

基于组合模型下的河南省粮食生产相关投入分析及产量趋势预测

裴贝贝, 毕庆生, 尚俊妍

(河南农业大学 河南省土地整治与生态重建工程技术研究中心, 郑州 450002)

摘要:以河南省粮食总产量存在的波动性入手,应用主成分分析法对粮食生产相关投入进行组合提取分析,并对未来5年河南省粮食总产量进行建模预测。通过主成分分析显示,一是提取了农业基础资源投入与农业现代化水平因子及农业政策因子,贡献率分别为72.668%和15.429%;二是乡村从业人员与粮食产量趋势呈负相关,是由于随着农业生产多方面的投入增多,从中减少了一部分劳动力。运用所建立的GM(1,1)模型预测,未来5年,河南省粮食总产量仍将保持平缓增长的发展趋势,到2022年将达到7 389.58万t。该研究结果可作为相关部门制定粮食发展规划和政策措施的重要参考。

关键词:粮食生产;影响因素;主成分分析;GM(1,1)模型

中图分类号:F326.11 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2020)01-0069-05

粮食问题是关系国计民生的重大战略问题^[1],解决好粮食问题是人类生存和社会发展的基础。河南省作为产粮大省,2017年粮食总产量达到6 524.25万t,提前3年完成了国家粮食战略工程河南核心区建设规划6 500万t的目标,实现了又一次产量的飞升。然而,在农业基础资源投入相对有限的情况下,要保持河南粮食稳产高产,仍面临着巨大的挑战,如何化解这些问题,进一步提升河南的粮食产量,许多学者基于现有的知识体系、有限的耕地面积等条件,对影响粮食产量的诸多因素进行了大量分析研究。顾乐民等人用最小一准则构造指数型生产函数模型分析粮食生产与影响因素之间的关系规律^[2];汪发元等人通过多元回归的方法分析了粮食生产影响因素对粮食产量的正负影响^[3];杨铭等人基于改进广义灰色关联度的方法分析了粮食生产与影响因素的动态关联特征^[4];亚森江等人基于耕地压力指数变化的特点,预测了未来10年的粮食安全状况^[5];曹连海等人运用集对分析理论从微观角度探讨了影响因素对粮食产量的作用特征及其对应措施^[6]等。这些研究无疑对粮食产量进一步提升发挥了很好的促进作用。但

是,由于研究人员研究的角度、侧重点、分析的时点和区域不同,加上近年来政策的演进,粮食生产形势发生了新的变化,有必要对影响粮食产量的相关因素作进一步分析研究,为粮食生产提供指导。为此,本文基于粮食生产的复杂性,建立主成分分析与GM(1,1)组合模型,对河南省粮食生产相关投入指标进行组合提取分析,并在前人研究脉络的基础上,在分析的结果下对未来5年粮食生产水平进行科学预测,以期为进一步提高河南粮食产量提供理论支持。

1 材料与方法

1.1 指标体系的构建及数据来源

本研究以河南省1995—2017年粮食产量为研究对象。在构建指标体系时,按照既全面准确地反映粮食生产的各方面投入要素,又考虑到数据的完整性和可获得性的原则进行拟定,对于无法进行量化的指标,本研究不涉及讨论。数据来源于河南省统计局官网及河南省2018年统计年鉴。

根据上述原则,本研究选取了11项涉及粮食生产投入的要素即:农业生产资料价格总指数(x_1),农用机械总动力(x_2),有效灌溉面积(x_3),化肥施用折

收稿日期:2019-09-04

基金项目:河南省科技攻关项目(192102310251);河南省科技攻关项目(182102110073)。

作者简介:裴贝贝(1993—),男,河南驻马店人,河南农业大学,硕士研究生,研究方向:土地资源管理;通讯作者:毕庆生(1963—),男,河南信阳人,河南农业大学,副教授,研究方向:农田水利工程。

纯量(x_4),农药施用实物量(x_5),农用塑料薄膜使用量(x_6),粮食播种面积(x_7),农村用电量(x_8),乡村从业人员人数(x_9),水库容量(x_{10}),除涝面积(x_{11})来构建指标体系。

1.2 主成分分析模型

主成分分析是把多指标合成为少数几个相互独立的综合指标,克服了变量间的多重相关性^[7]。当主成分的累积贡献率 $\geq 85\%$ 时,一个或几个主成分就可以被选择,使分析多变量问题得到简单化,同时得到更加科学有效的数据信息^[8]。

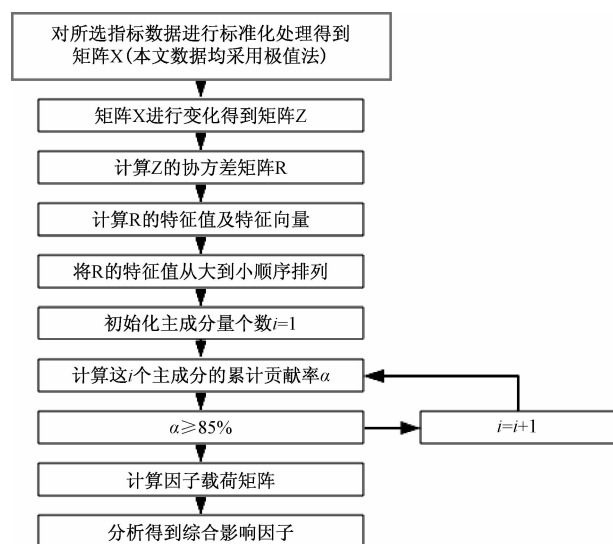


图 1 主成分分析模型图

1.3 GM(1,1)预测模型

GM(1,1)预测模型的建模原理是对原始数据进行累加处理,生成有较强规律性的数据序列,使其相应的曲线可以用典型的曲线逼近,从而预测事物未来发展趋势的状况^[9]。其分析步骤如下:

1.3.1 对初始所选指标数据序列作一次累加生成

初始所选指标数据序列:

$$x^{(0)}(t) = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(3)) \quad (1)$$

累加生成序列:

$$x^{(1)}(t) = (x(1), x(1) + x(2), \dots, x(t-1) + x(t)) \quad (2)$$

1.3.2 构造数据矩阵 B 和数据向量 Y

$$B = \begin{pmatrix} -\frac{1}{2}(x^{(1)}(1) + x^{(1)}(2)) & 1 \\ -\frac{1}{2}(x^{(1)}(2) + x^{(1)}(3)) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2}(x^{(1)}(t-1) + x^{(1)}(t)) & 1 \end{pmatrix}$$

$$Y = \begin{pmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ x^{(0)}(4) \\ \vdots \\ x^{(0)}(t) \end{pmatrix} \quad (3)$$

1.3.3 计算参数列

$$\hat{a} = (B * B^T)^{-1} B^T Y = \begin{pmatrix} a \\ u \end{pmatrix} \quad (4)$$

1.3.4 建立 GM(1,1)模型

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = u \quad (5)$$

$$\hat{x}^{(1)}(t+1) = \left[x^{(1)}(1) - \frac{u}{a} \right] e^{-at} + \frac{u}{a} \quad (6)$$

其中: a 称为发展灰数; μ 称为内生控制灰数。

求模型还原值

$$\hat{x}^{(0)}(t) = \hat{x}^{(1)}(t) - \hat{x}^{(1)}(t-1) \quad t = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

1.3.5 残差检验

残差:

$$\delta^{(0)}(t) = (x^{(0)}(1) - x^{(1)}(1), x^{(0)}(2) - x^{(1)}(2), \dots, x^{(0)}(t) - x^{(1)}(t)) \quad (8)$$

t 点模拟相对误差:

$$\Delta t = \left| \frac{\delta^{(0)}(t)}{x^{(0)}(t)} \right| \quad t = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

平均相对模拟误差:

$$\bar{\Delta} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \Delta t \quad (10)$$

平均相对精度:

$$1 - \bar{\Delta} \quad (11)$$

2 结果与分析

2.1 河南省粮食总产量波动分析

河南省粮食总产量从1995年的3 466.50万t到2017年的6 524.25万t,增长了近2倍,粮食单产从3 934.73 kg/ha提高到5 977.25 kg/ha,人均粮产从380.93 kg/人提高到601.152 kg/人(图1)。总的来看,1995—2017年间粮食产量的波动大致分为三个阶段。1995—2002粮食产量呈现缓速增长,为第一阶段,年均增长率约为2.6%;2003年粮食产量大幅减产,随后至2006年,呈现快速增长态势,为第二阶段,年均增长率9.4%;从2007年起到2017年,粮食产量增速放缓,呈现缓速增长态势,为第三阶段,年均增长率2.1%。

2.2 河南省粮食生产相关投入主成分分析

依据所确定的指标体系利用SPSS分析计算,可

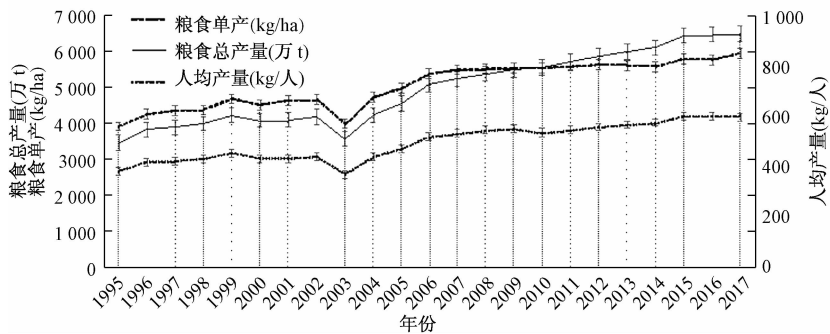


图 2 1995—2017 年河南省年粮食产量波动趋势

以得到相应的特征值和特征向量的贡献率和累计贡献率。计算结果见表 1。

表 1 主成分特征值、贡献率及累计贡献率

主成分	特征值		
	特征值	贡献率(%)	累计贡献率(%)
X_1	7.993	72.668	72.668
X_2	1.697	15.429	88.097
X_3	0.63	5.725	93.822
X_4	0.416	3.784	97.605
X_5	0.19	1.723	99.328
X_6	0.04	0.367	99.695
X_7	0.017	0.15	99.845
X_8	0.009	0.083	99.928
X_9	0.005	0.042	99.97
X_{10}	0.003	0.024	99.995
X_{11}	0.001	0.005	100

由表 1 可以看出,第一主成分量对应的特征值为 7.993,第二主成分量对应的特征值为 1.697,均大于 1。且第一主成分的贡献率为 72.668%,第二主成分的贡献率为 15.429%,前 2 个主成分分量的累计贡献率已经达到了 88.097%,大于要求的 85%,可以完全代表所有影响因素的信息,丢失的信息很少,故提取这 2 个主成分。主成分的载荷矩阵见表 2。载荷矩阵是主成分与变量之间的相关系数,显示了变量在主成分中的相对重要性。

由表 2 可以看出,第一主成分载荷值较高的指标既包含化肥施用折纯量(0.996)、农村用电量(0.994)、农用塑料薄膜使用量(0.991),农业机械总动力(0.973)、农药施用实物量(0.973)等代表了农业现代化水平因素;也包含粮食播种面积(0.948)、除涝面积(0.925)、农田有效灌溉面积(0.921)代表了粮食基础生产资源,这 8 个投入要素涉及农业基础资源投入和农业现代化水平,对粮食生产起直接作用,与粮食生产关系密切,是粮食增产稳产的重要保障,可定

义为农业基础资源投入与农业现代化水平因子。第二主成分载荷较高的指标包括农业生产资料价格总指数(0.864)、水库容量(0.859),这 2 个投入要素间接作用于粮食生产,推动了粮食稳产增产,可定义为农业政策因子。在 11 个指标中,乡村从业人员在 2 个主成分上的载荷均为负值,且河南省 1995—2017 年间乡村从业人员不断下降,粮食产量逐年提升,乡村从业人员与粮食产量趋势呈负相关,说明随着土地流转集中、农业机械化程度的提升,粮食生产与农业劳动力的关系逐步脱钩,靠增加农业劳动力已不能够增加粮食产量。

表 2 主成分因子载荷量

影响因素	主成分	
	主成分 1	主成分 2
X_1	-0.166	0.864
X_2	0.973	-0.002
X_3	0.921	-0.214
X_4	0.996	0.028
X_5	0.973	-0.051
X_6	0.991	-0.019
X_7	0.948	0.064
X_8	0.994	0.045
X_9	-0.694	-0.375
X_{10}	0.164	0.859
X_{11}	0.925	-0.133

2.3 河南省粮食产量预测分析

由主成分分析可知,农业基础资源与农业现代化水平因子,农业政策因子对粮食产量变化具有主导作用。从河南省总粮食波动趋势可以看出,第三阶段粮食总产量变化趋势呈缓速增长,这一阶段农业基础资源投入变化不大,其对粮食产量的影响趋于稳定;第三阶段的粮食总产量变化主要依托于农业现代化水平及农业政策因子的推动作用。

在未来一段时期内,由于农业现代化水平及农业

政策因子的持续作用,仍将会对粮食产量变化产生影响。为了预测河南省未来5年(2018—2022)粮食产量变化情况,选择整个时期的指标进行分析缺乏准确性,科学性^[9]。因此,从提高预测结果的准确度与可信度的角度考虑以预测年份之前河南省粮食产量相对波动变化率趋于稳定的第三阶段数据指标为基础,即2007—2017年的粮食产量数据为样本,利用GM(1,1)预测模型进行预测,得到预测模型方程为:

$$\hat{x}^{(1)}(t+1) = 230168.206e^{0.023t} - 224912.286 \quad (12)$$

其中: $a = -0.023$, $u = 5\,192.573$,由方程得到2007—2017年河南省粮食产量的相应的预测值,并计算出与预测值与实测值的残差和相对误差,见表3。

表3 GM(1,1)模型对河南省粮食产量预测结果

年份	实测值 (万t)	预测值 (万t)	残差 (万t)	相对误差 (%)
2007	5 255.92	5 255.92	0.00	0.00
2008	5 405.80	5 355.22	50.58	0.94
2009	5 506.87	5 479.82	27.05	0.49
2010	5 581.82	5 607.31	25.49	0.46
2011	5 733.92	5 737.77	3.85	0.07
2012	5 898.38	5 871.27	27.11	0.46
2013	6 023.80	6 007.88	15.92	0.26
2014	6 133.60	6 147.66	14.06	0.23
2015	6 470.22	6 290.69	179.53	2.77
2016	6 498.01	6 437.06	60.95	0.94
2017	6 524.25	6 586.82	62.57	0.96
2018		6 740.08		
2019		6 896.90		
2020		7 057.36		
2021		7 221.56		
2022		7 389.58		

从预测结果可以看出:2007—2017年实际值与预测值的残差最大为2015年的179.53万t,整个样本时间序列预测的平均相对误差为0.689%,即平均预测精度为99.311%,预测精度较高,预测模型可用于预测。通过模型预测,2020年粮食产量将突破7 000万t,2022年粮食产量将达到7 389.58万t,2018—2022年五年河南省粮食产量会延续第三阶段的发展态势,呈现缓速增长趋势。

3 结论与讨论

3.1 结论

通过主成分分析,所选的11个粮食生产投入要素可以提取生产要素投入与农业现代化因子、农业政策因子两个主成分,它们对河南省粮食总产量的贡献

率分别为72.668%,15.429%,表明农业现代化投入水平状况,生产资料及农业政策是影响河南省粮食产量变化的主要驱动因素;在粮食生产相关投入中,乡村从业人员与粮食产量趋势呈负相关,说明可以通过其它生产要素的投入,使得一部分从事粮食生产的劳动力解放出来从事其它产业,促进乡村振兴。

从预测结果来看,考虑到农业现代化水平的提升及政策扶持的持续作用,今后一段时间河南省总产量还会有一定的增长潜力,2020年粮食产量将突破7 000万t,2022年粮食产量将达到7 389.58万t。

3.2 讨论

3.2.1 加大现代化因素的提升,提高单位面积粮食产量

粮食播种面积是有限的,近年来河南省粮食播种面积已逐渐趋于临界水平,扩大粮食播种面积已不现实。因此,要想提高粮食产量,必须通过加大现代化要素的投入推动粮食单产水平不断提高。首先,要提高化肥农药的利用效率,节本增效;其次,培育和推广优良品种的应用。据资料显示,同样的生产条件下,良种一般可增产20%~30%^[10],所以采用优良品种对粮食产量提升潜力巨大。第三,提升机械化水平与服务配套设施水平等,为粮食生产稳步发展创造良好的内部与外部环境^[11]。

3.2.2 加强农业政策扶持力度

近年来,河南省农业生产资料价格总指数存在一定程度的波动,影响着粮食生产成本。同时,粮食生产成本的变化也进一步影响粮食市场价格。因此,要想保证粮食产业的长久稳定,进而提高粮食产量,首先,需要加强对农资市场价格的调控与监管。其次,通过政府项目投入或社会资金注入,提高乡村农业发展的活力,推动粮食种植的产业化精细化,从而提升粮食产量。第三,加快粮食补贴政策体系的建设,强化农资综合直补、良种补贴、种粮大户补贴、订单粮食收购直补等各项扶粮惠农政策的落实,提升乡村从业人员对农业生产的积极性。

参考文献

- [1] 宰松梅,郭树龙,温季,等.河南省粮食产量影响因素分析[J].人民黄河,2011,33(12):94—96.
- [2] 顾乐民.基于最小一乘准则的中国粮食产量与影响因素的相关性分析[J].农业工程学报,2013,29(11):1—10.
- [3] 曹连海,刘凤林.基于集对分析理论的河南省粮食产量关联因子研究[J].陕西农业科学,2014(1):82—85.
- [4] 杨铭,刘青利.基于改进广义灰色关联度的河南省粮食生产影响因素分析[J].西南师范大学学报:自然科学版,2015

(9):174—180.

[5] 汪发元. 主要农业生产要素对粮食产量的影响——基于湖北省 19 年统计数据的分析[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(12): 636—640.

[6] 亚森江, 喀哈尔, 王敬哲, 等. 基于耕地压力指数的新疆粮食安全状况研究[J]. 新疆农业科学, 2017 (9):1737—1745.

[7] 陈慧中, 徐梦洁, 刘勤. 河南省粮食产量波动及其影响因素分析[J]. 江西农业大学学报: 社会科学版, 2010, 9(1): 60—65.

[8] 尹朝静, 李谷成, 葛静芳. 粮食安全: 气候变化与粮食生产率增长——基于 HP 滤波和序列 DEA 方法的实证分析[J]. 资源科学, 2016, 38(4): 665—675.

[9] 杨月锋, 徐学荣. 福建省粮食产量影响因素主成分分析与产量趋势预测[J]. 南方农业学报, 2014(4): 697—703.

[10] 陶江, 杨德刚. 50 年来新疆粮食增产因素的主成分分析[J]. 干旱区地理, 2004, 27(1): 95—99.

[11] 戈大专, 龙花楼, 乔伟峰. 改革开放以来我国粮食生产转型分析及展望[J]. 自然资源学报, 2019, 34(3): 658—670.

Analysis of Influencing Factors of Grain Production and Forecast of Yield Trend in Henan Province

PEI Bei-bei, BI Qing-sheng, SHANG Jun-yan

(Henan Engineering Research Center of Land Consolidation and Ecological Restoration, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Starting with the fluctuation of the total grain output in Henan Province, the principal component analysis method was used to extract and analyze the combined input of grain production, and the total grain output in Henan Province in the next five years was modeled and predicted. The results of principal component analysis show that, firstly, the input of basic agricultural resources and the level of agricultural modernization and agricultural policy factors are extracted, and the contribution rates are 72.668% and 15.429% respectively; secondly, the trend of grain production is negatively correlated with the rural employees, which is due to the reduction of part of the input from agricultural production with the increase of various inputs. The labor. Using the established GM (1,1) model, it is predicted that in the next five years, the total grain output of Henan Province will continue to grow smoothly, reaching 73.8958 million tons by 2022. The results of this study can be used as an important reference for relevant departments to formulate food development planning and policy measures.

Key words: grain output; impact factors; principal component analysis; GM(1,1) model