

数据视角下广西农业农村现代化的统计测度及预测研究

黄丽花, 黎玉芳*

广西师范大学数学与统计学院, 广西 桂林 541000

摘要: 本文通过构建广西农业农村现代化发展水平评价指标体系, 利用熵值法测算各个指标的权重, 并运用熵权—TOPSIS法测度2014–2023年广西整体和各地级市农业农村现代化发展水平。其次, 采用GM(1,1)模型对广西未来三年的农业农村现代化发展水平进行预测。最后, 基于得到的结论对广西农业农村现代化的发展提出合理性建议。

关键词: 农业农村现代化; 发展水平; 熵值法; 熵权—TOPSIS法; GM(1,1)

Statistical Measurement and Prediction of Agricultural and Rural Modernization in Guangxi from the Perspective of Data

Huang Lihua, Li Yufang*

School of Mathematics and Statistics, Guangxi Normal University, Guilin, Guangxi 541000

Abstract: This paper constructs an evaluation index system for the development level of agricultural and rural modernization in Guangxi, uses entropy method to measure the weights of each index, and uses entropy weight—TOPSIS method to measure the development level of agricultural and rural modernization in Guangxi as a whole and in prefecture-level cities during 2014–2023. Secondly, GM(1,1) model is used to forecast the development level of agricultural and rural modernization in Guangxi in the next three years. Finally, based on the conclusions, reasonable suggestions are put forward for the development of agricultural and rural modernization in Guangxi.

Keywords: agriculture and rural modernization; development level; entropy method; entropy weight TOPSIS method; GM (1, 1)

引言

为加快农业农村现代化, 坚持农业农村优先发展, 国务院印发了《“十四五”推进农业农村现代化规划》, 这为中国农业农村现代化的发展指明了方向。广西作为全国少有的宜农、宜林、宜牧、宜渔综合发展地区, 国家对该地区的农业农村现代化发展予以高度重视。2023年区政府印发了《广西加快推进现代设施农业发展实施方案(2023—2025年)》, 该方案强调在全区推进现代设施农业集约化、机械化、绿色化、数字化发展, 加快全面推进乡村振兴和农业强区建设。

当前, 关于农业农村现代化的国内外研究主要有以下几个方面。Sabia Kouser主要从农业现代化的纵向角度出发, 分析了不同生产阶段之间的直接关系^[1]。Dimitri在研究中提出了11项评估农业现代化的标准, 这为农业现代化发展评价提供了基础^[2]。Rocchi Lucia等认为新技术能够加快农业现代化的生态现代化转型^[3]。甘祖东运用熵权—TOPSIS法测度湖北省整体和各地市州农业农村现代化发展水平^[4]。陈莹和章磷在新质生产力的视角下通过极值法、熵权 TOPSIS法和障碍度模型分析了黑龙江省农业农村现代化发展水平及影响因素^[5]。蔡雪玲借助 CRITIC—熵权组合赋权方法与 TOPSIS评价模型测度中国31个省份的农业农村现代化水平^[6]。范晓慧, 张辉等利用GM(1,1)灰色预测模型对未来农业现代化发展水平进行了预测^[7]。吴振磊, 张瀚禹等使用GM(1,1)模型对黄河流域截至“十四五”末期的生态保护与农业现代化耦合协调度进行了预测^[8]。黄忠行, 刘艳慧等使用GM(1,1)分析了长江经济带农业农村现代化和乡村振兴未来的发展趋势^[9]。

一、研究设计

(一) 相关概念

农业现代化是指从传统农业向现代农业的转变, 以现代科学

为基础, 通过科技创新、基础设施建设、产业融合等方式促进农业转型升级, 提升新兴技术在农业领域的广泛应用, 实现科学化、集约化、市场化、社会化的一体化。

农村现代化是指通过科技进步、制度创新、基础设施建设和

基金项目: 国家自然科学基金(12361055)。

作者简介: 黄丽花(2002—), 女, 广西桂林人, 硕士研究生, 专业方向为应用统计;

通讯作者: 黎玉芳(1977—), 女, 广西桂林人, 广西师范大学数学与统计学院, 副教授, 硕士, 硕士生导师, 研究方向: 非参数统计, 应用统计, 邮箱: 53928208@qq.com。

社会发展，促进农村地区在各领域的全面改善，与城市协调一致，实现可持续发展进程。

（二）指标的构建

在借鉴现有评价指标体系的基础上，参考《广西推进农业农村现代化“十四五”规划》，构建了广西农业农村现代化评价指标体系，并根据公式（1）到公式（6）进行各指标权重的测算。

表 1 广西农业农村现代化发展评价指标体系

目标层	准则层	指标层	单位	权重	属性
农业现代化	农业生产投入	农业机械总动力	万千瓦	0.0658	正
		肥料使用强度	公斤 / 公顷	0.0978	负
		有效灌溉率	%	0.1104	正
	农业产出效益	粮食单位面积产量	公斤 / 公顷	0.0465	正
		农林牧渔服务业产值占比	%	0.0609	正
农村现代化	农村基础服务现代化	农村居民年人均用电量	千瓦时	0.1394	正
	农村公共服务现代化	平均每万农村人口拥有村民委员会数量	个	0.0847	正
	农村生态环境现代化	森林覆盖率	%	0.0715	正
农民现代化	农民生活水平	农村居民人均可支配收入	元	0.0936	正
		农村居民恩格尔系数	%	0.0619	负
	城乡融合	城镇化率	%	0.0711	正
		城乡居民可支配收入比	%	0.0964	负

（三）数据来源

本文将 2014—2023 年广西地区以及广西 14 个地级市的数据作为研究样本，数据主要来源于广西统计局、各市统计年鉴以及各地市国民经济和社会发展统计公报，其中个别缺失数据通过线性插值法测算补齐。

二、研究方法

（一）熵值法

熵值法主要用于对几个指标进行整体评价，是一种基于信息论的多指标评价方法。为消除数据的不同量纲，本文采用极差标准化方法对不同指标数据进行标准化。首先，分别对正向指标和负向指标进行标准化处理。

正向指标：

$$X_{ij}^* = \frac{X_{ij} - \min(X_{ij})}{\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})} \quad (1)$$

负向指标：

$$X_{ij}^* = \frac{\max(X_{ij}) - X_{ij}}{\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})} \quad (2)$$

其次，计算指标在所有年份中所占的比重：

$$P_{ij} = \frac{X_{ij}^*}{\sum_{i=1}^n X_{ij}^*} \quad (3)$$

第三，确定各指标的信息熵：

$$E_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{ij} \ln P_{ij}}{\ln(n)} \quad (4)$$

第四，确定指标的信息冗余度：

$$S_j = 1 - E_j \quad (5)$$

最后，得到指标层的权重：

$$W_{ij} = \frac{S_j}{\sum S_j} \quad (6)$$

（二）熵权—TOPSIS 法

熵权—TOPSIS 法的思想是先通过熵值法客观地确定各个评价指标的权重，然后运用 TOPSIS 方法对不同方案进行排序和选择。

第一步，构建农业农村现代化加权决策矩阵：

$$R = (r_{ij})_{mn} = (w_j^* X_{ij}^*)_{mn} \quad (7)$$

第二步，根据加权规范矩阵 R 计算出正负理想值：

$$R^+ = \max(r_{1j}, r_{2j}, \dots, r_{mj}) \quad (8)$$

$$R^- = \min(r_{1j}, r_{2j}, \dots, r_{mj}) \quad (9)$$

第三步，计算正负理想值的欧氏距离 D_i ：

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (r_{ij} - R_j^+)^2} \quad (10)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (r_{ij} - R_j^-)^2} \quad (11)$$

最后，计算正负理想值的相对贴合度：

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad (12)$$

其中， C_i 的值在 0~1 之间，值越大表明农业农村现代化发展水平越高，反之则越低。根据章磷等^[10]学者的研究可将其划分为以下四个阶段。

表 2 农业农村现代化发展阶段划分标准

发展水平	阶段划分
$C_i < 0.6$	发展起步阶段
$0.6 \leq C_i < 0.75$	转型跨越阶段
$0.75 \leq C_i < 0.85$	基本实现阶段
$C_i \geq 0.85$	全面实现阶段

（三）GM(1,1)模型

灰色预测 GM(1,1)模型主要用于小样本、不确定性和信息不完全的系统预测，是灰色系统理论中的一个基本模型。其构建过程如下：

设原始序列为：

$$X^{(0)} = (X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), \dots, X^{(0)}(n)) \quad (13)$$

经过一次累加生成序列：

$$X^{(1)} = (X^{(1)}(1), X^{(1)}(2), \dots, X^{(1)}(n)) \quad (14)$$

其中 $X^{(1)}$ 和 $X^{(0)}$ 满足以下关系：

$$X^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k X^{(0)}(i), k = 1, 2, \dots, n \quad (15)$$

对累加生成的序列建立一阶线性微分方程模型：

$$X^{(0)}(k)+aZ^{(1)}(k)=b \tag{16}$$

其白化形式为：

$$\frac{dX^{(1)}}{dt}+aX^{(1)}=b \tag{17}$$

其中，将 a 和 b 分别作为发展系数和灰色作用量：

$$B=\begin{pmatrix} -Z^{(1)}(2) & 1 \\ -Z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -Z^{(1)}(n) & 1 \end{pmatrix} \quad Y=\begin{pmatrix} X^{(0)}(2) \\ X^{(0)}(3) \\ \vdots \\ X^{(0)}(n) \end{pmatrix} \tag{18}$$

$$U=\begin{bmatrix} \hat{a} & \hat{b} \end{bmatrix}^T=(B^TB)^{-1}B^TY \tag{19}$$

通过 a 和 b 求解得到的时间响应序列为：

$$\hat{X}^{(1)}(k+1)=(X^{(0)}(1)-\frac{\hat{b}}{\hat{a}})e^{-\hat{a}k}+\frac{\hat{b}}{\hat{a}},k=1,2,...,n \tag{20}$$

最后通过一阶累减并还原预测值：

$$\begin{aligned} \hat{X}^{(0)}(k+1) &= \hat{X}^{(1)}(k+1)-\hat{X}^{(1)}(k)= \\ & (1-e^{\hat{a}})(X^{(0)}(1)-\frac{\hat{b}}{\hat{a}})e^{-\hat{a}k},k=1,2,...,n \end{aligned} \tag{21}$$

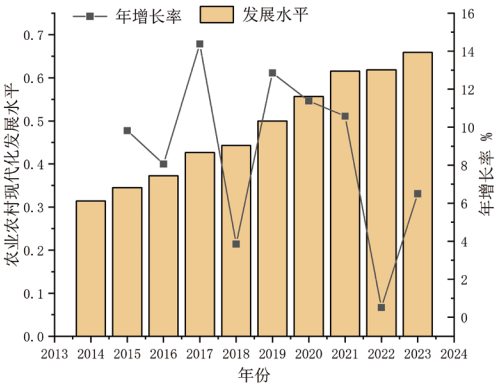
三、实证分析

通过公式（7）到公式（12）得到广西农业农村现代化发展水平和各维度综合得分以及各地级市农业农村现代化的发展水平。

（一）广西农业农村现代化整体发展水平分析

表 3 2014-2023 年广西农业农村现代化综合得分

年份	发展水平	年增长率（%）	年份	发展水平	年增长率（%）
2014	0.3141	—	2019	0.4997	12.86
2015	0.3449	9.82	2020	0.5566	11.38
2016	0.3727	8.06	2021	0.6155	10.58
2017	0.4263	14.38	2022	0.6186	0.52
2018	0.4428	3.85	2023	0.6588	6.50



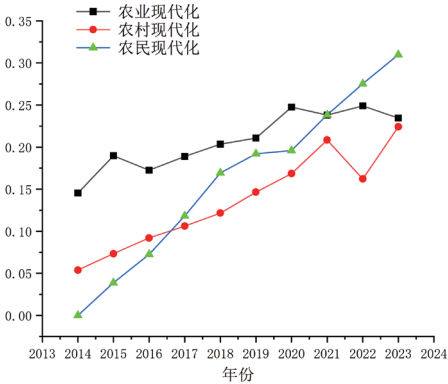
> 图 1 2014-2023 年广西农业农村现代化发展水平

表 4 广西各地级市 2014-2023 年农业农村现代化发展水平

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
南宁	0.2075	0.2186	0.2104	0.2203	0.2289	0.2268	0.2283	0.2271	0.2299	0.2299
柳州	0.1695	0.1781	0.1877	0.1921	0.2008	0.2133	0.2221	0.2266	0.2300	0.2327
桂林	0.2085	0.2190	0.2259	0.2226	0.2337	0.2425	0.2542	0.2609	0.2669	0.2760
梧州	0.1580	0.1662	0.1716	0.1779	0.1833	0.1923	0.1987	0.2009	0.2079	0.2139

从图 1 可以看到，广西农业农村现代化发展水平整体呈现不断上升的趋势，从 2014 年的 0.3141 上升到 2023 年的 0.6588，年均增长速度为 8.66%。根据农业农村现代化的划分标准来看，2014 年至 2020 年为发展起步阶段，在该阶段发展速度较快，年增长率为 10.06%。2021 年至 2023 年进入转型跨越阶段，该阶段较上一个阶段的增长速度放缓，年增长率为 5.87%。其中 2018 年增长率下跌，原因可能是广西部分地区遭遇了严重的自然灾害，导致农作物减产和损失。2020 年至 2022 年连续三年的年增长率持续下降。这是由于疫情导致部分劳动者无法返回农村，减少了农业生产的劳动力供给，从而影响了广西农业农村现代化。

（二）广西农业农村现代化发展水平结构特征分析



> 图 2 2014-2023 年广西农业农村现代化各目标层得分

从图 2 可以看到农业现代化综合评分稳中有降，并且在 2014 年至 2023 年期间大多数年份均优于其他维度，但是在 2022 年出现下降趋势。从农业生产投入的角度来看，2021 年农业机械总动力和有效灌溉率均出现了轻微的下降，影响了农业生产的投入，从而影响农业生产的产出。

农村现代化综合评分从 2014 年至 2021 年持续上升，但是到 2022 年综合得分比上年下降了 0.045，从农村生态环境现代化的角度来看，森林覆盖率在 2022 年出现了下滑，从而影响了农村的生态建设。

农民现代化综合评分呈现不断上升的趋势，年增长率均高于其他两个维度。从农民生活水平的角度来看，2023 年农村居民收入水平与过去十年相比增长了 2.15 倍，收入水平的增加也使得恩格尔系数不断下降。其中 2020 年出现了短暂的下降趋势，因为 2020 年疫情初期引起的全国封锁，使得农资供应短缺、农产品无法及时运输至市场，导致部分农作物滞销，从而影响了农民的收入。

（三）广西各地级市农业农村现代化发展水平分析

从趋势上来看，各地市的农业农村发展水平总体呈上升趋势，其中北海、钦州、来宾的增长速度相对较快，年均增速保持在 7% 以上。从发展阶段上看，除贵港市在 2016 年和 2017 年短暂地步入转型跨越阶段之外，其他各地级市均处于发展起步阶段，

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
北海	0.1195	0.1264	0.1277	0.1363	0.1484	0.1563	0.1644	0.1823	0.2050	0.2306
防城港	0.1505	0.1477	0.1570	0.1661	0.1712	0.1897	0.1984	0.2070	0.2138	0.2254
钦州	0.0840	0.0928	0.0999	0.1083	0.1151	0.1411	0.1508	0.1606	0.1701	0.1801
贵港	0.1608	0.1712	0.7462	0.7498	0.1886	0.2036	0.2116	0.2196	0.2290	0.2384
玉林	0.1779	0.1879	0.1824	0.2007	0.2173	0.2261	0.2282	0.2393	0.2508	0.2599
百色	0.1697	0.1774	0.1786	0.1852	0.1923	0.2105	0.2184	0.2272	0.2347	0.2402
贺州	0.1447	0.1486	0.1509	0.1575	0.1627	0.2011	0.2072	0.2099	0.2178	0.2244
河池	0.1595	0.1670	0.1671	0.1701	0.1755	0.1884	0.1945	0.2042	0.2132	0.2178
来宾	0.1057	0.1120	0.1182	0.1245	0.1356	0.1581	0.1721	0.1763	0.1893	0.2019
崇左	0.1157	0.1206	0.1231	0.1313	0.1400	0.1537	0.1627	0.1728	0.1837	0.1904

这主要得益于这两年贵港市全面开展“宜居农村”活动，巩固和完善“生态农村”活动成果，加快了农业现代化步伐。

（四）广西农业农村现代化发展水平预测

1. 数据可用性检验

表 5 广西农业农村现代化发展水平 GM(1,1) 级比值

年份	原始值	极比值	年份	原始值	级比值
2014	0.314	—	2019	0.500	0.886
2015	0.345	0.911	2020	0.557	0.898
2016	0.373	0.925	2021	0.615	0.904
2017	0.426	0.874	2022	0.619	0.995
2018	0.443	0.963	2023	0.659	0.939

由表 5 可知，广西农业农村现代化发展水平的级比值在其标准级比值范围 [0.834, 1.199] 内，说明本文的数据适用于 GM(1,1) 模型的构建。

2. 模型参数求解

通过公式（13）到公式（19）求解发展系数 a 和灰色作用量 b ，结果如表 6 所示，发展系数为 -0.0812 ， $-0.0812 \leq 0.3$ ，说明所采用的数据模型更适合中短期的预测，因此本文预测未来三年得到的数据具有一定的参考价值。

表 6 GM(1,1) 模型构建结果

发展系数 a	灰色作用量 b	后验差比 C 值	小误差概率 p 值
-0.0812	0.3168	0.0215	1.000

3. 预测结果

表 7 广西农业农村现代化发展水平 GM(1,1) 模型预测值

年份	2024	2025	2026
发展水平	0.693	0.729	0.767

表 7 的结果表明，到 2026 年广西农业农村现代化的发展水平将达到 0.767，开始进入基本实现阶段。

四、结论与建议

（一）结论

第一，广西农业农村现代化发展水平整体呈现不断上升的趋势，其中 2014 年至 2020 年处于发展起步阶段，到 2021 年开始进入转型跨越阶段，但距离步入基本实现阶段仍然还有一定的距离。从三个维度的综合得分来看，农业、农村、农民现代化发展水平整体上是上升状态。

第二，广西各地级市所处发展阶段各异，但总体均呈现上升趋势，其中北海、钦州、来宾三市的增长速度相对较快，年均增

速均保持在 7% 以上。在研究年份内，除贵港市在 2016 年和 2017 年短暂地进入转型跨越阶段之外，各地级市的农业农村现代化均处于发展起步阶段。

第三，从预测的结果来看，广西农业农村现代化发展水平在未来三年持续上升，预计到 2026 年将进入基本实现阶段。

（二）建议

加大力度推进广西农业科技创新，加强与科研院所的交流与合作，引进优质高产作物品种，推广精准农业技术，发展设施农业和现代农业园区，依托自然资源，发展甘蔗、水果、蔬菜等广西特色优势产业，延伸产业链。

加强农村基础设施的建设，完善道路、供水、供电、通信等公共服务。同时，发展广西农村新产业新业态，依托自然风光和民俗文化，因地制宜发展乡村旅游和休闲农业，培育新型农业经营主体，激发农村的发展活力。

加强对农民的教育培训，开展实地调研并有针对性地组织实用技术培训，同时，多渠道拓宽农民增收，不断完善农村社会保障体系，切实保障农民基本生活。维护农民的合法权益，深化农村土地改革，保障农民承包和土地使用权，完善农业支持和保护制度，不断提高农民种粮积极性，稳定粮食播种面积。

参考文献

[1]Sabia Kouser, V. Ramya. Role of Drones in Modern Agricultural Applications [J]. Current Journal of Applied Science and Technology, 2020, 86(6): 1352-1470.

[2]Dimitri. Land Suitability for Agrotourism Through Agriculture, Tourism, Beautification and Amenity (ATBA) Method [J]. Procedia Environmental Sciences, 2019, 24(8): 122-228.

[3]Rocchi Lucia, Boggia Antonio, Paolotti Luisa. Sustainable Agricultural Systems: A Biliometrics Analysis of Ecological Modernization Approach [J]. Sustainable, 2020, 12(22).

[4]甘祖东. 湖北省农业农村现代化发展水平测度研究 [D]. 中南民族大学, 2023.

[5]陈莹, 章磷. 新质生产力视角下农业农村现代化水平测度及影响因素分析——基于黑龙江省数据 [J]. 农业展望, 2024, 20(11): 53-60.

[6]蔡雪玲. 中国农业农村现代化统计实证测度研究 [J]. 统计与决策, 2024, 40(16): 101-106.

[7]范晓慧, 张辉, 孙菊. 中国农业现代化统计测度及发展预测研究 [J]. 山西农经, 2024, (16): 139-141.

[8]吴振磊, 张瀚禹, 程旭肿. 黄河流域生态保护与农业现代化协调发展: 特征成因与优化路径 [J]. 中国经济问题, 2024, (03): 151-166.

[9]黄忠行, 刘艳慧, 郑善枫. 长江经济带农业农村现代化和乡村振兴耦合协调发展的时空演化及预测 [J]. 江西农业学报, 2023, 35(12): 216-224.

[10]章磷, 姜楠. 黑龙江省农业农村现代化发展水平综合评价 [J]. 北方园艺, 2021(16): 161-169.