

基于耕地压力指数的山东省粮食生产动态分析与预测

李福夺, 杨兴洪

(贵州大学 管理学院, 贵州 贵阳 550025)

摘要: [目的] 对山东省 1994—2014 年的粮食生产进行动态分析, 并对 2015—2025 年的粮食安全状况进行预测, 为该省制定合理的粮食生产规划和农业经济政策提供科学依据。[方法] 从耕地压力角度出发, 采用最小人均耕地面积和耕地压力指数模型, 通过对文献资料进行搜集、整理与统计, 并运用 Logistic 人口预测模型和灰色 GM(1,1) 模型开展研究。[结果] (1) 山东省 1994—2014 年中的大多数年份耕地压力指数大于 1, 处于粮食不安全状态; (2) 1994—2014 年耕地压力指数呈现出缓慢上升趋势, 且其变化具有明显的周期性, 每个波动周期大约为 4~5 a; (3) 未来 10 a 粮食产量、年末人口总数呈增加的态势, 而耕地面积、人均耕地面积、最小人均耕地面积和耕地压力指数均呈现出降低趋势, 且大多数年份的耕地压力指数值小于 1。[结论] 通过大力发展粮食经济, 未来 10 a 山东省粮食生产与供给都将处于安全状态。

关键词: 耕地压力指数; Logistic 人口预测模型; 灰色模型; 粮食安全; 山东省

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2016)04-0220-07

中图分类号: F326.11

文献参数: 李福夺, 杨兴洪. 基于耕地压力指数的山东省粮食生产动态分析与预测[J]. 水土保持通报, 2016, 36(4): 220-226. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2016.04.039

Development of Grain Production and Its Prediction in Shandong Province

LI Fuduo, YANG Xinghong

(School of Management, Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025, China)

Abstract: [Objective] The grain production status in Shandong Province during 1994—2014 and the food security during 2015—2025 were studied to provide scientific basis for making reasonable production planning and agricultural economic policy. [Methods] Models of the cultivated land pressure index based on minimum per capita arable land area, logistic population prediction model and grey model[GM(1,1)] were used to carry out the research. [Results] (1) The cultivated land pressure index was greater than 1 in many years during 1994—2014 in Shandong Province, implying that a state of food insecurity existed. (2) Cultivated land pressure index in 1994—2014 showed a slow periodical upward trend with a 4~5 a cycle. (3) In the next 10 years, grain output and total population will present a growth trend; while indices of arable land, arable land per capita, the minimum per capita cultivated land area and cultivated land pressure index are predicted having a downward trend. And the cultivated land pressure index value will be less than 1 in most years. [Conclusion] Through expanding food economy, grain production and food supply will be in a safe state in the next 10 a in Shandong Province.

Keywords: land pressure-based cultivation index; logistic model of population prediction; grey model; food security; Shandong Province

粮食生产在农业生产中占有举足轻重的地位, 也直接关系到社会的和谐与稳定^[1]。自 1972—1974 年世界粮食危机爆发以来, 粮食安全问题逐渐成为学术界研究的焦点。当前, 世界粮食危机仍在继续, 全球

性的粮食出现严重短缺、产量锐减、价格涨幅过快, 这引发了国际社会对粮食安全问题的普遍担心。据世界粮农组织最新估计, 2004—2006 年全球约有 8.05 亿人长期受食物不足困扰, 食物不足发生率同期在全

收稿日期: 2015-10-07

修回日期: 2015-10-25

资助项目: 贵州大学人文社科重点特色学科重大项目“农村土地资本化研究”(GDZT12007)

第一作者: 李福夺(1989—), 男(汉族), 山东省乐陵市人, 硕士研究生, 研究方向为农业经济理论与政策、粮食安全等。E-mail: lifuduo2010@163.com。

通讯作者: 杨兴洪(1971—), 女(布依族), 贵州省都匀市人, 博士研究生, 教授, 硕士生导师, 主要从事农业经济理论与政策、农业保险等方面的研究。E-mail: 18366622500@163.com。

球范围内仍然高达 11.3%，在发展中国家更是达到了 13.5%^[2]。《2014 年世界粮食不安全状况》指出，尽管发展中国家作为整体已取得进展，但在减轻食物不足问题、改善粮食安全方面仍有较大的改进空间^[3]。作为全球最大的发展中国家，世界粮食规划署公布的《2013 年全球粮食安全指数报告》显示，中国的粮食安全指数位列第 42 位，属于“轻度风险”国家^[4]。但是，在全球粮价普遍上涨的大背景下，中国粮食安全绝不是高枕无忧，特别是最近几年，国内粮食生产形势正悄然发生着一些深刻的变化，粮食生产的不利因素在增多，而有利条件却在减少，粮食安全存在很大隐患，应该引起足够的重视。保障粮食安全是关系到国计民生的大事，而区域粮食生产是国家粮食安全的基础，保障国家粮食安全就必须先要科学制定区域粮食生产任务、稳定区域粮食产量，特别是粮食主产区的粮食产量。

山东省作为中国重要的粮食主产区，其粮食生产情况直接关系到全国的粮食安全状况。建国以来，特别是实行家庭联产承包责任制以来，山东的粮食生产有了突飞猛进的发展。1984 年全省粮食总产突破 3.00×10^7 t，人均粮食占有量已达 400 kg 以上，基本上解决了温饱问题；1999 年达到 4.30×10^7 t，比 1949 年增长了近 4 倍，比改革开放初的 1978 年增长了 1 倍；“九五”期间在国家粮食增产的 5.00×10^7 t 中，就有 10% 的增量来自山东省。进入 21 世纪以来，山东省在全国率先实现了历史性的粮食总产“十二连增”。面对复杂严峻的国内外经济形势和农业生产形势，作为我国第三大粮食主产省份，山东省粮食生产对保障整个国家的粮食安全和经济社会的稳定发展有着极其重要的意义。以往研究对区域粮食安全状况的量度，大多采用区域粮食生产能力这一指标来代替，但这并不能全面、准确地反映出耕地、人口与粮食安全的关系，相比而言，耕地压力指数模型科学、合理，并能准确反映粮食安全与确保粮食安全的耕地之间的动态关联性。鉴于此，本研究从耕地压力角度出发，采用耕地压力指数模型，通过对文献资料进行搜集、整理与统计，对山东省 1994—2014 年的粮食生产进行了动态分析，之后又运用时间序列平滑预测法和灰色模型对未来 10 a(2015—2025 年)山东省的粮食安全状况进行了预测，以期为国家粮食主产区制定合理的粮食生产规划和农业经济政策提供科学的理论依据。

1 研究区概况

山东省位于东部沿海、黄河下游地区，位于东经

$114^{\circ}19' - 122^{\circ}43'$ ，北纬 $34^{\circ}22' - 38^{\circ}23'$ 之间，自北向南依次与河北、河南、安徽和江苏接壤，面积 1.58×10^5 km²。山东省地处温带季风气候区，属半干旱大陆性气候，年内季节变化十分明显，大多数年份的气候干燥度在 1.7~1.9 之间，最高可达 2.2，总体来说这种气候特征适合农作物特别是粮食作物的生长；山东省年平均气温在 13℃ 左右，其中 7 月最热，平均可达近 35℃；1 月份最冷，平均为 -4.5℃，冬季寒潮频繁、常发霜冻；山东省年均降水量为近 600 mm，降水分布东部半岛多于西部内陆，鲁东南多于鲁西北，全年降水近 70% 集中在夏季，秋季雨量多于春季^[5]。山东省土地总面积 1.57×10^7 hm²，约占全国国土总面积的 1.63%，居全国第 19 位。在山东省各种地貌中，平原所占比重最大，约为 55%，这也奠定了山东省农业大省的地位；山地、丘陵分别占到 15.5% 和 13.2%，其他地貌分布较少。2014 年山东省农业从业人员 3.33×10^8 人，农用地共 1.16×10^8 hm²，占土地总面积的 73.61%；在农用地中，耕地 7.32×10^7 hm²，人均耕地 0.081 hm²，略低于全国平均水平。山东省的粮食产量较高，粮食作物种植分夏、秋两季，夏粮主要是冬小麦，秋粮主要是玉米、地瓜、大豆、高粱、谷子和小杂粮，其中小麦、玉米、地瓜是山东省的 3 大主要粮食作物。自 1978 年以来的 30 a 多间，山东省粮食总产实现连续跨越，到 2014 年粮食总产达到 4.60×10^8 t，其中商品粮达 2.42×10^8 t，商品粮率达 52.6%，均创历史新高^[6]。近年来山东省农业生产条件发展迅速，2014 年该省农业生产化肥施用量 1.60×10^8 t，平均施用量 629 kg/hm²，比全国平均水平 311 kg/hm² 高出 1 倍；农业机械总动力 1.69×10^9 kW，农机总值 8.38×10^{11} 元，农机化综合水平超过 86.2%，其中粮食生产机械化水平达到 93% 以上。共有各类水库 6 411 座，其中，大中型水库 34 座，库容量其中超过 2.00×10^9 m³ 的大型水库 16 座，总库容 1.79×10^{11} m³，农田有效灌溉面积积达 4.83×10^7 hm²^[7]。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源与处理

2.1.1 数据搜集 查阅《山东省统计年鉴》《山东年鉴》(1994—2014 年)等官方正式公布的文献材料，并收集自 1994—2014 年的山东省粮食局、农业厅等机构相关统计资料，搜集的数据内容应该包括 1994—2014 年山东省人口数量、粮食自给率、粮食总产、粮食播种面积、农作物总播种面积和复种指数等，数据搜集是进行统计分析的前提和基础。

2.1.2 数据校对与整理 由于历史资料的记载也可能会出现偏差,导致数据不准确,因此在利用搜集来的资料展开研究前必须反复比较、核对、核准,才能确保数据的准确无误,这样得出的结论才更可靠、更有说服力,也更具参考价值。数据要按照 1994—2014 年的时间段序列逐年排列,应用 Excel 软件对山东省 20 a 里粮食指标数据信息进行系统化整理。

2.2 研究方法

采用最小人均耕地面积和耕地压力指数模型对山东省 1994—2014 年的粮食生产进行动态分析,运用时间序列平滑预测法和灰色 GM(1,1) 模型对 2015—2030 年山东省的粮食安全状况进行了预测。

2.2.1 最小人均耕地面积模型 保障区域粮食安全的最小人均耕地面积是指,在一定区域范围内一定粮食自给水平和耕地综合生产能力条件下,满足个人正常生活的粮食消费所需的最少耕地面积阈值^[8]。最小人均耕地面积的内涵是为了保证区域粮食安全而需保护的耕地数量底线,它受到粮食自给率、人均粮食需求量、粮食单产、粮食播种面积占比和复种指数这 5 个因素的影响,其计算公式为:

$$S_{\min} = \beta \frac{G_r}{pqk} \quad (1)$$

式中: S_{\min} ——区域最小人均耕地面积 ($\text{hm}^2/\text{人}$); β ——区域粮食自给率 (%); G_r ——人均粮食需求量 ($\text{kg}/\text{人}$); p ——粮食单产 (kg/hm^2); q ——粮食播种面积占比 (%); k ——复种指数(复种指数是指一定时期内(一般为 1 a)在同一地块耕地面积上种植农作物的平均次数,它等于年内耕地上农作物总播种面积与耕地面积之比)。

由公式(1)可以看出,最小人均耕地面积 S_{\min} 与粮食自给率 β 和人均粮食需求量 G_r 成正比,与粮食单产 p 、粮食播种面积占比 q 和复种指数 k 成反比, qk 表示粮食播种面积在总耕地面积中所占的份额,而 pqk 实际上反映了耕地粮食生产力水平。

2.2.2 耕地压力指数 耕地压力指数是指最小人均耕地面积与实际人均耕地面积的比值,计算公式为:

$$K = \frac{S_{\min}}{S_a} \quad (2)$$

式中: S_a ——实际人均耕地面积 ($\text{hm}^2/\text{人}$); K ——耕地压力指数。

耕地压力指数衡量的是一个特定区域为保障其粮食安全所需的最小人均耕地面积 S_{\min} 与实际人均耕地面积 S_a 的对比关系,其值反映了区域耕地资源的紧张程度。需要指出的是,由于耕地生产力水平、人口数量与质量等因素都是动态的,因而 S_{\min} 和 S_a

也都会随时间和空间发生变化,因此耕地压力指数 K 也表示一个会随时空发生变化的量^[9]。耕地压力指数 K 给出了耕地保护的阈值,可作为区域耕地保护的调控指标。不同时空截面上的 K 值大小反映了此时区域耕地资源所承受的压力水平,因此可以根据 K 值的大小采取不同的对策,以调节耕地资源所承受的压力,实现耕地资源的可持续利用。具体来说: $K=1$,表示最小人均耕地面积 S_{\min} 与实际人均耕地面积 S_a 相等,区域粮食供给也刚好等于需求。此时必须采取措施严格防止耕地资源的进一步流失,同时还要通过加大物质资本投入和技术投入来积极提高耕地的生产力水平,从而提高粮食单产。 $K<1$,表示最小人均耕地面积 S_{\min} 小于实际人均耕地面积 S_a ,粮食生产与供给都处于安全状态。此时可以适度转移耕地用途来保证城镇化进程对土地的需求,可以通过适度退耕还林还草来改善生态环境,当然,耕地用途的转变必须严格控制在不大于 $(S_{\min} - S_a)$ 的范围内,否则就会区域粮食安全。 $K>1$,表示最小人均耕地面积 S_{\min} 大于实际人均耕地面积 S_a ,粮食生产与供给处于不安全状态。此时说明区域耕地正承受着巨大的压力,需要通过适当开发后备耕地资源和加强对现有“抛荒”土地的整理、提高单位面积的产出水平等来加强粮食生产、确保粮食安全。

2.2.3 Logistic 人口预测模型 为了保证人口预测的精确性,采用 Logistic 人口预测模型来对对未来 10 a 山东省人口数量进行预测,计算公式为^[10]:

$$x_1 = \frac{N}{1 + \left(\frac{N}{x_0} - 1\right)e^{\tau}} \quad (3)$$

$$x_2 = \frac{N}{1 + \left(\frac{N}{x_1} - 1\right)e^{\tau}} \quad (4)$$

式中: x_0, x_1, x_2 —— t_0, t_1 和 t_3 3 个年份的人口数据, $t_2 - t_1 = t_1 - t_0 = \tau$ 。由公式(3)—(4) 联立可得:

$$r = \frac{1}{\tau} \ln \frac{x_0/x_1}{x_1/x_2}, \quad N = \frac{1 - e^{\tau}}{\frac{1}{x_1} - \frac{1}{x_0} e^{\tau}} \quad (5)$$

由于人口数据取自 1994—2014 年,因此可选择 1994, 2004, 2014 年这 3 个间距相等的年份,查阅资料可知,1994 年的人口数量 $x_0 = 8\ 671$ 万人,2004 年的人口数量 $x_1 = 9\ 180$ 万人,2014 年人口数量 $x_2 = 9\ 856$ 万人, $\tau = 10$, 带入式(4)得: $r = 0.057\ 65$, $N = 10\ 925.9$ 。将 r, N, x_0 带入公式(3)中,得山东省人口数量的预测公式为:

$$x(t) = \frac{10\ 925.9}{1 + 0.1\ 684e^{0.057\ 65t}} \quad (6)$$

2.2.4 灰色 GM(1,1)模型 灰色 GM(1,1)模型是对系统的时间序列进行数量大小的预测,即对系统的主行为特征量或某项指标,发展变化到未来特定时刻出现的数值进行预测的模型。统计预测要求有足够的样本和充分的数据,还需要符合典型分布,而灰色 GM(1,1)模型对数据要求不高,也不需要符合典型分布,此特点特别适合于土地利用和粮食生产方面的预测^[11]。

3 山东省耕地、人口、粮食与耕地压力指数分析

3.1 山东省粮食总产量、耕地面积、人口数量动态变化

粮食作为一种土地密集型产品,其产量对耕地具有很大的依赖性,耕地面积的数量和质量都会对区域和国家粮食生产产生重大影响。同时,随着人口的增长,人均粮食占有量也必然随之波动,图1为1994—2014年山东省粮食总产量、耕地面积以及人口数量的动态变化曲线。

3.1.1 人口数量的动态变化 图1显示,1994—2014年山东省人口数量呈现出线性增长趋势,从1994年的 8.67×10^8 人增加到2014年的 9.86×10^8 人,增幅高达13.67%,年均增长率达1.02%,人口的快速增长给有限的耕地和农业生态带来了巨大的压力,也给区域粮食需求安全带来了巨大的挑战。

3.1.2 耕地面积的动态变化 1994年以来山东省耕地面积变化大致可以划分为3个阶段。第一阶段为1994—1999年,这一时期耕地面积除1997年出现一定幅度的下降外,其他年份都稳步增加,总体来看从1994年的 $6.22 \times 10^7 \text{ hm}^2$ 增加到1999年的 $8.10 \times 10^7 \text{ hm}^2$,5 a间增加了 $1.88 \times 10^7 \text{ hm}^2$,增加幅度为30.25%,年均增幅更是高达7.82%,该阶段耕地面积增加的主要原因是农业结构的内部调整和土地复垦改革工作的推进,保障山东省耕地稳中有增^[12];第二阶段为2000—2004年,该阶段山东省耕地面积出现了比较大的下滑,到2004年降为 $6.31 \times 10^7 \text{ hm}^2$,略高于1994年的水平,造成这种变化的原因在于该阶段城镇化的推进大量占用了农业生产性耕地,而非农用途对耕地大量占用后又难以实现占补均衡,粮食播种面积急剧萎缩;第三阶段为2005—2014年,这10 a山东省耕地面积实现了小幅反弹,2005年为 $6.31 \times 10^7 \text{ hm}^2$,到2014年达到 $7.32 \times 10^7 \text{ hm}^2$,增加约 $1.00 \times 10^7 \text{ hm}^2$,增幅达15.85%,年均增长率为2.25%,本次耕地面积的增长主要和2005年国家取消农业税后相关惠农政策的刺激推动以及加强了对耕地的保护有关,但非农建设用地的增加使耕地面积增加速度缓慢^[13]。

3.1.3 粮食产量的动态变化 由图1可以看出,1994—1999年山东省粮食产量变化同样经历了三个阶段,第一阶段为1994—1999年,粮食总产量总体呈现出增加的态势,1994年为 $3.46 \times 10^8 \text{ t}$,到1999年增加到 $4.27 \times 10^8 \text{ t}$,增量为 $8.12 \times 10^7 \text{ t}$;第二阶段为1999—2002年,粮食总产整体保持下降趋势,1999年为 $4.27 \times 10^8 \text{ t}$,到2002年降到 $3.29 \times 10^8 \text{ t}$,减少量为 $9.76 \times 10^7 \text{ t}$,下降约23%;2002年之后为第3阶段,该阶段种植结构的创新和农业机械水平的提高使得山东省粮食产量进入逐年连增,即所谓的“十二连增”阶段,由2003年的 $3.44 \times 10^8 \text{ t}$ 升至2014年的 $4.60 \times 10^8 \text{ t}$,增加33.79%,年均增幅达2.26%,成为全国唯一一个保持连续12 a增产的省份。

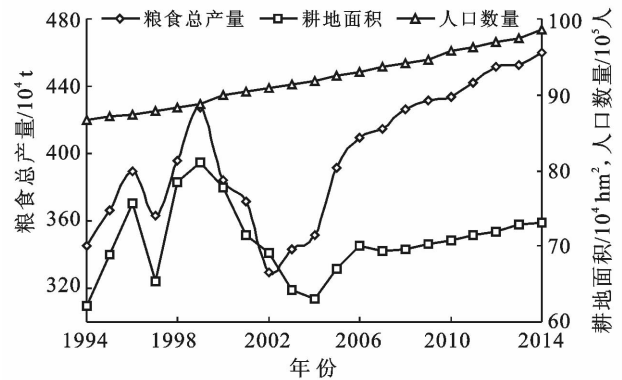


图1 山东省1994—2014年粮食总产量、耕地面积、人口数量动态变化

3.2 山东省耕地压力指数动态变化分析

山东省粮食局统计资料显示,1994—2014年20 a里山东省粮食平均自给率 β 为98%,年人均粮食需求量 G_r 为415 kg,由最小人均耕地面积和耕地压力指数模型计算得到山东省1994—2014年的最小人均耕地面积 S_{\min} 值和耕地压力指数 K 值(表1)。

根据表1中数据,可得1994—2014年山东省的最小人均耕地面积和耕地压力指数的动态变化情况(图2)。由图2可以看出,通过对山东省1994—2014年最小人均耕地面积和耕地压力指数变化进行分析,发现除个别年份(1998,1999年)外,山东省耕地压力指数一直都大于1,说明山东省一直处于粮食不安全状态。20 a间研究区粮食安全水平各不相同,耕地压力指数的变化具有明显的周期性,每个波动周期大约为4~5 a;值总体来看是缓慢上升的,根据计算结果,1994—2014年山东省粮食安全动态变化情况大致可分为4个阶段:第1阶段为1994—1999年,山东省耕地压力指数出现了比较明显的下降,特别是1999年达到了20 a来的最低点,耕地压力指数为0.97。这一时期耕地压力指数的下降,主要源于

山东省农业结构的深度调整和土地复垦改革工作的推进,使得山东省耕地稳中有增,缓解了耕地生产的压力,稳定了粮食的产出。随着粮食生产的稳步增长,到1998,1999年,山东省粮食安全基本能够得到保障,但安全形势不容乐观。第2阶段为2000—2004年,该阶段山东省耕地压力指数呈现出逐年上升趋势,从2000年得1.06增加到了2004年的1.25,提高了18%,说明近年来随着山东省城镇化的推进,粮食生产所面临的耕地压力也是日趋严峻,粮食安全形势进一步恶化。第3阶段为2005—2009年,山东

省耕地压力指数又进入了一个新的平稳下降周期,本期耕地压力缓解的原因一方面是农业生产技术的提高,另一方面是政府加强了土地立法、严格控制城镇化建设对耕地的占用,积极开垦未利用荒地,复垦抛荒地,虽然实际人均耕地面积一直处于下降态势,但这些措施在一定程度上减缓了耕地减少的速度,缓解了耕地生产的压力,稳定了粮食的产出。第4阶段为2010—2014年,耕地压力指数又进入新一轮的周期性上升,这与这段时期山东省粮食单产的增幅减小从而导致的粮食总产增幅不大有关。

表1 山东省1994—2014年最小人均耕地面积和耕地压力指数

年份	$\beta/\%$	G_r (kg/人)	$p/$ (kg·hm ⁻²)	$q/\%$	k	S_{\min} (hm ² /人)	S_a (hm ² /人)	K
1994	98	415	4736	89.92	1.02	0.093 6	0.071 7	1.31
1995	98	415	4822	85.15	1.08	0.091 7	0.079 1	1.16
1996	98	415	4909	82.76	1.11	0.090 2	0.086 5	1.04
1997	98	415	5145	77.33	1.07	0.095 5	0.074 4	1.28
1998	98	415	5057	80.18	1.15	0.087 2	0.088 9	0.98
1999	98	415	5271	76.55	1.14	0.088 4	0.091 2	0.97
2000	98	415	4938	79.09	1.14	0.091 5	0.086 4	1.06
2001	98	415	5201	75.34	1.17	0.088 7	0.079 1	1.12
2002	98	415	4763	74.25	1.15	0.099 8	0.076 1	1.31
2003	98	415	5355	72.40	1.20	0.087 4	0.070 3	1.24
2004	98	415	5570	69.56	1.22	0.086 0	0.068 8	1.25
2005	98	415	5837	65.32	1.23	0.086 7	0.072 6	1.19
2006	98	415	5848	67.57	1.17	0.087 9	0.075 2	1.17
2007	98	415	5981	63.44	1.09	0.098 3	0.074 1	1.33
2008	98	415	6125	62.89	1.15	0.091 8	0.073 9	1.24
2009	98	415	6140	66.36	1.16	0.086 1	0.074 2	1.16
2010	98	415	6120	65.25	1.20	0.084 9	0.074 0	1.15
2011	98	415	6194	61.45	1.14	0.093 7	0.073 8	1.27
2012	98	415	6264	57.29	1.15	0.098 5	0.074 4	1.32
2013	98	415	6208	58.13	1.19	0.094 7	0.075 0	1.26
2014	98	415	6312	56.25	1.16	0.098 8	0.081 2	1.22

注: β 为平均自给率; G_r 为人均粮食需求量; p 为粮食单产; q 为粮食播种面积占比; k 为复种指数; S_{\min} 为最小人均耕地面积; S_a 为实际人均耕地面积; K 为耕地压力指数。下同。

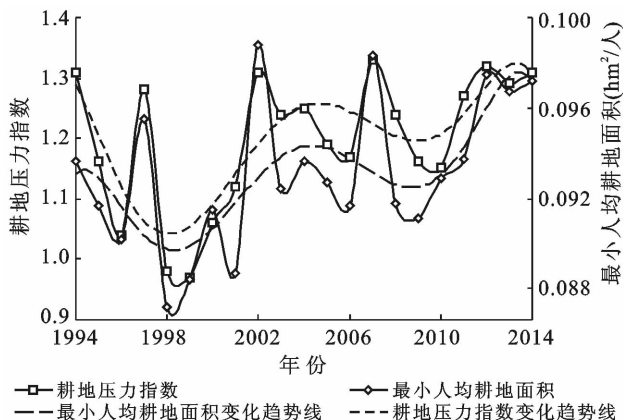


图2 山东省1994—2014年最小人均耕地面积和耕地压力指数动态变化

4 山东省2015—2030年粮食安全趋势预测

根据灰色系统原理,把山东省1994—2014年耕地及粮食产量有关数据带入灰色模型进行计算,得到山东省耕地面积和粮食总产的拟合方程分别为:

$$S(t) = -96.33482 \exp(-0.12508t) + 102.65519 \quad (7)$$

$$Q(t) = -1985.62238 \exp(-0.14397t) + 375.16482 \quad (8)$$

对模型(7)—(8)分别进行后验差检验,得 $S_C = 0.2558$, $S_Q = 0.2874$,可见模拟效果较好。

利用公式(7)–(8)计算出 2015—2025 年山东省耕地面积和粮食总产后,再根据上文推算出的 Logistic 人口预测模型公式(6)计算出各年山东省人口总数,从而可以得到未来 10 a 的最小人均耕地面积 S_{\min} 和耕地压力指数 K 的预测值,进而对这段时间内山东省的粮食安全趋势进行预测。山东省 2015—2025 年的 S_{\min} 和 K 预测值详见表 2。

由表 2 预测结果显示,未来 10 a 山东省粮食产量、年末人口总数呈增加的态势,而耕地面积、人均耕地面积 S_a 、最小人均耕地面积 S_{\min} 和耕地压力指数 K 均呈现出降低趋势,且除 2015,2016 年外,其他年份

的实际人均耕地面积 S_a 均大于最小人均耕地面积 S_{\min} ,表明耕地生产力的供给水平高于粮食消费水平。此时,可以适度转移耕地用途来保证城镇化进程对土地的需求,可以保持耕地生产能力、培育肥力以保持更低的综合生产力,可以大力调整农业内部种植结构,通过适度退耕还林还草来改善生态环境,当然,耕地用途的转变必须严格控制在不大于 $(S_{\min} - S_a)$ 的范围内,否则就会区域粮食安全。此外, K 值不断减小还说明,山东省粮食商品率有较大的提升空间,可以通过提高粮食商品率,为保障区域和国家粮食安全作出更大的贡献^[14]。

表 2 山东省 2015—2025 年最小人均耕地面积和耕地压力指数预测值

年份	耕地面积/ 10 ⁴ hm ²	粮食产量/ 10 ⁴ t	年末总人口/ 万人	S_a (hm ² /人)	S_{\min} (hm ² /人)	K
2015	719.12	4 598.2	10 115.25	0.071 1	0.072 4	1.022 1
2016	710.33	4 654.7	10 230.71	0.069 4	0.069 9	1.017 8
2017	695.25	4 721.9	10 289.54	0.067 6	0.058 5	0.875 2
2018	687.54	4 788.5	10 314.82	0.066 7	0.055 9	0.843 5
2019	682.91	4 830.2	10 420.25	0.065 5	0.053 2	0.812 2
2020	670.26	4 876.6	10 528.40	0.063 7	0.051 4	0.806 9
2021	666.39	4 945.5	10 596.59	0.062 9	0.050 2	0.798 1
2022	661.62	4 990.4	10 665.84	0.062 0	0.048 3	0.779 0
2023	650.15	5 012.8	10 717.33	0.060 7	0.047 5	0.782 5
2024	644.17	5 052.5	10 798.52	0.059 7	0.046 3	0.775 5
2025	638.09	5 087.1	10 828.54	0.058 9	0.043 8	0.743 6

注:蔡云龙研究发现,随着国民经济发展和人们生活水平的逐步提高,年人均粮食需求量将会出现一定幅度的增加,而粮食自给率可能会下滑,据此,在预测 2015—2025 年山东省粮食安全状况时取人均粮食需求量为 500 kg,年平均粮食自给率为 95%来进行测算。

5 讨论与结论

5.1 讨论

尽管近年来山东省粮食生产形势喜人,但要实现粮食持续增产还必须要认识到以下两点^[15]: (1) 由于耕地面积总量是有限的,因此相较关注耕地数量,更应关注怎样提升耕地质量。多年来山东省大部分地区还在采用比较落后的耕种模式(其中采用最多的旋耕方式),导致土壤流失严重,保肥保水能力不强,加之化学肥料等的过量使用,导致单位投入的边际产出越来越低,难以满足高产稳产的需要;(2) 由于农业在三大产业中经济效益最差,从事农业生产对促进农民增收致富的效果也最不明显,调动农民种粮积极性的压力依然很大。在研究方法上,本研究是在对山东省耕地面积、人口数量和粮食产量进行动态分析的基础上对耕地压力指数进行研究和预测的,研究结果和预测结论对于提高山东省的粮食生产能力、帮助国家制定粮食主产区(山东省)粮食生产规划和农业经济

政策都具有一定的参考价值。但由于灰色 GM(1,1)模型是根据耕地变化趋势来预测未来的耕地面积和粮食产量,对政府农业政策及经济发展速度等因素考虑较少^[16],尤其是在新常态经济增速放缓的新形势下,就更显局限性,因此在预测方法上还需不断完善。此外,本研究仅从时间维度上对山东省粮食生产与安全状况进行了动态分析与预测,尚缺乏空间格局差异的度量分析与比较,有待进一步研究和探讨。

5.2 结论

(1) 通过对山东省 1994—2014 年最小人均耕地面积和耕地压力指数变化进行分析,发现除个别年份(1998,1999 年)外,山东省耕地压力指数一直都大于 1,说明山东省一直处于粮食不安全状态。

(2) 山东省 1994—2014 年粮食安全水平各不相同,从总体来看, K 值呈现出缓慢上升的趋势;从局部时间段来看,耕地压力指数 K 的变化具有明显的周期性,每个波动周期大约为 4~5 a。1994—2014 年山东省粮食安全动态变化情况大致可分为 4 个阶段:

1994—1999年,山东省耕地压力指数 K 出现了比较明显的下降;2000—2004年,该阶段耕地压力指数 K 呈现出逐年上升趋势;2005—2009年 K 进入了一个新的平稳下降周期;2010—2014年,耕地压力指数 K 又进入新一轮的周期性上升,且引起每一阶段变化的因素各不相同。

(3) 未来 10 a 山东省粮食产量、年末人口总数呈增加的态势,而耕地面积、人均耕地面积 S_a 、最小人均耕地面积 S_{\min} 和耕地压力指数 K 均呈现出降低趋势,且除 2015、2016 年外,其他年份的实际人均耕地面积 S_a 均大于最小人均耕地面积 S_{\min} ,表明耕地生产力的供给水平高于粮食消费水平,粮食生产与供给都处于安全状态。

[参 考 文 献]

- [1] 刘彦随,翟荣新. 中国粮食生产时空格局及其优化策略探析[J]. 地域研究与开发, 2009, 28(1): 1-16.
- [2] 殷培红,方修琦,马玉玲,等. 21 世纪初我国粮食供需的新空间格局[J]. 自然资源学报, 2006, 21(4): 625-631.
- [3] FAO. 世界粮食不安全状况(2014)[R]. FAO, 2015.
- [4] 世界粮食规划署. 2013 年全球粮食安全指数报告[R]. 世界粮食规划署, 2014.
- [5] 李福夺,杨兴洪. 山东省农业旱灾恢复力评估研究: 基于

社会受灾体的脆弱性与恢复力的关系[J]. 华中师范大学学报:自然科学版, 2015, 49(1): 153-159.

- [6] 王兆华,褚庆全. “十连增”背景下的我国区域粮食生产状况分析:以山东省为例[J]. 农业经济, 2015(9): 12-14.
- [7] 李福夺. 山东省自然灾害时空分布规律与防灾减灾对策[J]. 湖北农业科学, 2016(3): 796-80.
- [8] 蔡运龙,傅泽强,戴尔阜. 区域最小人均耕地面积与耕地资源调控[J]. 地理学报, 2002, 57(2): 127-134.
- [9] 陈百明,周小萍. 全国及区域性人均耕地阈值的探讨[J]. 自然资源学报, 2002, 17(5): 622-628.
- [10] 李小燕,任志远,郝惠梅. 区域粮食安全与耕地总量动态平衡测算研究:以陕西省为例[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(5): 213-216.
- [11] 傅泽强,蔡运龙. 基于灰色系统的中国粮食安全预测研究[J]. 自然资源学报, 2001, 16(4): 313-319.
- [12] 葛颜祥. 山东省粮食生产现状及其发展战略探讨[J]. 山东农业大学学报:社会科学版, 2001, 3(1): 63-63.
- [13] 朱峰,孙兆明,李树超. 山东省玉米生产现状与发展对策分析[J]. 农业科技通讯, 2015(3): 6-9.
- [14] 李凤国,宋戈. 黑龙江省宝泉岭垦区粮食生产动态分析[J]. 水土保持研究, 2012, 19(6): 223-227.
- [15] 刘开田,李化武. 关于山东省粮食安全问题的几点思考[J]. 齐鲁粮食, 2008(12): 9-12.
- [16] 王步祥. 基于灰色系统理论的我国粮食产量预测研究[D]. 江苏 镇江: 江苏大学, 2009.

(上接第 219 页)

[参 考 文 献]

- [1] 赵本淑,宋媛媛. 人工土壤微量元素降雨侵蚀试验研究[J]. 中国水土保持, 2014(5): 44-47.
- [2] 孙虎,唐克丽. 城镇建设中人为弃土降雨侵蚀试验研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 4(2): 29-35.
- [3] 雷阿林,唐克丽. 土壤侵蚀模型试验中的降雨相似其实现[J]. 科学通报, 1995, 40(21): 2004-2006.
- [4] 陈文亮. 组合侧喷式野外人工模拟降雨装置[J]. 水土保持通报, 1995, 15(2): 43-48.
- [5] 李书钦,高建恩,赵春红,等. 坡面水力侵蚀比尺模拟试验设计与验证[J]. 中国水土保持科学, 2010, 8(1): 6-12.
- [6] 王治国,佟泽昂. 黄土区大型露天矿排土场岩土侵蚀及其控制技术的研究[J]. 水土保持学报, 1994, 8(2): 10-17.
- [7] 钱宁,万兆惠. 泥沙运动力学[M]. 北京: 科学出版社, 1983.

- [8] 李文训. 山东省小流域综合治理模式研究[D]. 山东 济南: 山东师范大学, 2008.
- [9] 黄河水利委员会水土保持局. 黄河流域水土保持研究[M]. 河南 郑州: 黄河水利出版社, 1997.
- [10] 张汉雄,邵明安. 黄土高原生态环境建设[M]. 陕西 西安: 陕西科学技术出版社, 2001.
- [11] 王海英,刘桂环,董锁成. 黄土高原丘陵沟壑区小流域生态环境综合治理开发模式研究[J]. 自然资源学报, 2004, 2(19): 207-216.
- [12] 陈见影,孙虎,常占怀. 基于 IPA 方法的村民对小流域综合治理感知度研究:以渭北旱塬淳化县秦庄沟流域为例[J]. 水土保持通报, 2013, 33(5): 250-254.
- [13] 陈见影,孙虎,常占怀. 渭北旱塬小流域土地利用空间分布与地形因子关系研究:以渭北旱塬淳化县秦庄沟流域为例[J]. 水土保持通报, 2014, 34(2): 163-167.