

山西省县域农业生产效率时空演变

赵俊华,董平,范业龙

(南京师范大学地理科学学院,江苏南京 210023)

[摘要] 本文运用DEA模型和ESDA方法对2008~2012年山西省107个县(市)农业生产效率及其时空变化特征进行了深入的探究,结果表明:①2008~2012年山西省农业生产综合效率、纯技术效率以及规模效率处于中等水平,并且保持了一定的增长态势,但是全省农业生产效率的区域差异较大;从综合效率的区域特征上看,高效率区主要位于山西省中部及东南部,低效率区主要位于山西省西部;将综合效率进行分解,可以看出纯技术效率对综合效率的贡献大于规模效率;并且大多数县(市)处于规模收益递增阶段;②2008~2012年全省县(市)农业生产效率表现出显著的空间相关性,但是空间集聚性逐年下降,空间差异扩大;③从局部空间特征上看,山西省东南部部分县(市)农业生产效率下降,西部少数县(市)农业生产效率有所提高,同时,晋北、晋南地区一些县(市)农业生产效率也有所降低。

[关键词] 农业生产效率,DEA模型,ESDA模型,时空演化,山西省

[中图分类号] F329.9 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1001-4616(2015)01-0154-07

Spatio-Temporal Evolvement of Agriculture Production Efficiency of Counties in Shanxi Province

Zhao Junhua, Dong Ping, Fan Yelong

(School of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)

Abstract: Using the methods of Data Envelopment Analysis (DEA) and Exploratory Spatial Data Analysis (ESDA), this paper conduct in-depth analysis on the agriculture production efficiency of 107 counties in Shanxi province and its evolvement from the year of 2008 to 2012. Some conclusions are drawn as follows: ① The comprehensive efficiency of agriculture production of Shanxi is at an intermediate level during the study period, and keeps a moderate rate of growth. The gap among regions is quite huge, areas of high comprehensive efficiency locate mostly in the middle and southeast of Shanxi province, while areas of the relatively low comprehensive efficiency in the west. And PTE (pure technical efficiency) contributes more to the TE (total efficiency) compared with SE (scale efficiency) after the TE is classified, and most counties are at the stage of growth in SE. ② The agriculture production efficiency in Shanxi province show obvious spatial auto-correlation, while the spatial clustering of similar-efficiency areas tends to decline and the gap widens. ③ From the local perspective, the agriculture production efficiency in some counties in the southeast of Shanxi declines together with some in the south and north, while a few in the west increases.

Key words: agriculture production efficiency, DEA, ESDA, evolvement, Shanxi

随着我国“三农”工作的推进,农业增长方式由粗放型增长转向集约型增长,并且随着工业化和城镇化进程加快,中国农业耕地面积不断减少,但是人口不断增加,非农化后的耕地难以恢复,“人增地减”的矛盾成为中国现代化进程中的重要问题。在农业资源约束不断增强的背景下,如何提高农业生产效率成为政府及学界关注的焦点。众多国内外学者对农业产业效率进行了研究和探讨,可以发现:从研究尺度上,对农业产业效率的研究是多尺度的,主要包含国家尺度、地区尺度、省级尺度等;从研究内容上,包含了粮食生产效率、农地非农化效率、农业生产综合效率、农业劳动力配置效率等方面;从研究方法上,大多数

收稿日期:2014-05-18.

基金项目:国家自然科学基金(41071084).

通讯联系人:董平,副教授,硕士生导师,研究方向:人文地理与区域发展. E-mail: dongping@njnu.edu.cn

对农业生产效率的研究方法主要是 DEA 模型,一些学者结合 Malmquist TFP 指数模型以及变异系数对农业生产效率进行评价和研究^[1-10]。

综观以上研究,仍存在一些不足:一是对更能反映农业生产效率差异本质的微观县域尺度的研究比较少,二是在研究方法上,显有学者将研究产业效率的 DEA 模型与其他揭示空间差异与关联的方法相结合。作为中华农耕文明的发源地以及农业资源大省,山西省正处于农业发展方向转型时期,但由于自然灾害多,农业自然条件地域差异大,通过对其县域单元的农业生产效率分析,将进一步揭示农业生产效率的区域差异。因此,本文尝试运用数据包络方法(DEA)对山西省 107 个县(市)单元的农业生产效率进行测算,从时空维度揭示农业生产效率的分布差异和变化规律,并且在此基础上应用揭示空间依赖性和异质性的探索性空间数据分析方法(ESDA)^[11-18]来探讨农业生产效率的时空关联和演变趋势,以期对山西省农业产业转型提供理论依据。

1 区域概况、研究方法数据来源

1.1 区域概况

山西省位于黄河流域中部,全省总面积 15.67 万 km²,位于 110°15'E~114°33'E、34°34'N~40°43'N 之间,辖 11 个地级市,119 个县、市、区^①,是一个东西两侧为山地丘陵,中部为一连串断陷盆地与峡谷的山地型高原,居中国地势的第二阶梯上。地形崎岖复杂,地貌类型多样,山区面积约占全省总面积的 80%以上。山西省属于温带季风气候,四季分明、雨热同期、气候干燥、十年九旱、自然灾害多、降水集中在夏季 7、8 月份^[19]。总体特征为南北狭长,南北跨 6 个纬度,作物生长条件差异显著。加之全省水资源贫乏以及各地区产业结构各异,省内农业生产效率县(市)间差异明显。

1.2 研究方法

1.2.1 DEA 模型

DEA(Data Envelopment Analysis)数据包络分析是由运筹学家 Charnes 和 Cooper 在“相对效率评价”概念基础上发展起来的一种新的系统分析方法^[7]。该模型是评价多投入和多产出决策单元效率的一种有效分析工具,其基本思路是把每一个评价单元作为一个决策单元,通过比较同一时点不同决策单元加权的投入、产出数量,确定有效生产前沿面,再通过衡量各决策单元与最佳前沿面之间的距离,进而确定各个决策单元的技术效率与规模效率^[20]。

为了整体反映山西省农业生产效率变动情况,本文把山西省每一个县(市)看作一个生产单元,运用由 Fare 等改造的方法构造一个生产最佳前沿面,将每一个县(市)单元的生产同最佳前沿面进行比较,从而测度每个县域单元的农业生产的相对效率。落在生产最佳前沿面上的 DMU 的效率为 1,其他未落在边界上的 DMU,则称为无效率 DMU,其效率值介于 0~1 之间。目前通常用的 DEA 模型有 CRS 模型和 VRS 模型,二者最大的区别在于规模报酬的假定,前者假定规模报酬是不变的,测度的是综合效率(TE);后者假定规模报酬可变,测定的是纯技术效率(PTE)。综合效率(TE)可分解为规模效率(SE)和纯技术效率(PTE),并且是二者的乘积。规模效率的变化反映投入增长对生产效率的影响,根据规模效率可以判断各县(市)农业生产效率处在规模效率递增或递减区间,据此可以调整各县(市)农业生产规模,使其达到最佳生产前沿面^[8]。

1.2.2 探索性空间数据分析(ESDA)

探索性空间数据分析(Exploratory Spatial Data Analysis,ESDA)是一系列空间数据分析技术和方法的集合,用来描述数据的空间分布规律并用可视化的方法来表达,探讨数据的空间结构,以及揭示现象之间的空间相互作用机制^[21]。本文采用全局空间自相关来分析农业生产综合效率在整个区域的空间分布及演变特征,并在此基础上,进一步利用局部空间自相关来分析农业生产综合效率在县域单元之间的空间异质特性。相关公式参照已有文献^[21,22]。

1.3 数据来源与指标选取

本文所用数据是从 2009~2013 年《山西统计年鉴》以及《中国统计年鉴》整理计算得到。

① 本文根据数据的可获得性,将部分地级市的市辖区合并,最终确定的研究单元为 107 个。

农业生产的基本宗旨是以最小的资源投入获得最大的经济价值,这与 DEA 模型对投入和产出的指标要求一致^[7]. 本文在农业生产投入指标上选取土地、资金、劳动力和技术来表示,其中土地投入用农作物总播种面积来表示,劳动力用农林牧渔业从业人数来表示,资金投入用农业机械总动力(千瓦)来表示,技术投入用农地化肥施用量(折纯量)来表示;在产出指标上选取农林牧渔业总产值以及粮食总产量来反映农业生产的规模和总量,从而建立山西省农业生产的投入-产出指标体系(见表 1).

2 农业生产效率的测算及其分解

以山西省 107 个县(市)单元的农业生产投入产出数据为基础,利用 DEAP 2.1 软件在 VRS 模型下计算出 2008~2012 年山西省农业生产效率. 图 1 为 2008~2012 年间,全省各县(市)农业生产综合效率、纯技术效率、规模效率变化的曲线图. 可以看出,2008 年至 2012 年,全省农业生产效率整体水平中等,呈现出缓慢波动增长态势. 农业生产综合效率、纯技术效率以及规模效率分别呈现出以下特征:

2.1 综合效率

整体观之,山西省 2008~2012 年农业生产平均综合效率水平中等(0.759),也就是说实际产出占理想产出的 75.9%,历年山西省县(市)农业生产综合效率平均值分别为 0.744、0.703、0.787、0.776、0.784. 2008~2012 年期间,2008~2009 年综合效率波动较大,2009 年之后稳步提升,并且根据计算结果各县(市)综合效率差异显著. 2008~2012 年,全省农业生产综合效率最高值都达到 1(效率最佳),但是综合效率最低值历年分别为 0.302、0.287、0.325、0.282 和 0.284,可见山西省农业生产综合效率在县(市)间差异悬殊.

根据自然断裂点分级法(Jenks),分别将 2008 年、2012 年山西省县(市)的农业生产综合效率划分为 3 个等级来对比(见图 2), (1)低效率:2008 年低效率区主要有方山、离石、柳林、石楼、灵丘、繁峙等 20 个县(市),约占全省县(市)总数的 18.7%,主要分布在山西省西部;2012 年农业生产低效率县(市)数目有所减少(有灵丘、岚县、方山、柳林等 13 个县(市),占全省县(市)总数的 12.1%). (2)中等效率:山西省绝大部分县(市)的农业生产综合效率处于中等水平:2008 年有 52 个县(市)达到中等水平,占全省县(市)总数的 48.6%,到 2012 年该数目降低至 43 个,占全省县(市)总数的 40.2%. (3)高效率:在 2008 年有 35 个县(市)(清徐县、屯留县、高平市等)的农业生产综合效率达到高效,占全省县(市)总数的 32.7%,到 2012 年,高效率县(市)的数目上升至 51 个(增加了永济市、芮城县、河津市、永和县等 16 个县(市)),约占全省县(市)总数的 47.7%. 由此看来,2008~2012 年 5 年的时间内,山西省农业生产综合效率低效率区以及中等效率区有所减小,高效率区有向省西南部扩大的趋势,全省农业生产综合效率整体呈现出上升态势. 山西省各县(市)农业综合效率的空间分异主要源于各县(市)农业耕作方式、经营模式和农业结构的不同. 高效率的县(市)大多调整农业结构,改变农业经营方式,更加趋向于现代农业的发展.

表 1 农业生产投入-产出指标体系

Table 1 Input-output index system of agriculture production

指标类型	指标构成	指标性质
投入指标	农作物总播种面积	土地投入量
	农林牧渔业从业人数	劳动力投入量
	农地化肥施用量(折纯量)	技术投入量
	农业机械总动力	资金投入量
产出指标	农林牧渔业总产值	经济产出量
	粮食总产量	实物产出量

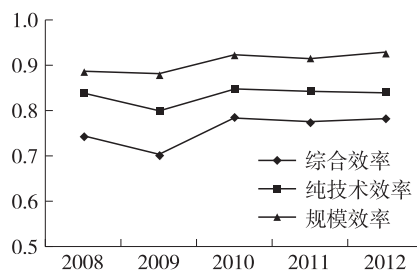


图 1 2008~2012 年山西省农业生产效率

Fig. 1 Efficiency of agriculture production in Shanxi province (2008-2012)

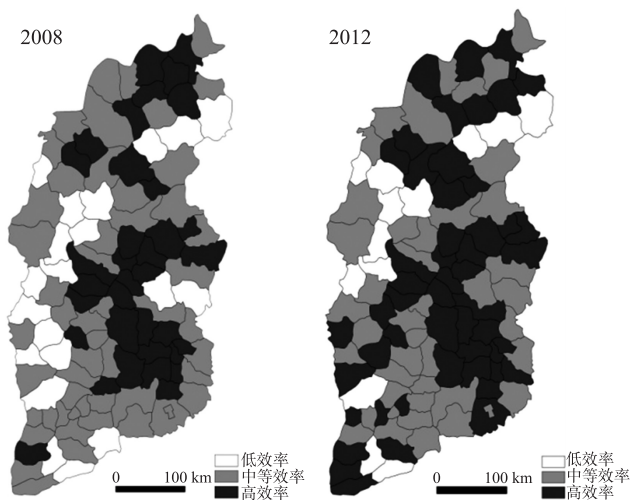


图 2 山西省农业生产综合效率分级图

Fig. 2 Levels of comprehensive efficiency of agriculture in Shanxi

2.2 纯技术效率

2008~2012年山西省各县(市)农业生产纯技术效率平均水平相对较高(0.834),历年全省农业生产纯技术效率平均值分别为0.838、0.800、0.848、0.845、0.840。与综合效率相似,纯技术效率县(市)间差异也较大。2008年有襄汾县、沁源县、原平市、大宁县、文水县等33个县(市)的纯技术效率指数达到1,但柳林县的纯技术效率仅为0.390;到2012年,太谷县、清徐县、潞城市等35个县(市)的纯技术效率指数达到1,但纯技术效率最低的柳林县仅为0.367,由此看来,山西省县(市)农业生产纯技术效率也呈现波动变化的特点,有小幅上升,但是纯技术效率最佳与效率最低相差悬殊,这对纯技术效率整体的提高有极大的阻碍作用。

为了探究分解的纯技术效率和规模效率对综合效率的贡献,本文选取2008~2012年的散点图来表示综合效率与其分解效率之间的关系(图3a,图3b)。由图3可知纯技术效率对综合效率的制约及影响能力强于规模效率。从图3(a)和图3(b)可以看出纯技术效率和综合效率变化在对角线45°附近,说明纯技术效率和综合效率变化速率基本接近,而规模效率更偏离对角线45°,也就是说,虽然规模效率很大,但由于纯技术效率较低会导致综合效率很低,即:山西省农业生产纯技术效率对综合效率的影响大于规模效率,农业生产综合效率的变化主要是由纯技术效率的变化引起的。由此,要提高山西省农业生产综合效率,最重要的是提高纯技术效率,即应加大农业生产技术的推广,尤其是农业生物技术的推广。

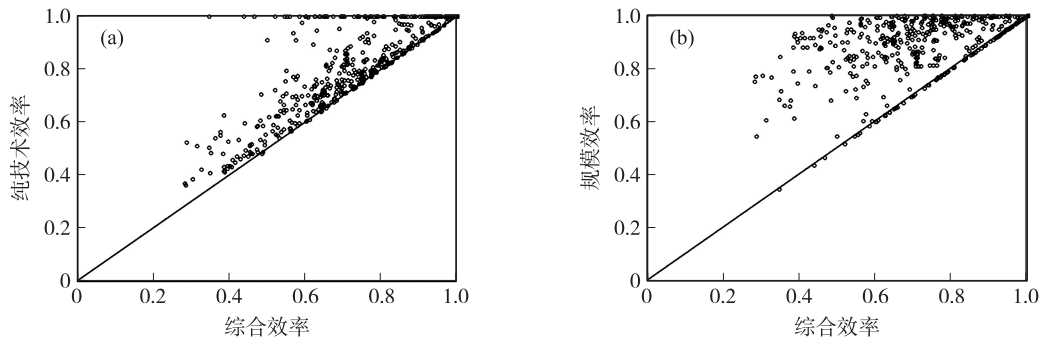


图3 山西省农业分解效率对总效率贡献分析

Fig. 3 Contribution of total agriculture efficiency by decompositions in Shanxi province

2.3 规模效率

2008~2012年山西省各县(市)农业生产规模效率平均水平相对较高(0.908),其中在2010年、2011年以及2012年全省农业生产规模效率达到0.9以上(分别为0.925、0.916和0.930),即农业生产达到高规模效率的水平。规模效率最佳的县(市)从2008年的21个增加到2012年的25个,规模效率最低值由2008年的0.347(大宁县)上升到2012年的0.601(大宁县)。

根据DEA规模收益分析,可以判断山西省各县(市)农业生产规模收益的阶段。当规模收益非增条件下的效率小于规模不变条件下的效率时,农业生产处于规模递增阶段,表明如果投入尚未达到最佳规模,通过进一步增加要素投入,可得到更高的收益,从而实现农业生产效率的进一步增长;如果规模收益非增条件下的效率大于规模收益不变条件下的效率,表明要素投入已经超过农业生产对要素的吸收能力,需要减少要素的投入来获得农业生产效率的提高^[8]。计算结果表明,

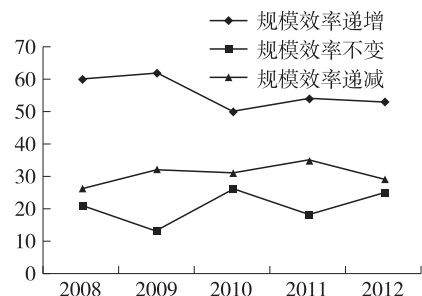


图4 规模效率递增(递减或不变)的县(市)数量变化趋势图

Fig. 4 Trend of scale efficiency of agriculture production

2008~2012年规模效率递增的县(市)分别为62、62、50、54、54个;规模效率递减的县(市)分别为26、32、31、34、27个;规模效率不变的县(市)分别为19、13、26、19、26个(见图4)。总体来说,山西省大部分县(市)农业生产处于规模效率递增阶段,并且大多数县(市)没有达到最佳前沿面,也就是说,扩大农业生产规模将有望获得更高的规模效益。

3 农业生产效率分布模式的时空演化

3.1 农业生产效率的全局空间自相关分析

利用 GeoDA 软件计算出山西省各县(市)在 2008~2012 年农业生产综合效率的全局空间自相关系数(Global Moran's I). 通过 Z 统计量检验($Z>1.96, P<0.05$), Moran's I 指数在 2008、2011 以及 2012 年都在 1% 以上(表 2), 即表现出非常显著的正相关性, 也就是说, 在这些年份山西省内农业生产效率相似的县(市)在空间分布上表现出集聚特征, 即农业生产效率较高的县(市)空间上相互邻近, 农业生产效率较低的县(市)在空间上也相互邻近; 但是, 2008、2011 及 2012 年, Moran's I 指数整体降低, 从 2008 年的 0.299 4 下降到 2012 年的 0.131 6, 由此可以看出, 全省县(市)之间的农业生产联系弱化, 农业生产效率的空间相关性日益减小, 空间分布的集聚性有所减弱, 山西省县(市)农业生产空间差异整体上有所扩大.

表 2 山西省县(市)农业生产效率变化的全局自相关 Moran's I 指数

Table 2 Estimates of Global Moran's I for comprehensive efficiency of agriculture industry of towns in Shanxi province(2008-2012)

年份	2008	2009	2010	2011	2012
Moran's I	0.299 4	0.052 4	0.059 4	0.120 5	0.131 6
Z 值	4.981 0	0.966 0	1.089 0	2.198 0	2.245 0
P 值	0.001 0	0.166 0	0.134 0	0.021 0	0.018 0

3.2 农业生产效率的局部空间自相关分析

3.2.1 Moran's I 散点图

农业生产效率的总体差异有所扩大仅仅是其空间分异的反映, 不能揭示农业生产效率的空间相互作用, 也不能反映具体地区的空间集聚特征强度. 为了研究山西省县(市)农业生产效率是否存在局部集聚现象, 更直观反映各县(市)农业生产效率的空间关联模式, 则需要结合 Moran's I 散点图和 Local Moran's I 指数. 利用 GeoDA 软件计算空间联系局域指标(LISA), 系统同时生成 Moran's I 散点图和 LISA 聚集图, 这两者从不同侧面揭示了县(市)农业生产效率空间关联特征. Moran's I 散点图表现形式为笛卡尔直角坐标系, 全省各县(市)的农业生产效率为横坐标, 农业生产效率的空间滞后值为纵坐标, 以散点的横纵坐标的平均值为中心坐标, 将平面图分为 4 个象限, 4 个象限分别对应着不同县(市)的局部空间关联: 第一象限是高高集聚区(H-H), 表示该象限内的县(市)具有较高的农业生产效率, 并且其周围县(市)的农业生产效率也比较高; 第二象限为低高集聚区(L-H), 表示该象限内县(市)具有较低的农业生产效率, 但其周围县(市)的农业生产效率较高; 第三象限为低低集聚区(L-L), 表示该象限内的县(市)农业生产效率较低, 并且其周围县(市)的农业生产效率也较低; 第四象限是高低集聚区(H-L), 表示该象限内的县(市)农业生产效率较高, 但其周围县(市)的农业生产效率较低. 第一、三象限为正的空间自相关即均质性突出, 第二、四象限为负的空间自相关即异质性突出^[22].

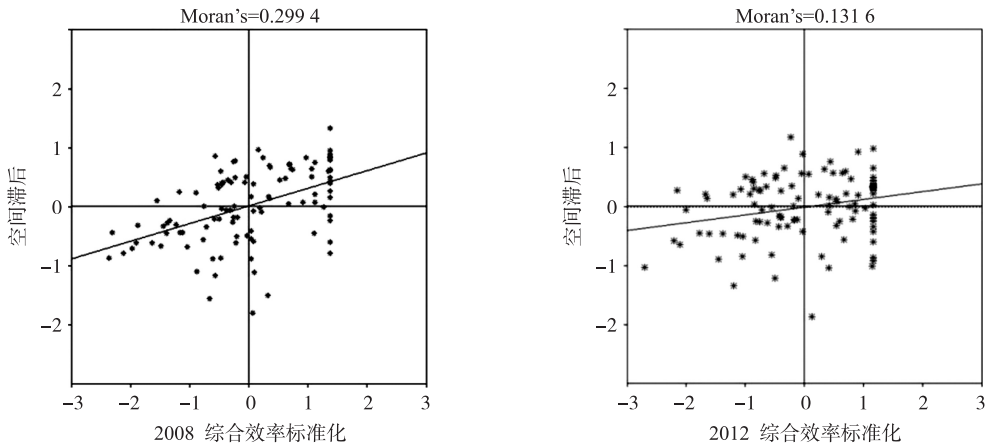


图 5 2008、2012 年山西省县域农业生产综合效率莫兰散点图

Fig. 5 Moran scatter plot map for comprehensive efficiency of agriculture production in 2008 and 2012

图 5 中, 2008 年落入 H-H 区(第一象限)的县(市)有 37 个, 约占全省县(市)总数的 34.6%, 落入 L-L 区(第三象限)的县(市)有 35 个, 约占全省县(市)总数的 32.7%, 合计呈空间正相关的县(市)占到了全省县(市)总数的 67.3%; 2012 年, 落入 H-H 区(第一象限)的县(市)减少到 33 个, 约占全省县(市)总数

的 30.8%,落入 L-L 区(第三象限)的县(市)减少到 30 个,约占全省县(市)总数的 28%,呈空间正相关的县(市)占全省县(市)总数的 58.8%。由此可以看出,山西省农业生产效率相似的县(市)在空间上集聚的态势有所减弱。虽然 2008~2012 年山西省县(市)农业生产的集聚态势减弱,但是在此期间,落入 L-H 区(第二象限)的县(市)增加以及落入 L-L 区(第三象限)的县(市)减少意味着 2008~2012 年期间山西省农业生产效率在局部县(市)是有所提高的。

3.2.2 LISA 聚集图

LISA 是衡量空间单元属性与周围单元的相近(正相关)和相异(负相关)程度及其显著性的指标^[17]。利用 GeoDA 软件计算山西省各县(市)不同年份农业生产综合效率的 LISA 值,在 Z 检验的基础上($P < 0.05$),绘制出 2008 年、2012 年山西省县(市)农业生产效率 LISA 聚集图(图 6)。

由图 6 可以看出:2008 年,“H-H”类型的县(市)有平遥县、沁县、安泽县、屯留县、长子县、襄垣县、寿阳县、平定县、大同县、晋中市以及长治市,主要集中于山西省中部及东南部,说明这些县(市)的农业生产效率集聚性强,与周边县(市)农业生产联系紧密,并且辐射带动作用也比较强;“L-L”类型的县(市)有兴县、岚县、方山县、柳林县、石楼县、蒲县、吉县、芮城县,主要集中于山西省西部,这些县(市)是山西省经济欠发达的地区,并且受地形、土壤等因素的影响,农业生产效率低下,与周边县(市)的农业生产联系少,生产集聚性较弱;“L-H”类型的县(市)主要是朔州市、孟县和介休市,说明其农业生产与周边地区的联系不紧密,比起其周边地区,这些县(市)的农业发展较为落后;“H-L”类型的县(市)是永和县、夏县、临县和闻喜县,说明这些县(市)的农业生产效率比其周边地区的农业生产效率高,但与周边县(市)的农业生产联系不紧密,极化作用较强。2012 年,“H-H”类型的县(市)主要是平遥县、沁县、屯留县、祁县,位于山西省中部;“L-L”类型的县(市)主要是兴县、岚县、柳林县、吕梁市以及娄烦县,仍主要位于山西省西部;“L-H”类型的县(市)有朔州市、介休市和天镇县;“H-L”类型的县(市)有临县、夏县、吉县和河津县。与 2008 年相比,安泽县、长子县、长治县、大同县、平定县、寿阳县、晋中市、襄垣县以及长治市退出了“H-H”类型区,说明这些县(市)与周边县(市)的农业生产差异在扩大,县(市)之间农业生产联系弱化,农业生产变得不稳定,而祁县进入了“H-H”类型区,说明祁县在周边县(市)的农业生产中逐渐起到了引导作用,并对其周边县(市)的辐射作用加强;方山县、吉县、蒲县、石楼县以及芮城县退出了“L-L”类型区,说明这些区县(市)近几年农业生产取得了较快的发展。

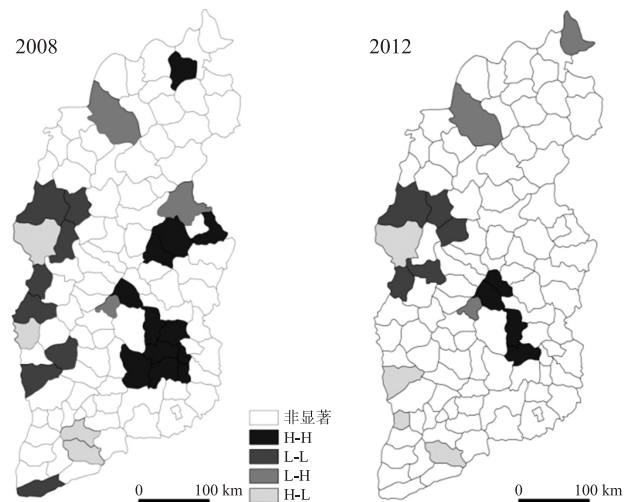


图 6 2008、2012 年山西省县域农业生产效率 LISA 聚集图

Fig. 6 LISA cluster map for comprehensive efficiency of agriculture of counties in Shanxi province in 2008 and 2012

4 结语

本文选取正处于农业产业转型特殊时期的山西省 107 个县(市)单元为研究对象,利用测算产业投入-产出效率的 DEA 模型以及揭示空间关联性和异质性的探索性空间数据分析方法(ESDA)对 2008~2012 年各县(市)农业生产效率的时空演化进行探究。具体研究结论如下:

(1)从 DEA 模型测算出的综合效率、纯技术效率以及规模效率看,2008~2012 年山西省县(市)农业生产效率中等,并保持了一定的增长趋势;从综合效率的时空演变特征上看,高效率区主要位于山西省中部及东南部地区,低效率区主要是山西省西部山区,2008~2012 年高效率区表现出向西南部扩大的趋势。究其原因,山西省西部地区自然资源匮乏、土地贫瘠多山区、社会经济发展水平在全省范围内属落后地区,这在很大程度上都限制了其农业生产的发展,因此其农业生产综合效率远落后于山西省其他地区;进一步将综合效率分解为纯技术效率和规模效率,可以看出纯技术效率水平处于中上等,并且纯技术效率对综合

效率的影响大于规模效率,即农业生产先进技术的推广将有利于综合效率的大幅提高;根据 DEA 测算出的规模收益,山西省大多县(市)处于规模递增的阶段,即扩大农业生产规模将有望获得更大的规模收益。

(2)从ESDA法计算出的全局空间自相关指数(Moran's I)特征来看,2008、2010以及2012年山西省农业生产都表现出非常显著的空间相关性,也就是说全省农业生产空间集聚性显著,但是Moran's I在2008、2011以及2012年逐年降低,说明全省农业生产集聚性有减弱的态势,空间差异性增大,即近几年山西省农业发展水平地区间差异在逐渐扩大。

(3)从局部空间相关性看,山西省农业生产效率相似的县(市)在空间上集聚的态势减弱,具体来讲,山西省东南部地区部分县(市)农业生产效率逐年下降,省西部少数县(市)农业生产效率有所提高,与此同时,晋南及晋北部分县(市)的农业生产效率也有所下降。

需要指出的是,数据包络分析法(DEA模型)在研究产业效率方面有着广泛的研究和应用,探索性空间数据分析方法(ESDA)在区域社会经济空间差异方面的应用较为深入,本文将这两种方法结合,从时间和空间变化的角度探讨了山西省县域农业生产效率的时空演变。DEA模型与ESDA方法对于数据的一致性及全面性要求较高,受客观因素制约,本文仅选取2008~2012年的相关数据进行研究。在今后的研究中,对数据全面性的完善将有利于更科学地运用以上两种模型与方法。

[参考文献]

- [1] Kawagoe T, Hayami Y. An intercountry comparison of agricultural production efficiency[J]. American Journal of Agricultural Economics, 1985, 67(1): 87-92.
- [2] Haag S, Jaska P, Semple J. Assessing the relative efficiency of agricultural production units in the Blackland Prairie, Texas[J]. Applied Economics, 1992, 24(5): 559-565.
- [3] Ball V E, Gollop F M, Kelly-Hawke A, et al. Patterns of state productivity growth in the US farm sector: linking state and aggregate models[J]. American Journal of Agricultural Economics, 1999, 81(1): 164-179.
- [4] Vollrath D. Land distribution and international agricultural productivity[J]. American Journal of Agricultural Economics, 2007, 89(1): 202-216.
- [5] Restuccia D, Yang D T, Zhu X. Agriculture and aggregate productivity: A quantitative cross-country analysis[J]. Journal of Monetary Economics, 2008, 55(2): 234-250.
- [6] 汪旭晖, 刘勇. 基于DEA模型的我国农业生产效率综合评价[J]. 河北经贸大学学报: 综合版, 2008, 29(1): 53-59.
- [7] 王文刚, 李汝资, 宋玉祥, 等. 吉林省区域农地生产效率及其变动特征研究[J]. 地理科学, 2012, 32(2): 225-231.
- [8] 朱纪广, 李二玲, 李小建, 等. 黄淮海平原农业综合效率及其分解的时空格局[J]. 地理科学, 2013, 33(12): 1 459-1 460.
- [9] 马凤才, 赵连阁, 任莹, 等. 黑龙江省农业生产效率分析[J]. 农业技术经济, 2008, 2: 24-25.
- [10] 赵雲泰, 黄贤金. 基于DEA的中国农地非农化效率及其变化[J]. 长江流域资源与环境, 2011, 10(20): 1 228-1 234.
- [11] 孟斌, 王劲峰, 张文忠, 等. 基于空间分析方法的区域差异研究[J]. 地理科学, 2005, 25(4): 393-400.
- [12] 熊薇, 徐逸伦, 王迎英, 等. 江苏省县域经济差异时空演变[J]. 地理科学进展, 2011, 30(2): 224-230.
- [13] 夏永久, 朱喜钢, 储金龙, 等. 基于ESDA的安徽省县域经济综合竞争力空间演变特征研究[J]. 经济地理, 2011, 31(9): 1 427-1 438.
- [14] 伍世代, 王强. 中国东南沿海区域经济差异及经济增长因素分析[J]. 地理学报, 2008, 63(2): 123-134.
- [15] 吕晨, 樊杰, 孙威. 基于ESDA的中国人口空间格局及影响因素研究[J]. 经济地理, 2009, 29(11): 1 797-1 802.
- [16] 范斐, 杜德斌, 李恒, 等. 中国地级市以上城市科技资源配置效率的时空格局[J]. 地理学报, 2013, 68(10): 1 331-1 342.
- [17] 潘竞虎, 尹君. 中国省会及以上城市发展效率DEA-ESDA分析[J]. 西北师范大学学报: 自然科学版, 2012, 48(6): 99-104.
- [18] 潘竞虎, 尹君. 中国地级及以上城市发展效率差异的DEA-ESDA测度[J]. 经济地理, 2012, 32(12): 53-60.
- [19] 杨永刚. 山西农业经济发展战略—基于对气候资源的聚类分析[J]. 经济地理, 2006, 26(增): 205-207.
- [20] 臧磊. 南京都市圈产业效率演化及空间差异分析[J]. 世界地理研究, 2013, 22(3): 57-65.
- [21] 蒲英霞, 葛莹, 马荣华, 等. 基于ESDA的区域经济空间差异分析—以江苏省为例[J]. 地理研究, 2005, 24(6): 965-974.
- [22] 关伟, 朱海飞. 基于ESDA的辽宁省县际经济差异时空分析[J]. 地理研究, 2011, 30(11): 2 008-2 016.

[责任编辑: 丁 蓉]