



阴柯欣,王玲,米文宝,等.基于非期望产出的 Super-SBM 模型的西吉县农业生态效率评价及影响因素分析[J].黑龙江农业科学,2020(2):98-106.

基于非期望产出的 Super-SBM 模型的西吉县农业生态效率评价及影响因素分析

阴柯欣¹,王玲^{1,2},米文宝^{1,3},樊新刚⁴

(1. 宁夏大学 资源环境学院,宁夏 银川 750021;2. 陕西省富平县迤山中学,陕西 富平 711700;
3. 宁夏大学 西北退化生态系统恢复与重建教育部重点实验室,宁夏 银川 750021;4. 宁夏大学
西部发展研究中心,宁夏 银川 750021)

摘要:为促进农业可持续发展,助力农民脱贫,实现全面小康社会,本研究引入非期望产出,构建西吉县农业生态效率的评价指标体系,采用 Super-SBM 模型,对西吉县农业生态效率的时间演变特征和空间演变特征进行实证研究。利用地理探测器,探测西吉县农业生态效率的影响因素。结果表明:从时间上看,2008-2017 年西吉县农业生态效率整体呈现波动中缓慢上升的趋势,农业生态效率的平均值为 0.677,未达到农业生态有效的状态。从空间上来看,处于低效率水平的地区逐渐减少,处于中等效率水平和相对有效水平的地区逐渐增加。处于中等效率水平的地区在空间上不断向东北部土石山区转变;处于高水平效率和相对有效水平的地区不断向葫芦河流域和葫芦河川道平原区转变;西南部黄土丘陵沟壑区农业生态效率随着时间的演变也在不断的提高。采用因子探测器探测影响西吉县农业生态效率的因素,其中产业结构的影响作用最大,排在后面的是农业播种面积、农民人均纯收入、财政支农和农业机械总动力等因素;利用交互作用探测器识别所有影响因素之间均存在交互作用,且所有因素交互后增加了解释力。

关键词:农业生态效率;数据包络分析;地理探测器;西吉县

中国历来重视农业发展,改革开放以来,中共中央每年的一号文件都是有关“三农问题”的。中国共产党第十六届中央委员会第五次全体会议提出要发展高产、高效、优质、安全、生态农业;中国共产党第十七届中央委员会第三次全体会议提出建立“两型”农业;中国共产党第十八次全国代表大会提出了大力发展生态文明建设的要求,将其写入了五位一体的总体战略布局中。习近平总书记在中国共产党的第十九次全国代表大会报告中强调必须坚持“绿水青山就是金山银山”的理念,积极践行节约资源保护环境的基本国策,实施最严格的生态环境保护政策。农业的生态协调发展成为当前乃至今后发展的重要战略决策,在满足粮食、蔬菜等生产需求的基础上,提高农业生态效率,维护农业资源环境的良性发展成为必然选择。

目前,由于我国人口快速增加、自然资源相对匮乏、生态环境脆弱,农业生态效率较低。化肥、农药、地膜等生产资料的投入成为提高农业产出能力的主要方式,而且在农业生产过程中容易出现盲目加大投入和过多的非期望产出,导致农业生产的环境污染问题越来越严重。

生态效率的概念最早是由 Schaltegger 和 Sturm 提出的,将其界定为满足人类需要的效率,定义为经济增长与环境之比^[1]。关于生态效率的内涵,不同政府和国际组织给出的界定也各不相同^[2-5]。在众多的生态效率表述中,本文更加倾向于认为生态效率就是产出与投入的比值,就是“产多耗少”,用较少的资源,产生较多的价值。在整个生产过程中,资源利用要朝着附加值最大化和资源耗费、环境污染最小化的方向发展。农业生态效率就是在传统经济效率中加入对非期望产出的考虑,在经济最大化产出的同时要考虑环境污染最小化。关于农业生态效率的研究,国内外也有较多的研究。国外研究开始的比较早^[6-9]。我国对农业生态效率的研究主要集中在农业生态效率的评价及影响因素两方面。已有多位学

收稿日期:2019-10-21

基金项目:宁夏自然科学基金项目(NZ16013);宁夏大学研究生创新项目(GIP2017003)。

第一作者:阴柯欣(1994-),女,在读硕士,从事区域可持续发展研究。E-mail:2427337867@qq.com。

通信作者:米文宝(1962-),男,博士,教授,博导,从事生态学、区域地理与可持续发展研究。E-mail:miwbao@nxu.edu.cn。

者^[10-15]采用考虑非期望产出的 DEA 模型对中国及各省市和典型区域的农业生态效率进行评价研究。还有学者^[16-21]采用面板回归模型和方向性距离函数等方法研究影响农业生态效率的因素。

西北欠发达地区生态环境脆弱,水土流失、土地荒漠化和耕地生产力不足等问题,导致农民的生产生活条件变差,制约了当地的经济的发展,加重了贫困的发生率和贫困程度,减缓了农民脱贫致富的脚步,成为 2020 年实现全面小康社会的重要限制因素之一。对于西吉县来说,在资源和环境问题的双重压力下,开展农业生态效率研究,可以转变现有的农业生产方式,优化农业生产模式。本文采用 Super-SBM 模型,研究引入非期望产出,构建西吉县农业生态效率的评价指标体系,对西吉县农业生态效率的时间演变特征和空间演变特征进行实证研究,以为促进农业可持续发展,助力农民脱贫,实现全面小康社会提供理论指导。

1 研究区概况

西吉县地处宁夏回族自治区南部,六盘山西麓,35°35′~36°14′N,105°20′~106°04′E。总面积 3 130 km²,现辖 4 镇 15 乡,295 个行政村。西吉县地处黄土高原的中心腹地,属黄土高原干旱丘陵区,地势南低,北、东、西渐次增高,主要包括 3 种地貌类型,即中部葫芦河川道平原区、西南部黄土丘陵沟壑区和东北部土石山区。西吉县属温带大陆性气候,四季分明,为中温带半干旱过渡地带。年平均气温 12.7℃,年均降水量 570.5 mm,降水量主要集中在 7-9 月,但是西吉县地下水资源相对较丰富。西吉县境内有葫芦河、清水河、祖厉河 3 条水系,均属于季节性河流。葫芦河是境内最大的河流,发源于北部月亮山西麓。葫芦河川道平原区潜水丰富,可作为人蓄饮水和农田灌溉水源。清水河水系位于县域东北部,有 3 条支流。祖厉河位于县域西北部,向西北流入甘肃会宁县。

西吉县属国家级重点生态功能区,生态环境脆弱,人口压力大,经济发展长期处于欠发达状态,是国家和自治区扶贫开发重点县,也是少数民族聚居地。2017 年,总人口数为 49.6 万人,是宁夏人口第一大县,其中农业人口 42.5 万人,占总人口数的 85%,回族人口 28.8 万人,占总人口数的 58%。2017 年,地区生产总值 61.5 亿元,同比增长 7.8%,其中第一产业增加值 15.10 亿元,增

长 4.6%。全县城镇居民人均可支配收入 23 240 元,同比增长 8.5%,农村居民人均纯收入 8 401 元,同比增长 11%。农业是西吉县经济发展的支柱产业也是主导产业,农作物主要有小麦、玉米、马铃薯、豆类、荞麦、莜麦、燕麦,经济作物以胡麻为主。

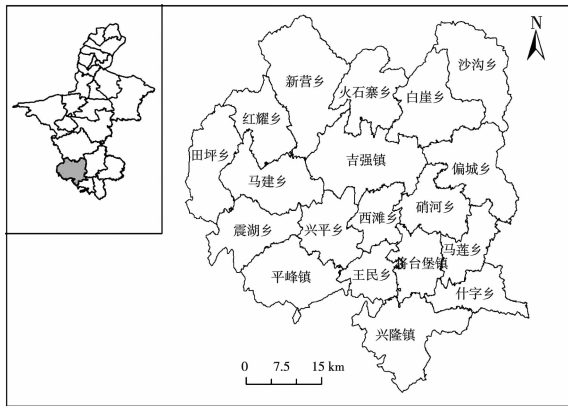


图 1 西吉县区位图

Fig. 1 The location map of Xiji County

2 研究方法指标体系构建

2.1 研究方法

数据包络分析(DEA)是一种基于被评价对象间相对比较的非参数方法,1978 年由美国的 Charnes、Cooper 和 Rhodes 首次提出,以“相对效率”为其理论基础,适用于多投入和产出的相对效率。该方法不需要事先设定模型的具体参数,避免了人为确定权重对结果产生影响,所以应用比较广泛。

数据包络分析包涵了很多模型,最基本的模型有 CCR 模型、BCC 模型和 SBM 模型等。在生态文明建设视角下,需要综合考虑经济效益、社会效益和环境效益,即要充分考虑非期望产出,也就是考虑生产过程造成的环境污染问题。Tone Kaoru 建立了基于非期望产出的 SBM 模型。SBM 模型虽然已经在传统 DEA 模型上做出了改进,但不足之处在于进行生态效率测算时,会出现很多个决策单元效率值同时为 1 的情况,这时便无法区分这些决策单元。因此,Tone Kaoru 提出 Super-SBM 模型。基于非期望产出的 Super-SBM 模型的分式规划形式为:

$$\min \theta = \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{m=1}^M (X'_m / X_{nk})}{1 + \frac{1}{S+K} \left(\sum_{s=1}^S (Y'_s / Y_0) + \sum_{k=1}^K (Z_k / Z_0) \right)}$$

$$s. t. \sum_{i=1, \neq n}^N X_{mi} \lambda_i - X'_m \leqslant 0, m = 1, 2, \cdots, M$$
$$\sum_{i=1, \neq n}^N Y_{si} \lambda_i + Y'_s \geqslant 0, s = 1, 2, \cdots, S$$
$$\sum_{i=1, \neq n}^N Z_{ki} \lambda_i + Z'_k \leqslant 0, k = 1, 2, \cdots, K$$
$$X'_m \geqslant X_{mi}, m = 1, 2, \cdots, M$$
$$Y'_s \leqslant Y_{si}, s = 1, 2, \cdots, S$$
$$Z'_k \geqslant Z_{ki}, k = 1, 2, \cdots, K$$

式中,X、Y、Z 分别代表生产投入要素、期望产出和非期望产出变量,投入要素、期望产出变量和非期望产出变量的个数分别为 M、S、K。

基于非期望产出的 Super-SBM 模型不仅克服了传统 DEA 模型的不足,能准确测度效率值,同时可以对完全效率的决策单元进行评价和排序,而且可以测算出生态无效率的损失来源。因此,本研究选用基于非期望产出的 Super-SBM 模型来评价西吉县农业生态效率。

2.2 指标体系构建

生态效率是产出与投入的比值,农业生态效率本质上是以最少的农业资源投入和最小的环境代价获得最大农业经济产出和生态环境保护,综合反映了资源节约、环境保护和农业经济增长三者协调发展的情况。因此在指标选取中既要考虑农业生产过程中的投入情况,又要考虑农业生产的经济产出和非期望产出。在构建指标体系时,应当遵循科学性原则、系统性原则、动态性原则、目标性原则、可操作性原则和可扩展性原则。

本文在农业生态效率评价指标的选取中参考了文献[12-14]的研究,结合数据的可得性和统计口径的一致性,主要选取土地、物资和劳动力三大投入作为投入指标。投入指标中,土地投入选取农作物播种面积表示,物资投入选取农业机械总动力、化肥使用量、地膜使用量、农药使用量和大牲畜年底头数表示,劳动力投入选取农业从业人数表示。产出指标中,本文选择农业生产总值作为期望产出指标,污染物排放量作为非期望产出指标。指标体系构建见表 1。

西吉县属温带大陆性季风气候“十年九旱”,灾害频繁。在评价西吉县农业生态效率时,本应该加入农业用水指标,但是考虑到各个乡镇农业用水的数据很难获取,而且通过调查也发现,西吉县只有葫芦河流域小部分地区使用灌溉水,其余

地区很少使用灌溉水,基本都是旱田,所以综合考虑,删除了农业用水这一指标。

3 西吉县农业生态效率评价

3.1 农业生态效率时间演变特征

本文选取的投入和产出指标的数据均来源于《西吉县统计年鉴》和《西吉县经济要情手册》。主要选取 2008-2017 年间相关统计数据,样本选取西吉县 19 个乡镇。

表 1 西吉县农业生态效率评价指标体系
Table 1 Agricultural ecological efficiency evaluation index system of Xiji County

项目 Items	分类 Classification	指标说明 Index explanation	符号 Symbol
投入指标	土地投入	农作物播种面积/hm ²	X1
	物资投入	农业机械总动力/kW	X2
		化肥使用量/t	X3
		地膜使用量/t	X4
		农药使用量/t	X5
		大牲畜年底头数/头	X6
产出指标	劳动力投入	农业从业人数/人	X7
	期望产出	农业生产总值/万元	Y1
	非期望产出	污染物排放量/t	Y2

根据已经获取的投入产出数据,利用公式并借助 MaxDEA5.0 软件,选取基于非期望产出的 Super-SBM 模型,测度西吉县 2008-2017 年的农业生态效率值,并绘制出了年变化趋势图(表 2 和图 2)。在进行农业生态效率水平划分时,参考了相关文献^[20],划分标准见表 3。

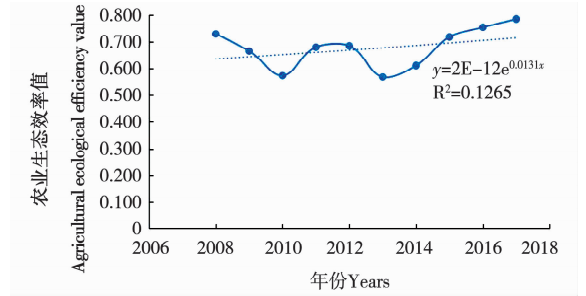


图 2 西吉县 2008-2017 年农业生态效率变化趋势
Fig. 2 Variation trend of agricultural ecological efficiency of Xiji County in 2008-2017

由表 2 和图 2 可以看出,2008-2017 年西吉县农业生态效率总体呈现波动中缓慢上升的趋势。2008 年西吉县农业生态效率处于中高水平,2009-2010 年出现了向下波动的趋势,2011-

2012 年开始缓慢上升,2013 年又出现了下降的态势,此后出现连续上升的趋势,2017 年达到了最高值 0.785。西吉县农业生态效率呈现波动缓慢上升的趋势,主要是因为西吉县努力贯彻落实农业生态文明建设的要求,加大了对农业资源环境的管理力度,农业生产方式也发生了转变,这些都在一定程度上促进了西吉县农业生态效率的不断提升。在 2014 年之前,西吉县的农业生态效率处

于波动向下的状态,这是因为 2008-2013 年西吉县的农业从业人数不断下降,但是机械总动力却在不断增加,而且在此期间农膜、化肥和农药的使用量都要比此后的增量大的多,这些都在一定程度上造成了资源的浪费;造成这种现象的原因与西吉县境内降水量和蒸发量变化幅度比较大,而且昼夜温差大,农业的生产环境不稳定等因素有关。

表 2 西吉县 2008-2017 年农业生态效率值

Table 2 Agricultural ecological efficiency of Xiji County in 2008-2017

地区 Locality	农业生态效率值 Agricultural ecological efficiency											排序 Rank
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	均值 Mean	
吉强镇	0.666	0.437	1.385	1.005	0.499	0.458	0.508	0.534	0.573	0.572	0.664	10
兴隆镇	0.523	0.307	0.387	0.398	0.420	0.639	0.625	0.914	0.097	1.004	0.531	15
平峰镇	0.724	0.525	0.455	0.614	1.008	1.222	1.231	1.275	0.867	0.692	0.861	5
新营乡	0.605	1.029	0.372	1.473	1.025	0.740	0.748	0.970	1.012	1.043	0.902	2
红耀乡	0.395	1.047	0.271	0.474	0.524	0.529	0.385	0.485	0.629	0.582	0.532	14
田坪乡	0.538	1.018	0.377	0.342	0.399	0.296	0.351	0.475	0.518	0.604	0.492	17
马建乡	0.813	0.592	0.543	0.854	1.014	0.583	0.673	0.863	1.002	1.048	0.798	6
震湖乡	1.344	1.344	1.023	1.100	1.176	0.694	0.513	0.712	0.801	1.078	0.978	1
兴平乡	1.052	1.017	1.016	0.605	0.710	0.686	0.762	0.864	1.014	0.946	0.867	4
西滩乡	1.001	0.446	0.400	0.391	0.886	0.385	0.536	0.624	0.711	1.081	0.646	11
王民乡	0.404	0.337	0.363	0.504	0.336	0.313	0.354	0.483	0.584	0.497	0.417	19
什字乡	1.143	1.015	0.468	0.432	0.578	0.568	0.680	0.871	0.974	0.716	0.745	8
马莲乡	0.472	0.318	0.338	0.449	0.463	0.462	0.520	0.639	0.720	1.140	0.552	12
将台堡镇	0.864	0.437	0.419	1.020	1.009	0.710	0.841	0.934	0.981	0.617	0.783	7
硝河乡	0.433	0.363	0.331	0.576	0.622	0.553	0.472	0.391	0.617	0.648	0.501	16
偏城乡	0.830	0.559	1.002	1.112	0.669	0.652	0.943	1.014	1.153	0.739	0.868	3
沙沟乡	1.091	1.062	1.037	0.631	0.591	0.412	0.434	0.412	0.652	0.667	0.699	9
白崖乡	0.502	0.405	0.367	0.495	0.658	0.572	0.533	0.625	0.689	0.635	0.548	13
火石寨乡	0.449	0.388	0.341	0.438	0.430	0.322	0.498	0.549	0.743	0.611	0.477	18
均值	0.729	0.666	0.573	0.680	0.685	0.568	0.611	0.718	0.755	0.785	0.677	

表 3 农业生态效率水平划分

Table 3 Agricultural ecological efficiency level division

水平 Level	划分标准 Classification standard
低水平	(0,0.50]
中等水平	(0.50,0.75]
高水平	(0.75,1.00]
相对有效	>1.00

研究期间,西吉县农业生态效率的平均值为

0.677,表明西吉县农业生态效率并没有达到有效状态。西吉县在其农业经济增长的过程中并没有有效兼顾资源和环境的保护,需要改善调整投入和产出来推动农业生态效率达到较高的水平。

3.2 农业生态效率空间演变特征

从表 2 可以看出,2008-2017 年总体上西吉县 19 个乡镇都属于农业生态效率非有效阶段。农业生态效率最高的是震湖乡 0.978,而农业生态效率最低的是王民乡 0.417。震湖乡、新营乡、偏城乡、兴平乡、平峰镇、马建乡、将台堡镇、什字

乡、沙沟乡的农业生态效率值都高于整个西吉县平均值 0.677,而其余乡镇的农业生态效率低于西吉县平均水平。

为了更直观地展示西吉县 19 个乡镇农业生态效率动态演变,本文选取 2008、2012 和 2017 年 3 年的农业生态效率值,借助 ArcGIS10.1 软件绘制各乡镇农业生态效率演变图。由图 3 可知,2008 年西吉县的震湖乡、兴平乡、西滩乡、沙沟乡和什字乡 5 个乡镇的农业生态效率处于相对有效水平,偏城乡、马建乡和将台堡镇 3 个乡镇处于高

效率水平,其余乡镇处于中低效率;2012 年将台堡镇和马建乡农业生态效率有所提高处于相对有效状态,但是吉强镇、兴隆镇、田坪乡的农业生态效率有所下降,下降到低效率水平,而且处于低效率和中等效率水平的地区有所增加,所以与 2008 年相比 2012 年整体农业生态效率小幅度下降;2017 年处于低效率水平的只有王民乡这一个乡镇,兴隆镇、马莲乡和西滩乡也都进入了相对有效的状态,处于中等效率水平的地区有了大幅度提升。

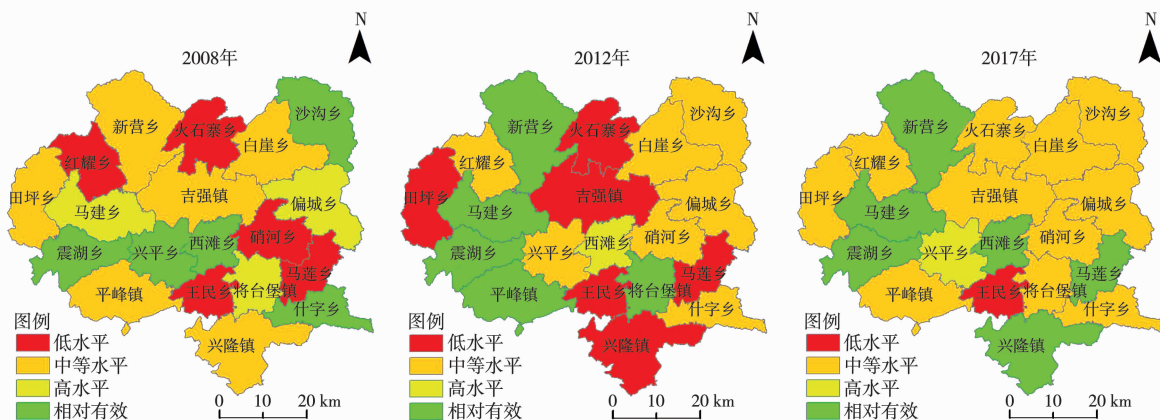


图 3 西吉县各乡镇农业生态效率分布

Fig. 3 Distribution of agricultural ecological efficiency in the countries in Xiji County

研究期间,处于低效率水平的地区逐渐减少,处于中等效率水平和相对有效水平的地区逐渐增加。处于中等效率水平的地区在空间上不断向东北部土石山区转变。东北部地处土石山区,地形复杂且破碎,阳坡地形陡峭,土层较薄而且侵蚀严重。葫芦河流域和葫芦河川道平原区是整个西吉县农业生态效率最高的地区,高水平效率和相对有效水平的地区不断向此区域转变。葫芦河是流经境内最大河流,葫芦河谷平原区潜水丰富,可作为人畜饮水和农田灌溉水源。葫芦河川道平原区,地形平坦,土壤肥沃,水质优良,便于灌溉和水土保持。西南部黄土丘陵沟壑区农业生态效率随着时间的演变也在不断的提高。

在 3 个研究时间段内,震湖乡的农业生态效率都处于相对有效水平,而且效率值也是最高的,主要因为震湖乡位于葫芦河流经区,水资源相对丰富,为农田灌溉提供了便利,而且震湖乡在农业生产过程中使用的化肥、地膜和农药都较少,污染物的排放量也相对较少。王民乡的农业生态效率在 3 个时间段内都处于低水平,而且效率值也

都是最低的,主要是因为王民乡位于西南部黄土丘陵沟壑区,植被稀疏,土层厚但肥力不足,土壤和耕地质量差;而且王民乡农作物播种面积比较小,但是农药的使用量却是所有乡镇中最高的,过多的资源投入造成了浪费,也导致了其农业总产值比较低。

西吉县属国家级重点生态功能区,政府高度重视生态环境污染等问题,积极践行生态文明建设的要求,实行最严格的生态环境保护制度,努力营造绿色发展、协调发展的生产方式和生活方式,为人民提供优良的生产和生活环境。随着理念和制度的不断完善发展,西吉县的农业生态效率逐渐向高水平方向发展,农业生产方式也从粗放式农业走向可持续发展模式。

4 西吉县农业生态效率影响因素分析

4.1 地理探测器

地理探测器(Geodetector)是用来探测空间异质性以及揭示其背后驱动力的统计学方法^[21]。其原理是如果一个自变量对另一个因变量有影响,那么自变量与因变量的空间分布具有相似

性^[22]。此方法最初应用于对疾病风险因素的分析,目前正在规划^[23-24]、旅游^[25-26]、考古^[27]、区域经济^[28-29]、城镇化^[30-31]、精准扶贫^[32-33]等诸多领域得到广泛应用。它主要包括风险探测、因子探测、生态探测和交互探测 4 个探测器。地理探测器的优势是不需要过多的假设条件,应用的范围比较广泛,因此本研究采用地理探测器中的因子探测和交互探测来分析影响西吉县农业生态效率的因素。

地理探测器的因子探测器主要用来探测自变量 X 在多大程度上解释了因变量 Y 的空间分异。用 q 值度量,表达式为:

$$q = 1 - \frac{\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2}$$

式中, q 为某影响因素的解释力, N 为研究区全部样本数, σ^2 为指标的方差。 q 的取值范围为 $[0,1]$, q 值越大说明因变量的空间分异性越明显,表示自变量的解释力越强,反之,则越弱。 q 值为 1 表明自变量 X 完全控制了因变量 Y 的空间分布, q 值为 0 则表明自变量 X 与因变量 Y 没有任何关系。

地理探测器中的交互探测器用来探测不同因子是独立起作用还是具有交互作用。

表 4 农业生态效率影响因素

Table 4 Influence factors of agricultural ecological efficiency		
影响因素 Influence factors	变量描述 Variable description	符号 Symbol
农民人均纯收入	元	X_1
农林牧渔业从业人数	人	X_2
产业结构	第一产业增加值/ 地区生产总值(%)	X_3
农作物播种面积	hm ²	X_4
化肥施用量	t	X_5
农膜使用量	t	X_6
农药使用量	t	X_7
农用机械动力	万 kW	X_8
有效灌溉面积	hm ²	X_9
财政支农	农林水事务支出(万元)	X_{10}

4.2 影响因子识别

影响农业生态效率的因素复杂且众多。本文借鉴已有的相关研究,考虑研究区农业发展现状

和数据可获得性,通过《西吉县统计年鉴》和《西吉县经济要情手册》收集了 2008-2017 年西吉县的农民人均纯收入、农林牧渔业从业人数、产业结构、农作物播种面积、化肥施用量、地膜使用量、农药使用量、农用机械总动力、有效灌溉面积、财政支农等数据作为影响农业生态效率的因素。

4.3 影响因素测度与分析

地理探测器要求因变量必须为数值型,自变量必须为类型量,如果自变量为数值型,那么首先需要对自变量进行离散化处理。因此,首先对农民人均纯收入、农林牧渔业从业人数、产业结构、农作物播种面积、化肥施用量、农膜使用量、农药使用量、农用机械总动力、有效灌溉面积、财政支农等数据进行离散化处理。然后,将数据输入地理探测器模型进行探测分析(表 5 和表 6)。

表 5 因子探测结果

Table 5 Result of factor detector		
探测因子 Detection factor	影响因素 Influence factor	q 值 q value
X_1	农民人均纯收入	0.6255
X_2	农林牧渔业从业人数	0.2006
X_3	产业结构	0.6577
X_4	农作物播种面积	0.6407
X_5	化肥施用量	0.1519
X_6	农膜使用量	0.0391
X_7	农药使用量	0.2014
X_8	农用机械动力	0.4906
X_9	有效灌溉面积	0.0226
X_{10}	财政支农	0.5004

因子探测器主要探测自变量在多大程度上解释了因变量的空间分异,即每个影响因素对农业生态效率空间分异的解释程度。由表 5 可知,按照解释度强弱排序为 $X_3 > X_4 > X_1 > X_{10} > X_8 > X_7 > X_2 > X_5 > X_6 > X_9$ 。其中,产业结构的影响作用是最大的,随着经济的快速发展,工业化、城镇化的不断深化,二、三产业迅速发展,这就需要农业部门提供更多的产业来满足二、三产业的发展,而且西吉县本就属于一个农业大县,所以为了获取更多的农业产出,就需要投入更多的化肥、地膜、机械和其他的生产物质资料,就会导致农业生产环境的破坏,对农业生态效率产生负影响。排在第二位的是农作物播种面积,西吉县特殊的地形地貌,人均播种面积比较大,在劳动力不足的情

况下,很难达到农业生产的有效管理,从而导致了农业生产的粗放式,而且农业生产并没有达到规模化,也会在一定程度上造成资源的浪费。排在第三位的是农民人均纯收入,农民的收入越高,会增加人们对于高产出的追求,可能就会导致大量的物质资料的投入和粗放式经营,而且农民的生态环境保护意识并不是很强烈,更多的是追求更高的经济效益,提高生活水平,忽略了农业生态效率。排在第四位的是财政支农,我国的财政支农结构并不合理,而且资金利用率比较低,政府对农业的支持更倾向于对化肥、种子、地膜、农机等农业要素的补贴,缺乏对农业新技术和新方法的培训和推广;另一方面,政府对农业的支持保障了

农业结构的平衡,可以减轻农民的负担,缩小城乡收入差距,在一定程度上也提高了农业生态效率。排在第五位的是农业机械总动力,农业机械使用的越多,表明所使用的柴油等能源的消耗就会越多,导致的污染物不断增加,农业生态效率也就会随之降低。

交互作用探测器用于探测不同影响因素之间是否存在交互作用,如果存在交互作用,是否增加了对因变量的解释力。由表 6 可知,每个影响因素之间均存在明显的交互作用,而且影响因素交互后,得到的分值均大于单个因素的值,也就是说所有影响因素的交互作用均明显增加了对农业生态效率的解释力。

表 6 交互作用探测结果
Table 6 Results of interact detector

项目 Items	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
X ₁	0.6255									
X ₂	0.8094	0.2006								
X ₃	0.9547	0.8771	0.6577							
X ₄	0.8584	0.7176	0.9596	0.6407						
X ₅	0.8094	0.2813	0.9896	0.7157	0.1519					
X ₆	0.6632	0.2813	0.9547	0.6808	0.2813	0.0390				
X ₇	0.8094	0.2813	0.9412	0.7176	0.2813	0.2813	0.2014			
X ₈	0.8955	0.5775	0.9496	0.8955	0.5775	0.5775	0.5703	0.4906		
X ₉	0.6657	0.3589	0.8324	0.6922	0.2551	0.1377	0.3589	0.5703	0.0226	
X ₁₀	0.6630	0.6968	0.9547	0.8584	0.6968	0.5506	0.6968	0.7829	0.5531	0.5004

5 结论与讨论

5.1 结论

本文通过构建符合西吉县现状的农业生态效率评价指标体系,研究西吉县农业生态效率的时空演变特征和其影响因素。

从时间上看,2008-2017 年西吉县农业生态效率整体呈现波动中缓慢上升的趋势,尤其是 2013 年以后农业生态效率呈现持续增加的趋势。总体来看,西吉县农业生态效率的平均值为 0.677,未达到农业生态有效的状态。

从空间上来看,处于低效率水平的地区逐渐减少,处于中等效率水平和相对有效水平的地区逐渐增加。处于中等效率水平的地区在空间上不断向东北部土石山区转变;处于高水平效率和相对有效水平的地区不断向葫芦河流域和葫芦河川

道平原区转变;西南部黄土丘陵沟壑区农业生态效率随着时间的演变也在不断的提高。

采用因子探测器探测影响西吉县农业生态效率,其中产业结构的影响作用最大,排在后面的是农业播种面积、农民人均纯收入、财政支农和农业机械总动力等因素。然后利用交互作用探测器识别所有影响因素之间均存在交互作用,且所有因素交互后增加了解释力。

5.2 讨论

本研究得出的西吉县 2008-2017 年农业生态效率值,在 2014 年之前处于波动下降趋势,虽然这一趋势与整个生态文明建设大背景不符,但是与庞家幸^[20]、张贇^[16]等研究的整个宁夏的农业生态效率的变化趋势一致,这与西吉县的社会经济发展和自然环境有关。

在农业生态效率评价指标体系的构建中,本应该考虑到西吉县半干旱的气候条件,加入农业用水量这个指标,由于缺乏各个乡镇的农业用水数据,而且通过调查也发现,西吉县只有葫芦河流域小部分地区使用灌溉水,其余地区很少使用灌溉水,基本都是旱田。所以综合考虑,删除了农业用水这一指标。但是在之后影响因子的识别中获取到了县域的农业用水数据,所以又加入了有效灌溉面积来衡量此指标。

参考文献:

- [1] 马勇,刘军.长江中游城市群产业生态化效率研究[J]. 经济地理,2015,35(6):124-129.
- [2] 孙露,耿涌,刘祚希,等.基于能值和数据包络分析的城市复合生态系统生态效率评估[J]. 生态学杂志,2014,33(2):462-468.
- [3] 尹科,王如松,周传斌,等.国内外生态效率核算方法及其应用研究述评[J]. 生态学报,2012,32(11):3595-3605.
- [4] Huppes G, Davidson M D, Kuypers J, et al. Eco-efficient environmental policy in oil and gas production in the Netherlands[J]. Ecological Economics, 2007, 61(1):43-51.
- [5] Bjorn Stigson. A Road to Sustainable Industry: How to promote resource efficiency in companies [M]. Dusseldorf: WBCSD, 2001.
- [6] Wadud A, White B. Farm household efficiency in Bangladesh: a comparison of stochastic frontier and DEA methods[J]. Applied Economics, 2000, 32(13):1665-1673.
- [7] Helfand S M, Levine E S. Farm size and the determinants of productive efficiency in the Brazilian Center-West[J]. Agricultural Economics, 2004, 31(2-3):241-249.
- [8] Bravo-Ureta B E, Solis D, López V H M, et al. Technical efficiency in farming: a meta-regression analysis[J]. Journal of Productivity Analysis, 2007, 27(1):57-72.
- [9] Ajibefun I, Aderinola E. Determinants of technical efficiency and policy implications in traditional agricultural production: empirical study of Nigerian food crop farmers[R]. Final Report Presentation at Bi-annual Research Workshop of African Economic Research Consortium Nairobi, Kenya, 2004.
- [10] 王丽莉,杨婷婷,许荔珊.“一带一路”倡议下农业生态效率对比研究——以中国和东盟 10 国为例[J]. 世界农业, 2018(4):96-101.
- [11] 刘志成,张晨成.湖南省农业生态效率评价研究——基于 SBM-undesirable 模型与 CCR 模型的对比分析[J]. 中南林业科技大学学报(社会科学版), 2015, 9(6):32-36, 66.
- [12] 郑德凤,郝帅,孙才志.基于 DEA-ESDA 的农业生态效率评价及时空分异研究[J]. 地理科学, 2018, 38(3):419-427.
- [13] 柳艳超.基于 SBM-undesirable 模型的西安都市农业生态效率时空演变分析[J]. 上海农业学报, 2017, 33(3):130-135.
- [14] 张子龙,鹿晨昱,陈兴鹏,等.陇东黄土高原农业生态效率的时空演变分析——以庆阳市为例[J]. 地理科学, 2014, 34(4):472-478.
- [15] 于婷,郝信波.粮食主产区农业生态效率时空特征及改善路径研究[J]. 生态经济, 2018, 34(9):104-110.
- [16] 张贇.基于非期望产出 SBM 模型及面板 Tobit 模型对中国农业生态效率的实证分析——以陕甘宁青四地区为例[J]. 海南金融, 2018(2):17-28.
- [17] 程翠云,任景明,王如松.我国农业生态效率的时空差异[J]. 生态学报, 2014, 34(1):142-148.
- [18] 王丽影.低碳视角下农业生态效率及影响因素研究[D]. 南昌:江西财经大学, 2017.
- [19] 夏斌.湖北省农业生态效率的测算及影响因素分析[D]. 武汉:湖北大学, 2017.
- [20] 庞家幸.中国农业生态效率研究[D]. 兰州:兰州大学, 2016.
- [21] 王劲峰,徐成东.地理探测器:原理与展望[J]. 地理学报, 2017, 72(1):116-134.
- [22] 程哲,韦小泉,林静,等.1984—2013 年中国 PPP 发展的时空格局与影响因素[J]. 经济地理, 2018, 38(1):20-27.
- [23] 吕立刚,隋雪艳,汪翔,等.江苏省土地城镇化的空间分异及其主导因素探测[J]. 人文地理, 2018, 33(4):88-94, 112.
- [24] 曹峥,吴志峰,马文军.人为热排放对不同类型建成区温度影响的模拟研究[J]. 地理科学进展, 2018, 37(4):515-524.
- [25] 赵多平,王翠婷,曹兰州.宁夏赴阿拉伯国家出境商务旅游影响因素及机理研究[J]. 人文地理, 2017, 32(6):146-153.
- [26] 阮文奇,郑向敏,李勇泉,等.中国入境旅游的“胡焕庸线”空间分布特征及驱动机理研究[J]. 经济地理, 2018, 38(3):181-189, 199.
- [27] 关中美,王同文,职晓晓.中原经济区传统村落分布的时空格局及其成因[J]. 经济地理, 2017, 37(9):225-232.
- [28] 赵宏波,余涤非,苗长虹,等.基于 POI 数据的郑州市文化设施的区位布局特征与影响因素研究[J]. 地理科学, 2018, 38(9):1525-1534.
- [29] 丁悦,蔡建明,任周鹏,等.基于地理探测器的国家级经济技术开发区经济增长率空间分异及影响因素[J]. 地理科学进展, 2014, 33(5):657-666.
- [30] 王录仓,武荣伟.中国城市群人口老龄化时空格局[J]. 地理学报, 2017, 72(6):1001-1016.
- [31] 田俊峰,刘艳军,付占辉,等.哈大巨型城市带要素集聚分异与空间极化格局[J]. 人文地理, 2017, 32(3):117-123.
- [32] 刘彦随,李进涛.中国县域农村贫困化分异机制的地理探测与优化决策[J]. 地理学报, 2017, 72(1):161-173.
- [33] 文琦,施琳娜,马彩虹,等.黄土高原村域多维贫困空间异质性研究——以宁夏彭阳县为例[J]. 地理学报, 2018, 73(10):1850-1864.

Agricultural Ecological Efficiency Evaluation of Xiji County and Analysis of Its Influence Factors Based on Super-SBM

YIN Ke-xin¹, WANG Ling^{1,2}, MI Wen-bao^{1,3}, FAN Xin-gang⁴

(1. School of Resource and Environment, Ningxia University, Yinchuan 750021, China; 2. Yishan Middle School, Fuping County, Shaanxi Province, Fuping 711700, China; 3. Key Laboratory of Northwestern Degraded Ecosystem Restoration and Reconstruction, Ministry of Education, Ningxia University, Yinchuan 750021, China; 4. Western Development Research Center of Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract: In order to promote sustainable agricultural development, help farmers escape poverty, and realize building a moderately prosperous society in all respects. This study introduced non-expected outputs to construct the evaluation index system of agricultural eco-efficiency in Xiji County, and adopts Super-SBM model to conduct an empirical study on the temporal and spatial evolution characteristics of agricultural eco-efficiency in Xiji County. The influencing factors of agricultural ecological efficiency in Xiji County were explored by using geographical detector. The results showed that from the perspective of time, from 2008 to 2017, the overall agricultural eco-efficiency of Xiji County showed a trend of slow increase in fluctuation, the average agricultural eco-efficiency was 0.677 which did not reach the state of effective agricultural eco-efficiency. From the perspective of space, the areas at low efficiency level gradually decrease, while the areas at medium efficiency level and relative efficiency level gradually increase. In the middle efficiency level of the region in space constantly to the northeast Rocky Mountains transformation; The areas with high level efficiency and relatively effective level transform to the Calabash river basin and the plain of Calabash river channel continuously; The agricultural ecological efficiency in the loss hilly and gully regions in southwest China had been improved continuously over time. Factor detector was used to detect the factors influencing on agricultural ecological efficiency in Xiji County, among which the industrial structure had the largest impact, followed by agricultural planting area, per capital net income of farmers, financial support for agriculture and the total power of agricultural machinery and so on; The interaction detector was used to identify the interaction among all factors, and the interaction of all factors increases the explanatory power.

Keywords: agricultural ecological efficiency; data envelopment analysis; geo-detector; Xiji County

《黑龙江农业科学》理事会

理事长单位	代表	理事单位	代表
黑龙江省农业科学院	院长 李文华	黑龙江生物科技职业学院	院长 李承林
副理事长单位	代表	农垦科研育种中心哈尔滨研究所	所长 姚希勤
黑龙江省农业科学院水稻研究所	所长 鄂文顺	黑龙江农业职业技术学院	院长 于 波
黑龙江省农业科学院克山分院	院长 邵立刚	鹤岗市农业科学研究所	所长 姜洪伟
黑龙江省农业科学院黑河分院	院长 张立军	伊春市农业技术推广广中心	主任 张含生
黑龙江省农业科学院绥化分院	院长 陈维元	甘南县向日葵研究所	所长 孙为民
黑龙江省农业科学院牡丹江分院	院长 张太忠	萝北县农业科学研究所	所长 张海军
常务理事单位	代表	黑龙江省农垦科学院水稻研究所	所长 解保胜
勃利县广视种业有限公司	总经理 邓宗环	黑龙江八一农垦大学农学院	院长 郭永霞
内蒙古丰垦种业有限公司	董事长 徐万陶	绥化市北林区农业技术推广中心	主任 张树春
		黑龙江省齐齐哈尔农业机械化学学校	校长助理 张北成