

中国信息化与农业现代化协调发展研究

——基于省域视角及 2003—2016 年数据的分析

徐小琪, 李燕凌

(湖南农业大学 公共管理与法学学院, 湖南 长沙 410128)

摘要: 基于 2003—2016 年中国 31 个省市区统计数据对省域信息化与农业现代化协调发展水平进行测评, 并对其演进趋势予以分析。结果表明: 省域信息化与农业现代化协调发展水平均呈现比较稳定的增长趋势, 但省域间有较大差异, 呈现出东部沿海>东北>中部>西北>西南的空间格局。而根据动态空间面板计量经济学模型对两者协调发展的影响因素的实证分析表明: 经济水平、产业结构、城镇化水平、基础设施、外商投资、居民消费等因素对省域“两化”协调发展具有正向影响。同时省域信息化与农业现代化协调发展存在正的空间外溢效应。

关键词: 信息化; 农业现代化; 协调发展; 时空特征; 省域差异; 影响因素

中图分类号: F304.1

文献标志码: A

文章编号: 1009-2013(2019)03-0058-09

Synergies of informatization and agricultural modernization in China from the provincial perspective and the data from 2000 to 2016

XU Xiaoqi, LI Yanling

(College of Public Administration and Law, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: Based on the statistics of 31 provinces in China from 2003 to 2016, this paper evaluates the synergies of provincial informatization and agricultural modernization and analyzes its evolution tendency. It is found that the synergies of informatization and agricultural modernization grow steadily despite striking provincial differences resending a spatial pattern: with the eastern coastal provinces on top of the list, followed by the Northeast, the Central provinces in the middle, the Northwest provinces in the fourth place and the Southwest the last. An empirical study on synergy impact factors based on the dynamic spatial econometric models shows that economic development, industrial structure, urbanization, infrastructure construction, foreign investment and household consumption exert positive impact on the coordinated development. Meanwhile, a positive spatial spillover effect can be found in the synergies of provincial informatization and agricultural modernization.

Keywords: informatization; agricultural modernization; coordinated development; temporal-spatial features; provincial differences; impact factor

一、问题的提出

长期以来, 城乡发展不平衡、农村农业发展不充分问题一直是中国经济社会发展中的热点和难

点问题, 为了从根本上解决这一问题, 中共中央、国务院《关于实施乡村振兴战略的意见》明确提出, 到 2035 年乡村振兴要取得决定性进展, 基本实现农业农村现代化。显然, 在人类已经进入信息化和互联网时代后, 信息化与农业现代化协调发展无疑是实现乡村振兴和农业农村现代化的重中之重。

围绕信息化与农业现代化协调发展问题, 学界近年也开展了不少研究。杜传忠、宁朝山、刘新龙

收稿日期: 2019-05-12

基金项目: 国家自然科学基金项目(71874052)

作者简介: 徐小琪(1980—), 女, 湖南长沙人, 博士研究生, 主要研究方向为农业经济和农村公共危机管理。

基于熵权法和 31 个省市区 2003—2012 年数据对中国信息化与农业现代化协同度及其影响因素的实证研究发现：中国信息化与农业现代化水平总体不断提升，但二者协同度存在区域不平衡性^[1]。徐维祥、舒季君、唐根年基于中国 287 个地级以上城市数据，对工业化、信息化、城镇化和农业现代化“四化”协调发展程度进行测度表明，中国“四化”协调发展水平总体不高，且地区差异较大^[2]。董梅生、杨德才基于 1978—2011 年的相关数据对中国工业化、信息化、城镇化和农业现代化水平进行了综合评价^[3]。丁志伟、张改素、王发曾等^[4]则对中国工业化、城镇化、农业现代化、信息化、绿色化“五化”协调发展的定量评价研究方法进行了探讨。

文献梳理表明，大多数研究都是将信息化与农业现代化作为“四化”“五化”的子系统进行测算，鲜有学者单独对信息化与农业现代化协调发展水平进行测算，并对二者协调发展的区域空间动态演化趋势及其影响因素展开专门研究。中国目前已经进入新型工业化、信息化、城镇化和农业现代化同步发展的关键期，信息化日益成为农业现代化的首要驱动力量，因此，进一步厘定中国信息化与农业现代化发展的水平及相关性，进而明晰提高二者协调发展水平的策略，对有效推动乡村振兴具有重要现实意义。鉴此，笔者拟运用熵值法对中国省域信息化和农业现代化协调发展水平进行测算，在此基础上采用空间计量方法分析其演进特征和趋势，并对二者协调发展水平的影响因素及机理进行分析。

二、评价指标体系与协调度测度模型

本研究首先在明确信息化与农业现代化评价指标体系的基础上，构建一个信息化与农业现代化协调发展评价模型，以测度两者协调发展水平。

1. 信息化与农业现代化的评价指标体系

借鉴已有信息化与农业现代化评估的有关指标体系^[5-12]，本研究拟从信息化基础设施、信息技术应用、信息产业发展、信息化发展环境四个维度评估信息化水平；从农业投入、农业产出、农村社会发展和农村生态发展等四个维度衡量农业现代化水平。同时，采用熵值法对信息化和农业现代化

水平评价指标进行赋权。

熵值法是通过判断指标的离散程度来对指标进行赋权，其度量的其实是一种不确定性。如果熵越大表明其所携带的信息量越大，即不确定性也就越小；反之，则相反。熵值法主要包括以下步骤：

一是对数据进行标准化处理，以将数据同质化，消除因指标的量纲、数量级等原因对评价结果产生的影响。其具体处理方法如下：

正向指标：

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min\{x_{1j}, \dots, x_{nj}\}}{\max\{x_{1j}, \dots, x_{nj}\} - \min\{x_{1j}, \dots, x_{nj}\}}$$

负向指标：

$$x'_{ij} = \frac{\max\{x_{1j}, \dots, x_{nj}\} - x_{ij}}{\max\{x_{1j}, \dots, x_{nj}\} - \min\{x_{1j}, \dots, x_{nj}\}}$$

此处， i 指样本区域， j 指信息化或农业现代化各相关指标，各指标具体标准化计算方法如下：

$$\text{第 } j \text{ 项指标 } t \text{ 年标准化值} = \frac{X_{j(t)} - X_{\min(0)}}{X_{\max(0)} - X_{\min(0)}}$$

二是计算第 j 项指标下第 i 个样本值占该指标的比重：

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}}, i=1, \dots, n, j=1, \dots, m \quad (1)$$

三是计算第 j 项指标的熵值：

$$e_j = -k \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln(p_{ij}), j=1, \dots, m, \text{ 其中 } k > 0, k=1/\ln(n), e_j \geq 0 \quad (2)$$

四是计算信息熵冗余度（差异）：

$$d_j = 1 - e_j, j=1, \dots, m \quad (3)$$

五是计算各项指标的权重，权重详见表 1：

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{i=1}^m d_j}, j=1, \dots, m \quad (4)$$

六是计算各地区的综合得分：

$$s_j = \sum_{i=1}^m w_j x_{ij}, i=1, \dots, n, \text{ 其中 } x_{ij} \text{ 为标准化后的数据。}$$

基于中国信息化与农业现代化发展实际，按照科学性、系统性、层次性、可获取性和可测量性等原则，借鉴相关研究文献，本研究采用以下信息化与农业现代化水平评价指标体系（表 1）。

表1 信息化与农业现代化评价指标体系

一级指标层	二级指标层	具体指标	含义	权重
信息化发展	信息化基础设施建设水平	长途光缆线路长度 (X_1)	每平方公里长途光缆线路长度/公里	0.0466
		互联网宽带接入端口比率 (X_2)	每百人互联网接入端口数量/个	0.0849
	信息技术应用水平	移动电话拥有率 (X_3)	每百人移动电话拥有量/部	0.0367
		互联网普及率 (X_4)	每百人网民数量/人	0.0460
		计算机拥有率 (X_5)	每百户计算机拥有量/台	0.0627
		域名拥有量 (X_6)	每万人域名拥有量/万个	0.2376
		网站拥有量 (X_7)	每万人网站数量/万个	0.2098
	信息产业发展水平	相关产业薪资水平 (X_8)	电子信息产业员工年平均工资/元	0.0361
		相关从业人员占比 (X_9)	每千人电子信息服务业从业人员数量/人	0.0733
	信息化发展环境	大学毕业生占比 (X_{10})	每万人大学毕业生数量/人	0.0214
		研发强度 (X_{11})	R&D 经费投入与地区生产总值之比/%	0.0518
		人均教育经费投入 (X_{12})	人均教育经费投入/元	0.0503
		人均电信业务消费量 (X_{13})	人均电信业务消费量/元	0.0429
农业现代化综合发展	农业投入水平	单位面积总动力数 (Y_1)	每公顷耕地面积总动力数/千瓦	0.0309
		有效灌溉面积占比 (Y_2)	有效灌溉面积占耕地面积比例/%	0.0186
		单位面积有效化肥施用量 (Y_3)	每公顷耕地面积有效化肥用量/千克	0.0140
		人均财政支农支出 (Y_4)	人均财政支农支出/元	0.1243
	农业产出水平	农业劳动生产率 (Y_5)	农林牧渔增加值/一产从业人员/万元	0.0416
		土地产出率 (Y_6)	农业总产值和耕地面积之比. 万元/公顷	0.0475
		农民人均纯收入 (Y_7)	农村居民人均纯收入/元	0.0336
		农业人均产值 (Y_8)	农林牧渔总产值/农村常住人口/元	0.0330
		农业增加值比重 (Y_9)	农林牧渔增加值/地区生产总值/%	0.0368
		人均粮食产量 (Y_{10})	粮食产量/农村常住人口/千克	0.0489
		谷物单位面积产量 (Y_{11})	每公顷耕地面积谷物产量/公斤	0.0040
		农村社会发展水平	农民家庭恩格尔系数 (Y_{12})	农民食品支出/消费支出
	人均用电量 (Y_{13})		农村人均用电量/千瓦时	0.2837
	人均住房面积 (Y_{14})		人均住房面积/平方米	0.0090
	村卫生室人员占比 (Y_{15})		平均每千农村人口村卫生室人员数/人	0.0329
	农村养老服务机构占比 (Y_{16})		每千人农村养老和服务机构数量/个	0.0254
	农村生态发展水平	森林覆盖率 (Y_{17})	森林面积占比/%	0.0517
		水土流失治理率 (Y_{18})	水土流失治理率/%	0.0780
		自然保护区面积占比 (Y_{19})	自然保护区面积占比/%	0.0675
		森林病虫害防治面积占比 (Y_{20})	森林病虫害防治率/%	0.0141

2. 信息化与农业现代化协调水平评价模型

信息化与农业现代化是经济社会发展中紧密关联的两个系统,只有二者发展水平的差距保持在一定范围内才能有利于二者协调发展。耦合度是衡量系统之间协调状态好坏的重要标志,借鉴相关研究经验,采用以下耦合度计算模型对信息化与农业现代化之间的协调性进行定量分析。

$$C = \{(ix * iy) / ((ix/2 + iy/2)^2)\}^{(1/k)} \quad (5)$$

其中, ix 表示信息化综合水平指数; iy 表示农业现代化综合水平指数; K 为调节系统, $K \geq 2$, 由于此处涉及两个系统,因此 K 值取 2。当 $C=1$ 时,耦合度达到最大值,说明信息化与农业现代化两个

系统之间达到最佳协调状态,意味着二者将往有序方向发展;当 $C=0$ 时耦合度达到最小值,说明这两个系统间无关联,意味着二者将往无序方向发展。

耦合度能衡量系统之间协调状态的好坏,却无法准确反映系统之间协调发展的水平,换言之,高协调度既可能在低水平程度下发生,也可能在高水平程度下出现。为更好地考察信息化与农业现代化两个系统之间协调发展水平,本研究采用以下公式测算两者的协调发展度 (D):

$$D = \sqrt{(C \times (ix + iy) / 2)} \quad (6)$$

在基年 2003 年,协调发展度 D 的取值在 0~1 之间,当 $D=1$ 时,表明两系统之间达到最优协调发

展水平,而 D 的值越小,表明系统之间的协调发展水平越低。不过,随着时间的推移, D 的取值将会随之变化,甚至大于 1; 同样地, D 的值增大,表明协调发展水平提高, D 的值减小,表明协调发展水平降低。

三、省域“两化”协调发展的时空特征

本研究采用中国 31 省市区 2003—2016 年数据进行定量分析。数据主要来源于 2004—2017 年《中国统计年鉴》、《中国互联网统计报告》、《中国电子信息产业统计年鉴》、《全国科技经费投入统计公报》、《中国劳动统计年鉴》、《中国农村统计年鉴》以及《中国城乡建设统计年鉴》。基于相关数据,对样本期内 31 个省市区信息化和农业现代化耦合度与协调发展度进行测算,现将结果分述如下:

(1) 信息化与农业现代化协调发展整体时序特征。对信息化与农业现代化耦合度与协调发展度进行测算,其结果(图 1)表明:2003—2016 年中国信息化与农业现代化发展水平的总体耦合度 C 从 0.88 增至 0.97,尽管样本期间信息化与农业现代化耦合度有轻微起伏,但仍呈平稳缓步上升态势,表

明信息化与农业现代化之间具有相对稳定的关联程度,具有显著的相互作用关系。信息化与农业现代化协调发展度则从 2003 年的 0.41 增至 2016 年的 1.06,一直处于稳步上升态势。

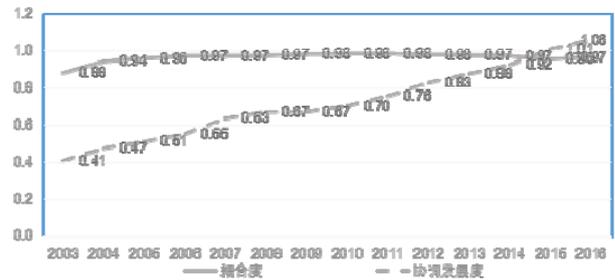


图 1 全国信息化与农业现代化耦合度和协调度演进趋势

(2) 信息化与农业现代化协调发展的空间特征及省域差异。协调发展度测算结果(表 2)显示:2016 年全国信息化发展水平排名前 10 位的是北京、福建、上海、浙江、广东、天津、江苏、山东、重庆、辽宁,除重庆外,其余均位于东部地区;农业现代化发展水平处于前 10 位的有上海、北京、天津、西藏、浙江、内蒙古、海南、福建、辽宁、黑龙江,其中有 6 省位于东部地区,意味着信息化与农业现代化发展的隆起带在东部地区。

表 2 31 省市区 2003—2016 年信息化与农业现代化协调发展度测算结果

地区	2003	2003 年 排序	2004-2005 均值	2006-2007 均值	2008-2009 均值	2010-2011 均值	2012-2013 均值	2014-2015 均值	2016 均值	2016 年 排序
北京	0.814	1	0.985	1.284	1.470	1.350	1.526	1.880	2.159	1
上海	0.799	2	0.934	1.185	1.183	1.242	1.601	1.778	1.999	2
福建	0.487	6	0.644	0.762	0.858	0.895	1.026	1.189	1.536	3
浙江	0.552	4	0.672	0.793	0.881	0.965	1.150	1.182	1.364	4
广东	0.578	3	0.639	0.750	0.819	0.886	1.071	1.174	1.252	5
天津	0.541	5	0.643	0.746	0.805	0.861	0.950	1.077	1.218	6
海南	0.337	22	0.430	0.522	0.629	0.688	0.847	1.084	1.066	7
江苏	0.462	7	0.575	0.684	0.767	0.863	0.983	1.099	1.054	8
辽宁	0.449	8	0.542	0.636	0.709	0.789	0.900	0.997	1.053	9
湖北	0.399	10	0.450	0.535	0.610	0.668	0.752	0.912	1.002	10
山东	0.445	9	0.501	0.601	0.680	0.734	0.948	1.030	0.998	11
重庆	0.349	17	0.436	0.532	0.614	0.680	0.776	0.893	0.996	12
青海	0.338	21	0.400	0.464	0.561	0.653	0.766	0.853	0.959	13
湖南	0.363	13	0.416	0.505	0.601	0.619	0.697	0.799	0.959	14
西藏	0.345	19	0.434	0.518	0.610	0.667	0.769	0.854	0.955	15
内蒙古	0.349	18	0.419	0.506	0.597	0.691	0.804	0.879	0.954	16
陕西	0.380	11	0.458	0.542	0.613	0.699	0.781	0.870	0.951	17
宁夏	0.356	16	0.428	0.567	0.584	0.663	0.780	0.855	0.944	18
黑龙江	0.361	15	0.444	0.512	0.603	0.669	0.861	0.999	0.939	19
吉林	0.379	12	0.463	0.542	0.617	0.690	0.774	0.842	0.938	20
河北	0.363	14	0.450	0.541	0.625	0.697	0.778	0.856	0.933	21
四川	0.319	26	0.419	0.510	0.572	0.630	0.718	0.848	0.931	22
新疆	0.318	27	0.386	0.467	0.544	0.632	0.752	0.839	0.926	23

表 2(续)

地区	2003	2003年 排序	2004-2005 均值	2006-2007 均值	2008-2009 均值	2010-2011 均值	2012-2013 均值	2014-2015 均值	2016 均值	2016年 排序
河南	0.320	24	0.381	0.476	0.557	0.622	0.701	0.816	0.881	24
江西	0.344	20	0.402	0.497	0.563	0.609	0.696	0.804	0.877	25
安徽	0.295	28	0.377	0.451	0.523	0.592	0.683	0.778	0.870	26
山西	0.325	23	0.413	0.498	0.579	0.644	0.720	0.796	0.862	27
广西	0.319	25	0.375	0.455	0.513	0.572	0.651	0.763	0.854	28
贵州	0.222	31	0.303	0.374	0.462	0.520	0.613	0.720	0.818	29
云南	0.290	29	0.358	0.425	0.479	0.537	0.638	0.708	0.794	30
甘肃	0.289	30	0.348	0.414	0.471	0.535	0.636	0.733	0.794	31

(3) 省域信息化与农业现代化协调发展类型及其差异度分析。基于信息化与农业现代化协调发展度测算结果,得到 D 的最小值为 0.0215,最大值为 2.1589,采用相等间隔法对两者发展水平进行分等级,1.8360~2.1589 为优质协调型,1.5131~1.8360 为高度协调型,1.1902~1.5131 为中度协调型,0.8673~1.1902 为低度协调型,0.5445~0.8673 为轻度失调型,0.2216~0.5445 为严重失调型。

基于协调发展度划分类型标准对 31 个省市进行分类结果表明,在样本基年 2003 年,所有样本省市均属于失调类型,其中,北京、上海、浙江、广东为轻度失调型,其余省份均为严重失调型;至 2008 年,高度协调型、中度协调和低度协调型都有了 0 的突破,依次为北京、上海和浙江,但优质协调型省份仍然为 0 个,严重失调型从 27 个减至 5 个,占比从 87.09%降至 16.13%,余下的严重失调型省份为云南、广西、贵州等 5 个西南、西北、华中典型经济欠发达地区;至 2012 年,协调型省份由 3 个增至 8 个,集中于东部沿海发达地区,中度协调型有 2 个,低度协调型增至 5 个,优质协调

型省份仍未突破 0,而失调型省份由原来的 28 个减至 23 个,失调型省份占比从 90.32%降至 74.19%;至 2016 年,协调型省份由 8 个增至 26 个,其中优质协调型出现 0 的突破,增至 2 个,为北京和上海,福建由低度协调型上升至高度协调型,中度协调型有 3 个省份,低度协调型由 5 个增至 20 个,而轻度失调型由 23 个降至 5 个,失调型省份占比由 74.19%降至 16.13%。

为探索样本期间信息化与农业现代化协调发展的空间集中程度的时序变化,以各省会城市之间的距离之倒数作为空间权重构建矩阵,并基于此应用 ESDA 空间自相关分析方法对信息化综合发展指数、农业现代化综合发展指数以及信息化与农业现代化协调发展度的 Moran's I 指数进行测算并进行统计验证,结果表明:省域信息化与农业现代化协调发展具有明显空间分异特征(表 3)。从年度信息化与农业现代化协调发展度的标准差、变异系数和 Moran's I 指数可看出信息化与农业现代化水平绝对差异、相对差异以及集中程度随着时间的变化情况。

表 3 2003—2016 年省域信息化与农业现代化水平差异度分析

年份	均值	标准差	变异系数	莫兰指数		
				Moran's I	Z 值	P 值
2003	0.407	0.135	0.331	0.092	3.559	0.000
2004	0.473	0.153	0.323	0.094	3.644	0.000
2005	0.508	0.157	0.308	0.098	3.746	0.000
2006	0.550	0.176	0.321	0.088	3.525	0.000
2007	0.635	0.223	0.351	0.064	2.897	0.004
2008	0.669	0.215	0.322	0.057	2.736	0.006
2009	0.670	0.197	0.294	0.081	3.377	0.001
2010	0.703	0.186	0.265	0.087	3.461	0.001
2011	0.756	0.222	0.294	0.040	2.156	0.031
2012	0.826	0.235	0.284	0.048	2.400	0.016
2013	0.876	0.242	0.277	0.094	3.655	0.000
2014	0.924	0.247	0.268	0.051	2.425	0.015
2015	1.007	0.267	0.265	0.041	2.164	0.030
2016	1.060	0.257	0.242	0.088	3.480	0.001

标准差可以反映各省市之间绝对差异的变

化,从表 3 可知各省份信息化与农业现代化协调发

展水平绝对差异呈逐年扩大之势。反映省域间两者协调水平相对均衡度的变异系数总体上呈下降趋势,表明各地区两者协调发展水平的相对差异逐渐降低,发展趋向均衡。样本期内, Moran's I 指数的值在 0.04~0.1 之间,均为正值,且均在 5% 的检验水平上显著,也就是说,信息化与农业现代化协调发展水平的空间分布并非相互独立,而是在全局中呈现出一定的空间集聚特征。各地区信息化、农业现代化发展的不均衡性和空间交互作用导致两者协调发展水平的这种空间分布特征。

同时,综合协调发展度统计与表 3 可知,2003—2016 年,各地区信息化与农业现代化协调发展度均有不同程度上升,且北京、上海、天津、江苏、浙江、福建、广东等沿海发达地区两者协调发展度明显处于全国领先地位,尤其是广东省在发展现代农业的过程中很好地融合了信息化发展。而除广东之外的其余几个农业大省中,湖北、湖南、四川、江苏、黑龙江、辽宁等地区虽然具备良好的农业发展基础,但农业现代化发展水平还有待提高,尤其需要充分提高信息技术在农业全产业链中各个环节的生产力。

东中西部地区信息化与农业现代化协调发展度具有以下演进趋势:东部两者协调发展水平远远领先于中部地区。样本期间,东中西部地区均值依次为 0.96、0.63 和 0.60,东部地区依次高出中部地区和西部地区 52.37% 和 60.41%。2003 和 2016 年,东部地区的两者协调发展度分别为 0.57 和 1.4,中部地区和西部地区的依次为 0.35 和 0.93、0.32 和 0.91,东中西部地区年均增长率依次为 7.18%、7.86% 和 8.26%,可见,尽管东中西部地区之间两者协调水平绝对差异有所扩大,但样本期间其相对差异逐步缩小。综上可知,两者协调发展度较高的地区主要分布在东部沿海发达地区,发展速度最快的地区主要分布在东部沿海地区及西部少数地区,与经济发达地区的格局基本保持一致。而两者协调发展度较低的地区主要集中连片分布在西北部地区,尤其是广西、贵州、甘肃等老少边穷地区两者协调发展水平比较低。由此可见,信息化与农业现代化协调发展格局在省域层面空间分异比较明显,呈现由沿海向内陆递减的趋势。

四、省域“两化”协调度影响因素分析

省域信息化与农业现代化协调发展既受自然条件和社会历史因素的影响,也与其政策偏好、经济全球化等外部因素不无关系。基于二者协调发展存在显著空间相关性,本研究采用将空间因素内生化的空间计量模型进行估计分析,以便将空间因素对省域信息化与农业现代化协调发展水平的影响纳入其中。具体而言,就是在采用传统的最小二乘法计量估计的基础上使用最大似然法进行空间效应模型估计。在选择空间面板数据模型时首先采用拉格朗日乘数法进行空间相关性检验。如果检验结果显示拒绝非空间模型,则采用埃尔霍斯特和 LeSage & Pace 推荐的空间杜宾模型(简记为 SDM)。然后再通过似然比 LR 和 Wald 检验所建立的 SDM 模型,以此决定能否简化为空间滞后模型(SAR)或空间误差模型(SEM)。在此基础上采用动态面板模型,以便将不同空间单位在不同时间点的相互关系,以及不同时间点在不同空间的相互关系等纳入其中。本研究选择的时空计量模型表达式如下:

$$\begin{aligned} y_{it} &= \tau y_{i,t-1} + \rho w'_{it} y_{it} + x'_{it} \beta + d'_i X_i \delta + \mu_i + \gamma_i + \varepsilon_{it} \\ \varepsilon_{it} &= \lambda m'_i \varepsilon_{it} + v_{it} \end{aligned} \quad (7)$$

其中, $y_{i,t-1}$ 表示信息化与农业现代化协调发展度的一阶滞后; $d'_i X_i \delta$ 表示解释变量的空间滞后, d'_i 为 31 个地区的空间权重矩阵 D 的第 i 行; γ_i 为时间效应。如果 $\lambda=0$, 则为“空间杜宾模型”; 如果 $\lambda=0$ 且 $\delta=0$, 则为“空间滞后模型”^②; 如果 $\tau=\rho=0$ 且 $\delta=0$, 则为“空间误差模型”。

借鉴王小鲁、樊纲, Li Ying cheng 等的相关研究,省域信息化与农业现代化协调发展主要影响因素包括区域产业发展基础、交通基础设施、科技教育、社会保障等方面发展存在的差距,因此,本研究主要选取以下考察指标:综合经济水平选取人均地区总产值表示。产业结构因素选取第一产业总产值占三产总产值之比。城镇化发展水平以城镇化率和城乡人均收入比来表示。人力资本因素选取 15 岁以上人口受教育程度。投资因素选取人均农林水利支出、人均教育支出和人均科研经费支出。消费因素用人均社会消费品零售额来表示。基础设施

因素用公路密度来表示。对外贸易因素用外商投资比重来表示。自然地理因素用地形起伏度和平均高度来表示,其中地形起伏度是指在一个特定的区域内,最高点海拔高度与最低点海拔高度的差值,平均高度指地区平均海拔。

根据《中国统计年鉴》(2004—2017)《中国外商投资报告》(2004—2017)《全国科技经费投入统计公报》(2004—2017)及相关地方统计年鉴的数据,本研究涉及的31个省市区具有以下描述性统计特征(表4)。

本研究实证分析模型选择空间面板数据计量经济学模型。首先使用经典的拉格朗日乘数检验(LM-lag, LM-error)和LeSage & Pace改进的稳健的拉格朗日乘数检验(Robust LM-lag, Robust LM-error)来判断其是否可以简化为空间滞后模型或者空间误差模型,检验结果如表5所示。从该检验

结果可知,混合OLS、空间固定效应和时间固定效应模型都在1%的检验水平上拒绝了无空间滞后项和无空间自相关误差项的原假设。

表4 研究样本描述性统计特征

变量名称	均值	最大值	最小值
人均地区总产值/元	90 389	116 562	3 603
一产占比/%	8.84	37.00	0.40
城镇化率/%	58.38	87.60	23.34
城乡人均收入比	3.13	4.76	2.01
平均受教育程度/年	2.94	3.74	1.93
人均农林水利支出/元	1 592	15 138	72
人均教育支出/元	1 510	5 512	224
人均科研经费支出/元	436	6 832	12
人均社会消费品零售额/元	11 106	47 162	2 323
每平方公里公路密度/千米	0.36	1.54	0.03
外商投资比重/%	1.44	6.39	0.02
地形起伏度/米	360	8 766	104
平均高度/米	1 873	4 000	50

表5 空间诊断性检验

检验统计量	混合 OLS	空间固定效应	时间固定效应	空间和时间固定效应
LM-lag	99.373***	108.438***	50.428***	2.287
Robust LM-lag	37.785***	23.247***	79.238***	11.456***
LM-error	71.329***	87.246***	18.237***	4.276**
Robust LM-error	7.549***	4.876**	44.428***	14.246***
LR-test	固定效应	统计量	DOF	P 值
	时间固定	599.286	31	<0.0001
	空间固定	150.287	14	<0.0001

注: *、**、***分别表示在10%、5%和1%的检验水平上显著。下同。

此外,利用Wald和LR检验方法对空间杜宾模型的稳健性进行检验(表6),其检验结果拒绝SDM转化为SLM或SEM,支持选择SDM模型。而使用空间Hausman检验的估计值为32.3385, P值小于0.05,表明结果支持采用空间和时间固定效应模

型。同时空间自回归系数为正,且均在1%的检验水平上显著,表明相邻地区信息化与农业现代化协调发展水平对本地区具有显著正向影响,信息化与农业现代化协调发展存在空间外溢效应。现对结果简要分析如下:

表6 动态空间杜宾面板模型估计结果

变量	估计参数	T 值	P 值
空间自回归系数	0.200***	3.854	0.001
“二化”协调发展度(滞后一期)	0.510***	9.984	<0.001
W*“二化”协调发展度(滞后一期)	-0.139	-1.349	0.154
一产占比	-0.896*	-1.804	0.071
城镇化率	1.085*	1.894	0.059
城乡人均收入比	0.009	0.577	0.568
地方人均农林水利支出(对数)	0.192**	1.984	0.046
人均教育支出(对数)	0.058*	1.903	0.051
人均科研经费支出(对数)	0.089	0.435	0.639
人均社会消费品零售额(对数)	0.586**	2.439	0.013

表 6(续)

变量	估计参数	T 值	P 值
公路密度 (对数)	0.020	0.330	0.698
外商投资占比	1.831*	1.830	0.058
地形起伏度	-0.739**	-2.346	0.024
W*一产占比	-0.754	-0.335	0.721
W*城镇化率	0.936*	1.840	0.064
W*城乡人均收入比	0.010	0.599	0.574
W*地方人均农林水利支出 (对数)	0.176*	1.904	0.050
W*人均教育支出 (对数)	0.058*	1.903	0.052
W*人均科研经费支出 (对数)	0.080	0.455	0.699
W*人均社会消费品零售额 (对数)	0.290**	2.489	0.013
W*公路密度 (对数)	0.059	0.573	0.583
W*外商投资占比	1.495**	2.338	0.024
W*地形起伏度	-0.259**	-2.446	0.012
R ²	0.905		
log-likelihood	315.897		

首先,空间自回归系数为 0.2,在 1%的检验水平上显著,表明从时间维度上,信息化与农业现代化协调发展度的空间自相关效应日渐明显。相邻地区两者协调发展对本地区影响为正,即表明随着相邻地区协调发展度的提高,本地区协调发展度亦将随之提高;反之亦相反。

其次,被解释变量滞后一期(即信息化与农业现代化协调发展度滞后一期)估计参数为 0.51,且在 1%的检验水平上显著,表明信息化与农业现代化协调发展存在时空依赖性。各地区信息化与农业现代化协调发展存在粘滞性,也就是说其发展是动态连续的。具体而言,如果上一年信息化与农业现代化协调发展水平上升,将会对下一年信息化与农业现代化协调发展水平具有正向影响,形成良性循环;反之亦相反。

最后,一产占比、城镇化率、地方人均农林水利支出、人均教育支出、人均社会消费品零售额、公路密度、外商投资占比、地形起伏度等因素对信息化与农业现代化协调发展均具有显著影响。产业结构不断优化、人均教育支出和人均科研经费支出增加对信息化与农业现代化协调发展水平的提高均具有积极影响。同时,将城乡平均受教育程度代替城镇化指标进行空间回归分析时,结果显示估计参数不显著,可能与当前城乡之间居民受教育程度差异较大有关。将人均地区生产总值代替城镇化指标进行空间回归分析时,结果显示估计参数为正,且在 1%的检验水平上显著,表明经济增长对信息化与农业现代化协调发展具有显著正向影响。同

时,外商投资与消费也对信息化与农业现代化协调发展具有重要积极作用。这可能与在信息化发展水平的提高方面信息技术应用水平的贡献最大有关,外商投资与居民消费对其具有不可忽视的影响。此外,地方人均农林水利支出对信息化与农业现代化协调发展亦具有显著的积极影响,表明加大农业基础设施等支农财政投入,对促进农业现代化,以及信息化与农业现代化的融合发展具有积极作用。

五、研究结论及其政策含义

基于 2003—2016 年中国 31 个省市区统计数据,对省域信息化与农业现代化协调发展水平进行测评,并对其演进趋势予以分析,可以得到以下结论:

从时空变化来看,中国信息化与农业现代化协调发展度年均增速为 7.72%,且增长趋势比较稳定;信息化与农业现代化协调发展度均有不同程度的上升,但省域之间协调发展水平悬殊较大,呈东部沿海>东北>中部>西北>西南的发展格局,北京、上海、江苏、浙江、福建、广东等沿海发达地区信息化与农业现代化协调发展度明显处于全国领先地位。信息化与农业现代化协调发展存在空间外溢效应,相邻地区信息化与农业现代化协调发展水平对本地区具有显著正向影响;信息化与农业现代化协调发展存在时空依赖性,即其发展在时间和空间上存在粘滞性。产业结构的不断优化、人均教育支出和人均科研经费支出的增加对信息化与农业现代化协调发展水平的提高均具有积极影响;外商投资与消费也对信息化与农业现代化协调发展具有重

要积极作用；地方人均农林水利支出对信息化与农业现代化协调发展亦具有显著积极影响，表明加大农业基础设施等支农财政投入对促进农业现代化以及信息化与农业现代化融合发展具有积极作用。

上述结论具有以下政策含义：首先，各省市应根据自身地理空间资源禀赋等制定各自的发展规划。鉴于农业对自然环境的强依赖性，更应当基于其农业发展的空间分布特征，构建不同的主体功能区，使其发挥各自的比较优势。其次，因地制宜进行战略调整、加强区域间合作，通过引导区域内各种生产要素进行合理、有序、高效的聚集与扩散，加强东部沿海等优势区域的辐射带动作用，推动周边地区发展。第三，政府应加大农村教育和农业基础设施等支农投入、加快农村地区信息化基础设施建设，打通农村地区农产品流通渠道，促进农村消费升级。同时还要大力优化产业结构、深化供给侧结构性改革，推动一二三产业融合升级。

注释：

- ① 采用 STATA15.0 软件实现空间计量的相关统计分析 with 模型估计。
- ② 由于空间滞后模型与时间序列模型中的自回归模型很相似，故又称之为空间自回归模型。
- ③ 此处教育程度计算过程为：受教育程度=1（表示小学及以下）×小学人口占比+2（表示初中）×初中人口占比+3（表示高中）×高中人口占比+4（表示高等教育）×高等教育人口占比。

参考文献：

- [1] 杜传忠, 宁朝山, 刘新龙. 中国信息化与农业现代化协同发展及影响因素[J]. 中国科技论坛, 2017(8):

135-140.

- [2] 徐维祥, 舒季君, 唐根年. 中国工业化、信息化、城镇化和农业现代化协调发展的时空格局与动态演进[J]. 经济学动态, 2015(1): 76-85.
- [3] 董梅生, 杨德才. 工业化、信息化、城镇化和农业现代化互动关系研究——基于 VAR 模型[J]. 农业技术经济, 2014(4): 14-24.
- [4] 丁志伟, 张改素, 王发曾, 等. 中国工业化、城镇化、农业现代化、信息化、绿色化“五化”协调定量评价的进展与反思[J]. 地理科学进展, 2016, 35(1): 4-13.
- [5] 石涛. 中原经济区“四化”发展动态效率分解及协调度测度[J]. 区域经济评论, 2014(3): 125-129.
- [6] 杜传忠, 刘英基, 郑丽. 基于系统耦合视角的中国工业化与城镇化协调发展实证研究[J]. 江淮论坛, 2013(1): 33-39+153.
- [7] 茶洪旺, 左鹏飞. 中国区域信息化发展水平研究——基于动态多指标评价体系实证分析[J]. 财经科学, 2016(9): 53-63.
- [8] 颜双波. 基于 VAR 模型的我国“五化协同”发展研究[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2016(6): 123-135.
- [9] Snyder H. The economics of information: A guide to economic and cost-benefit analysis for information professionals[J]. Journal of the American Society for Information Science & Technology, 2010, 49(4): 382-383.
- [10] 夏春萍, 刘文清. 农业现代化与城镇化、工业化协调发展关系的实证研究——基于 VAR 模型的计量分析[J]. 农业技术经济, 2012(5): 79-85.
- [11] 周迪, 程慧平. 中国农业现代化发展水平时空格局及趋同演变[J]. 华南农业大学学报(社会科学版), 2015, 14(1): 25-35.
- [12] 钟水映, 李强谊, 徐飞. 中国农业现代化发展水平的空间非均衡及动态演进[J]. 中国人口·资源与环境, 2016, 26(7): 145-152.

责任编辑: 曾凡盛

(上接第 23 页)

- [16] Zhao Y, Yang M, Zhang Y, et al. Impact on the Chinese soybean markets from international prices volatility: Empirical study based on VEC model[J]. African Journal of Agricultural Research, 2010, 5(15): 1943-1950.
- [17] 李娟, 武舜臣. 主产区农户粮食供给反应差异研究——基于粮食品种和农户非农收入视角的分类比较[J]. 湖南农业大学学报(社会科学版), 2016, 17(5): 8-13.
- [18] 杨树果, 何秀荣. 中国大豆产业状况和观点思考[J]. 中国农村经济, 2014(4): 32-41.
- [19] 夏佩, 孙江明. 进口价格波动风险对中国大豆进口来源布局的影响研究[J]. 国际贸易问题, 2016(2): 50-62.
- [20] 何树全, 周静杰, 苏青娥. 中国对美国农产品出口增长因素分析——基于恒定市场份额模型的实证分析

[J]. 统计与信息论坛, 2009, 24(1): 70-75.

- [21] 张明杨, 陈超, 谭涛, 等. 中国农户玉米播种面积决策的影响因素分析[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2014, 14(3): 37-43.
- [22] 李开鹏. 国际寡头垄断形势下中国进口大豆定价机理研究[D]. 南昌: 江西财经大学, 2010.
- [23] 余建斌, 乔娟. 国际垄断对中国大豆进口影响的实证分析[J]. 技术经济, 2008, 27(6): 69-73.
- [24] 柳苏芸, 韩一军, 李雪. 中国农产品目标价格补贴政策效应分析——以大豆和棉花为例[J]. 湖南农业大学学报(社会科学版), 2015, 16(5): 34-39.

责任编辑: 李东辉