

DOI: 10.5846/stxb201904020637

张利国, 鲍丙飞. 我国农业系统可持续发展协调度分析. 生态学报, 2019, 39(24): 9295-9303.

Zhang L G, Bao B F. Coordination degree of sustainable development of agricultural system in China. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(24): 9295-9303.

## 我国农业系统可持续发展协调度分析

张利国<sup>1,2</sup>, 鲍丙飞<sup>1,2,\*</sup>

1 江西财经大学 经济学院, 南昌 330013

2 江西财经大学 生态经济研究院, 南昌 330013

**摘要:** 农业系统可持续协调发展作为一种发展理念已成为共识, 受到我国政府高度重视。采用 2004—2015 年我国农业生产面板数据, 运用熵值法、探索性空间数据分析等方法分析我国农业系统可持续发展协调度情况。研究结果表明: (1) 2004—2015 年我国各省(市、自治区)农业各子系统可持续能力之间协调度处于不稳定变动态势, 且其协调度值较低。(2) 从协调度分布来看, 协调度处于“比较协调”和“协调”的省(市、自治区)主要分布在我国东部和东南部地区, 其余大多数省(市、自治区)农业各子系统可持续能力之间的协调度处于“不协调”。(3) 从空间自相关性来看, 各省(市、自治区)农业各子系统可持续能力之间协调度呈正的全局自相关性且相关程度逐渐增大, 而大多数省(市、自治区)农业各子系统可持续能力之间协调度的局部自相关性不显著, 且其农业各子系统可持续能力之间协调度空间极化不明显, 处于较低水平均衡状态。从时空维度、空间相关性方面分析农业各子系统可持续能力之间协调度, 为提高我国农业系统可持续发展水平提供政策建议。

**关键词:** 农业子系统可持续能力; 协调度; 空间自相关; ESDA

## Coordination degree of sustainable development of agricultural system in China

ZHANG Ligu<sup>1,2</sup>, BAO Bingfei<sup>1,2,\*</sup>

1 School of Economics, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang 330013, China

2 Institute of Ecological Economics, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang 330013, China

**Abstract:** As a concept of development, the sustainable and coordinated development of agricultural system has become a consensus, which has been attached great importance by our government. Using the panel data of agricultural production in China from 2004 to 2015, this paper employs the entropy method and exploratory spatial data analysis to analyze the coordination degree of sustainable development of China's agricultural system. The results showed that (1) from 2004 to 2015, the coordination degree between the sustainability of agricultural subsystems in various provinces (municipalities and autonomous regions) in China presented an unstable and dynamic trend, and its coordination value was low. (2) From the perspective of coordination degree distribution, the provinces (municipalities and autonomous regions) whose coordination degree was “comparatively coordinated” and “coordinated” were mainly distributed in the eastern and southeastern regions of China, while the coordination degrees among the agricultural subsystems of most other provinces (municipalities and autonomous regions) were “uncoordinated”. (3) From the perspective of spatial autocorrelation, the coordination degree between the sustainability of agricultural subsystems in each province (municipalities and autonomous region) had a positive whole autocorrelation and the degree of correlation gradually increase. In most of the provinces (municipalities and autonomous regions), the local autocorrelation of the degree of coordination between system sustainability was not significant. The spatial polarization of the degree of coordination between the sustainability of agricultural subsystems was not

**基金项目:** 国家自然科学基金项目(71663025); 江西省高校人文社科项目(JD17030); 江西省教育厅科技项目(GJJ160442); 研究生创新专项资金项目(YC2018-B070)

**收稿日期:** 2019-04-02; **修订日期:** 2019-11-11

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: 1114589483@qq.com

obvious being at a lower level of equilibrium. This paper analyzes the coordination degree between the sustainability of agricultural subsystems from the perspective of spatio-temporal dimension and spatial correlation, and provides policy recommendations for improving the sustainable development level of the Chinese agricultural system.

**Key Words:** sustainability of agricultural subsystem; coordination degree; spatial autocorrelation; ESDA

农业是国民经济发展的基础,在社会发展中占有重要地位,农业发展关乎农民生活水平、国家粮食安全、资源利用和环境保护,随着我国工业化、城镇化水平不断推进,同时带来了我国自然资源大量消耗、环境污染问题越发严重、区域发展不平衡越发突出等一系列待解决的问题。我国十九大报告中指出“新时代我国社会的主要矛盾,已经转化为人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾”,说明解决农业不平衡发展,追求农业协调发展是解决我国当前社会主要矛盾之一。在此背景下,分析我国农业可持续发展协调度的时空差异和空间相关性,这对摸清我国农业可持续发展协调度的集聚分布,提高农业可持续发展水平具有重要意义。

目前,国内外一些学者对我国农业可持续发展协调度的评价进行了大量研究,其中主要集中在不同农业系统之间协调度的测算方面。其测算主要有灰色关联协调分析模型、耦合度模型、BP神经网络分析法、协调度函数、协调性指数等常用方法。如洪信强、吴玉鸣等<sup>[1-2]</sup>采用灰色关联协调分析模型对农业可持续发展系统协调度进行研究,而王搏、任志远、贾士靖等<sup>[3-5]</sup>采用耦合度模型分析农业生态环境与农业经济系统协调度研究。师帅等<sup>[6]</sup>采用BP神经网络方法构建低碳经济下区域农业协调发展评价模型,认为区域农业经济发展水平与资源环境协调水平呈反方向变化。Lin Ding等<sup>[7]</sup>从社会、经济、环境方面构建可持续发展指标体系并采用topsis熵方法对其进行测算,得出2012年我国社会、经济、环境可持续发展的协调度较低且区域间差异较大。Hagos Subagadis等<sup>[8]</sup>通过考虑经济、环境以及社会诸多因素,利用模糊随机多准则水资源管理决策方法对复杂水系统管理相关的概率和模糊不确定性进行量化。C. Oliveira等<sup>[9]</sup>运用投入产出与多目标线性规划模型相结合来量化经济、能源、环境、社会并分析彼此之间的关系。王利民<sup>[10]</sup>采用协调度函数测算甘肃省人口、农业资源、农业环境、经济社会、农业科技等支撑系统可持续能力之间的协调度,认为各支撑系统之间的协调性呈波动上升但协调度比较低。徐敏等<sup>[11]</sup>从经济系统、环境系统、社会系统等农业各子系统出发,采用协调性指数测算出新疆绿洲农业各子系统之间的协调度,认为新疆绿洲农业各子系统发展不平衡,且其协调性状况较差。袁久和、赵丹丹等<sup>[12-13]</sup>采用系统协调度测算人口、社会、经济、环境以及资源等5个子系统可持续能力之间的协调度,认为农业各子系统协调度总体趋势较好,但有待进一步提升。

综上所述,虽然现有研究对农业可持续发展协调度进行了大量探索,但大多数是基于统计方法进行定量研究,缺少从时空维度对农业可持续发展的协调度研究,更缺乏考虑地区间的空间关联性。基于此,本文首先采用熵权法、协调度计算公式分别测算我国农业各子系统可持续能力及其协调度;其次选取2004、2008、2012、2015等4个典型年份分析我国各省(市、自治区)各子系统可持续能力之间协调度空间分异;最后采用ESDA模型探索我国农业各子系统可持续能力之间协调度的异质性。这对提高我国农业系统可持续发展水平具有重要意义。

## 1 研究方法、指标选取与数据来源

### 1.1 研究方法

#### 1.1.1 协调度计算公式

协调度是度量系统或系统内部要素之间在发展过程中彼此和谐一致的程度,体现了系统由无序走向有序的趋势,是协调状况好坏程度的定量指标。本文采用的协调度分析计算为:各子系统可持续能力保持协调发展是我国农业可持续发展的关键和保证。

为了更加清晰地摸清我国农业可持续发展的状态以及演变规律,引进了协调度概念,定义协调度为  $C = 1 - \frac{S}{M}$  [12], 其中  $M$  为某年的各子系统(各子系统包括:人口系统、社会系统、经济系统、资源系统以及环境系统)可持续能力的均值,  $S$  为其标准差,  $C$  越大,说明各子系统之间协调的越好,反之,则说明协调越差。

### 1.1.2 变异系数法

变异系数是衡量区域某一要素相对差异的常用指标,其值越大,说明地区间差距越大,反之,则地区间差距越小。本文运用变异系数分析我国农业各子系统可持续能力之间的协调度相对差异在时间序列上的演变特征,计算公式如下[14]:

$$S_t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_{it} - \bar{Y}_t)^2}{n}}, V_t = \frac{S_t}{\bar{Y}_t} \quad (1)$$

式中,  $\bar{Y}_t$  为标准差,  $\bar{Y}_t$  为  $t$  年份我国农业各子系统可持续能力之间的协调度,  $n$  为省(市、自治区)个数,  $Y_{it}$  为第  $t$  年我国第  $i$  省(市、自治区)农业各子系统可持续能力之间的协调度,  $V_t$  为变异系数。

### 1.1.3 ESDA 方法

ESDA (Exploratory Spatial Data Analysis), 即探索性空间数据分析方法,以空间关联性测度为核心,通过空间分布发现集聚与奇异观测值,揭示空间变量的区域结构形态,是检验某一要素属性值是否与其相邻空间点上的属性值相关联的重要指标,正相关表明某单元属性值变化与其相邻空间单元具有相同变化趋势,代表空间现象有集聚性,负相关则相反。包括全局空间自相关和局部空间自相关两大类[15]。

(1) 全局空间自相关。全局空间自相关是对某种地理现象或某一属性在整个区域的空间特征描述,概括地理现象或属性值在空间范围内空间依赖的程度,判断是否存在聚集特性,最常用的关联指标是 Moran's I 指数,计算公式如下[16]:

$$I(d) = n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (X_i - \bar{x}) (X_j - \bar{x}) / \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x}) \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \quad (1)$$

式中,  $n$  为研究对象数目;  $w_{ij}$  为观测值;  $w_{ij}$  为  $w_{ij}$  的平均值,  $w_{ij}$  为研究对象  $i$  与  $j$  之间的空间连接矩阵,表示空间单元间潜在的相互作用关系。Moran's I 值介于  $[-1, 1]$  之间,其值大于零表示空间正自相关,空间实体呈聚合分布,其值小于零表示空间负相关,空间实体呈离散分布,其值等于零表示空间实体呈随机分布。

(2) 局部空间自相关。局部空间自相关反映研究区某单元某一属性值与其相邻单元之间的空间集聚(或差异)程度。常用 Local Moran's I 指数表示,结合 LISA (Local Indicators of Spatial Association) 集聚图分析研究区单元某一属性值与相邻单元某一属性值之间的显著集聚程度。其计算公式如下[17]:

$$I_i = \frac{x_j - \bar{x}}{S} \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_j - \bar{x}) \quad (2)$$

式中,  $n$ 、 $x_j$ 、 $\bar{x}$ 、 $Z$  含义同全局 Moran's I 指数公式,  $S = \frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n-1} - \bar{x}^2$ , LISA 的 Z 检验为  $Z(I_i) = \frac{I_i - E(I_i)}{S(i)}$ , 且

$S(I_i) = \sqrt{\text{var}(I_i)}$ 。由计算公式可知,  $I_i$  绝对值越大,则表明研究区单元某一属性值与相邻单元某一属性值之间关联性越强。

## 1.2 指标数据

为了探索 2004—2015 年我国农业各子系统可持续能力之间协调度的时空演变及空间异质性,本文在设置具体指标时,以农业可持续发展协调理论为指导,在相关研究结果的基础上[18-20],根据数据的可得性和可持续发展能力评价指标体系的基本原则,构建我国农业可持续发展评价指标体系,通过熵值法测算我国农业各子系统可持续能力,在此基础上采用协调度模型对我国农业各子系统可持续能力之间协调度进行探索。具

体如表 1 所示。

表 1 农业可持续发展系统的评价指标

Table 1 Evaluation Index of Agricultural Sustainable Development System

一级指标 First level index	二级指标 Two level index	单位 Unit	属性 Attribute
人口系统可持续能力 Sustainability of population system	乡村受教程度人口比重	%	正向
	人口自然增长率	%	逆向
	区域人口密度	%	逆向
社会系统可持续能力 Sustainability of social systems	农村人均用电量	KW.h/人	正向
	村民人均住房面积	m <sup>2</sup> /人	正向
	农村居民恩格尔系数	%	逆向
经济系统可持续能力 Sustainability of Economic System	人均农业生产总值	元/人	正向
	农村居民人均纯收入	元/人	正向
	农业固定资产投资	亿 yuan	正向
	单位播种面积农业产值	元/hm <sup>2</sup>	正向
资源系统可持续能力 Sustainability of resource systems	人均耕地面积	hm <sup>2</sup> /人	正向
	农业土地生产率	kg/hm <sup>2</sup>	正向
	单位耕地面积机械总动力	KW/hm <sup>2</sup>	正向
	农业用水量	亿 m <sup>3</sup>	正向
	有效灌溉率	%	正向
环境系统可持续能力 Sustainability of environmental systems	化肥使用强度	kg/hm <sup>2</sup>	逆向
	农药使用强度	kg/hm <sup>2</sup>	逆向
	地膜使用强度	kg/hm <sup>2</sup>	逆向
	水土流失治理面积	1000 hm <sup>2</sup>	正向
	森林覆盖率	%	正向
	农业成灾率	%	逆向

### 1.3 数据来源

研究数据主要来源于《改革开放三十年农村资料汇编》、《中国统计年鉴》(2005—2016)和《中国农村统计年鉴》(2005—2016),各省(市、自治区)历年的《国民经济和社会发展统计公报》,各省(市、自治区)统计年鉴,部分数据基于年鉴数据计算获得,采用的空间数据来源于国家基础地理信息数据中心提供的 1:300 万矢量数据。

## 2 我国农业各子系统可持续能力之间协调度时空演变分析

本文运用协调度计算公式对我国各省(市、自治区)农业各子系统可持续能力之间协调度进行测算,并分析其时空演变情况。

### 2.1 基于时间维度的各子系统可持续能力之间协调度演变分析

从协调度均值来看,2004—2015 年期间我国农业各子系统可持续能力之间的协调度年均值为 0.5370。其中 2014 年我国各子系统可持续能力之间的协调度值最高,为 0.5617,其次是 2013 年,为 0.5603,而 2006 年我国各子系统可持续能力之间的协调度值最低,为 0.4795,其次是 2008 年,为 0.5205。2004—2015 年期间我国各子系统可持续能力之间协调度的变异系数值年均均为 0.3233。其中 2006 年我国各子系统可持续能力之间协调度的变异系数值最高,为 0.5317,其次是 2009 年,为 0.3385,而 2008 年我国各子系统可持续能力之间协调度的变异系数值最低,为 0.2959,其次是 2010 年,为 0.3128。

从协调度变动趋势来看,各子系统可持续能力之间协调度呈先持续下降再波动上升的变化态势,说明 2004—2015 年间我国各省(市、自治区)各子系统可持续能力之间协调度处于不稳定的变动态势。同时,其变

异系数呈波动较为频繁的变化态势,进一步验证这一结果。究其原因,可能由于 21 世纪初,为提高我国经济发展水平、农民生活水平等,把经济建设作为主要发展要务,同时由于我国各省(市、自治区)资源禀赋以及外在的自然和人文因素等差异较大导致各地区农业可持续发展不平衡,使得我国经济与人口、社会、环境、资源等系统可持续发展能力之间协调度降低。从 2006 年之后发展情况有明显好转,主要是由于近年来我国及各地方政府对环境保护的重视,加大对环境保护的投入力度,环境问题得到一度程度的改善,加上我国政府对农业大力扶持和农业快速发展以及基础设施建设的逐渐完善等,致使我国农业可持续协调度有了较大的提高。总的来说,我国农业可持续发展协调水平仍较低,各子系统可持续能力之间协调发展的任务具有艰巨性和长期性(图 1)。

## 2.2 基于空间维度的各子系统可持续能力之间协调度演变分析

为了摸清我国各省(市、自治区)农业各子系统可持续能力之间的协调度演变情况,引入协调度定义。其中各子系统可持续能力之间协调性反映了各子系统可持续能力之间协调水平,越协调,说明协调度越大,也即农业可持续发展综合得分越大,反之,则越小。本文根据协调度计算公式计算各子系统可持续能力之间协调度结果,借鉴国内学者袁久和等<sup>[10]</sup>所采用的方法将协调度的值进行分类,即各子系统可持续能力之间协调度处于(0,0.75)称各子系统之间发展为“不协调”,各子系统可持续能力之间协调度处于[0.75,0.90)为“比较协调”,各子系统可持续能力之间协调度处于[0.90,1.00]为“协调”。在此基础上,本文选取 2004、2008、2012、2015 等 4 年各子系统可持续能力之间的协调度,运用 ArcGIS 10.1 空间计量软件作我国各省(市、自治区)农业各子系统可持续能力之间的协调度空间分布图(图 2),以达到更加直观的显示我国各省(市、自治区)农业各子系统可持续能力之间的协调度空间动态演变情况。

根据图 2 所示,将我国各省(市、自治区)农业各子系统可持续能力之间的协调度情况总结如下:

2004 年我国各省(市、自治区)农业各子系统可持续能力之间的协调度处于“不协调”的省(市、自治区)有贵州、甘肃、山西、云南、西藏、陕西、海南、吉林、重庆、上海、青海、黑龙江、辽宁、内蒙古、湖北、四川、广西、天津、新疆、安徽、江西、河南、湖南、北京、宁夏、江苏、山东、河北等 28 个省(市、自治区),各子系统可持续能力之间的协调度处于“比较协调”的省(市、自治区)有广东、福建等 2 个省(市、自治区),各子系统可持续能力之间的协调度处于“协调”的省(市、自治区)只有浙江省。

2008 年我国各省(市、自治区)农业各子系统可持续能力之间的协调度处于“不协调”的省(市、自治区)有甘肃、山西、云南、重庆、西藏、贵州、青海、吉林、陕西、天津、新疆、上海、海南、辽宁、广西、内蒙古、宁夏、黑龙江、四川、江西、湖北、安徽、湖南、北京、江苏、河南、山东、河北等 28 个省(市、自治区),各子系统可持续能力之间的协调度处于“比较协调”的省(市、自治区)有广东、福建、浙江等 3 个省(市、自治区),没有省(市、自治区)各子系统可持续能力之间的协调度处于“协调”。

2012 年我国各省(市、自治区)农业各子系统可持续能力之间的协调度处于“不协调”的省(市、自治区)有贵州、甘肃、云南、吉林、西藏、山西、宁夏、海南、上海、青海、内蒙古、重庆、黑龙江、陕西、四川、新疆、辽宁、天津、广西、安徽、江西、湖北、江苏、河南、山东等 25 个省(市、自治区),各子系统可持续能力之间的协调度处于“比较协调”的省(市、自治区)有北京、河北、湖南、浙江、福建、广东等 6 个省(市、自治区),没有省(市、自治区)各子系统可持续能力之间的协调度处于“协调”。

2015 年我国各省(市、自治区)农业各子系统可持续能力之间的协调度处于“不协调”的省(市、自治区)

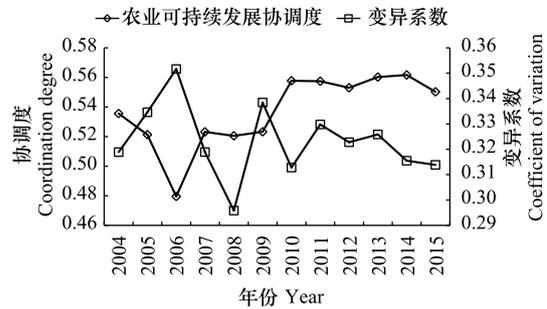


图 1 我国农业可持续发展协调度演变趋势(2004—2015 年)

Fig.1 Evolution Trend of Coordination Degree of Agricultural Sustainable Development in China from 2004 to 2015

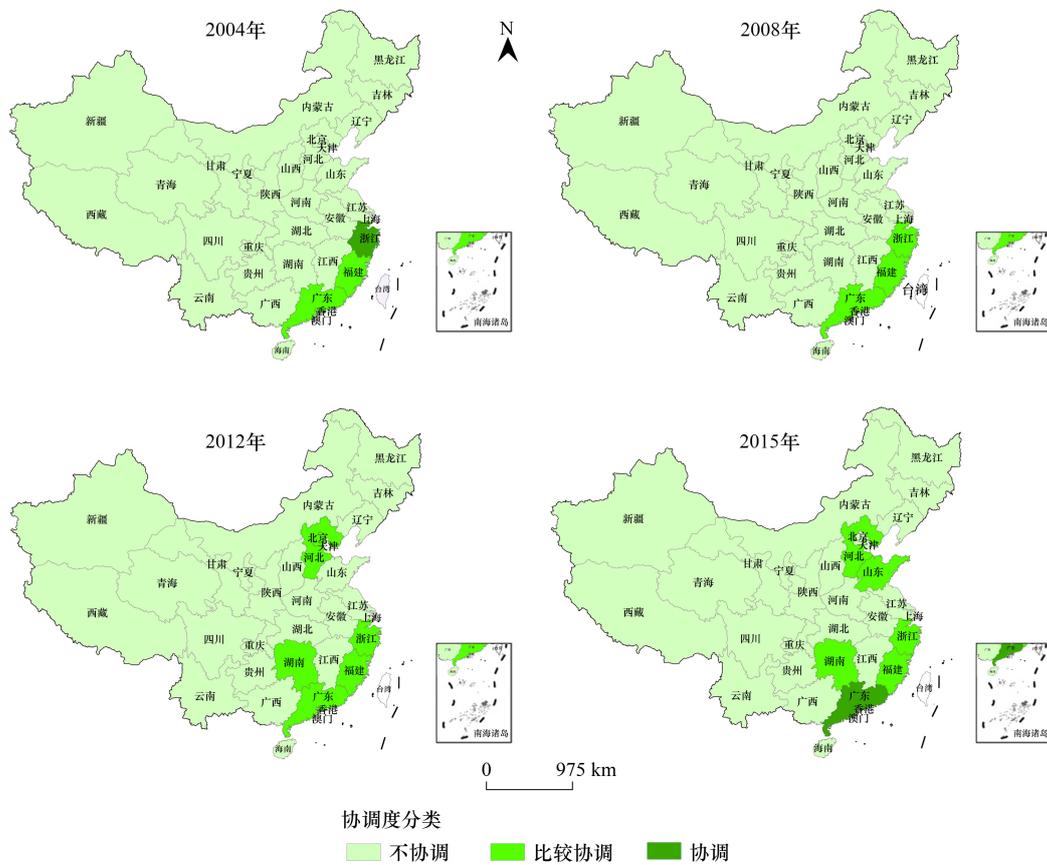


图2 我国省各(市、自治区)农业可持续发展协调度演变(2004—2015年)

Fig.2 Evolution of Coordination Degree of Agricultural Sustainable Development in China's Provinces (Cities and Autonomous Regions) from 2004 to 2015

有甘肃、贵州、云南、吉林、青海、宁夏、重庆、西藏、内蒙古、黑龙江、海南、上海、四川、山西、新疆、陕西、天津、辽宁、广西、北京、江西、安徽、江苏、湖北、河南等 25 个省(市、自治区),各子系统可持续能力之间的协调度处于“比较协调”的省(市、自治区)有山东、浙江、河北、湖南、福建等 5 个省(市、自治区),各子系统可持续能力之间的协调度处于“协调”的省(市、自治区)只有广东省。

总的来说,2004—2015 年我国农业各子系统可持续能力之间的协调度主要处于“不协调”。其中农业各子系统可持续能力之间的协调度处于“不协调”和“协调”的省(市、自治区)的个数在增加。从协调度分布情况来看,协调度处于“比较协调”和“协调”的省(市、自治区)主要分布在我国东部和东南部地区,其余大多数省(市、自治区)农业各子系统可持续能力之间的协调度处于“不协调”,说明我国大多数省(市、自治区)农业各子系统可持续能力之间的协调度总体水平较低,这可能是由于东部地区经济发展水平较高,基础设施完善等有利因素导致的,从而更加注重经济与生态环境协调发展。然而,我国大多数省(市、自治区)农业各子系统可持续能力之间的协调度仍处于“不协调”。因此,加强各子系统可持续发展协调度的能力提升,促进我国农业可持续发展综合水平的提高是今后发展的关键。

### 3 我国农业各子系统可持续能力之间协调度空间探索性分析

#### 3.1 各子系统可持续能力之间协调度全局空间相关性分析

根据我国各省(市、自治区)农业生产数据,利用 GeoDa1.6 软件分别对我国各省(市、自治区)农业各子系统可持续能力之间协调度进行全局空间自相关分析,结果发现全局空间自相关系数均为正,且 moran's I 散点

图中农业各子系统可持续能力之间协调度主要集中在坐标第一或第三象限内,说明这一期间我国农业各子系统可持续能力之间协调度全局空间自相关均为正向关系,且相对比较稳定。本文充分借鉴已有研究成果,采用等距法进行具体分析,以 2004 年为基期,每 4 年一个间隔抽取相关年份,并将末期年份 2015 年也纳入分析。最终得出了 2004、2008、2012 及 2015 等 4 个年份我国农业各子系统可持续能力之间协调度的 moran's I 散点图(见图 3)。由 moran's I 散点图可知,2004、2008、2012 和 2015 年的 moran's I 指数分别为 0.3171、0.3554、0.4671、0.4935,说明我国各省(市、自治区)农业各子系统可持续能力之间协调度呈空间正相关性且集聚程度逐渐增大,揭示了农业各子系统可持续能力之间协调度高的的省(市、自治区)存在集聚效应,即农业各子系统可持续能力之间协调度高的省(市、自治区)之间发展紧密性在增强。因此,农业各子系统可持续能力之间协调度低的省(市、自治区)应以协调度高的省(市、自治区)为标杆,同时协调度高的省(市、自治区)应发挥扩散效应,带动周边省(市、自治区)农业各子系统可持续能力之间协调发展,从而提高我国农业各子系统可持续能力之间协调度的整体水平。

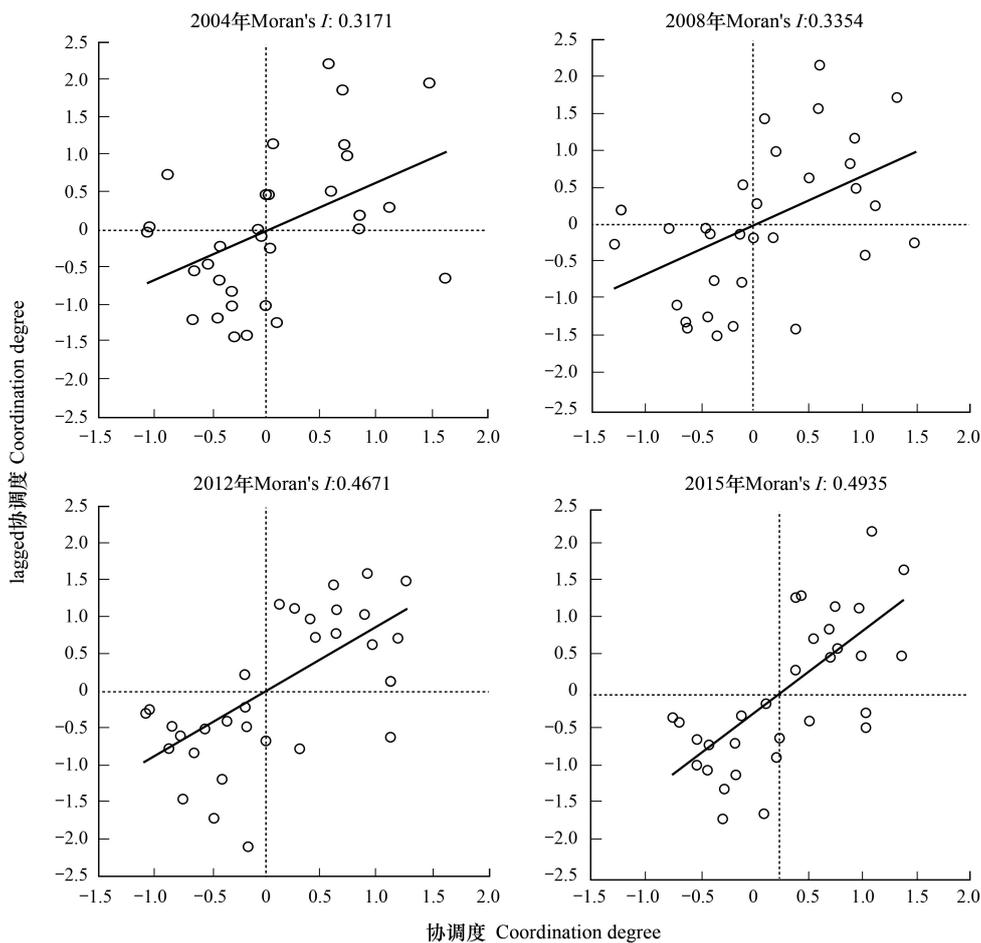


图 3 我国农业可持续发展协调度全局自相关 Moran 散点图(2004—2015 年)

Fig.3 Global Autocorrelation Moran Scatter Map of Coordination Degree of Agricultural Sustainable Development in China from 2004 to 2015

### 3.2 各子系统可持续能力之间协调度局部空间相关性分析

全局空间自相关揭示了整个我国农业各子系统可持续能力之间协调度的集聚程度。为了进一步探讨我国各省(市、自治区)与各自相邻周边省(市、自治区)农业各子系统可持续能力之间协调度的集聚性,本文根据 2004—2015 年我国农业各子系统可持续能力之间协调度局部空间自相关性,定义某地区与其相邻地区农业

各子系统可持续能力之间协调度相关程度分为四种类型。即某地区和相邻地区农业各子系统可持续能力之间协调度水平均较高的区域,则为高-高地区(H-H);某地区和相邻地区农业各子系统可持续能力之间协调度水平均较低的区域,则为低-低地区(L-L);某地区自身农业各子系统可持续能力之间协调度水平较高,而相邻地区农业各子系统可持续能力之间协调度水平均较低,则为高-低地区(H-L);某地区自身农业各子系统可持续能力之间协调度水平较低,而相邻地区农业各子系统可持续能力之间协调度水平均较高,则为低-高地区(L-H)。

选取 2004、2008、2012 及 2015 等 4 年农业各子系统可持续能力之间协调度,运用 ArcGIS 10.1 空间计量软件作我国各省(市、自治区)农业各子系统可持续能力之间协调度局部空间自相关 LISA 集聚图(图 4)。

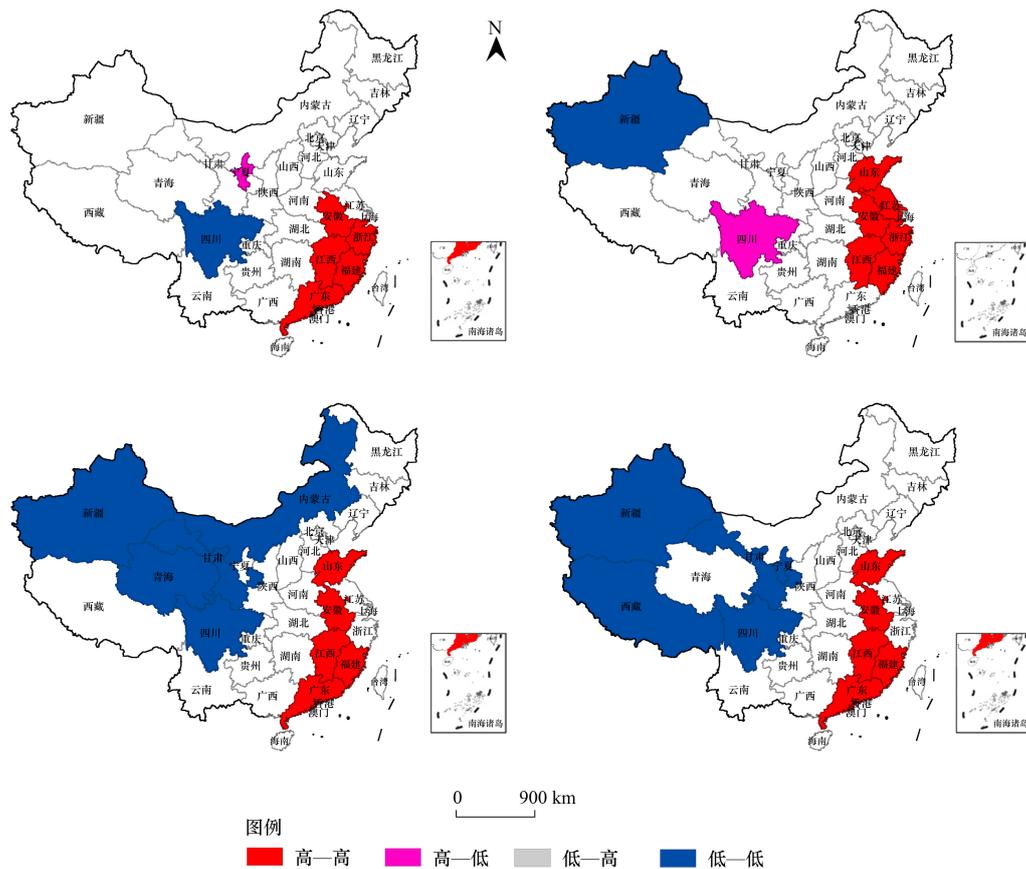


图 4 我国农业可持续发展协调度局部自相关空间格局演变(2004—2015 年)

Fig.4 Evolution of Local Autocorrelation Spatial Pattern of Coordination Degree of Agricultural Sustainable Development in China from 2004 to 2015

总的来说,我国农业各子系统可持续能力之间协调度处于高-高地区和低-低地区的省(市、自治区)较多,处于高-低地区和低-高地区的省(市、自治区)较少,从区域分布来看,我国农业各子系统可持续能力之间协调度处于高-高地区的省(市、自治区)主要分布在我国东部地区和中部地区,而处于低-低地区的省(市、自治区)均分布在我国西部地区,全国其他地区局部相关性不显著,大多数省(市、自治区)农业各子系统可持续能力之间协调度则空间极化不明显,处于较低水平均衡状态。

## 4 结论与启示

### 4.1 简短结论

本文对 2004—2015 年我国农业各子系统可持续能力之间协调度时空演变及空间自相关性进行分析,得出如下结论:①从时间维度来看,2004—2015 年期间我国农业各子系统可持续能力之间协调度呈先持续下降

再波动上升的变化态势,其中农业各子系统可持续能力之间协调度均值为 0.5370,说明年际间其农业各子系统可持续能力之间协调度低,推动农业各子系统可持续能力之间协调发展的潜力大。②从空间维度来看,2004—2015 年我国农业各子系统可持续能力之间的协调度处于“比较协调”和“协调”的省(市、自治区)主要分布在我国东部和东南部地区,其余大多数省(市、自治区)农业各子系统可持续能力之间的协调度处于“不协调”。③我国农业各子系统可持续能力之间协调度处于高-高地区和低-低地区的省(市、自治区)较多,而处于高-低地区和低-高地区的省(市、自治区)较少,从区域分布来看,我国农业各子系统可持续能力之间协调度处于高-高地区的省(市、自治区)主要分布在我国东部地区和中部地区,而处于低-低地区的省(市、自治区)均分布在我国西部地区,其他省(市、自治区)局部相关性不显著,大多数省(市、自治区)农业各子系统可持续能力之间协调度则空间极化不明显,处于较低水平均衡状态。

#### 4.2 启示

加强人口、社会、经济、资源以及环境等系统可持续能力之间的协调发展是农业可持续发展水平的必然选择。因此,根据上述结论提出对策建议:①应加强区域协调发展。东西部地区农业可持续发展存在巨大差异,这主要是东部地区农业可持续发展协调度水平,各省(市、自治区)之间联系紧密,且聚集性强,而西部地区协调度水平低,且聚集性弱。因此应通过区域紧密合作,加强东地区辐射中部和西部地区,从达到区域协调发展。②应加强各子系统可持续能力之间的协调发展,农业可持续发展水平是由各子系统可持续能力的共同作用的结果,加强各子系统可持续能力之间的协调度,是农业可持续发展的必然选择。③加强区域间各子系统可持续能力之间协调发展的力度,加强各地区之间的要素分配,有助于各子系统可持续能力之间协调度的提升,如我国东部地区人口密集,而西部地区人口稀少、缺乏人才,东部地区基础设施建设相对完善、经济发展水平高,西部地区资源丰富、地域广阔。因此采取政策导向,增强优势互补,有条不紊的加强区域要素合理分配,区域要素协调发展等。

#### 参考文献 (References):

- [ 1 ] 洪信强, 钟昌标. 海洋农业可持续发展系统协调研究——以浙江省为例. 安徽农业大学学报: 社会科学版, 2005, 14(2): 35-38.
- [ 2 ] 吴玉鸣. 可持续发展系统协调分析模型及实证研究. 技术经济与管理研究, 2002, (4): 62-62.
- [ 3 ] 王搏. 基于耦合模型的我国区域经济与生态环境协调发展动态研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2014.
- [ 4 ] 任志远, 徐茜, 杨忍. 基于耦合模型的陕西省农业生态环境与经济协调发展研究. 干旱区资源与环境, 2011, 25(12): 14-19.
- [ 5 ] 贾士靖, 刘银仓, 邢明军. 基于耦合模型的区域农业生态环境与经济协调发展研究. 农业现代化研究, 2008, 29(5): 573-575.
- [ 6 ] 师帅, 庞金波, 王刚毅. 基于 BP 神经网络的低碳经济下区域农业协调发展研究. 农业现代化研究, 2014, 35(4): 392-396.
- [ 7 ] Ding L, Shao Z F, Zhang H C, Xu C, Wu D W. A comprehensive evaluation of urban sustainable development in China based on the TOPSIS-Entropy method. Sustainability, 2016, 8(8): 746.
- [ 8 ] Subagadis Y H, Schütze N, Grundmann J. A fuzzy-stochastic modeling approach for multiple criteria decision analysis of coupled groundwater-agricultural systems. Water resources Management, 2016, 30(6): 2075-2095.
- [ 9 ] Oliveira C, Coelho D, Antunes C H. Coupling input - output analysis with multiobjective linear programming models for the study of economy - energy - environment - social (E3S) trade-offs: a review. Annals of Operations Research, 2016, 247(2): 471-502.
- [ 10 ] 王利民. 转型成本视角下甘肃省农业可持续发展能力提升对策研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2012.
- [ 11 ] 徐敏, 罗剑朝, 崔彩贤. 新疆绿洲农业可持续发展状况及协调性分析. 干旱区资源与环境, 2011, 25(2): 20-23.
- [ 12 ] 赵丹丹, 刘春明, 鲍丙飞, 许波. 农业可持续发展能力评价与子系统协调度分析——以我国粮食主产区为例. 经济地理, 2018, 38(4): 157-163.
- [ 13 ] 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. 长江流域资源与环境, 2013, 22(2): 152-157.
- [ 14 ] 张利国, 鲍丙飞, 董亮. 鄱阳湖生态经济区粮食单产时空格局演变及驱动因素探究. 经济地理, 2018, 38(2): 154-161.
- [ 15 ] Anselin L, Syabri I, Kho Y. GeoDa: an introduction to spatial data analysis. Geographical Analysis, 2006, 38(1): 5-22.
- [ 16 ] Sridharan S, Tunstall H, Lawder R, Mitchell R. An exploratory spatial data analysis approach to understanding the relationship between deprivation and mortality in Scotland. Social Science & Medicine, 2007, 65(9): 1942-1952.
- [ 17 ] 曾庆泳, 陈忠暖. 基于 GIS 空间分析法的广东省经济发展区域差异. 经济地理, 2007, 27(4): 558-561, 574-574.
- [ 18 ] 袁久和. 我国中部地区农业可持续发展的动态评价与发展对策. 南京审计学院学报, 2013, 10(1): 14-21.
- [ 19 ] 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. 生态学报, 2017, 37(11): 3840-3848.
- [ 20 ] 吐尔逊·买买提, 丁为民, 艾力·哈斯木, Hassan M. 基于组合赋权和 AHP 法的农机化可持续发展研究. 中国农业资源与区划, 2018, 39(4): 67-73.