

李炳军,杨卫明. 基于灰色区间预测和 GM(1,N)模型的我国粮食供需结构平衡分析[J]. 江苏农业科学,2019,47(18):325-329.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.18.068

基于灰色区间预测和 GM(1,N)模型的我国粮食供需结构平衡分析

李炳军, 杨卫明

(河南农业大学信息与管理科学学院,河南郑州 450002)

摘要:在农业供给侧改革背景下为更全面准确地分析预测我国粮食供需结构平衡性问题,首先对我国主要粮食进口量及生产现状进行分析,然后利用灰色区间预测和 GM(1,N)预测方法分别对我国主要粮食的需求量和粮食产量进行预测和分析。结果表明,我国主要粮食的需求量、产量在 2017、2018、2019 年持续增长,但供需依然存在较大缺口,其中大豆需求量日益增长,而生产远远跟不上。应该针对不同粮食的供需情况制定不同的生产策略,根据不同粮食影响因素的影响程度进行针对性生产,及时把握粮食消费需求情况,引导粮食合理消费。

关键词:灰色区间预测;GM(1,N)预测;主要粮食;供需结构平衡;政策建议

中图分类号: F326.11 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)18-0325-05

近年来,粮食产量在连年增长的同时,愈加突出的供需结构性失衡问题直接影响着粮农收入的持续增长和粮食产业的健康发展。因此,在当前农业供给侧改革背景下,对粮食供需结构进行预测是保障我国粮食安全的重要手段。近年来,众多学者对此作了大量的研究。陈倬等基于供需匹配对粮食供应链变革进行了深入的研究,并提出应该提升粮食质量等一系列措施来平衡供需^[1]。谢高地等对新时期中国粮食供需平衡态势及粮食安全观的重构进行了探讨,并提出建立基本的农田制度,维持粮食可持续发展等建议^[2]。吕新业等分别对我国 2020 年粮食供需和 2015—2050 年全球粮食供需变化趋势进行预测,并提出为保障粮食安全应积极实施国家食物安全新战略,积极改善进口粮食环境条件与全球粮食安全治理机制,系统做好粮食产能的预警与调控工作^[3]。唐华俊等采用膳食平衡分析法和趋势预测法计算基于平衡膳食模式下的人均口粮和饲料用粮、加工用粮的需求量和种子用粮、工业用粮、损耗等人均需求量^[4]。胡甜等在粮食供需现状分析的基础上,借助 GIS 和 Geoda 空间分析工具,从区域的空间差异和时空变化 2 个角度建立粮食供需模型,分析中国粮食供需的结构特征和空间分布规律^[5]。尚丽等从国际粮食价格波动角度探寻国际粮食价格对我国粮食供需平衡的影响^[6]。顾国达等采用趋势外推和指数平滑等方法,在预测人均粮食需求和粮食收益率的基础上,基于联合国人口司中等人口增速的假设,预测 2015—2050 年全球粮食供给和需求的变化趋势^[7]。另外,灰色系统也被很多学者应用在粮食研究应用

中,陈华喜等分别应用灰色 GM(1,1)模型对安徽省淮南市、甘肃省、山东省的粮食产量进行预测,并对各地制定相应的经济发展计划提供政策建议^[8-9]。何琳等分别用改进的灰色马氏链、灰色 Elman-NN 模型、灰色 AR 时序法对全国和吉林省粮食产量进行预测并提出相应意见^[10-12]。由现有文献可以发现,在粮食供需研究中,已有的关于我国粮食供需平衡的研究中多是粮食需求结构一定的情况下,从口粮、饲料粮、工业用量及损耗趋势采用低增速趋势推算需求量,对供给预测鲜有考虑多种影响粮食生产的因素,多运用时间序列进行整体预测且预测时间段较长。而灰色系统在粮食生产的应用中多是利用灰色 GM(1,1)或灰色组合模型来预测我国总的粮食产量,很少有考虑粮食生产影响因素对粮食各品种的产量的影响。因此,本研究利用灰色区间预测和灰色 GM(1,N)模型分析我国粮食的供需结构性平衡问题。考虑到粮食供需量受人们饮食习惯、国家政策等多方面的影响,本研究在分析我国粮食供需现状的基础上,整体考虑总需求量、人们饮食结构的改变,总需求量的上下波动,运用灰色区间预测对我国未来小麦、大豆、玉米、水稻 4 种主要粮食需求总量进行预测;考虑到粮食生产的众多影响因素,运用灰色 GM(1,N)对我国主要粮食 2017、2018、2019 年的产量进行分类预测,并对最终预测结果进行供需结构性平衡讨论,进而提出合理建议。

1 我国粮食生产现状

1.1 区域供需情况

我国主要分为粮食主产区、主销区和产销平衡区,用粮食生产集中度表示我国粮食生产情况(表 1)。用生产集中度来表示我国 31 个省(市、区)的粮食产量比重,其中生产集中度为每个省域粮食产量在当年占全国粮食产量的比重结果见表 1。由表 1 可知目前我国粮食产量大体情况以及区域差异,2005—2016 年这 12 年间黑龙江省、河南省、山东省的粮食产量一直处于前 3 位,黑龙江省在 2009 年以前生产集中度低于其他 2 个省份,但近年来其粮食产量占比提升较快,占比最

收稿日期:2018-06-06

基金项目:河南省哲学社会科学规划项目(编号:2016BJJ022);河南省软科学项目(编号:172400410015)。

作者简介:李炳军(1968—),男,河南泌阳人,教授,博士生导师,主要从事灰色系统理论和农业系统工程研究。E-mail: zzbjun@163.com。

通信作者:杨卫明,硕士研究生,主要从事灰色系统理论及其应用研究。E-mail: yangweiming626@163.com。

大;河南省粮食生产集中度稳定在 9.47% ~ 10.50% 之间,山东省粮食产量也较稳定,大致在 7.52% ~ 8.27% 之间浮动,可以看出中东部地区为我国粮食主产区,为全国提供生活生产用粮中扮演着十分重要的角色^[13]。

表 1 全国 31 个省(市、区)2005—2016 年粮食生产集中度

地区	粮食生产集中度(%)											
	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年
北京市	0.20	0.22	0.20	0.24	0.24	0.21	0.21	0.19	0.16	0.11	0.10	0.09
天津市	0.28	0.28	0.29	0.28	0.29	0.29	0.28	0.27	0.29	0.29	0.29	0.32
河北省	5.37	5.58	5.66	5.50	5.48	5.45	5.55	5.51	5.59	5.54	5.41	5.61
山西省	2.20	2.06	2.01	1.94	1.77	1.99	2.09	2.16	2.18	2.19	2.03	2.14
内蒙古自治区	3.43	3.63	3.61	4.03	3.73	3.95	4.18	4.29	4.61	4.54	4.55	4.51
辽宁省	3.61	3.61	3.66	3.52	3.00	3.23	3.56	3.51	3.65	2.89	3.22	3.41
吉林省	5.33	5.47	4.89	5.37	4.63	5.20	5.55	5.67	5.90	5.82	5.87	6.03
黑龙江省	6.39	7.72	6.90	7.99	8.20	9.17	9.75	9.77	9.97	10.28	10.18	9.83
上海市	0.22	0.22	0.22	0.22	0.23	0.22	0.21	0.21	0.19	0.19	0.18	0.16
江苏省	5.86	6.22	6.24	6.01	6.09	5.92	5.79	5.72	5.69	5.75	5.73	5.62
浙江省	1.68	1.55	1.45	1.47	1.49	1.41	1.37	1.31	1.22	1.25	1.21	1.22
安徽省	5.38	5.73	5.78	5.72	5.78	5.64	5.49	5.58	5.45	5.63	5.69	5.55
福建省	1.48	1.27	1.27	1.23	1.26	1.21	1.18	1.12	1.10	1.10	1.06	1.06
江西省	3.63	3.81	3.80	3.70	3.77	3.58	3.59	3.54	3.52	3.53	3.46	3.47
山东省	8.09	8.22	8.27	8.06	8.13	7.93	7.75	7.65	7.52	7.57	7.58	7.63
河南省	9.47	10.30	10.50	10.20	10.20	9.95	9.70	9.56	9.49	9.51	9.76	9.65
湖北省	4.50	4.21	4.36	4.21	4.35	4.24	4.18	4.14	4.16	4.26	4.35	4.14
湖南省	5.53	5.33	5.37	5.31	5.47	5.21	5.15	5.10	4.86	4.94	4.83	4.79
广东省	2.88	2.49	2.56	2.35	2.48	2.41	2.38	2.37	2.19	2.24	2.19	2.21
广西壮族自治区	3.07	2.87	2.78	2.64	2.76	2.58	2.50	2.52	2.53	2.53	2.45	2.47
海南省	0.32	0.33	0.35	0.35	0.35	0.33	0.33	0.34	0.32	0.31	0.30	0.29
重庆市	2.41	1.62	2.17	2.18	2.14	2.12	1.97	1.93	1.91	1.89	1.86	1.89
四川省	6.63	5.74	6.03	5.94	6.02	5.90	5.76	5.62	5.63	5.56	5.54	5.65
贵州省	2.38	2.08	2.19	2.19	2.20	2.04	1.54	1.83	1.71	1.88	1.90	1.93
云南省	3.13	2.93	2.91	2.87	2.97	2.80	2.93	2.97	3.03	3.07	3.02	3.09
西藏自治区	0.19	0.19	0.19	0.18	0.17	0.17	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.17
陕西省	2.15	2.09	2.13	2.10	2.13	2.13	2.09	2.11	2.02	1.97	1.97	1.99
甘肃省	1.73	1.62	1.64	1.68	1.71	1.75	1.78	1.88	1.89	1.91	1.88	1.85
青海省	0.19	0.20	0.21	0.19	0.19	0.19	0.18	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
宁夏回族自治区	0.62	0.65	0.64	0.62	0.64	0.65	0.63	0.64	0.62	0.62	0.60	0.60
新疆维吾尔自治区	1.81	1.80	1.73	1.76	2.17	2.14	2.14	2.16	2.29	2.33	2.45	2.45

但是由表 1 还可以看出,像北京市、上海市、青海省、西藏自治区等粮食产量占比均不超过 0.3%。以上海市为例,2012 年末常住人口为 2 380 万人,人均粮食产量为 51.77 kg,而 2012 年全国人均原粮消费量为 119.35 kg(由城乡人口加权平均得到人均原粮消费量,以下计算方式同),是上海市人均粮食产量的 2.3 倍;2011 年末常住人口为 2 347 万人,人均粮食产量为 52.46 kg,而 2011 年全国人均原粮消费量为 124.56 kg,是上海市人均粮食产量的 2.4 倍,从这 2 年代表性的数据就可以看出,上海市的粮食产量远远不足以满足其居民生活用量,更不用说其工业用粮。

以我国粮食生产的地域特征,各地政府应该做好粮食区域间的平衡,加大对粮食主产区粮食生产的鼓励,加强对粮食主销区及产销平衡区的管理,努力做到我国粮食区域间的有效平衡。

1.2 我国主要粮食的生产与进口情况

我国主要粮食包括小麦、大豆、玉米、水稻,其产量及进口量见表 2。由表 2 可知,我国粮食总产量保持稳定增长,2012 年以前,每年的水稻产量 > 玉米产量 > 小麦产量 > 大豆产量;

2012 年及以后,玉米产量超越稻谷产量位居第一,大豆产量依然最低。就小麦而言,每年产量起伏不大,较稳定;2012 年以前除 2004、2005 年进口量较大,其他年份进口量差异较大,2012 年及以后进口量均在 300 万 t 及以上。就大豆而言,相较于其他 3 个品种,其产量连年最低,虽然 2004 年大豆产量有显著增长,但还是低于其他 3 个品种;但是其每年的进口量却非常大,均大于其他 3 种原粮的进口,说明我国大豆供给不足而需求旺盛且一直增加。就玉米而言,其产量整体呈现波动增长的趋势;在 2010 年前其进口量非常小,每年不超过 10 万 t,到 2010 年其进口量猛然增加到 157.21 万 t,是 2009 年的 2.3 倍,2012 年进口量达到最大,为 520 万 t,在高进口量的同时其产量也在增加,造成这种怪像的原因一部分是国家对玉米实行了临储政策,鼓励农民种植玉米,另一部分则是进口玉米的到岸价低于国内玉米价格,这就造成了大量玉米进口,高产量、高进口量无疑会导致我国玉米储备过多,加重国家财政负担。水稻的产量较稳定,没有大幅变化;值得注意的是 2012 年水稻进口量增加到 236.86 万 t,增幅为 296%,2016 年更是达到 356 万 t,可见我国水稻的需求潜力很大。综上可以看出

表 2 1997—2016 年我国主要粮食的产量及进口量

万 t

年份	小麦		大豆		玉米		水稻	
	产量	进口量	产量	进口量	产量	进口量	产量	进口量
1997	12 328.90	186.00	1 473.15	280.10	10 430.87	0.00	20 073.48	33.00
1998	10 972.60	149.00	1 515.18	319.70	13 295.40	0.00	19 871.30	24.00
1999	11 388.00	45.00	1 424.53	431.70	12 808.63	0.00	19 848.73	17.00
2000	9 963.60	88.00	1 540.90	1 041.60	10 599.98	0.03	18 790.77	24.00
2001	9 387.30	69.00	1 540.56	1 394.00	11 408.77	3.61	17 758.03	27.00
2002	9 029.00	63.00	1 650.54	1 131.00	12 130.76	0.63	17 453.85	24.00
2003	8 648.80	45.00	1 539.32	2 074.00	11 583.02	0.01	16 065.56	26.00
2004	9 195.18	726.00	1 740.15	2 023.00	13 028.71	0.23	17 908.76	76.00
2005	9 744.51	354.00	1 634.78	2 659.00	13 936.54	3.90	18 058.84	52.00
2006	10 846.59	61.00	1 508.18	2 824.00	15 160.30	6.50	18 171.83	73.00
2007	10 929.80	10.00	1 272.50	3 082.00	15 230.05	53.50	18 603.40	49.00
2008	11 246.41	4.31	1 554.16	3 744.00	16 591.40	4.90	19 189.57	32.97
2009	11 511.51	90.00	1 498.15	4 255.00	16 397.36	68.35	19 510.30	36.00
2010	11 518.08	123.07	1 508.33	5 480.00	17 724.51	157.21	19 576.10	38.82
2011	11 740.09	125.81	1 448.53	5 264.00	19 278.11	175.25	20 100.09	59.78
2012	12 102.36	370.10	1 301.09	5 838.00	20 561.41	520.00	20 423.59	236.86
2013	12 192.64	553.51	1 195.10	6 338.00	21 848.90	326.46	20 361.22	227.11
2014	12 620.84	300.00	1 215.40	7 140.31	21 564.63	259.77	20 650.74	257.90
2015	13 018.52	300.59	1 178.15	8 169.19	22 463.16	473.03	20 822.52	337.69
2016	12 884.50	341.00	1 295.87	8 391.00	21 955.15	316.69	20 707.51	356.00

我国粮食产量及进口量近期均有较大变化,因此预测我国主要粮食的供需情况非常有必要。

2 理论模型

由于粮食需求预测中,粮食需求量受到多种因素的影响,且影响因素难以确定,而灰色区间预测能利用数据的波动性建立预测的上下边界线,对粮食需求的预测具有一定的借鉴意义,因此本研究用灰色区间来预测主要粮食品种的总需求量。由于粮食生产受到农业机械总动力、粮食播种面积等因素的影响,且获取数据的过程具有一定的灰性,而灰色 GM(1,N) 模型又充分考虑了粮食的影响因素的影响,因此利用灰色 GM(1,N) 模型来预测主要粮食品种的产量。

2.1 灰色区间预测

由于粮食需求量的波动性受到多种因素的影响,本研究通过对需求序列的上下界序列直接建立非等间隔 GM(1,1) 模型,得到序列区间预测模型的上下包络曲线和取值包络带,从而对粮食需求量进行预测^[13]。

定义 1,设原始非负振荡序列 $\mathbf{X}^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)\}$;

$\mathbf{X}^{(0)}$ 的上缘点构成的序列 $\mathbf{X}_u^{(0)} = \{x_u^{(0)}(t_1^u), x_u^{(0)}(t_2^u), \dots, x_u^{(0)}(t_{n_1}^u)\}$ 为上界序列;

$\mathbf{X}^{(0)}$ 的下缘点构成的序列 $\mathbf{X}_l^{(0)} = \{x_l^{(0)}(t_1^l), x_l^{(0)}(t_2^l), \dots, x_l^{(0)}(t_{n_2}^l)\}$ 为下界序列。

对上下界序列分别建立非等间距 GM(1,1) 模型。

时间响应函数为:

$$\hat{x}(t) = \left[x^{(1)}(t_1) - \frac{b}{a} \right] e^{-a(t-t_1)} + \frac{b}{a} \quad (1)$$

时间响应序列为:

$$\hat{x}(t_k) = \left[x^{(1)}(t_1) - \frac{b}{a} \right] e^{-a(t_k-t_1)} + \frac{b}{a} \quad (2)$$

还原值为:

$$\hat{x}^{(0)}(t_{k+1}) = \frac{\hat{x}^{(1)}(t_{k+1}) - \hat{x}^{(1)}(t_k)}{\Delta t_{k+1}} = e^{at_1} \left[x^{(1)}(t_1) - \frac{b}{a} \right] \frac{e^{-at_{k+1}} - e^{-at_k}}{t_{k+1} - t_k},$$

$$k=1, 2, \dots, (m-1) \quad (3)$$

定义 2,设原始振荡序列对应的折线序列为 $x(t)$, $x_u(t)$ 和 $x_l(t)$ 分别为依赖于上界序列和下界序列的连续函数,若对于任意的 $t \in \mathbf{R}$ 恒有 $x_l \leq x(t) \leq x_u$, 则称 $x_l(t)$ 为 $x(t)$ 的下界函数, $x_u(t)$ 为 $x(t)$ 的上界函数,并称 $\mathbf{S} = \{[t, x(t)] | x_l(t) \leq x(t) \leq x_u(t)\}$ 为 $x(t)$ 的取值带。

2.2 灰关联 GM(1,N) 模型

通过影响因素灰色关联度的计算,将粮食生产影响因素较大的因素序列分别带入,进行 GM(1,N) 建模^[14]。

设系统行为特征序列为:

$$\mathbf{X}_0 = [x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(n)] \quad (4)$$

关联度较大的影响因素序列为:

$$\mathbf{X}_i = [x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(n)] \quad (m=1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

设 $\mathbf{X}_i^{(1)}$ 为对 $\mathbf{X}_i^{(0)}$ 进行一次累加后生成的序列, $\mathbf{X}_i^{(1)}$ 为 $\mathbf{X}_i^{(0)}$ 的 1-AGO 序列,其中

$$x_i^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x_i^{(0)}(i), k=1, 2, \dots, n_0$$

$\mathbf{Z}_i^{(1)}$ 为 $\mathbf{X}_i^{(1)}$ 的紧邻均值生成序列。 $z^{(1)}(k) = \frac{1}{2} [x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k-1)]$, $k=2, 3, \dots, n_0$ 。研究变量和影响因素变量的累

加生成变量可以建立微分方程: $\frac{dx_1^{(1)}}{dt} + \alpha x_1^{(1)} = b_1 x_2^{(1)} + b_2 x_3^{(1)} + \dots + b_{n-1} x_n^{(1)}$ 。

参数 $\mathbf{u} = (\alpha, b_1, b_2, \dots, b_{n-1})^T$, 可以用最小二乘法求得 $\mathbf{u} = (\mathbf{B}^T \mathbf{B})^{-1} \mathbf{B}^T \mathbf{Y}$ 。其中

$$B=\begin{bmatrix} -z_1^{(1)}(2) & -x_2^{(1)}(1) & \cdots & -x_N^{(1)}(2) \\ -z_1^{(1)}(1)(3) & -x_2^{(1)}(3) & \cdots & -x_N^{(1)}(3) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -z_1^{(1)}(n) & -x_2^{(1)}(n) & \cdots & -x_N^{(1)}(n) \end{bmatrix}, Y=\begin{bmatrix} x_1^{(0)}(2) \\ x_2^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x_1^{(0)}(n) \end{bmatrix} \quad (6)$$

GM(1,N)的近似时间响应式为:
$$\hat{x}_1^{(1)}(k+1)=\frac{1}{\alpha}k\sum_{i=2}^nb_ix_i^{(1)}(k+1)+\left[x_1^{(1)}-\frac{1}{\alpha}\sum_{i=2}^{kn}b_ix_i^{(1)}(k+1)\right]e^{-\alpha t}。$$

其中: $k=1,2,\cdots,n_0。$
累计还原预测值为
$$\hat{x}_1^{(0)}(k+1)=\hat{x}_1^{(1)}(k+1)-\hat{x}_1^{(1)}(k)。$$

GM(1,N)模型方程为

表 3 2017—2019 年我国主要粮食需求量区间预测

粮食种类	预测范围	预测方程	粮食需求量(万 t)		
			2017 年	2018 年	2019 年
小麦	预测下限	$x_1^{(0)}(k)-0.009\ 6z_1^{(1)}(k)=12\ 730.450\ 3(万\ t)$	13 945.80	14 076.81	14 209.08
	预测上限	$x_1^{(0)}(k)-0.024\ 1z_1^{(1)}(k)=11\ 445.533\ 5(万\ t)$	14 030.31	14 372.50	14 723.03
大豆	预测下限	$x_1^{(0)}(k)-0.01x_1^{(1)}(k)=8\ 222.19(万\ t)$	8 861.42	8 964.19	9 068.15
	预测上限	$x_1^{(0)}(k)-0.01z_1^{(1)}(k)=8\ 085.33(万\ t)$	8 881.80	8 993.82	9 107.26
玉米	预测下限	$x_1^{(0)}(k)-0.04z_1^{(1)}(k)=14\ 451.01(万\ t)$	19 250.05	20 119.24	20 627.67
	预测上限	$z_1^{(0)}(k)-0.03z_1^{(1)}(k)=17\ 357.42(万\ t)$	20 874.47	21 473.45	22 089.62
水稻	预测下限	$x_1^{(0)}(k)-0.001\ 8z_1^{(1)}(k)=19\ 976.96(万\ t)$	19 785.27	19 750.50	19 715.79
	预测上限	$x_1^{(0)}(k)-0.026\ 3z_1^{(1)}(k)=17\ 376.73(万\ t)$	20 103.62	20 639.25	21 189.14

由表 3 可知,2017、2018、2019 年我国主要粮食需求总量持续增加,2017 年在 61 842.54 万~63 890.20 万 t 浮动,2018 年在 62 910.74 万~65 479.02 万 t 浮动,2019 年在 63 620.69 万~67 109.05 万 t 浮动;小麦和大豆的需求量增速较慢,小麦增速下限占比为 1.89%、增速上限为 4.94%,大豆的增速下限为 2.33%、上限为 2.54%;玉米和水稻的增速较快,玉米的增速下限为 5.82%、上限为 7.16%;水稻的预测上限呈增长趋势,增速为 5.4%,预测下限呈下降趋势,下降速度为 0.35%。

表 4 我国主要粮食产量与影响因素的灰色关联度

粮食种类	各影响因素的灰色关联度									
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
小麦	0.837 7	0.853 9	0.856 6	0.705 5	0.732 3	0.902 2	0.721 1	0.833 0	0.726 5	0.733 9
大豆	0.804 8	0.610 1	0.877 9	0.639 3	0.745 7	0.827 2	0.783 9	0.854 4	0.702 2	0.695 1
玉米	0.908 0	0.664 6	0.913 5	0.690 7	0.761 6	0.898 4	0.761 4	0.710 0	0.714 2	0.707 1
水稻	0.710 2	0.800 8	0.827 4	0.629 3	0.633 1	0.703 8	0.664 8	0.739 1	0.674 3	0.679 8

由表 4 可知,对小麦产量影响较大的因素是农业机械总动力、有效灌溉面积、单位面积产量、播种面积;对大豆影响较大的前 4 个因素是有效灌溉面积、第一产业就业人数、农业机械总动力、播种面积;对玉米影响较大的前 4 个因素是有效灌溉面积、播种面积、农业机械总动力、化肥施用折纯量;对水稻影响较大的前 4 个因素是有效灌溉面积、单位面积产量、第一产业就业人数、播种面积。根据关联度计算结果分别对各品种进行灰色 GM(1,N)预测,预测方程及 2017—2019 年预测结果见表 5。
由表 5 可知,主要粮食总产量有所增加,2017 年为 56 986.87 万 t,2018 年为 57 071.64 万 t,2019 年为

$$x_1^{(0)}(k)+az_1^{(1)}(k)=\sum_{i=2}^Nb_ix_i^{(1)}(k)。$$

3 我国主要粮食品种粮食供需预测

3.1 主要粮食的需求量预测

中国的粮食需求结构由口粮、饲料用粮、种子用粮、工业用粮等 4 种用途构成。另外,水稻、小麦、玉米、大豆四大粮食约占据中国粮食消耗总量的九成,因此本研究主要统计四大粮食的需求量。对我国粮食需求量采取 $Q_{需求}=Q_{产量}+Q_{进口}-Q_{出口}+\Delta Q_{库存}$ 进行统计,可以更加全面准确地统计需求量。利用往年需求量数据,根据灰色区间预测获得 2017、2018、2019 年主要粮食的需求量(表 3)。

3.2 主要粮食品种生产量预测

根据已有文献和德尔菲法选取影响各主要粮食生产品种的 10 个因素:播种面积(x_1)、单位面积产量(x_2)、有效灌溉面积(x_3)、农村用电量(x_4)、化肥施用折纯量(x_5)、农业机械总动力(x_6)、成灾面积(x_7)、第一产业就业人数(x_8)、农业生产价格指数(x_9)、粮食商品零售价格指数(x_{10})。利用灰色关联分析对主要粮食小麦、大豆、玉米、水稻及其影响因素的关联度进行计算,结果见表 4。

57 180.94 万 t。小麦、大豆、水稻的产量均在增长,增速分别为 1.55%、2.82%、0.90%,玉米产量有略微减少,减速为 0.2%。

4 讨论与结论

从主要粮食供需平衡来看,由粮食供需预测可以看出主要粮食供需总量缺口较大,2017、2018、2019 年的缺口分别为 4 855.67 万~6 903.33 万 t、5 839.10 万~8 407.38 万 t、6 439.75 万~9 928.11 万 t。从主要粮食的种类来看,2017、2018、2019 年小麦平均缺口为 1 114.07 万~1 412.12 万 t,大豆平均缺口最大,为 7 646.24 万~7 675.94 万 t,玉米盈余为

表 5 2017—2019 年我国主要粮食产量的 GM(1,N) 预测

粮食种类	GM(1,5) 预测方程	预测总产量(万 t)		
		2017 年	2018 年	2019 年
小麦	$x_1^{(0)}(k) + 2.003z_1^{(1)}(k) = -0.004x_2^{(1)} + 0.101x^{(1)} + 4.529x_2^{(1)} + 0.031x_5^{(1)}$	12 953.54	12 962.30	12 973.65
大豆	$x_1^{(0)}(k) + 2.02z_1^{(1)}(k) = 0.43x_2^{(1)} + -0.23x_3^{(1)} + 0.07x_4^{(1)} + 0.18x_5^{(1)}$	1 300.05	1 318.30	1 336.70
玉米	$x_1^{(0)}(k) + 1.97z_1^{(1)}(k) = 0.64x_2^{(1)} + 6.58x_3^{(1)} + 0.45x_4^{(1)} + -165.04x_5^{(1)}$	22 022.06	21 996.53	21 972.36
水稻	$x_1^{(0)}(k) + 2.07z_1^{(1)}(k) = -4.92x_2^{(1)} + 3.10x_3^{(1)} + -4.86x_4^{(1)} + 1.16x_5^{(1)}$	20 711.22	20 794.51	20 898.23

517.80 万 ~ 1 997.00 万 t, 水稻盈余为 157.32 万 ~ 1 050.80 万 t。

从粮食供需动态变化来看,小麦整体产量的预测要低于需求量的下限,且与需求量下限相差越来越大,说明要保持小麦的种植;大豆产量仍远低于其需求量下限,且距离需求量的预测下限值逐渐变大;玉米产量在需求量的预测区间上限外使得玉米的供需能达到平衡,但玉米产量在需求量的区间上限逐渐变小,其中 2019 年产量更是低于需求量的上限处于区间内部;水稻的供需能达到平衡,但玉米产量在需求量区间上下略微波动,2019 年的产量低于需求量的上限处于区间内部。

从方法应用来看,本研究利用灰色区间预测和 GM(1,N) 模型进行预测,区间预测可以让预测结果更加符合事实,GM(1,N) 预测可以考虑预测中影响因素的影响,考虑到影响因素的情况下可以使预测更具有现实意义。在供需分析中,从预测结果可以看出我国 2017、2018、2019 年粮食需求和粮食生产仍持续增长,大豆的需求量较大,供需总量的缺口较大。4 种主要粮食的供需中,小麦差一点能保持供需平衡,大豆需求量远大于供给量,玉米和水稻可以在保持供需平衡的基础上略有盈余,但盈余逐渐减小。两者的产量在预测中均小幅波动逐渐向预测的上限波动,2019 年均处于预测区间内靠近预测上限。全国粮食消费需求不断增长,而生产大幅增长难度较大,粮食尤其是口粮缺口进一步扩大,供需矛盾更加突出。

5 政策建议

5.1 针对不同品种的供需情况制定不同的生产策略

对于小麦来说,其总量可以达到供需平衡,但从近年来我国不断进口优质小麦的数量可以看出,我国优质小麦存在供需问题,国内小麦的生产等级达不到需求的等级要求。因此,小麦生产应该重质保量,使其生产不仅在数量上能够达到需求量的要求,质量也能赶上需求的变化。对于大豆来说,其生产仍然远达不到需求量的要求,随着人们需求量的提高,在生产上建议仍然应适度进口,加大其生产力度,使其逐渐满足人们日益增长的需求量。对于玉米来说,其生产量在供需预测区间上下波动,由于玉米高产、省时、省工、市场价格偏高、经济效益高,驱动粮农增加其生产,所以应该控制玉米的生产,保障其产量在粮食需求范围内,从而保证其正常供应。对于水稻来说,其作为我国主要口粮之一,应该保证其生产不下滑,控制合理出口,保障口粮安全。

5.2 根据不同粮食影响因素的影响程度进行针对性生产

从粮食生产的 GM(1,N) 预测过程中的各种粮食与其影响因素的灰色关联度可以看出,不同粮食的主要影响因素有所不同。对于小麦来说,农业机械总动力、有效灌溉面积、单

位面积产量和播种面积对其影响较大,因此可以通过提高农业机械总动力,增加有效灌溉面积的覆盖,提高单位面积产量,鼓励农民增加小麦的种植面积。对于大豆来说,为了提高其产量,可以增加其有效灌溉面积、第一产业就业人数、农业机械总动力并鼓励粮农增加其播种面积。对于玉米来说,为控制其生产,可以着重从有效灌溉面积、播种面积、农业机械总动力、化肥施用折纯量等方面来协调其生产。对于水稻来说,可以从有效灌溉面积、单位面积产量、第一产业就业人数、播种面积来调整生产。

5.3 及时把握粮食消费需求情况,引导合理的粮食消费

人们生活质量日益提高,对粮食品种及品质的需求逐渐提升。应该及时关注统计人们对各种品种的需求量及品质的需求,有针对性地调整各粮食供给以适应人们对各粮食的需求。另外,可以根据粮食生产情况有针对性地宣传引导人们消费,从而达到各种粮食生产与需求的结构性平衡。

参考文献:

- [1] 陈 倬,叶金珠. 基于供需匹配的粮食供应链变革研究[J]. 价格月刊,2018(3):20-26.
- [2] 谢高地,成升魁,肖 玉,等. 新时期中国粮食供需平衡态势及粮食安全观的重构[J]. 自然资源学报,2017,32(6):895-903.
- [3] 吕新业,胡非凡. 2020 年我国粮食供需预测分析[J]. 农业经济问题,2012,33(10):11-18,110.
- [4] 唐华俊,李哲敏. 基于中国居民平衡膳食模式的人均粮食需求量研究[J]. 中国农业科学,2012,45(11):2315-2327.
- [5] 胡 甜,鞠正山,周 伟. 中国粮食供需的区域格局研究[J]. 地理学报,2016,71(8):1372-1383.
- [6] 尚 丽,李瑞瑞. 国际粮食价格波动对我国粮食供需平衡的影响研究[J]. 粮食与油脂,2017,30(2):93-96.
- [7] 顾国达,尹靖华. 全球中长期粮食供需趋势分析[J]. 华中农业大学学报(社会科学版),2014(6):6-16.
- [8] 陈华喜. 灰色 GM(1,1) 模型在淮南市粮食产量预测中的应用研究[J]. 湖南工程学院学报(自然科学版),2018,28(1):49-52.
- [9] 曹飞飞. 灰色系统理论在粮食产量预测中的应用[J]. 数学的实践与认识,2017,47(13):310-312.
- [10] 何 琳,纪素娟. 用于粮食产量预测的改进的灰色-马氏链模型研究[J]. 食品与机械,2014,30(4):235-237,260.
- [11] 吕 晶. 基于灰色 Elman-NN 模型的粮食产量预测与分析[J]. 西北大学学报(自然科学版),2014,44(3):512-516.
- [12] 徐兴梅,曹丽英,赵月玲. 基于灰色系统理论和 AR 时序算法的吉林省粮食产量预测[J]. 湖北农业科学,2014,53(24):6191-6194.
- [13] 罗 党,韦保磊,李海涛,等. 灰色区间预测模型及其性质[J]. 控制与决策,2016,31(12):2293-2298.
- [14] 邓聚龙. 灰色系统理论教程[M]. 武汉:华中理工大学出版社,1990.