

胡 令,朱荣花. 我国粮食安全评价指标体系的构建与实证研究[J]. 江苏农业科学,2019,47(20):316-322.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.20.069

# 我国粮食安全评价指标体系的构建与实证研究

胡 令<sup>1</sup>, 朱荣花<sup>2</sup>

(1. 湖南信息学院商学院,湖南长沙 410151; 2. 西安思源学院商学院,陕西西安 710038)

**摘要:**从粮食产销链各环节出发,综合考虑粮食生产安全、粮食流通安全及粮食消费安全 3 个方面,构建了我国粮食安全综合评价指标体系,进而对我国粮食的安全运行现状进行了综合评估及详细分析。在此基础上,利用投影寻踪模型定量分析了我国 2008—2017 年期间的粮食安全问题,发现我国目前的粮食安全仍然存在诸多风险,10 年间粮食安全问题逐年凸显且安全问题有明显的地域特征,最后为我国粮食安全问题的解决提供意见和建议。

**关键词:**粮食安全;产销链;双链量子遗传算法;投影寻踪

**中图分类号:**F326.11      **文献标志码:**A      **文章编号:**1002-1302(2019)20-0316-06

粮食安全由联合国粮食及农业组织(FAO)在世界粮食首脑会议上第 1 次提出。粮食安全概念的提出主要是为了确保广大群众在任何时间任何生活状态下都可以享有充足的食物供给,并得到健康安定的生活<sup>[1]</sup>。对于中国这样的泱泱大国,有效地保障粮食供给和粮食安全是人民安定、社会稳定和经济发展的基础,同时也是中国作为 FAO 成员国的一项社会责任。改革开放四十余年来,我国农业科技水平稳步提升,粮食产量基本可以实现供需平衡。但随着工业污染、水污染、土壤污染和农药、化肥残留物的增加,导致市面上不断涌现出不安全粮食,致使粮食安全问题在社会上凸显出来。我国依照《国际食品法典标准》出台的《食品中农药最大残留限量》就是为了降低农药的使用数量,从而在整体维度上来提升粮食的安全等级。由此可见,我国粮食安全的问题尚在解决途中,还需要完善的相关法律法规以及政策的支持<sup>[2]</sup>。针对粮食安全问题,国内外学术界已有大量研究,其中多集中于粮食安全评价方面,主要分为定量评估及定性评估 2 种方式。

关于定性评价的研究,Carter 等通过统计各发育阶段的儿童生长情况,即营养摄取情况,间接反映本国粮食安全状况,概括了国家粮食安全的影响因素为粮食供需情况、国家人口粮食产量和某一地区人均粮食产量<sup>[3]</sup>;Coates 从粮食生产面积、产量和人均粮食拥有量入手,主要分析了影响粮食产量的内在因素<sup>[4]</sup>;王禹通过梳理国内外相关文献得出,影响我国粮食安全的主要因素为市场政策、粮食贸易结构、粮食供求和粮食生产环节等 4 个方面<sup>[5]</sup>;马述忠等通过研究全球各国粮食产量及安全情况,梳理了我国粮食安全所面临的挑战并做出综合分析,总结指出,粮食安全受贸易、流通和储备等维度的影响<sup>[6]</sup>;居占杰根据联合国粮食及农业组织关于粮食安全的定义和国内外学者的研究成果,结合我国实际国情认为,资源稀缺、种粮相对收益低、科技贡献率不高、自然灾害、人口增长、国际贸易等是影响我国粮食安全的主要因素<sup>[1]</sup>;张元

红等构建了包括粮食供给、区域分配、粮食销售、使用效率、可靠性、保障、调控能力及持续性等多个层面的指标体系,对我国粮食安全保障的现状、趋势、问题进行了分析<sup>[7]</sup>。

关于定量评价的研究,Acevedo 以粮食自给供给效率、产量的波动比率、储备率及粮食自给效率等构建了相应的安全评估体系,通过加权平均法计算出各指标对粮食安全影响大小,根据权重不同逐次分析各指标对粮食安全的影响情况<sup>[8]</sup>。杨学利运用客观赋值法对影响粮食安全的生产、经济、社会、资源环境和技术进行评价<sup>[9]</sup>。单哲等运用柯布——道格拉斯生产函数分析了粮食总、单产与农业机械投入量、有效农业灌溉面积、化肥施用量和粮食播种面积等指标对粮食安全综合评价的影响<sup>[10]</sup>。李光泗等以政府视角运用主要成分分析方法,通过收据的量表数据,综合考察了粮食生产、贸易、储备、行业竞争以及消费趋势对我国粮食安全的影响,进一步为粮食安全的宏观调控提供参考依据<sup>[11]</sup>。杨磊等运用熵权法、二阶模糊综合评价法,分析粮食生产安全、消费安全和流通安全对粮食安全的影响<sup>[12]</sup>。

通过梳理国内外相关文献发现,涉及粮食安全评价的定性分析沉淀出的指标较为主观化,指标赋值缺少客观科学依据;而定量研究的方法也存在较多不足,一方面影响因素指标划分不够细致全面,大多数停留在二级指标或深入至三级指标但不够细化;另一方面运用的赋值权重分析方法有待改进。鉴于现有研究基础,本研究通过信息沉淀评价指标构建粮食安全综合评价体系,使用双链量子遗传算法对投影寻踪模型进行优化,定量分析我国粮食安全问题影响因素,旨在构建客观科学的粮食安全评价指标体系,为解决我国粮食安全问题提供可行依据。

## 1 粮食安全评价体系的影响因素

Food security 是在 20 世纪中期引入我国的,当时由于人们消费水平限制,主要粮食就只是豆类、麦类、粗粮类,这些粮食正是解决温饱问题的根本。考虑到当时国情,Food security 被翻译成为粮食安全。如今大部分地区的温饱问题都已解决,从追求温饱的消费模式转变为追求营养均衡、健康安全的消费模式。然而目前我国各个地区之间的差异仍然存在,许

收稿日期:2018-06-06

作者简介:胡 令(1975—),女,湖南桃江人,硕士,副教授,高级经济师,主要从事电子商务、农业经济研究。E-mail:pc659e@163.com。

多偏远山区和贫困乡村的吃饭问题仍未得到根本解决,许多人仍然处于营养不良状态。因此,粮食安全不仅仅须要关注粮食生产的安全,还应该对从粮食生产到最终流入市场再进入消费者手中这一全过程进行综合分析 与评价。基于此,本研究从粮食产销全过程的视角出发,将粮食生产安全、粮食流通安全和粮食消费安全作为影响我国粮食安全问题的 3 个关键性维度进行分析,并针对性的提出相关建议。

1.1 生产安全

对于人们而言,粮食是维持生命的基本保障,占据着重要的地位。保证粮食的产量,维持自给自足的粮食生产水平,是确保粮食生产安全的根本。粮食的综合生产能力受到土地面积、土地产量、生产技术、投入资金、劳动力人口以及自然灾害等诸多客观因素的影响。此外,政府财政支持力度也是影响粮食生产的重要因素,即通过财政拨款和最低限价政策,可以有效调节粮食产量。本研究中的粮食生产安全指标主要包括粮食生产面积、生产资料价格指数率、人均粮食产量、灌溉面积比率、生产面积成灾率、财政拨付指数、单位面积劳动力数量、单位面积施肥量等。

1.2 流通安全

粮食流通是联系粮食生产商和消费者的通道,流通环节的效率、成本直接影响着粮食安全。高效、便捷的运输流通环节能够使粮食快速运达到消费者手中,这既保证了市场需要也降低了运输成本,实现了商品向货币的转换。粮食流通的购、销、存、运等环节同样受到诸多因素影响,本研究中的粮食

流通安全指标包括流通成本浮动率、粮食净进口量、粮食流通价格指数浮动比、粮食商品化比重、粮食产销比重、流通事业费比例等。

1.3 消费安全

保证消费者营养均衡、健康安全的粮食消费是粮食保障的根本目的。粮食消费主要包括 2 种:一种是直接消费,即消费者为满足自身生存需求而进行的粮食消费;另一种是间接消费,主要用于饲料、工业农业生产等。随着生活水平的提高,消费者对粮食的直接消费量比例逐渐降低,间接消费量比例不断增长,工业、农业对粮食的需求量不断增加。本研究中的粮食消费安全指标包括人均粮食消费量、人均粮食供给量、自给率、消费价格指数的浮动比率、粮食储备率、营养(蛋白质)摄取量等。

2 粮食安全影响因素指标体系与模型构建

2.1 粮食安全影响因素指标体系构建

粮食安全受多方面因素影响,本研究从粮食产销链的全过程出发,从粮食流通、生产及消费等多重视角,对粮食安全的影响因素进行分析。同时根据前文文献综述归纳梳理,在现有科学量表的基础上,结合粮食产销链中粮食安全所涉及的各环节可能出现的风险,构建科学的粮食安全体系。该体系包含的二级指标包括粮食流通、生产及消费安全;三级指标主要包括 20 个指标。具体如表 1 所示。

表 1 粮食安全评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	单位	指标性质
粮食安全评价(A)	粮食生产安全(B <sub>1</sub> )	粮食生产面积(C <sub>11</sub> )	hm <sup>2</sup>	正向作用
		生产资料价格指数率(C <sub>12</sub> )	%	正向作用
		人均粮食产量(C <sub>13</sub> )	kg	正向作用
		灌溉面积比率(C <sub>14</sub> )	%	正向作用
		生产面积成灾率(C <sub>15</sub> )	%	反向作用
		财政拨付指数(C <sub>16</sub> )	%	正向作用
		单位面积劳动力数量(C <sub>17</sub> )	人/hm <sup>2</sup>	反向作用
		单位面积施肥量(C <sub>18</sub> )	kg/hm <sup>2</sup>	反向作用
	粮食消费安全(B <sub>2</sub> )	人均粮食消费量(C <sub>21</sub> )	kg	反向作用
		人均粮食供给量(C <sub>22</sub> )	kg	正向作用
		消费价格指数浮动比(C <sub>23</sub> )	%	反向作用
		自给率(C <sub>24</sub> )	%	正向作用
		粮食储备率(C <sub>25</sub> )	%	正向作用
		营养(蛋白质)摄取量(C <sub>26</sub> )	g/(人·d)	正向作用
	粮食流通安全(B <sub>3</sub> )	流通成本浮动率(C <sub>31</sub> )	%	反向作用
		粮食净进口量(C <sub>32</sub> )	kg	反向作用
		粮食流通价格指数浮动比(C <sub>33</sub> )	%	反向作用
		粮食商品化比重(C <sub>34</sub> )	%	正向作用
		粮食产销比重(C <sub>35</sub> )	%	正向作用
		流通事业费比例(C <sub>36</sub> )	%	反向作用

2.2 粮食安全影响因素模型的构建

2.2.1 投影寻踪模型 1972 年,美国科学家 Kruscal 首先使用投影寻踪的研究方法,将高维的数据处理成为低维数据,进而研究数据的结构特征、聚类程度等<sup>[13]</sup>。1974 年,Friedman 等用数据的一维特征构造了投影指标,成功分析了鸢尾花聚类问题等的一系列高维数据,并将此研究方法命名为投影寻

踪<sup>[14]</sup>。此后关于投影寻踪这一方法的研究和应用引起了广泛关注。在研究高维数据方面,投影寻踪法通过低维投影数据的特征来研究高维数据的特征,在评价、预测等领域都有一定应用。其建模过程主要包括以下 3 个步骤。

2.2.1.1 指标数值的归一化 根据统计归纳得来的数据将评价指标分为低优指标和高优指标,分别进行处理,设包含 *m*

个指标、 $n$  个样本集的原始数据集为  $[A_{(i,j)}]_{n \times m}$ , 通过下列公式, 统一统计样本数据变化范围, 使得数据量纲相同, 为后续处理奠定基础。

对于高优指标(越大越优的指标):

$$a_{i,j} = \frac{A_{i,j} - \min A_j}{\max A_j - \min A_j} \quad (1)$$

对于低优指标(越小越优的指标):

$$a_{i,j} = \frac{\max A_j - A_{i,j}}{\max A_j - \min A_j} \quad (2)$$

式中:  $\max A_j$  和  $\min A_j$  分别为第  $j$  个指标在所有  $n$  个样本集数据中的极大值和极小值;  $a_{i,j}$  为经过公式处理后的量纲归一化指标数据。

2.2.1.2 投影函数的构造 投影寻踪就是将高维的数据转化成一维的投影, 设  $\lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m\}$  为投影的方向向量, 将归一化后的  $m$  维数据  $\{a_{(i,j)} | j=1, 2, \dots, m\}$  乘以方向向量, 得到样本  $i$  在该方向上的投影值  $Y_i$ , 则

$$Y_i = \sum_{j=1}^m \lambda_j a_{i,j} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

在对投影值进行优化时, 要求投影值  $Y_i$  在局部的投影点尽可能密集, 在局部可以形成点团, 而整体尽可能散开, 点团之间保持分散。设  $U_Y$  为  $Y_i$  的标准差,  $V_Y$  为  $Y_i$  的局部密度, 则

$$U_Y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left( Y_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i \right)^2}{n-1}}; \quad (4)$$

$$V_Y = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m [R - d(i,j)] \{ \gamma [R - d(i,j)] \} \quad (5)$$

投影指标函数可以表示为

$$Q(\lambda) = U_Y V_Y \quad (6)$$

式中:  $R$  为  $V_Y$  的半径, 选取数值通常为 0.1;  $d(i,j)$  为样本投影值的间距;  $\gamma [R - d(i,j)]$  为单位阶跃函数, 当  $R \geq d(i,j)$  时, 具体函数为 1, 否则结果为 0。

2.2.1.3 优化投影指标函数 当各项统计指标样本集合一定时, 投影函数  $Q(\lambda)$  只随着投影向量  $\lambda$  的变化而变化。当投影指标函数取最大值时, 则为该样本数据的最优投影方向, 最能显示出高维数据某一方面特征, 因此目标函数为

$$\max Q(\lambda) = U_Y V_Y \quad (7)$$

约束条件为

$$\text{s. t. } \sum_{j=1}^m (\lambda_j)^2 = 1 \quad (8)$$

2.2.2 双链量子遗传算法 投影寻踪也有其局限性, 在使用投影寻踪法解决高维数据最优化问题时, 容易陷入局部最优而非全局最优。对此本研究通过双链量子遗传算法对投影寻踪模型进行改进, 进而对粮食安全各项指标进行评价。对于量子遗传算法, 它基于量子态及量子比特双重基础, 在遗传编码中将量子态的向量注入, 从而使得算法更加优化。染色体双链上的 2 个同位基因分别代表 1 个量子位, 每条染色体单链都代表 1 个解。本研究引入的双链量子遗传算法, 使投影寻踪优化过程中目标函数与投影寻踪模型一致。需要优化的变量即各个样本数据投影值的具体求解过程如下。

2.2.2.1 量子编码 编码是量子遗传算法的首要问题, 编码的质量直接影响求解的效率。通常情况下, 采用量子比特概率幅系数  $(\eta, \xi)^T$  表示染色体编码, 其中  $\eta$  和  $\xi$  分别对应  $|0\rangle$

态和  $|1\rangle$  态的概率幅, 且满足  $|\eta|^2 + |\xi|^2 = 1$ , 由此可以表达一个基因, 这一基因可以为  $|0\rangle$  态或  $|1\rangle$  态或二者之间任意状态, 可以表示为  $|\varphi\rangle = \eta|0\rangle + \xi|1\rangle$ 。当  $|\eta|^2$  或  $|\xi|^2$  趋近于 0 时, 经过编码的染色体处于  $|0\rangle$  态或  $|1\rangle$  态的单一收敛状态。通过式(1)可以得到转换后的量子编码:

$$P_i = \left[ \begin{array}{c|c|c|c} \cos t_{i1} & \cos t_{i2} & \dots & \cos t_{im} \\ \hline \sin t_{i1} & \sin t_{i2} & \dots & \sin t_{im} \end{array} \right] \quad (10)$$

式中:  $t_{(i,j)} = 2\pi r$ ,  $r$  是一个随机数,  $0 < r < 1$ 。  $i=1, 2, \dots, n$ ,  $j=1, 2, \dots, m$ ,  $n$  为样本集数,  $m$  为指标个数。

2.2.2.2 变换解空间 在优化实际具体问题时, 须要将单位空间和目标函数的解空间对应起来。由于单条基因链包含  $n$  个量子比特概率幅, 本算法主要是由双链条组成, 包含的量子比特概率幅数量为  $2n$ 。因此, 可以通过线性变换, 将  $n$  维单位空间  $\Phi^n = [-1, 1]$  映射到解空间  $\Omega$ , 令  $P_i$  上第  $i$  个量子位为  $[\eta_i^j, \xi_i^j]^T$ , 则解空间  $\Omega$  的相应变换为

$$x_{i0}^j = \frac{1}{2} [k_i (1 + \eta_i^j) + l_i (1 - \eta_i^j)]; \quad (11)$$

$$x_{i1}^j = \frac{1}{2} [k_i (1 + \xi_i^j) + l_i (1 - \xi_i^j)] \quad (12)$$

因此染色体双链是目标函数的 2 个解,  $|0\rangle$  态和  $|1\rangle$  态的概率幅  $\eta_i^j$  和  $\xi_i^j$  分别对应解集  $X_{i0}^j$  和  $X_{i1}^j$ 。

2.2.2.3 量子染色体的更新 完成上述步骤后, 基于量子旋转门的旋转矩阵来对量子比特相位进行更新, 从而达到相应的目的。这一步骤的目的是使得每个染色体都接近最优, 从而实现种群的进化。量子旋转门变换矩阵是一个可逆矩阵, 通常采用如下矩阵:

$$S = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \quad (13)$$

更新过程如下:

$$\begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos t \\ \sin t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(t + \theta) \\ \sin(t + \theta) \end{bmatrix} \quad (14)$$

式中:  $\theta$  为旋转角度。由式(14)可知, 经过量子门的旋转变换, 染色体的长度并没有发生变化, 而  $\theta$  的取值关系到算法收敛的速度, 通常  $\theta$  取值范围为  $0.001\pi \leq \theta \leq 0.005\pi$ 。量子旋转角度示意图如图 1 所示。

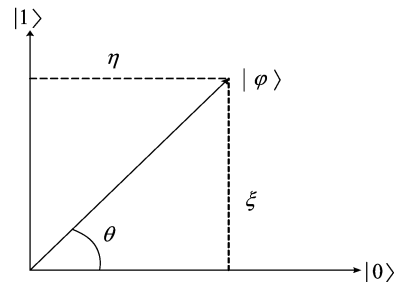


图1 量子比特转角

根据目标函数的变化率, 采用的转角步长函数为

$$\theta = -\text{sgn}(S) \times \theta_0 \times \left\| \frac{\nabla f(x) - \nabla f(x)_{\min}}{\nabla f(x)_{\max} - \nabla f(x)_{\min}} \right\| \quad (15)$$

式中:  $\theta_0$  为初始值;  $f(x)$  为  $x$  的适应度函数;  $\nabla f(x)$  为  $f(x)$  在个体  $x$  处的梯度, 公式(16)下面由于样本数据并不连续, 采用一阶差分的方式来对梯度进行替代, 其中第 1 代染色体用

$\alpha$  代替,第 2 代染色体采用  $\beta$  替代,则  $\nabla f(x)$  可以表示为

$$\nabla f(x'_i) = f(x'_{\alpha i}) - f(x'_{\beta i}) \quad (i = 1, 2, \dots, n). \quad (16)$$

$\nabla f_{\max}$  和  $\nabla f_{\min}$  分别为  $|f(x'_i)|$  的最大值和最小值。

2.2.2.4 量子染色体变异 为了增加样本的多样性,降低过早收敛的概率,将双链量子遗传算法利用量子门对染色体进行变异。为实现染色体双链同步变异,采用交换量子位对概率幅  $(\eta, \xi)^T$  进行置换。变异过程如下:

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos t \\ \sin t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin t \\ \cos t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\frac{\pi}{2} - t) \\ \sin(\frac{\pi}{2} + t) \end{bmatrix} \quad (17)$$

通过双链量子遗传算法和投影寻踪模型,计算得出各个

指标的最佳投影方向向量,并将其作为各个指标的权重。而权重的大小,可在一定程度上表示指标的重要度。基于权重对指标进行有序排列,依次对粮食安全影响因素进行分析,并提出相应的对策和建议。

3 粮食安全评价实证研究

3.1 数据来源

实证研究应遵循真实有效原则。因此,为确保研究结果的可靠性,本研究构建的粮食安全指标体系中 20 个三级指标的数据均来源于权威机构出具的统计年鉴。各三级指标面板数据来源如表 2 所示。

表 2 粮食安全评价指标体系各三级指标原始数据出处

指标分类	三级指标	选用数据依据
耕地生产类指标	粮食生产面积( $C_{11}$ )	中国国土资源统计年鉴(2008—2017)
	单位面积劳动力数量( $C_{17}$ )	
农业灌溉指标	灌溉面积比率( $C_{14}$ )	中国环境统计年鉴(2008—2017)
	生产资料价格指数率( $C_{12}$ )	中国统计年鉴(2008—2017)
	生产面积成灾率( $C_{15}$ )	中国农村统计年鉴(2008—2017)
	财政拨付指数( $C_{16}$ )	
	单位面积施肥量( $C_{18}$ )	世界粮食不安全发展报告
	消费价格指数浮动比( $C_{23}$ )	
	营养(蛋白质)摄入量( $C_{26}$ )	
	流通成本浮动率( $C_{31}$ )	
	粮食净进口量( $C_{32}$ )	
	粮食流通价格指数浮动比( $C_{33}$ )	
	粮食商品化比重( $C_{34}$ )	
	流通事业费比例( $C_{36}$ )	
粮食供给水平	人均粮食产量( $C_{13}$ )	
	人均粮食消费量( $C_{21}$ )	
	人均粮食供给量( $C_{22}$ )	
	自给率( $C_{24}$ )	
	粮食储备率( $C_{25}$ )	
	粮食产销比重( $C_{35}$ )	
	粮食储备率( $C_{25}$ )	

3.2 数据处理

本研究采用双链量子遗传投影寻踪模型对粮食安全评价体系的 20 个三级指标的原始数据进行预处理。由表 1 可知,粮食安全评价指标体系中的 20 个三级指标对粮食安全产生的作用包括正向作用和反向作用 2 种情况。因此很难对不同作用趋势指标进行比较。加之,各个指标直接量纲差距较大,进一步加剧了数据分析难度。所以,在分析评价之前要对原始数据进行无量纲化处理,使各个指标可以被评价。数据无量纲处理后,采取双链量子遗传投影寻踪模型消除指标差异性,得出粮食安全评价指标的投影值,以此为前提分析其时序变化特征。

设定样本维数(二级指标数) = 3 个;三级指标 = 20 个;种群 = 100 个;最大迭代次数 = 200 次。由此可得粮食安全时序变化最佳投影向量  $b$ ,各三级指标赋值权重如下:

$b = [0.316\ 6, 0.057\ 3, 0.259\ 2, 0.064\ 0, 0.012\ 7, 0.405\ 8, 0.339\ 4, 0.481\ 9, 0.190\ 5, 0.001\ 0, 0.036\ 4,$

$0.094\ 5, 0.057\ 4, 0.192\ 8, 0.392\ 9, 0.041\ 0, 0.254\ 3, 0.168\ 5, 0.058\ 0, 0.312\ 1]$

与此同时,能够获得 2008—2017 年我国粮食安全各子系统最佳投影方向向量(表 3)以及系统综合投影评价价值(表 4)。

由表 3 和表 4 可知,我国的粮食安全投影值总体随年份的增大呈现递减趋势。2008—2017 年我国粮食安全评价结果在 2008 年呈最高 2.146 6,此后整体减小,2017 年仅有 0.704 3。表明我国的粮食安全问题逐渐呈退化发展态势,其中,综合评价值在 1.00 以上的年份,粮食安全问题还在红线之外,而 2011 年之后的几年,综合投影评价价值多数在 1.00 以下,属于粮食不安全等级,并且每况愈下。

出现如此态势的原因有以下几点:

(1)粮食生产耕种受制约。随着农业科技不断发展进步,我国连续十年的粮食产量不断攀升。2017 年全国粮食产量比 2008 年增长了 38.9%。另外,由于我国城市化与结构

表 3 2008—2017 年我国粮食安全最佳投影方向向量

指标类别	指标名称	粮食安全最佳投影方向向量									
		2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
粮食生产安全因素	粮食生产面积 $C_{11}$	0.076 1	0.363 7	0.183 3	0.234 4	0.170 5	0.026 7	0.138 9	0.086 9	0.066 8	0.284 4
	生产资料价格指数率 $C_{12}$	0.504 7	0.436 6	0.498 5	0.773 1	0.325 9	0.634 1	0.244 9	0.834 3	0.432 4	0.549 8
	人均粮食产量 $C_{13}$	0.002 0	0.108 4	0.298 4	0.171 8	0.183 5	0.214 5	0.174 2	0.047 1	0.171 2	0.255 3
	灌溉面积比率 $C_{14}$	0.184 5	0.280 1	0.273 7	0.008 1	0.385 1	0.198 7	0.205 8	0.338 5	0.190 4	0.075 6
	生产面积成灾率 $C_{15}$	0.220 2	0.473 0	0.369 5	0.895 5	0.273 3	0.758 6	0.532 5	0.620 1	0.366 1	0.228 1
	财政拨付指数 $C_{16}$	0.753 1	0.388 5	0.565 0	0.320 8	0.247 4	0.451 1	0.378 7	0.232 1	0.787 4	0.308 6
	单位面积劳动力数量 $C_{17}$	0.401 1	0.210 3	0.416 2	0.167 8	0.480 5	0.564 1	0.339 7	0.182 3	0.476 1	0.193 7
	单位面积施肥量 $C_{18}$	0.182 3	0.091 2	0.266 7	0.130 5	0.235 1	0.355 9	0.221 3	0.078 3	0.255 1	0.281 9
粮食消费因素	人均粮食消费量 $C_{21}$	0.391 4	0.538 8	0.653 1	0.795 1	0.406 9	0.513 7	0.832 8	0.337 9	0.543 4	0.765 3
	人均粮食供给量 $C_{22}$	0.082 3	0.269 5	0.104 6	0.239 7	0.145 7	0.279 1	0.065 4	0.154 8	0.032 9	0.183 9
	消费价格指数浮动比 $C_{23}$	0.880 5	0.589 3	0.422 7	0.378 7	0.498 1	0.615 8	0.557 4	0.877 5	0.703 9	0.517 8
	自给率 $C_{24}$	0.166 1	0.083 2	0.206 9	0.197 5	0.091 5	0.126 9	0.216 1	0.231 9	0.155 4	0.068 6
	粮食储备率 $C_{25}$	0.076 6	0.130 1	0.093 8	0.174 3	0.218 9	0.089 9	0.133 9	0.171 7	0.202 1	0.064 7
	营养(蛋白质)摄入量 $C_{26}$	0.901 6	0.661 1	0.564 4	0.917 6	0.701 1	0.825 1	0.595 5	0.718 8	0.970 8	0.654 3
粮食流通因素	流通成本浮动率 $C_{31}$	0.029 7	0.133 1	0.289 7	0.028 8	0.248 7	0.086 4	0.158 1	0.206 9	0.278 9	0.141 7
	粮食净进口量 $C_{32}$	0.154 5	0.389 5	0.271 2	0.279 8	0.313 4	0.179 7	0.203 8	0.175 9	0.231 1	0.312 7
	粮食流通价格指数浮动比 $C_{33}$	0.267 4	0.186 8	0.538 9	0.493 3	0.369 9	0.631 8	0.572 9	0.435 1	0.616 5	0.432 3
	粮食商品化比重 $C_{34}$	0.282 6	0.423 0	0.307 7	0.412 9	0.278 8	0.390 5	0.173 3	0.258 4	0.240 6	0.371 1
	粮食产销比重 $C_{35}$	0.085 9	0.185 2	0.213 7	0.081 9	0.125 4	0.057 2	0.115 1	0.168 3	0.202 3	0.184 1
	流通事业费比例 $C_{36}$	0.456 8	0.638 7	0.491 3	0.514 5	0.532 3	0.477 1	0.614 9	0.510 4	0.477 3	0.528 7

表 4 2008—2017 年我国粮食安全评价结果

年份	评价价值			
	安全生产	粮食流通	粮食消费	评价结果
2008	1.635 3	0.983 3	1.312 1	2.146 6
2009	1.395 9	0.882 6	1.268 1	1.979 4
2010	1.538 1	0.644 8	1.053 9	1.700 3
2011	1.231 1	0.853 2	1.017 9	1.285 3
2012	0.711 4	0.747 1	0.846 8	0.933 7
2013	0.891 1	0.867 1	1.141 9	1.306 0
2014	0.587 8	0.962 2	0.859 5	0.958 2
2015	0.632 0	0.803 1	0.748 1	0.865 7
2016	0.520 1	0.699 8	0.706 2	0.758 0
2017	0.529 7	0.749 0	0.558 2	0.704 3

性调整,虽然粮食产量依然充裕,但种植粮食的耕地面积却呈下降态势。2017 年数据显示,粮食耕地保有量约为 1.29 亿  $\text{hm}^2$ ,较 2008 年之前已缩减了约 0.07 亿  $\text{hm}^2$ 。城镇化的高速推进,随之而来的大量房地产业、高速公路建设、经济开发区建设等导致不少优质良田被挤占,致使优质粮食生产量锐减。

(2) 粮食消费结构变化。

一是粮食消费占人均总消费比例减少。粮食消费直接反映目前我国居民生活状态,在一定程度上影响粮食的消费结构状态。随着城市居民数量越来越多,由温饱型需求提高到小康生活需求,居民越来越重视营养、健康、肥胖等问题,合理膳食的改善影响粮食的消费。2008—2017 年,居民对口粮的需求呈不断下降趋势。二是其他用粮比例不断增加。随着科学技术的发展与居民饮食结构的调整,使得粮食在饲料、酿酒、食品工业和化学工业等各个领域的用量有所加大。到 2017 年,饲料的粮食消费,包括水稻、小麦和玉米的消费需求

量已增至 27.9%,其他工业对粮食消费总量的需求比例则攀升至 19.6%,主要消费粮食是水稻、小麦和玉米。

3.3 我国粮食安全空间布局

我国粮食安全特性评价是二维演变的,除了受到时间演变的影响,同时还受空间限制。为了具体研究空间演变如何影响我国粮食安全特性,本研究选用了我国主要粮食产区的 20 个省份为研究对象,来分析 2008—2017 年期间粮食安全的最佳投影值,并基于投影寻踪最短距离的聚类法,将粮食安全投影值分为 3 个等级,即非常安全、基本安全、不安全。通过实证研究 20 个省份 10 年间发展状况,得出表 5 所示情况。

通过计算 20 个省份 10 年间粮食安全投影值均值可得,均值 $\leq 1$ 为不安全状态、 $1 < \text{均值} \leq 2$ 属于基本安全范畴,均值 $> 2$ 为非常安全,具体如图 2 所示。

由表 5 可知,东北三省即黑龙江省、吉林省和辽宁省的粮食安全处于良好状态。东北三省 10 年间每年的粮食安全评价投影值均在 2 以上,处于粮食安全评价中非常安全地位。东北三省占地面积广、耕地面积大、土地肥沃,加之东北三省的经济在全国处于中下游水平,外出务工人员较多,人口较少。因此在粮食生产面积、人均粮食产量、人均粮食供给量、自给率、粮食储备率等方面的评价价值处于上游水平,在一定基础上提高了粮食安全等级。

云南、贵州、福建、陕西、山西、四川、广东、广西、江西等省份总体处于基本安全范畴。以上各省份是我国粮食生产的主要产区,耕地面积较多,其中南方省份产量更高。除广东省外,其他省份经济发展水平在全国来讲处于中游,人均粮食产量、人均粮食供给量高。以上各省份的粮食安全评价投影值依次为 1.618 44、1.392 48、1.344 12、1.331 07、1.311 97、1.234 36、1.216 15、1.192 63、1.070 76,均在 1~2 之间,属于基本安全。但这 9 个省份在 2008—2017 年的粮食安全评价

表 5 2008—2017 年我国粮食主产区投影值

省份	粮食安全投影值									
	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
黑龙江省	2.937 2	2.841 7	2.350 5	2.251 8	2.182 1	2.167 2	2.448 3	2.735 9	2.834 6	2.642 8
吉林省	2.827 5	2.397 6	2.765 2	2.756 3	2.382 2	2.372 6	2.418 7	2.512 8	2.701 4	2.821 9
辽宁省	2.853 1	2.443 4	2.185 8	2.241 3	2.129 9	2.457 2	2.351 8	2.432 7	2.592 5	2.799 8
河北省	0.753 9	0.687 1	0.709 8	0.766 9	0.754 7	0.800 1	0.839 4	0.882 1	0.818 3	1.024 6
山西省	1.232 9	1.316 3	1.322 7	1.278 9	1.109 7	1.358 7	1.379 2	1.298 8	1.325 4	1.497 1
陕西省	1.072 6	1.256 7	1.308 8	1.304 5	1.387 5	1.201 5	1.357 7	1.524 5	1.491 3	1.405 6
河南省	0.161 4	0.239 0	0.299 9	0.109 4	0.271 3	0.387 4	0.281 9	0.162 4	0.197 8	0.269 5
山东省	0.343 7	0.454 9	0.511 4	0.410 9	0.397 2	0.411 8	0.387 8	0.297 8	0.369 4	0.485 2
安徽省	0.290 3	0.359 0	0.307 1	0.210 5	0.305 8	0.278 9	0.305 4	0.187 5	0.118 4	0.061 2
湖北省	0.357 0	0.275 2	0.325 8	0.290 4	0.436 9	0.381 4	0.256 6	0.208 7	0.157 8	0.082 1
江苏省	0.097 9	0.183 9	0.257 9	0.261 2	0.164 8	0.399 5	0.387 8	0.179 8	0.261 5	0.241 2
江西省	1.755 4	1.558 2	1.395 4	1.192 5	1.122 4	0.823 4	0.757 2	0.802 2	0.702 3	0.598 6
湖南省	1.772 7	1.624 1	1.345 6	1.212 0	1.125 1	0.756 2	0.712 4	0.581 5	0.492 1	0.351 2
浙江省	1.635 8	1.133 5	0.832 5	0.749 3	0.423 6	0.410 3	0.298 4	0.217 5	0.183 5	0.093 2
福建省	1.582 9	1.753 6	1.514 2	1.269 7	1.683 2	1.512 6	1.280 1	0.856 4	1.125 4	0.863 1
四川省	0.952 1	1.243 9	1.312 8	1.370 6	1.400 8	1.394 7	1.324 8	1.301 4	1.118 0	0.924 5
贵州省	1.456 3	1.613 4	1.685 2	1.578 6	1.732 4	1.658 2	1.396 5	0.998 6	0.942 1	0.863 5
广东省	1.812 0	1.537 0	1.403 2	1.314 7	1.286 5	1.085 2	0.963 5	0.875 4	0.896 5	0.987 5
广西壮族自治区	1.765 5	1.589 7	1.368 7	1.347 8	1.258 9	1.148 7	0.867 3	0.964 7	0.869 2	0.745 8
云南省	1.698 8	1.554 2	1.692 4	1.610 4	1.798 1	1.547 3	1.714 5	1.603 2	1.489 2	1.476 3

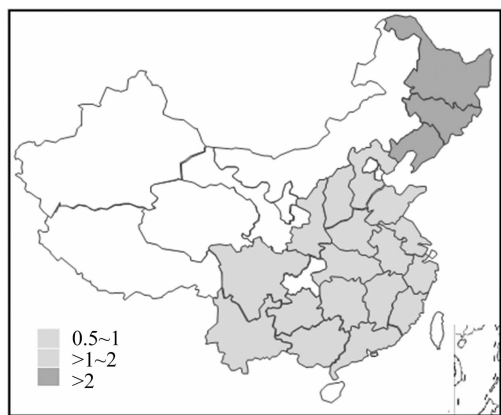


图2 我国粮食安全水平空间格局

投影值大体呈下降趋势,粮食安全问题不容乐观。

湖南省、河北省、浙江省、山东省、湖北省、江苏省、安徽省、河南省等总体陷入不安全范畴。2008—2017 年,其粮食安全评价投影均值依次为 0.997 29、0.803 69、0.597 76、0.407 01、0.277 19、0.243 55、0.242 41、0.238 00,均小于 1。以上各省份均属于人口大省,由于人口基数大,其粮食安全问题值得重视。

#### 4 结论

粮食安全问题是国家稳定、社会发展的基础,因此有效地评价粮食安全问题至关重要。本研究首先从粮食生产安全、粮食消费安全和粮食流通安全 3 个方面出发,通过对 2008—2017 年的相关统计数据进行分析和研究,运用双链量子遗传算法改进和优化投影寻踪模型对我国粮食状况进行测度与评价,以分析我国粮食安全的主要影响因子。研究得出:(1)我国粮食总体供应量满足居民生活所需并有结余,但粮食的安全问题呈现严峻态势。尤其自 2011 年之后,城镇化的不断深

入推进,导致粮食安全问题逐渐显现,确保我国粮食安全生产、安全流通、安全消费任重道远。本研究通过最佳投影方向分析了影响粮食安全问题的 3 个因素(粮食生产安全、粮食流通安全和粮食消费安全)。粮食产销链决定粮食的安全问题必须通过统筹考虑经济和社会等效益来解决。必须保证经济、社会效益和粮食安全多方的可持续发展。此外,须要让粮食能力及物质的输入输出在结构功能、数量上实现一种相互均衡、相互适应的自平衡状态,从而确保农业资源实现优化配置,得到最好的开发及利用。(2)我国各地整体的粮食产销情况差异明显,具体表现在粮食的生产方面,以东北地区 and 西南地区为主;粮食的消费区集中在中东部地区;而粮食的流通环节经济发展较好的东部沿海地区优于经济欠发达的西部地区。因此,从宏观层面考虑我国的粮食安全若要均衡发展,须要坚持耕地的保护制度,在经济快速发展的同时,严格保障耕地资源。努力提高农业科学技术,加大研发和推广新科技力度,同时须要在政策上的倾斜支撑,从而实现粮食供求的一种均衡设计。

#### 参考文献:

- [1] 居占杰. 我国粮食安全的经济学分析[J]. 东南大学学报(哲学社会科学版), 2011, 13(3): 26-30, 126.
- [2] 郭修平. 粮食贸易视角下的中国粮食安全问题研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2016.
- [3] Carter C, Raussier G C, Smith A. Commodity booms and busts[J]. Annual Review of Resource Economics, 2011(3): 87-118.
- [4] Coates J. Build it back better: deconstructing food security for improved measurement and action[J]. Global Food Security, 2013(2): 188-194.
- [5] 王禹. 新形势下我国粮食安全保障研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2016.
- [6] 马述忠, 屈艺. 全球化背景下的中国粮食安全评价[J]. 云南

董奋义, 齐 冰. 基于灰关联的农业科技投入产出滞后期确定及 DEA 效率测度[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(20): 322–327.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.20.070

# 基于灰关联的农业科技投入产出滞后期确定 及 DEA 效率测度

董奋义, 齐 冰

(河南农业大学信息与管理科学学院, 河南郑州 450046)

**摘要:**农业科技投入与产出之间存在滞后性, 而且常常被忽略。利用灰色关联分析方法测算出农业科技投入与产出的灰色关联度, 并通过显著性检验确定滞后期, 进而建立具有滞后因素的改进数据包络分析( DEA )模型。利用考虑滞后期的 DEA 模型对历年的我国农业科技投入产出进行 DEA 效率测算研究, 并与未考虑滞后期的我国农业科技投入产出 DEA 效率进行对比分析。结果表明, 我国农业科技投入产出 DEA 效率在整体上是 DEA 有效的, 而规模无效是导致大多数非 DEA 有效年份 DEA 效率无效的重要原因。根据分析结果提出了调整优化农业科技资源投入结构, 增强规模优势等相关建议。

**关键词:**农业科技投入产出; DEA 效率; 滞后期; 灰色关联度; 规模优势; 建议

**中图分类号:** F302      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1002-1302(2019)20-0322-06

农业是我国的第一产业, 农业的健康快速发展对于维护国家稳定、经济平稳发展有重要作用。对农业进行准确的效率测算、了解农业存在问题, 是促进农业向现代化转型的关键。延迟存在于各个社会系统中, 即社会系统中投入与产出存在着时间差。在农业生产系统中, 其投入与产出存在着时间差, 特别是在农业科技投入中, 其产出的滞后效应更加明显。所谓的滞后效应就是指投入与产出也存在着时间差, 投入的作用可能会经过一段时期才会显现<sup>[1]</sup>。因此, 对投入与产出之间存在的滞后时间进行量化, 对于投入产出效率的准确测算具有关键作用。王庆丰等通过计算 Moore 结构值, 测算得到我国 3 次产业就业结构滞后时间<sup>[2]</sup>。吴和成等利用确定系数  $R^2$  的大小来确定产出相对于投入的滞后期<sup>[3]</sup>。吴敏

等提出用复相关系数  $R$  确定江苏科技投入与产出的滞后期, 认为复相关系数  $R$  相对于确定系数  $R^2$  更具有明确的经济意义<sup>[4]</sup>。杨晓晨运用偏离值指标得出了健身消费水平和经济发展水平之间的滞后期<sup>[5]</sup>。丁守海等也对滞后性与滞后时间的测算进行了分析与讨论<sup>[6-12]</sup>。由于行业特性等因素, 某些行业的数据并不完整, 这给滞后期的量化增加了困难。其中, 一些学者提出利用灰色系统理论测算滞后期, 同样得到了令人满意的结果。灰色系统理论是邓聚龙教授创立的, 是在信息差异、不确定信息中解的不唯一性、“小样本”“贫信息”等相关理论的基础上发现并提炼出来的为“部分信息已知, 部分信息未知”的研究对象提供灰色预测、灰色系统决策、灰色技术优化和控制等相关方法的理论。其中, 陶建格通过灰色关联度模型得出了不同省份城市化滞后工业化的时间<sup>[13]</sup>。王庆丰运用灰色关联分析方法, 测算我国 3 次产业就业结构滞后时间, 测算我国 3 次产业就业结构滞后时间<sup>[14]</sup>。任可等基于灰色关联分析研究服务业滞后于城市化的时间等<sup>[15-19]</sup>。灰色关联分析是灰色系统理论中得到最广泛运用的灰色模型之一, 其基本思想是通过确定系统行为序列和若干个相关因素序列的几何形状相似程度来判断其联系是否紧密。它不仅对样本量 and 有无明显规律都同样适用, 且计算量不大, 十分方

收稿日期: 2018-07-04

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 41171444); 河南省软科学项目(编号: 182400410256); 河南省高等学校重点科研项目(编号: 15A630032)。

作者简介: 董奋义(1972—), 男, 河南平舆人, 博士, 副教授, 主要从事灰色系统理论、决策分析研究。E-mail: dfenyi@163.com。

通信作者: 齐 冰, 硕士研究生, 主要从事科技创新及其管理研究。E-mail: 18530707595@163.com。

师范大学学报(哲学社会科学版), 2013, 45(5): 120–130。

[7] 张元红, 刘长全, 国鲁来. 中国粮食安全状况评价与战略思考[J]. 中国农村观察, 2015(1): 2–14, 29, 93.

[8] Acevedo M F. Interdisciplinary progress in food production, food security and environment research[J]. Environmental Conservation, 2011, 38(2): 151–171.

[9] 杨学利. 基于可持续发展视角的中国粮食安全评价研究[D]. 长春: 吉林大学, 2010.

[10] 单 哲, 李宪宝. 山东省粮食安全评价分析[J]. 农业技术经济, 2011(3): 95–103.

[11] 李光泗, 朱丽莉. 我国粮食价格波动及其调控途径[J]. 价格理

论与实践, 2011(1): 34–35.

[12] 杨 磊, 王吉恒, 李 玉. 新一轮土地制度改革下的农村金融产品需求分析—以东三省粮食主产区为例[J]. 农村经济, 2016(7): 49–55.

[13] Kruscal J B. Linear transformation of multicariate data to reveal clustering[M]. Shepard R N. Multidimensional scaling: theory and applications in the behavioral sciences. Oxford: Seminar Press, 1972: 181–191.

[14] Friedman J H, Tukey J W. A projection pursuit algorithm for exploratory data analysis[J]. IEEE Transactions on computers, 1974, 100(9): 881–890.