

基于 DEA-Malmquist 的江苏省农业用水效率评价

张云宁,陈金怡,欧阳红祥,宋亮亮

(河海大学商学院,江苏 南京 211100)

摘要:以江苏省 13 市为研究对象,运用 DEA-Malmquist 模型测算了 2010—2017 年农业用水效率和全要素生产率指数,分析其空间分布格局及时空演变趋势。结果表明,江苏省整体农业用水效率未达有效,各地区差异明显,农业用水效率从大到小依次为苏南、苏北、苏中;凭借技术进步效应,江苏省及各市、各时期农业用水效率均处于上升趋势,农业用水效率增长率从大到小依次为苏南、苏北、苏中;纯技术效率、规模效率处于衰退阶段,限制了全要素生产率的增长。未来应加强区域间合作,增加技术投入,重点提升技术效率,以达到提高江苏省农业用水效率的目的。

关键词:农业用水效率;DEA 模型;Malmquist 指数;江苏省

中图分类号:F303.4

文献标志码:A

文章编号:1003-9511(2020)03-0062-07

水资源是农业生产不可或缺的投入要素之一。近年来,工业化、城镇化的快速发展对工业及生活用水的需求不断提高,压缩了农业可供用水量,且农业用水长期以粗放为主,效率偏低,造成农业用水短缺问题日益凸显^[1-2]。农业作为我国战略基础产业,一直以来都是第一用水大户。中央政府在 2017 年一号文件中指出,要“把农业节水作为方向性、战略性大事来抓”^[3]。农业节水是缓解农业水资源不足、实现农业水资源可持续利用的根本,其关键是提高农业用水效率^[4]。

江苏省是人口、经济大省,也是我国农业大省,在长江经济带及“一带一路”建设中具有重要的战略地位。根据地理区位及经济发展水平,将江苏省划分为苏南、苏中、苏北三大区域,共 13 辖市。江苏省东临黄海,属淮河流域,境内水网密布、河湖众多,是我国水域面积占比最大的省份;地处南北气候过渡地区,雨量适中,但时空分布不均。总体而言,江苏省处于水资源短缺状态,区域差异大且分布不均衡。因此,提高农业用水效率是当下最为有效的节水途径,符合可持续发展理念。

有关学者对现阶段的农业用水效率进行了科学评价。王学渊^[5]认为农业用水效率是指固定水资源投入下农业产出量最大化,或固定农业产出量下实现水资源投入最小化,体现为农业用水效率或水

资源节约程度。杨骞等^[2]在此基础上提出单要素和全要素农业用水效率,全要素的投入要素不单是水资源,还包括其他生产要素,更符合实际生产过程。

农业用水效率的测度方法主要有数据包络分析法(DEA)、随机前沿分析法(SFA)两种方法,DEA 法无需预先拟定函数,能避免主观因素影响,更具有实用性^[6]。在利用 DEA 法测度用水效率方面,国内外学者已有较多研究成果。Hu 等^[7-8]采用 DEA 法分析了全要素生产率;Yilmaz 等^[9]基于规模报酬可变(BBC)模型对土耳其曼德莱斯三角洲地区 17 个灌区的技术效率进行了测算与分析;陈洪斌^[10]在测度我国各省(市)农业用水效率时采用了三阶段 DEA 模型;杨骞等^[11]通过建立 DEA 的非径向方向性距离函数,测算了包含污染排放的农业用水效率;佟金萍等^[12]综合运用超效率 DEA 和 Tobit 模型,全面分析了 1998—2011 年长江流域 10 个省份农业用水效率及变化趋势;杨扬等^[13]借助 DEA 和 Malmquist 指数对我国农业用水效率和灌溉水资源利用率进行了测算。现有研究较为全面地分析了全国范围、各流域等国家层面的区域农业用水效率,表明地区间存在差异^[14-15],但其测算结果具体到各省缺乏一定的代表性。

江苏省是典型的资源型缺水与水质型缺水共存的省份,水资源时空分布不均、水体污染、旱涝频发

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金(71801082);教育部人文社会科学研究青年项目(18YJCZH148)

作者简介:张云宁(1959—),男,副教授,主要从事工程项目管理和工程经济研究。Email:zyn1105@aliyun.com

等进一步加重了水资源缺乏问题。江苏省过境水资源较多,受水利设施等限制,可利用水量不多。根据《江苏省水资源公报》相关数据:2017 年入省境水量为 547.1 亿 m^3 , 出省境水量达 210.5 亿 m^3 , 水资源总量为 392.9 亿 m^3 , 而用水量达 465.9 亿 m^3 , 人均水资源拥有量仅为全国平均水平的 20%, 水资源总量不足。

各地农业水资源相差悬殊,南部地下水、地表水相对充足,降雨量丰富,可满足农业灌溉基本需求,但仍存在水质型缺水问题;北部地表水缺乏,农业灌溉往往需要超采地下水,地下水限采、压采政策加剧了农业用水供需矛盾。2017 年江苏省农田灌溉用水量为 247.8 亿 m^3 , 占总用水量的 53.2%, 不断增加的非农业用水量和南水北调新建工程北送水量将进一步挤占农业可供用水量;农田灌溉耗水 191.2 亿 m^3 , 耗水率达 77.2%, 占用水消耗总量的 73.5%, 未来一段时间内农业仍是第一耗水大户。相较于苏南地区,苏北现代化农业起步晚、发展慢、节水设施应用率低,加上本身水资源不足,水资源短缺问题更加突出,因此,对江苏省各辖市农业用水效率展开研究具有现实意义。

笔者在利用 DEA 法计算分析江苏省各市农业用水效率的基础上,引入 Malmquist 生产指数,对各市的时间序列开展动态分析和评价,探索并研究农业用水效率变化的时空分布规律与特点,为提高江苏省农业用水效率提供参考和依据。

1 模型构建与指标选择

1.1 模型构建

1.1.1 DEA 方法

数据包络分析法是基于决策单元(DMU)间相对的非参数技术效率分析方法,通过巧妙地构造目标函数与 Charnel-Cooper 变换将分式规划转化为线性规划问题,无需量纲的统一,投入产出指标权重由模型公式与数学规划计算确定,结果更为客观。DEA 法原理相对简单,对多投入产出的系统具有特殊优势,不需要预设生产函数,对于现实经济系统更具有适用性和便利性,广泛应用于多个领域。DEA 模型可用于分析规模收益不变(CRS)与规模收益可变(VRS)两种情境,进行横向空间与纵向时间比较,同时对于未达有效的决策单元,DEA 模型能指出指标调整方向与调整量^[16-17]。

在 DEA 框架下,将每一个评价对象看作一个 DMU,假设有 $N(n=1,2,\dots,N)$ 个 DMU,在每个时期 $t(t=1,2,\dots,T)$,有 M 项投入和 Q 项产出。设 $x \in R_+^M$ 、 $y \in R_+^Q$ 分别为投入要素和产出要素,定义矩

阵 $X = [x_1, x_2, \dots, x_n] \in R^{N \times M}$, $Y = [y_1, y_2, \dots, y_n] \in R^{N \times Q}$, 其生产技术可能性集(P^t)为^[8]

$$P^t = \left\{ (x^t, y^t) : \sum_{n=1}^N z_n^t x_{nm}^t \leq x_{nm}^t, m = 1, 2, \dots, M; \sum_{n=1}^N z_n^t y_{nq}^t \leq y_{nq}^t, q = 1, 2, \dots, Q; z_n^t \geq 0, n = 1, 2, \dots, N \right\} \quad (1)$$

$$\begin{cases} \min_{\theta, z} \theta \\ \text{s. t. } \sum_{n=1}^N z_n^t x_{nm}^t \leq \theta x_{km}^t \quad (m = 1, 2, \dots, M) \\ \sum_{n=1}^N z_n^t y_{nq}^t \geq y_{kq}^t \quad (q = 1, 2, \dots, Q) \\ z_n^t \geq 0 \quad (n = 1, 2, \dots, N; t = 1, 2, \dots, T) \end{cases} \quad (2)$$

式(2)为规模收益不变假设下,测度第 k 个 DMU 效率的投入导向性 DEA 模型;若增加约束 $\sum z = 1$, 则可用于规模收益可变情境。

1.1.2 Malmquist 模型

Malmquist^[18] 于 20 世纪 50 年代初期提出 Malmquist 指数概念,用于测度研究时期内生产率随时间序列的变化趋势,适用于多投入多产出及面板数据分析。Caves 等^[19] 首次将 Malmquist 生产率指数用于效率测度,之后 Fare 等^[20] 运用该指数进行生产率测算,基于 DEA 理论与非参数线性规划构建了全要素生产率增长的 Malmquist 指数(THPCH):

$$M(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left[\frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^t(x^t, y^t)} \cdot \frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

式中: (x^t, y^t) 、 (x^{t+1}, y^{t+1}) 分别为决策单元在 t 期和 $t+1$ 期的投入量和产出量。若 $M(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t)$ 值大于 1, 表明从 t 到 $t+1$ 期,全要素生产率提高,反之则表明从 t 到 $t+1$ 期,全要素生产率降低。Malmquist 指数可分解为技术效率变化(EFHCH)和技术进步变化(TECHCH)两部分,分别用 E_C 、 T_C 表示:

$$M = E_C T_C \quad (4)$$

$$E_C = \frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^t(x^t, y^t)} \quad (5)$$

$$T_C = \left[\frac{D^t(x^t, y^t)}{D^{t+1}(x^t, y^t)} \cdot \frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

E_C 、 T_C 值大于 1 表示前沿前移,技术效率改善或技术进步; E_C 、 T_C 值小于 1 表示前移后退,现有技术利用未达到理想状态。在规模效率可变情境下,

EFHCH 可分解为纯技术效率变化 (PECH) 和规模效率变化 (SECH), 分别用 P_{EC} 、 S_{EC} 表示, 由此更直观地表征影响效率变化的因素。

$$M = P_{EC} S_{EC} T_C \quad (7)$$

1.2 指标选择

在进行指标选择时, 应考虑其具有科学性、代表性、可得性; 确定指标数量时, 控制 DEA 模型决策单元数量为指标总数的 2~3 倍^[21]。经济学中生产要素主要是指资源、劳动、资本, 借鉴相关参考文献, 以劳动力、土地资源、农业机械、化肥与水资源作为投入要素, 农业总产值表征产出指标, 并按当年价格折算成以 2010 年为基期的可比数据。投入产出指标的选取见表 1。

表 1 评价指标

评价指标	指标名称	指标说明
投入指标	第一产业从业人员	劳动力投入/万人
	农作物播种总面积	土地资源投入/khm ²
	农业机械总动力	农业机械投入/万 kW·h
	农用化肥施用量	农业化肥投入/万 t
	农业用水量	农业用水消耗/亿 m ³
产出指标	农业总产值	经济产出/亿元

为测度江苏省农业用水效率, 需构建江苏省 13 辖市农业投入产出面板数据。本文数据来源于《江苏省统计年鉴》《江苏省水资源公报》, 江苏省水资源公报数据最早为 2010 年, 最新为 2017 年, 故选取时期跨度为 2010—2017 年。

表 2 2010—2017 年江苏省 13 市农业用水效率值

地区	农业用水效率值								平均值
	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	
南京	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
镇江	0.735	0.729	0.804	0.807	0.832	0.835	0.869	0.869	0.810
常州	1.000	1.000	0.923	1.000	0.930	0.824	0.880	0.839	0.925
无锡	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
苏州	1.000	0.944	0.872	1.000	0.856	0.887	0.928	0.911	0.925
扬州	0.942	0.906	0.698	0.801	0.649	0.582	0.584	0.596	0.720
泰州	0.814	0.717	0.665	1.000	0.619	0.620	0.634	0.689	0.720
南通	0.997	0.738	0.727	0.841	0.810	0.795	0.956	0.755	0.827
徐州	1.000	0.781	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.973
淮安	0.924	0.720	0.933	1.000	0.721	0.799	0.657	0.752	0.813
宿迁	0.856	0.615	0.793	0.798	0.671	0.569	0.548	0.629	0.685
盐城	1.000	0.772	0.694	0.808	0.636	0.637	0.543	0.577	0.708
连云港	0.744	0.559	0.671	1.000	0.670	0.601	0.579	0.564	0.674
平均值	0.924	0.806	0.829	0.927	0.800	0.781	0.783	0.783	0.829

表 3 2010—2017 年江苏省区域农业用水效率值

区域	农业用水效率								平均值
	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	
苏南	0.947	0.935	0.920	0.961	0.924	0.909	0.935	0.924	0.932
苏中	0.918	0.787	0.697	0.881	0.693	0.666	0.725	0.680	0.756
苏北	0.905	0.689	0.818	0.921	0.740	0.721	0.665	0.704	0.771
平均值	0.924	0.806	0.829	0.927	0.800	0.781	0.783	0.783	0.829

2 实证分析

2.1 DEA 效率分析

运用 DEAP 2.1 软件, 以投入为导向, 计算江苏省 13 市 2010—2017 年农业用水综合效率值, 见表 2、表 3。

用水效率值为 1 表示用水效率达到有效状态, 小于 1 则表示未达有效。江苏省 13 市 2010—2017 年农业用水效率平均值为 0.829, 整体用水效率未达有效。各辖市农业用水效率平均值差异大, 呈苏南大于苏北大于苏中的格局。苏南农业用水效率大于江苏省平均水平, 但仍有上升空间; 苏中、苏北皆未达省平均水平, 个别地区如宿迁、连云港, 农业用水效率亟需大力提高。南京、无锡研究时期内各年农业用水效率值均为 1, 皆处于最优前沿面曲线上, 其余辖市如常州、苏州、徐州等, 研究期内个别年份达到有效, 但处于波动状态。

以 2010—2017 年江苏省农业用水效率平均值为分界线, 将 13 市分为两个梯队, 第一梯队为南京、常州、无锡、苏州、徐州, 其平均农业用水效率高于省平均水平; 第二梯队为镇江、扬州、泰州、南通、淮安、宿迁、盐城、连云港, 其平均农业用水效率低于省平均水平。

第一梯队中, 南京和无锡农业用水效率值为 1, 表明其农业水资源得到了充分利用, 实现了最优配

置。其次是徐州,农业用水效率值为 0.973,接近最优配置,徐州作为第一批国家农业可持续发展试验示范区,除 2011 年外农业用水效率均达有效。常州、苏州农业用水效率值为 0.925,境内河网稠密,水量相对充足,虽超过江苏省农业用水效率平均水平,但仍有较大的节水潜力。

第二梯队中,南通、淮安、镇江接近江苏省农业用水效率平均水平,扬州、泰州、盐城、宿迁、连云港 5 辖市与省平均水平有一定差距。南通农业用水效率值处于波动状态,2010 年、2014 年、2015 年、2016 年超过该年江苏省平均水平。淮安 2010 年、2012 年、2013 年农业用水效率值位于江苏省前列水平,2013 年达到有效,2014 年后开始下滑,总体低于江苏省平均水平。镇江是苏南区域唯一第二梯队辖市,但其农业用水效率值逐年上升,2014 年后均超过江苏省平均水平。扬州、泰州、盐城、宿迁、连云港

个别年份农业用水效率达江苏省平均水平,整体上远低于平均值。农业用水效率值由纯技术效率和规模效率两部分组成。对于未达江苏省农业用水效率平均水平的第二梯队辖市,应分解其农业用水效率,找出农业用水效率落后的具体原因。农业用水效率分解如表 4 所示。

农业用水效率等于纯技术效率与规模效率的乘积。纯技术效率高说明农业生产技术利用、水资源管理水平高,规模效率高则表明投入与产出之间的比例较为一致。镇江纯技术效率值接近 1,大于规模效率,生产技术水平较高;规模效率小于平均水平,与其土地以丘陵为主(51.1%),难以大规模化耕作有关,规模收益处于递增趋势,但仍有待进一步加强。扬州在 2010 年、2011 年纯技术效率值均较高,随后下降,无论是纯技术效率还是规模效率,都低于平均水平,规模收益处于递减趋势。泰州的规

表 4 江苏省第二梯队 8 市 2010—2017 年农业用水效率值分解

地区	2010 年				2011 年				2012 年			
	农业用水效率	纯技术效率	规模效率	规模收益	农业用水效率	纯技术效率	规模效率	规模收益	农业用水效率	纯技术效率	规模效率	规模收益
镇江	0.735	1.000	0.735	提高	0.729	0.976	0.747	提高	0.804	1.000	0.804	提高
扬州	0.942	0.994	0.947	降低	0.906	1.000	0.906	降低	0.698	0.835	0.836	降低
泰州	0.814	0.849	0.959	降低	0.717	0.835	0.859	降低	0.665	0.796	0.836	降低
南通	0.997	1.000	0.997	降低	0.738	0.910	0.810	降低	0.727	0.915	0.795	降低
淮安	0.924	0.925	0.999	提高	0.720	0.919	0.783	降低	0.933	1.000	0.933	降低
宿迁	0.856	0.857	0.999	提高	0.615	0.781	0.787	降低	0.793	0.812	0.977	降低
盐城	1.000	1.000	1.000		0.772	1.000	0.772	降低	0.694	1.000	0.694	降低
连云港	0.744	0.745	0.999	提高	0.559	0.662	0.844	降低	0.671	0.716	0.938	降低
均值	0.924	0.952	0.972		0.806	0.930	0.864		0.829	0.928	0.894	
地区	2013 年				2014 年				2015 年			
	农业用水效率	纯技术效率	规模效率	规模收益	农业用水效率	纯技术效率	规模效率	规模收益	农业用水效率	纯技术效率	规模效率	规模收益
镇江	0.807	1.000	0.807	提高	0.832	1.000	0.832	提高	0.835	0.981	0.851	提高
扬州	0.801	0.802	0.998	降低	0.649	0.788	0.824	降低	0.582	0.762	0.764	降低
泰州	1.000	1.000	1.000		0.619	0.728	0.850	降低	0.620	0.685	0.905	降低
南通	0.841	0.855	0.984	降低	0.810	0.890	0.911	降低	0.795	0.846	0.939	降低
淮安	1.000	1.000	1.000		0.721	1.000	0.721	降低	0.799	1.000	0.799	降低
宿迁	0.798	0.809	0.987	提高	0.671	0.685	0.978	降低	0.569	0.619	0.920	降低
盐城	0.808	1.000	0.808	降低	0.636	0.989	0.643	降低	0.637	0.968	0.658	降低
连云港	1.000	1.000	1.000		0.670	0.686	0.977	降低	0.601	0.651	0.922	降低
均值	0.927	0.959	0.968		0.800	0.900	0.892		0.781	0.872	0.895	
地区	2016 年				2017 年							
	农业用水效率	纯技术效率	规模效率	规模收益	农业用水效率	纯技术效率	规模效率	规模收益				
镇江	0.869	0.966	0.900	提高	0.869	0.992	0.876	提高				
扬州	0.584	0.761	0.767	降低	0.596	0.782	0.762	降低				
泰州	0.634	0.739	0.858	降低	0.689	0.755	0.913	降低				
南通	0.956	0.970	0.986	降低	0.755	0.759	0.994	降低				
淮安	0.657	0.935	0.702	降低	0.752	0.871	0.862	降低				
宿迁	0.548	0.626	0.876	降低	0.629	0.629	0.999	降低				
盐城	0.543	0.915	0.593	降低	0.577	0.883	0.654	降低				
连云港	0.579	0.643	0.901	降低	0.564	0.587	0.960	降低				
均值	0.783	0.881	0.884		0.783	0.859	0.912					

表7 2011—2017年江苏省区域农业水资源分地区全要素生产率指数及分解

地区	技术效率	技术进步	纯技术效率	规模效率	全要素生产率
苏南	0.997	1.131	0.997	1.000	1.128
苏中	0.958	1.126	0.970	0.987	1.079
苏北	0.963	1.128	0.980	0.983	1.086

技术进步效应;确定了生产函数的前提下,技术效率表示实际产出与前沿面技术有效状态的距离,体现效率追赶效应。

2.2.1 农业用水效率的时序变化趋势

如表5所示,各时期全要素生产率指数数值均大于1,平均增长10%,表明江苏省农业用水效率总体上处于上升阶段。从均值的绝对数字变化看,技术效率均值下降2.5%,技术进步增长12.9%,全要素生产率指数均值与技术进步均值更为接近,变化幅度相似,说明农业用水效率的提高主要依赖于技术进步效应;纯技术效率、规模效率分别下降1.6%、1.0%,技术效率的下降更多源于纯技术效率,纯技术效率和规模效率的下降制约了全要素生产率指数值的增长。从时间序列看,全要素生产率指数数值与技术进步变化值各时期均大于1,体现了总体效率的提高与技术改善,其幅度有所不同;技术效率变化值仅2011—2012年、2016—2017年大于1,其余时期均小于1,处于衰退趋势,表明农业设备改进、技术更新对农业用水效率的提高起主要作用,农业用水管理水平及农业生产资源配置仍需加强,总体用水效率虽有所提升,但仍有改善空间。

2.2.2 农业用水效率的空间分异特征

总体来看,2010—2017年间各辖市全要素生产率指数、技术进步指数均大于1,农业用水效率均有所上升,技术进步为主要驱动。分地市来看,全要素生产率指数靠前的依次为镇江、南京、无锡、徐州、苏州、常州,其全要素生产率值大于1.100(平均水平);各辖市技术进步指数均大于1.100,而技术效率指数除镇江均小于等于1,说明各市在设备技术方面皆有改善,促进了农业用水效率的提高。而效率的停滞则制约了全要素生产率的进一步提高;镇江作为全要素生产率指数最高的辖市,技术效率(1.024)与技术进步(1.128)双因素均发挥了作用。技术效率指数除南京、镇江、无锡、徐州外小于1,均值小于1,说明其8年来处于衰退趋势,尤其是盐城、扬州,分别下降了7.6%、6.3%,另外还有常州、泰州、淮安、连云港,纯技术效率指数、规模效率指数均处于衰退阶段。

由表7可得,2010—2017年间苏南、苏北、苏中

模效率大于纯技术效率,但皆未达平均水平(除2013年外),规模收益逐年递减,纯技术效率和规模效率均有待加强,尤其是技术方面,应借鉴发达地区的先进技术,逐步提高技术水平。南通起纯技术效率大于规模效率,但均未达江苏省平均水平(除2010年外),2013年后规模效率较高且超平均水平,但规模收益递减。农业用水效率值主要依赖于纯技术效率,南通纯技术效率处于波动状态,存在改善空间。淮安(除2010年外)、盐城纯技术效率皆大于规模效率,超江苏省平均水平,规模效率较低,且规模收益递减,规模化生产水平较低。宿迁、连云港规模效率大于纯技术效率,规模效率均超过江苏省平均水平,但规模收益降低,且纯技术效率远低于江苏省平均水平,应重点关注纯技术效率的提升。

2.2 Malmquist 指数分析

根据2010—2017年江苏省13辖市的面板数据,由DEAP 2.1计算得到的江苏省农业水资源分年份、分地区全要素生产率指数(TFPCH)见表5~7。Aigner等^[22]将全要素生产率指数分解为技术进步指数和技术效率指数。技术进步反映既定生产要素投入下由技术创新推动生产前沿面的前移,表征

表5 2010—2017年江苏省13市农业水资源分年全要素生产率指数及分解

时间	技术效率	技术进步	纯技术效率	规模效率	全要素生产率
2010—2011年	0.864	1.396	0.974	0.887	1.206
2011—2012年	1.033	1.050	0.999	1.034	1.085
2012—2013年	1.126	1.044	1.036	1.086	1.176
2013—2014年	0.853	1.212	0.932	0.916	1.034
2014—2015年	0.971	1.131	0.966	1.006	1.098
2015—2016年	0.995	1.091	1.011	0.984	1.085
2016—2017年	1.008	1.021	0.974	1.035	1.029
均值	0.975	1.129	0.984	0.990	1.100

表6 2010—2017年江苏省13市农业水资源分地区全要素生产率指数及分解

地区	技术效率	技术进步	纯技术效率	规模效率	全要素生产率
南京	1.000	1.136	1.000	1.000	1.136
镇江	1.024	1.128	0.999	1.025	1.155
常州	0.975	1.131	0.987	0.988	1.103
无锡	1.000	1.129	1.000	1.000	1.129
苏州	0.987	1.133	1.000	0.987	1.118
扬州	0.937	1.143	0.966	0.969	1.071
泰州	0.977	1.116	0.983	0.993	1.090
南通	0.961	1.118	0.961	1.000	1.075
徐州	1.000	1.121	1.000	1.000	1.121
淮安	0.971	1.129	0.992	0.979	1.096
宿迁	0.957	1.131	0.957	1.000	1.082
盐城	0.924	1.132	0.982	0.941	1.047
连云港	0.961	1.129	0.967	0.994	1.085
均值	0.975	1.129	0.984	0.990	1.100

的全要素生产率指数分别为 1.128、1.086、1.079, 农业用水全要素生产率区域分化明显, 皆呈现上升趋势, 增长率苏南大于苏北大于苏中; 技术效率指数、技术进步指数区域分布同全要素生产率指数, 为苏南大于苏北大于苏中, 技术进步指数均大于 1, 而技术效率指数均小于 1, 可见技术进步为用水效率提高的主要驱动力。农业用水效率变化的空间分布状态一定程度上反映了不同地区间农业经济发展水平与水资源利用能力的差异。由以上分析可知, 苏南地区经济实力雄厚, 农业管理水平相对先进, 技术更新速度更快, 为农业用水全要素生产率的提高提供了良好的基础; 苏中、苏北地区经济相对落后, 管理水平与技术设备方面均存在差距, 农业用水全要素生产率的提高有一定限制, 较苏南更为缓慢。

3 结论与对策建议

本文基于 DEA 模型和 Malmquist 指数对 2010—2017 年江苏省农业用水效率进行了全面分析。根据 DEA 模型计算结果, 江苏省各辖市农业用水效率平均值小于 1, 整体未达有效, 各辖市差异明显, 呈苏南大于苏北大于苏中的格局; 南京、无锡各年效率值均为 1, 另外还有常州、苏州、徐州, 综合效率值高于江苏省平均水平, 其余辖市则未达江苏省平均水平。对未达江苏省平均水平辖市的综合效率进行分解, 镇江技术效率接近有效, 规模效益处于递增趋势, 其余辖市规模效益皆处于下降状态。由 Malmquist 指数模型计算结果可知, 2011—2017 年江苏省整体及各辖市都处于上升趋势, 农业用水效率变化空间分布状态体现为苏南大于苏北大于苏中; 全要素生产率的提高主要凭借技术进步效应, 纯技术效率、规模效率处于衰退阶段, 限制了全要素生产率的增长。据此, 笔者提出以下建议:

a. 加强地区间合作, 注重宏观调控。从静态综合效率值到动态的全要素生产率指数, 苏南均优于苏中和苏北。受地形与气候等影响, 苏中、苏北地区降雨量少、水资源缺乏, 经济基础薄弱, 技术水平落后。政府应加强宏观调控, 充分结合各地区特点, 优化农业生产布局及资源配置, 促进农业供给侧结构性改革^[23-24]。加强苏南与苏中、苏北地区的技术合作, 提供必要的资金支持; 根据各地区水资源情况, 建立农民经济承受能力范围内、符合市场导向的农业水价体系, 促进农业节水, 提高用水效率。

b. 转变传统的农业用水模式, 大力发展农业科

技。江苏省农业用水效率的提高受技术效率限制, 苏中、苏北较苏南劣势更为明显。技术是制约农业用水效率提高的主要因素, 需加大农业技术投资, 保持技术持续创新。《国家农业节水纲要(2012—2020)》中, 强调各地推广高效农业节水灌溉技术, 普及节水政策, 以切实提高农户节水量。优先关注节水灌溉或循环农业, 苏南地区应起带头作用, 与其他地区建立良性互动, 形成空间溢出效应, 带动全省向新型农业转型。

c. 增加农田水利设施建设投资, 适度扩大生产规模。面板数据运算结果表明农业生产规模限制了用水效率的提升, 无论是静态的综合效率或者动态的全要素生产率指数, 均体现了规模收益衰退的现象。应根据市场需求适度扩大生产规模, 支持各地引进先进生产设备和节水技术, 加快完善大中型农业生产水利设施, 提高过境水利用率, 为规模生产、高效生产提供物质基础。与此同时, 改变小规模分散经营, 因地制宜发展多形式农业经营体系, 通过规模效益提高产出, 实现农业水资源统筹规划与整体用水效率的提升。

参考文献:

- [1] 赵悦, 蒋金荷, 李富强. 中国水资源使用效率影响因素分析[J]. 水利经济, 2018, 36(1): 52-55.
- [2] 杨骞, 武荣伟, 王弘儒. 中国农业用水效率的分布格局与空间交互影响: 1998—2013 年[J]. 数量经济技术经济研究, 2017, 34(2): 72-88.
- [3] 中华人民共和国中央人民政府. 关于落实发展新理念加快农业现代化实现全面小康目标的若干意见[R]. 北京: 中华人民共和国中央人民政府, 2016.
- [4] 马剑锋, 佟金萍, 王慧敏, 等. 长江经济带农业用水全局技术效率的空间效应研究[J]. 长江流域资源与环境, 2018, 27(12): 2757-2765.
- [5] 王学渊. 农业水资源生产配置效率研究[M]. 北京: 经济科学出版社, 2009.
- [6] 魏楚, 沈满洪. 水资源效率的测度及影响因素: 基于文献的述评[J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23(2): 197-204.
- [7] HU J L, WANG S C, YEH F Y. Total-factor water efficiency of region in China[J]. Resources Policy, 2006, 31(4): 217-230.
- [8] SUN C Z, HONG-XIN L I. Spatio-temporal differences in relative efficiency of water resource utilization in Liaoning Province [J]. Resources Science, 2008, 30(10): 1442-1448.
- [9] YILMAZ B, YURDUSEV M A, HARMANCI O G L U N B. The assessment of irrigation efficiency in Buyuk Menderes Basin[J]. Water Resources Management, 2009, 23(6):

- [10] 陈洪斌. 我国省际农业用水效率测评与空间溢出效应研究[J]. 干旱区资源与环境, 2017, 31(2): 85-90.
- [11] 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(1): 114-128.
- [12] 佟金萍, 马剑锋, 王圣, 等. 长江流域农业用水效率研究: 基于超效率 DEA 和 Tobit 模型[J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(4): 603-608.
- [13] 杨扬, 蒋书彬. 基于 DEA 和 Malmquist 指数的我国农业灌溉用水效率评价[J]. 生态经济, 2016, 32(5): 147-151.
- [14] KANEKO S, TANAKA K, TOYOTA T, et al. Water efficiency of agricultural production in China: regional comparison from 1999 to 2002[J]. International Journal of Agricultural Resources, 2004, 21(3): 231-251.
- [15] 刘双双, 韩凤鸣, 蔡安宁, 等. 区域差异下农业用水效率对农业用水量的影响[J]. 长江流域资源与环境, 2017, 26(12): 2099-2110.
- [16] 赵沁娜, 王若虹. 省际工业用水效率测度及空间关联特征[J]. 水资源保护, 2017, 33(5): 42-47.
- [17] 刘晓君, 闫俐臻. 基于数据包络模型的西部水资源利用效率及影响因素研究[J]. 水资源保护, 2016, 32(6): 32-38.
- [18] MALMQUIST S. Index numbers and indifference surfaces[J]. Trabajos De Estadistica, 1953, 4(2): 209-242.
- [19] CAVES D W, CHRISTENSEN L R, DIEWERT W E. The economic theory of index numbers and the measurement of input, output and productivity[J]. Econometrica, 1982, 50(6): 1393-1414.
- [20] FARE R, GROSSKOP S. Malmquist productivity indexes and Fisher ideal indexes[J]. Economic Journal, 1992, 102(410): 158-160.
- [21] 张兆方, 沈菊琴, 何伟军, 等. “一带一路”中国区域水资源利用效率评价: 基于超效率 DEA-Malmquist-Tobit 方法[J]. 河海大学学报(哲学社会科学版), 2018, 20(4): 60-66.
- [22] AIGNER D J, LOVELL C A K, SCHMIDT P J. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models[J]. Journal of Econometrics, 1997(6): 21-37.
- [23] 孙付华, 陈汝佳, 张兆方. 基于三阶段 DEA-Malmquist 区域农业水资源利用效率评价[J]. 水利经济, 2019, 37(2): 53-58.
- [24] 田贵良, 帅梦蝶, 丁月梅. 水土资源约束下区域农业供给侧结构优化: 以河北省为例[J]. 水利经济, 2019, 37(3): 37-42.

(收稿日期: 2019-08-31 编辑: 胡新宇)

(上接第 38 页)

方式, 这样既可以扩大公众参与的范围, 又能够拓宽公众参与的渠道, 提高参与意愿。此外, 需要改变目前的决策模式, 让更多的公众参与决策, 使公众意识到自身参与的重要性, 才能进一步增强公众参与的意愿。有关参与动机, 目前重大水利工程项目公众参与动机大都集中在个人利益上, 政府应充分发挥地方党员的带头作用, 强化公众对公共利益的重视, 进而增强评估结果的客观性。有关道德素质, 应加强对公众的道德教育, 建立明确的奖惩措施, 奖励在道德素质上有突出表现的公众, 而惩处在日常行为上缺乏公共道德意识的公众, 让更多的公众意识到公共道德意识提高对生活水平改善的影响, 呼吁社会道德良知的回归, 这样也可促进公众的参与动机更多地倾向于公共利益最大化。

参考文献:

- [1] 华坚, 李晶晶. 基于系统动力学的重大水利工程项目决策社会稳定风险评估有效性分析[J]. 水利经济, 2017, 35(2): 11-15.
- [2] 王力, 靳李平, 武乾, 等. 重大水利枢纽工程社会稳定风险评估研究[J/OL]. 长江科学院院报: 1-9 [2020-05-14]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/42.1171.TV.20190505.1150.002.html>.
- [3] 张玉磊. 重大事项社会稳定风险评估中的第三方参与: 意义、困境与对策[J]. 内蒙古社会科学, 2014, 35(1): 168-172.
- [4] 张长征, 张蕾, 华坚. 公众参与引导下的重大工程社会矛盾化解机制[J]. 河海大学学报(哲学社会科学版), 2018, 20(6): 83-89.
- [5] CHRIS A. The individual and organization: some problem of mutual adjustment[J]. Administrative Science Quarterly, 1957, 2(1): 1-24.
- [6] 张莉. 论心理成熟及其与教育的关系[J]. 西南民族学院学报(哲学社会科学版), 2000, 27(1): 146-149.
- [7] 王瑞, 邓丽芳, 郑日昌. 心理成熟度量表的初步编制[J]. 中华行为医学与脑科学杂志, 2009, 18(2): 180-183.
- [8] 白永亮, 程奥星, 成金华. 水生态文明建设的公众参与意愿: 5 个国家试点城市的 1379 份问卷调查[J]. 资源科学, 2019, 41(8): 1427-1437.
- [9] 郝娟. 提高公众参与能力, 推进公众参与成熟规划进程[J]. 城市发展研究, 2008(1): 50-55.
- [10] 钱金山. 论知识与能力的关系[J]. 中国校外教育, 2010(2): 47.
- [11] 莫文竞. 基于参与主体成熟度的城市规划公众参与方式选择[J]. 城市规划学刊, 2012(4): 79-85.

(收稿日期: 2019-09-25 编辑: 陈玉国)