度	0.482	0.490	0.472	0.389	0.467	0.525	0.497	0.524	0.520	0.080
2012	耦合度	0.407	0.383	0.463	0.493	0.500	0.395	0.352	0.414	0.413	0.109
	耦合协调度	0.452	0.464	0.476	0.384	0.452	0.495	0.453	0.515	0.514	0.079
2011	耦合度	0.379	0.377	0.430	0.494	0.500	0.394	0.296	0.410	0.398	0.139
	耦合协调度	0.479	0.477	0.453	0.367	0.440	0.494	0.404	0.510	0.498	0.095
平均值	耦合度	0.448	0.427	0.482	0.473	0.491	0.445	0.419	0.434	0.428	
	耦合协调度	0.526	0.524	0.515	0.390	0.484	0.553	0.520	0.538	0.532	

从变异系数来看(表6),2011-2019年沿黄九省(区)耦合度的变异系数总体上呈减小趋势,与2011年相比,2019年变异系数减小了68.35%,沿黄九省(区)耦合度的空间差异不断缩小。耦合协调度的变异系数总体上呈先减小后增大的特点,各

省(区)农业用水效率与农业经济发展的协调发展能力先提高后下降。

从耦合度的区域特征分析,各省(区)农业用水效率与农业经济发展的耦合度较低,2011-2019年各省(区)耦合度基本位于0.4~0.5区间,处于初

级耦合阶段,表明农业用水效率与农业经济发展两个子系统已经摆脱无序发展状态,二者的相互作用不断加强,但耦合度较低,尚未出现良性耦合特征。从横向来看,内蒙古耦合度的平均值相对较高,山西耦合度的平均值最低,二者耦合度平均值分别为0.491和0.419,主要是因为山西农业用水效率基本达到有效状态,但农业经济发展水平较低,二者相互作用程度较低,而内蒙古农业经济发展水平较高,尽管仍处于初级耦合阶段,但已接近中级耦合的目标,开始出现相互制衡、相互配合的良好态势。

从耦合协调度的区域特征来看,除宁夏以外,2019年其他省(区)耦合协调度均大于或等于0.5,已经进入高度协调阶段,表明农业经济发展取得了一定的成效,且农业用水效率得到较大提升;而2019年宁夏耦合协调度为0.370,处于低度协调阶段,表明宁夏农业用水效率与农业经济发展在一定程度上存在着相互制约关系,即农业用水效率的提高受到农业经济发展的制约,农业经济发展也受到农业水资源的约束。从时间演化特点来看,尽管2019年其他8个省(区)进入高度协调阶段,但各省(区)时间演化特征具有差异性,河南自2011年以来一直处于高度协调阶段;2011年山东耦合协调度为0.498,2012年进入高度协调阶段,保持波动增长趋势;陕西于2013年进入高度协调阶段,呈现稳定增长态势;青海、四川和山西于2014年进入高度协调阶段;甘肃于2015年进入高度协调阶段,自2011年的0.453增长到2019年的0.619;内蒙古2017年才进入高度协调阶段。

4 讨论

本文以沿黄九省(区)为研究对象,探究农业用水效率与农业经济发展的耦合协调关系。在以往的相关研究中,多运用评价模型测度用水效率,而本文基于绿色发展理念考虑了水资源投入带来的非期望产出。此外,本文综合运用耦合协调模型和变异系数法,既从整体上把握了耦合度和耦合协调度的变化趋势,又深入分析了不同阶段各省(区)的发展特点及空间差异。

沿黄九省(区)农业用水效率呈现“东西高,中间低”的分布特点,与刘华军等^[31]的研究结论存在一定差异,主要原因在于刘华军等^[31]研究分析的是用水总量的生产效率,而本文主要探讨农业用水效率。黄河流域水资源利用效率与经济耦合度处于初级耦合阶段,而耦合协调度已进入高度协调

阶段^[21],这与本研究结论相同,表明无论是农业产业还是三次产业,其用水效率与经济协调发展的水平具有相似性,即耦合度处于初级耦合阶段,而耦合协调度已过渡到高度协调阶段。

本文研究存在一定的不足之处。首先,本文在选取相关指标时,主要基于数据的可得性及相关学者的研究,构建的指标体系不能准确全面地反映不同省(区)的发展特点;其次,本文以省级单位为研究对象,研究尺度较为宏观,在未来研究中可进一步以市级单元为尺度进行深入探讨。

5 结论

本文分别运用非期望产出超效率SBM模型和综合评价模型测度沿黄九省(区)农业用水效率和农业经济发展水平,并运用耦合协调度模型分析二者的耦合协调性,同时通过变异系数法分析耦合度和耦合协调度的空间差异,研究结论主要如下:

(1)2011-2019年沿黄九省(区)农业用水效率整体呈现上升态势,由2011年的0.816提高到2019年的0.830,增幅为1.72%。沿黄九省(区)农业用水效率呈现“东西高、中间低”的特征,其中陕西、河南和山东的农业用水效率平均值最高,2011-2019年均达到有效状态。

(2)2011-2019年沿黄九省(区)农业经济发展水平不断上升,其综合评价值从2011年的0.245增大到2019年的0.484,提高了97.55%。从区域差异来看,内蒙古农业经济发展水平综合评价平均值最高,其次是宁夏、甘肃、陕西、青海、河南、山东、四川,最低的是山西。

(3)2011-2019年沿黄九省(区)农业用水效率与农业经济发展水平的耦合度不断上升,从2011年的0.422提高到2019年的0.482,提升了14.22%,处于初级耦合阶段;耦合协调度不断上升,自2011年的0.473提高到2019年的0.563,提升了19.03%,从中度协调阶段过渡到高度协调阶段。

(4)2011-2019年沿黄九省(区)耦合度的变异系数整体呈减小趋势,与2011年相比,2019年变异系数减小了68.35%;耦合协调度的变异系数总体上呈先减小后增大的特点。

(5)沿黄不同省(区)的耦合度和协调度处于不同阶段。从耦合度来看,内蒙古耦合度最高,山西耦合度最低;从耦合协调度来看,除宁夏以外,2019年其他省(区)的耦合协调度已经进入高度协调阶段。

综上所述,各地区应准确把握不同的发展特点,

采取因地制宜的发展策略,例如农业用水效率较低的宁夏、内蒙古地区,应加大农业财政支出力度,大力发展节水农业,提高农业用水效率,防止进入“资源诅咒”陷阱;同时,在经济发展过程中,要注重水资源利用与经济协调发展的协调性,坚持水资源节约与经济发展并行的发展理念,促进农业水资源与农业经济相互配合、共同发展。

参考文献:

- [1] 赵莺燕,于法稳. 黄河流域水资源可持续利用:核心、路径及对策[J]. 中国特色社会主义研究,2020(1):52-62.
- [2] 孙思奥,汤秋鸿. 黄河流域水资源利用时空演变特征及驱动要素[J]. 资源科学,2020,42(12):2261-2273.
- [3] 王文彬,王延荣,许冉. 水资源约束下黄河流域产业结构变迁规律及其影响因素[J]. 工业技术经济,2020,39(6):138-145.
- [4] 丁绪辉,贺菊花,王柳元. 考虑非合意产出的省际水资源利用效率及驱动因素研究——基于SE-SBM与Tobit模型的考察[J]. 中国人口·资源与环境,2018,28(1):157-164.
- [5] 李世祥,成金华,吴巧生. 中国水资源利用效率区域差异分析[J]. 中国人口·资源与环境,2008,18(3):215-220.
- [6] 孙才志,马奇飞. 中国省际水资源绿色效率空间关联网络研究[J]. 地理研究,2020,39(1):53-63.
- [7] 李珊,张玲玲,丁雪丽,等. 中国各省区工业用水效率影响因素的空间分异[J]. 长江流域资源与环境,2019,28(11):2539-2552.
- [8] 张峰,王晗,薛惠锋. 工业绿色全要素水资源效率的空间格局特征[J]. 软科学,2020,34(10):43-49.
- [9] 王昕,陆迁. 中国农业水资源利用效率区域差异及趋同性检验实证分析[J]. 软科学,2014,28(11):133-137.
- [10] 李玲,周玉玺. 基于DEA-Malmquist模型的中国粮食生产用水效率研究[J]. 中国农业资源与区划,2018,39(11):192-199.
- [11] 周霞,胡继连,周玉玺. 我国流域水资源产权特性与制度建设[J]. 经济理论与经济管理,2001(12):11-15.
- [12] 周玉玺,葛颜祥. 水权交易制度绩效分析[J]. 中国人口·资源与环境,2006,16(4):103-106.
- [13] 周玉玺,葛颜祥,周霞. 我国水资源“农转非”驱动因素的时空尺度效应[J]. 自然资源学报,2015,30(1):65-77.
- [14] 张陈俊,章恒全. 新环境库兹涅茨曲线:工业用水与经济增长的关系[J]. 中国人口·资源与环境,2014,24(5):116-123.
- [15] 邓朝晖,刘洋,薛惠锋. 基于VAR模型的水资源利用与经济增长动态关系研究[J]. 中国人口·资源与环境,2012,22(6):128-135.
- [16] 吴丹. 中国经济发展与水资源利用脱钩态势评价与展望[J]. 自然资源学报,2014,29(1):46-54.
- [17] 喻笑勇,张利平,陈心池,等. 湖北省水资源与社会经济耦合协调发展分析[J]. 长江流域资源与环境,2018,27(4):809-817.
- [18] 潘忠文,徐承红. 我国水资源利用与经济增长脱钩分析[J]. 华南农业大学学报(社会科学版),2019,18(2):97-108.
- [19] 潘安娥,陈丽. 湖北省水资源利用与经济协调发展脱钩分析——基于水足迹视角[J]. 资源科学,2014,36(2):328-333.
- [20] 李长健,吴薇,刘函. 水资源可持续发展与区域经济发展互促关系研究——以鄱阳湖生态经济区为例[J]. 江西社会科学,2010(4):209-213.
- [21] 邢霞,修长百,刘玉春. 黄河流域水资源利用效率与经济发展的耦合协调关系研究[J]. 软科学,2020,34(8):44-50.
- [22] TONE K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis[J]. European Journal of Operational Research, 2001, 130(3):498-509.
- [23] ZOU Zhihong, YUN Yi, SUN Jingnan. Entropy method for determination of weight of evaluating indicators in fuzzy synthetic evaluation for water quality assessment[J]. Journal of Environmental Sciences, 2006, 18(5):1020-1023.
- [24] 王凯,李景保,李欢. 山西省水-能源-粮食系统耦合协调时空变化特征研究[J]. 水资源与水工程学报,2020,31(3):45-52+58.
- [25] 李成宇,张士强. 中国省际水-能源-粮食耦合协调度及影响因素研究[J]. 中国人口·资源与环境,2020,30(1):120-128.
- [26] 董锋,徐喜辉,龙如银,等. 我国碳排放区域差异性分析[J]. 长江流域资源与环境,2014,23(11):1526-1533.
- [27] 张玲玲,丁雪丽,沈莹,等. 中国农业用水效率空间异质性及其影响因素分析[J]. 长江流域资源与环境,2019,28(4):817-828.
- [28] 杨骞,刘华军. 污染排放约束下中国农业水资源效率的区域差异与影响因素[J]. 数量经济技术经济研究,2015,32(1):114-128+158.
- [29] 高静,于建平,武彤,等. 我国农业生态经济系统耦合协调发展研究[J]. 中国农业资源与区划,2020,41(1):1-7.
- [30] 冯俊华,张路路,唐萌. 农业经济-生态-社会复合系统耦合协调发展研究——以陕西省为例[J]. 系统科学学报,2021,29(3):92-96.
- [31] 刘华军,乔列成,孙淑惠. 黄河流域用水效率的空间格局及动态演进[J]. 资源科学,2020,42(1):57-68.