

参赛密码 _____
(由组委会填写)



“华为杯”第十三届全国研究生 数学建模竞赛

题 目

粮食最低收购价政策问题研究

摘 要：

粮食最低收购价政策旨在保护农民种粮收益，促进粮食产业稳定发展，保障国家粮食安全。本文在查阅大量数据和相关政策的基础上，运用主成分分析、多元线性回归分析和柯布一道格拉斯函数等方法研究了粮食最低收购价政策问题。

对于问题一，根据粮食最低收购价政策实行范围和各省份粮食播种面积，本文首先明确出研究的粮食品种对象为小麦和水稻，进而运用所占总播种面积比值最大法确定出小麦的主产省份为山东和河南，水稻的主产省份为湖南和江西；其次，在分析相关数据基础上，综合考虑影响粮食种植面积可能的直接因素和间接因素，得出影响粮食种植面积的指标体系包括农业劳动人口、进口量、出口量、农民教育程度、城乡收入差距、家庭负担（消费收入）、农资指数、农机总动力、上年粮食最低收购价、工业生产总产值和城乡区域面积 11 项指标，并对各指标进行了合理性分析；然后，利用主成分分析法对上述 11 项指标进行筛选，得出影响山东小麦的 4 个主要影响因素为上年粮食收购价、农业劳动人口、家庭负担和小麦出口量，影响河南小麦种植面积的 3 项主要因素为农民教育程度、农资指数和城乡区域面积，影响湖南水稻播种面积的 2 个主要指标是上年粮食收购价和农民受教育程度，影响江西水稻的 3 个主要指标为上年粮食收购价、农业劳动人口和工业生产总产值；最后，运用多元线性回归模型，建立了粮食种植面积关于主要影响因素的回归方程（见式 4-13~4-16），利用相关系数、残差和显著性水平，对模型的可信度和可靠性进行了评价，得知该模型的精确度较高。

对于问题二，在查阅文献和收集相关数据的基础上，本文首先选出评价粮食最低收购价政策执行效果的主要指标有粮食种植面积、农资指数、粮食总产量、农机总动力、人民支出，其次，利用主成分分析法筛选出 3 个主要成分（见式 5-7 和 5-8）代替原来

的较多影响因素；然后，运用多元线性回归分析法，建立粮食最低收购价政策执行效果的评价模型（见式 5-11）；最后，参照问题一的粮食主产区，选择河南省的小麦和江西省的水稻为例，比较研究了粮食主产区粮食最低收购价执行的效果，由河南省小麦的相关数据为： $R^2=0.118$ ， $F=0.2676$ ， $p=0.8467$ ，江西省水稻的相关数据为： $R^2=0.097$ ，

$F=0.2148$ ， $p=0.8827$ ，得知执行效果并不是很显著。

对于问题三，选择运用数据分析法探讨我国粮食价格所具有的特殊规律性。基于所查文献资料和相关数据，本文首先根据以小麦和水稻为代表的粮食周度、月度、季度市场收购价，得出粮食市场收购价格具有波动性上升规律（见图 6-1~6-9）；其次，根据近十年小麦和水稻的最低收购价格，运用 Excel 绘出最低收购价走势图（见图 6-10、图 6-11），得出最低收购价总体呈现递增规律，并且粮食的最低收购价受宏观调控等因素影响，具有可控性；然后，结合粮食市场收购价与粮食最低收购价绘出两者走势图（见图 6-12、图 6-13），根据图形得出粮食市场收购价与粮食最低收购价走势趋势大体一致，并且市场收购价格略高于最低收购价格，最低收购价格上升幅度紧随粮食的市场收购价格之后，说明粮食价格规律受市场供求、居民收入与消费结构、粮食产量、粮食生产成本、农户的收益以及竞争机制和风险机制等客观因素的影响；最后，简单分析影响粮食价格波动的因素以及现今粮食价格体系存在的问题。

对于问题四，本文首先基于柯布-道格拉斯函数，建立了粮食生产量函数（见式 7-2），并结合粮食需求量函数（见式 7-4），以粮食生产量和需求量差值最小为目标函数，以粮食收购价格、人均消费、种植面积之间的关系为约束条件，建立合理制定粮食最低收购价模型；其次，对模型进行分析和公式推导，得到了粮食最低收购价格的上限和下限数学公式，在以小麦数据为研究对象，利用 MATLAB 求解，得出“十二五”期间每年的小麦最低收购价合理范围（见表 7-2）；然后，通过实际小麦最低收购价数据验证，得出该模型的合理性较好，最后，基于“十二五”期间的数据，运用该模型预测出 2017 年小麦的最低收购价下限为 2.5 元/公斤，上限为 4.8 元/公斤。

对于问题五，基于问题四的最低收购价格区间上下限数学公式和市场价格供求关系，通过公式推导得到 2015 年小麦最低收购价合理区间和实现小麦相对 2000 年种植面积 5%的增加量。文中在满足市场需求和农民利益的条件下，确定了 2015 年最低收购价格的合理区间下限为 0.68 元/公斤，上限为 3.28 元/公斤；以及通过最低收购价格实现种植面积增产的最小收购价格为 3.1 元/kg，该值落在最低收购价格合理区间内，所以适当的提高最低收购价格可以实现 2015 年小麦种植面积相对 2000 年小麦种植面积的 5%增加量。

对于问题六，基于前五个问题中对粮食种植面积和粮食最低收购价合理制定问题，为我国合理调控粮食种植提出了一些优化决策和建议。

最后，对模型的优缺点进行了评价，并提出了一些模型的改进措施和模型推广。

关键词：粮食种植面积；主成分分析；多元线性回归；粮食最低收购价；柯布—道格拉斯函数

一、问题重述

粮食问题既是重要的经济问题，也是重大的政治问题。随着近年来土地、人口、环境日益凸显，加之国际粮食市场的冲击，我国粮食产业面临着潜在的风险，为此粮食保护政策的作用愈来愈重要。粮食保护政策由粮食生产支持政策、粮食价格支持政策和收入支持政策组成，而粮食最低收购价政策就属于粮食价格支持政策范畴。

所谓粮食最低收购价政策，就是以确保生产中消费者利益、保障国家粮食安全为目的，当市场粮价低于国家确定的最低收购价时，国家对短缺的重点粮食品种，指定有资质的粮食企业，按最低收购价收购农民余粮的价格支持政策。

我国 2005 年首次启动最低收购价政策的执行预案，多年以来不断上调最低价价格，至今年粮食的最低收购价格仍然较高，如小麦、早籼稻、中晚籼稻和粳稻分别为每 50 公斤 118 元、133 元、138 元和 155 元。对于最低收购价政策，学者们的意见贬褒不一，有学者认为该政策是保护国家粮食生产的重要渠道之一，还有学者认为该政策不利于粮食市场的正常运转，增大了粮食企业的经营风险。

同样，学者们对粮食最低收购价政策实施效果的评价也是各不相同。通常可根据粮食种植面积在该政策实施前后是否有显著性变化，来衡量该政策的实施效果。但粮食种植面积不仅依赖于粮食最低价收购政策，还与家庭负担、农资价格、粮食需求量和政府补贴等因素息息相关。粮食最低收购价政策有利于稳定市场粮价、促进农民增收，有利于稳定粮农的收入，有利于调动农民种粮、地方抓粮的积极性。

合理制定粮食最低收购价是一项重要的工作，粮食最低收购价的高低影响粮农种粮的积极性和国家粮食市场的稳定。国家对于粮食的补贴金额受制于粮食的市场价格，当粮食最低收购价过高时，不仅会增加粮食的库存压力和国家财政的支出风险，还会提高粮食市场价格从而加重消费者负担，当粮食最低收购价过低时，会严重打击农民的种粮积极性，不利于保障国家粮食安全。

根据查阅的相关资料和数据，通过建立合理的数学模型，解决以下问题：

1. 影响粮食种植面积的因素有多种，请相关的指标体系和关于粮食种植面积的数学模型，对指标体系的合理性进行讨论和评价，研究他们之间的关系，并运用合理的方法检验和分析得出的相应结果的可信度和可靠性；

2. 学者们对粮食最低收购价政策各执己见。请建立评价粮食最低收购价政策执行效果的数学模型。根据粮食品种和区域差异，利用所建立的数学模型，评价粮食主产区中具有代表性省份粮食最低收购价执行的效果；

3. 通过查阅比较我国粮食相关数据，建立数学模型对我国粮食价格所具有的的特殊规律性做出探讨；

4. 建立合理制定粮食最低收购价价格的模型，进一步评价出“十二五”期间粮食最低收购价价格的合理性，并运用该模型预测 2017 年粮食最低收购价的合理范围。

5. 2015 年我国小麦种植面积较 2000 年略有下降，请问是否可通过调整粮食最低收购价使得国家小麦的种植面积增加 5%？并给出详细理由说明。

6. 根据以上粮食最低价政策的实施效果，为进一步加快我国农业发展，提出调控粮食种植的优化决策和建议。

二、模型假设

1. 假设农业机械总动力为常数；

2. 假设农村务农人口数为农村常住人口数；
3. 假设小麦和水稻的市场收购价格为其平均出售价格；
4. 假设家庭负担等同于家庭支出。

三、符号说明

序号	符号	符号说明
1	i	时间（年份）
2	j	省份
3	s	播种面积
4	R	相关矩阵
5	r	相关系数
6	λ	特征值
7	e	残差
8	Q	残差平方和
9	y	权重
10	Z	回归变量
11	E	均差
12	Cov	协方差
13	L	正规方程
14	ε	随机误差
15	α	显著性水平
16	P	产量
17	K	资本投入量
18	I	劳动投入量
19	A	技术进步系数
20	μ	随机扰动项

四、问题一模型建立与求解

4.1 问题分析

问题一要求我们建立影响粮食种植面积的指标体系和关于粮食种植面积的数学模型。由于影响粮食种植面积的因素比较多，而且可能存在着粮食品种和区域差异，因此首先需要根据我国粮食最低收购政策执行区域和时间确定出所研究的粮食品种对象，在确定出粮食品种对象的基础上，确定出所研究粮食品种的主产区省份，进而确定出影响粮食种植面积的指标体系。由于指标体系中影响因素很多，包括农业劳动人口、粮食进出口贸易、农民教育程度、城乡收入差距、家庭负担、农技价格、人工费用、农机总动力、上年粮食最低收购价、城市征用土地面积和工业化程度等，故最后拟采用主成分分

析法筛选出影响粮食种植面积的主要因素。拟建立粮食种植面积与各主要影响因素之间的多元线性回归模型。为验证该模型的合理性，需要对指标体系的合理性进行讨论和评价，研究指标之间的关系，利用残差分布检验模型求解结果的可靠性和可信度。综上所述，建立关于粮食种植面积的数学模型流程图如图 4-1 所示。

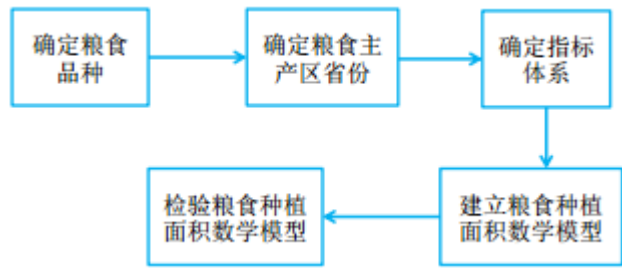


图 4-1 建立粮食种植面积数学模型流程示意图

4.2 模型准备

查阅相关文献^[1-2]，可得知我国粮食最低收购价政策执行区域，粮食最低收购价政策只限于规定品种的重点主产区，小麦是河北、河南、山东、湖北、安徽、江苏六省，早籼稻是湖南、湖北、江西、安徽、广西五省，中晚籼稻与粳稻是辽宁、吉林、黑龙江、江苏、安徽、江西、河南、湖北、湖南、广西、四川十一省，因此可确定出本文研究的粮食品种为小麦和水稻。通过各种数据网站，搜集相关粮食数据，如粮食播种面积、各农作物播种面积等数据，然后比较分析同一粮食在不同省份播种面积的大小，从而得出不同农作物的各自主产区省份。

4.3 模型建立与求解

4.3.1 确定粮食品种

由模型准备可得，我国实行粮食最低收购价政策的粮食作物只有小麦和水稻两种，并且本题中也只提及该两种作物自 2005 年以来的最低收购价格，以及最低收购价价格的变化，因此本文中选定小麦和水稻两种农作物作为研究粮食最低收购价政策问题的对象。

4.3.1 确定小麦、水稻的主产省份

通过中华人民共和国国家统计局网站^[3]，搜集近 20 年来小麦和水稻的播种面积相关数据。通过分别比较小麦和水稻各省份总播种面积占全国播种面积的比值大小，来选定小麦和水稻的主要产区省份。

计算近 20 年来各省小麦总播种面积 $s_{小j}$ ，计算公式如下

$$s_{小j} = \sum_{i=1}^{20} x_{小ij} \tag{4-1}$$

其中， i 表示年份， j 表示全国省份， $x_{小ij}$ 表示 i 年 j 省小麦播种面积。

计算各省小麦总播种面积所占粮食总播种面积百分比 $p_{小j}$ ，计算公式如下

$$p_{小j} = \frac{s_{小j}}{\sum_{j=1}^{30} s_{小j}} \times 100\% \quad (4-2)$$

计算得出的各省小麦总播种面积所占粮食总播种面积百分比数据，见表 4-1 所示。

表 4-1 各省份小麦播种面积所占百分比数据

地区	小麦播种面积 所占百分比/%	地区	小麦播种面积所占 百分比/%
北京市	0.3328	河南省	20.0168
天津市	0.4544	湖北省	3.8584
河北省	9.7633	湖南省	0.3121
山西省	3.0758	广东省	0.0324
内蒙古自治区	2.5636	广西壮族自治区	0.0457
辽宁省	0.2413	重庆市	1.2418
吉林省	0.1163	四川省	5.9099
黑龙江省	1.8608	贵州省	1.6076
上海市	0.2034	云南省	2.1444
江苏省	7.9638	西藏自治区	0.1738
浙江省	0.4663	陕西省	5.1556
安徽省	8.7012	甘肃省	4.1201
福建省	0.0876	青海省	0.5497
江西省	0.11986	宁夏回族自治区	1.0109
山东省	14.3135	新疆维吾尔自治区	3.5567

为进一步便于比较各省份之间，小麦的总播种面积所占比值的大小关系，将表 4-1 中的数据做成如图 4-2 所示的柱状图。

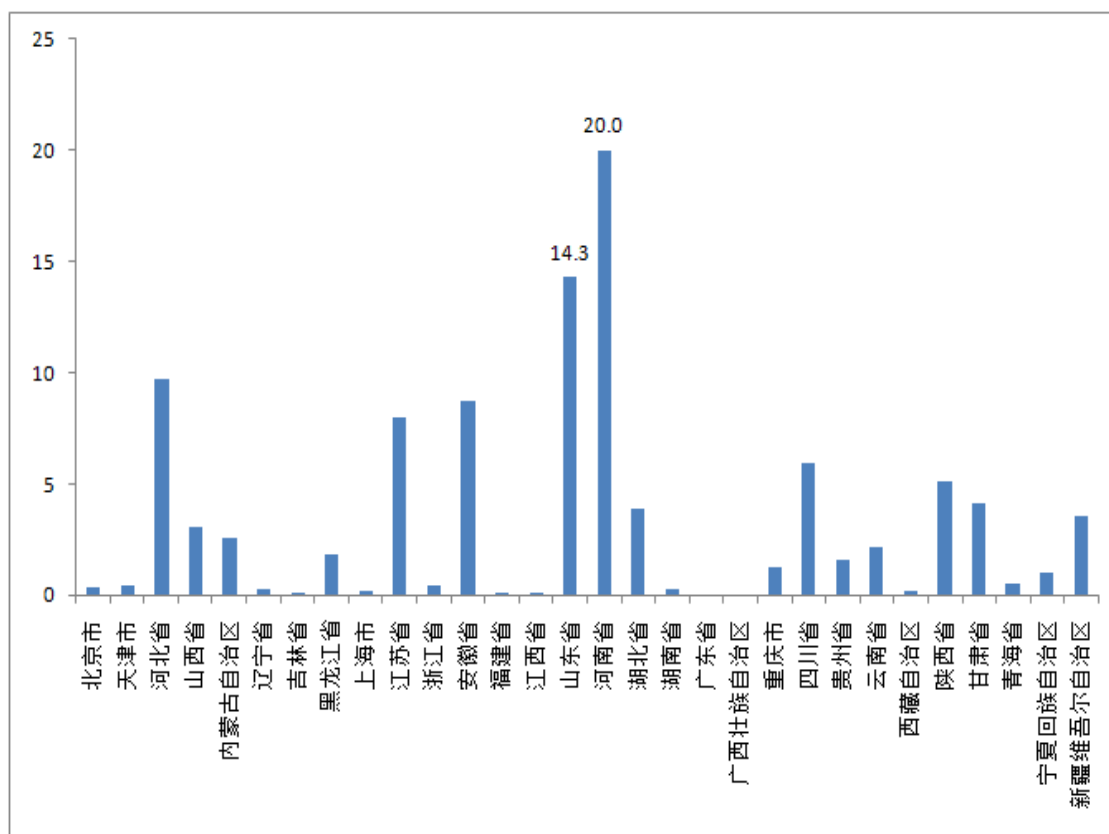


图 4-2 各省份小麦播种面积所占百分比柱状图

由图 4-2 可得知，小麦的总播种面积比值最大的两个省份为山东省和河南省，播种面积所占比值分别为 14.3% 和 20.0%。

同样的方法，计算近 20 年来各省水稻总播种面积 $s_{水j}$ ，计算公式如下

$$s_{水j} = \sum_{i=1}^{20} x_{水ij} \quad (4-3)$$

其中， i 表示年份， j 表示全国省份， $x_{水ij}$ 表示 i 年 j 省水稻播种面积。

计算各省水稻总播种面积所占粮食总播种面积百分比 $p_{水j}$ ，计算公式如下

$$p_{水j} = \frac{s_{水j}}{\sum_{j=1}^{31} s_{水j}} \times 100\% \quad (4-4)$$

计算得出的各省水稻总播种面积所占粮食总播种面积百分比数据，见表 4-1 所示。

表 4-2 各省份水稻播种面积所占百分比数据

地区	水稻播种面积 所占百分比/%	地区	水稻播种面积所占 百分比/%
天津市	0.0310	湖北省	4.7304
河北省	0.1707	湖南省	8.5789

山西省	0.0134	广东省	4.9544
内蒙古自治区	0.1881	广西壮族自治区	5.6818
辽宁省	1.2714	海南省	2.5915
吉林省	1.4153	重庆市	4.0167
黑龙江省	4.9055	四川省	6.0870
上海市	3.6088	贵州省	4.7437
江苏省	4.4796	云南省	5.6872
浙江省	2.0082	西藏自治区	3.3381
安徽省	4.5176	陕西省	4.1743
福建省	1.9166	甘肃省	3.4598
江西省	6.8310	青海省	0
山东省	0.9886	宁夏回族自治区	4.7240
河南省	1.9399	新疆维吾尔自治区	6.1947

同样利用作图软件将表 4-2 中的水稻总播种面积所占百分比作出柱状图，如图 4-3 所示。

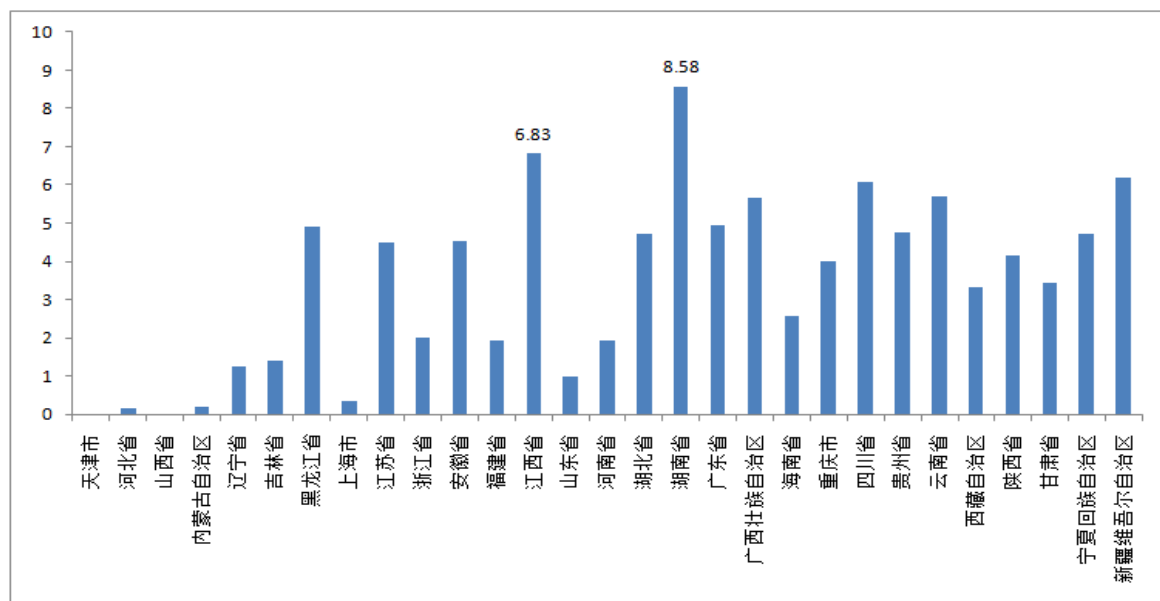


图 4-3 各省份水稻播种面积所占百分比柱状图

通过图中柱状图形的高低可得知，水稻主产省份为江西省和湖南省，总播种面值所占比值分别为 6.83% 和 8.58%。

4.3.2 确定影响粮食种植面积指标体系

农民影响粮食种植面积的因素有很多，包括农业劳动人口、进口量、出口量、农民受教育程度、城乡收入差距、家庭负担（消费收入）、农资指数、农机总动力、上年粮食最低收购价、工业生产总产值和城市区域面积 11 项指标。统计年鉴中可提供乡村人口文盲率数据，故可用乡村人口文盲率代替农民受教育程度。由于影响粮食种植面积的因

素较多，采用主成分分析法筛选出主要指标^[4]，利用 MATLAB 编程求解得出相应结果（附录 1）。

以山东小麦为例，详细介绍主成分分析法筛选主要影响粮食种植面积的过程。2005-2014 年间山东小麦上述十一项指标的统计数据如表 4-3 所示。

表 4-3 2005-2014 年间山东小麦十一项指标的统计数据

时间	农业劳动人口（万人）	出口量（吨）	进口量（吨）	农民受教育程度	城乡收入差距	家庭负担
2014	5462.00	957.47	2971249.1	0.06	6814	7962.20
2013	5482.00	2520	5506711.3	0.07	7824	6877.30
2012	5559.00	0.1	3688616.3	0.07	9279	6776.05
2011	5646.00	39794.25	1248822.1	0.07	10664	5900.57
2010	5698.00	1.17	1218722.7	0.07	11692	4807.18
2009	5902.00	8400.12	893709.83	0.07	12955	4417.18
2008	5860.00	125949.13	31873.45	0.07	14450	4077.05
2007	5909.00	2336620	83424.75	0.07	16310	3621.60
2006	6055.00	11482.2	584094.92	0.00	17644	3143.80
2005	6066.00	260264.5	3510133.2	0.07	17340	2735.80

续表

时间	农资价格（上年=100）	农机总动力（万千瓦）	上年粮食收购价	工业生产总产值	城市区域面积
2014	101.18	13101	118	35387.43	84963.72
2013	103.00	12739	112	43900.21	83739.42
2012	105.90	12419	102	54428.27	83994.9
2011	111.10	12098	95	62958.53	83999.4
2010	103.00	11628	90	71209.42	83026.94
2009	96.30	11080	87	83851.399	82399.89
2008	119.30	10350	77	99504.98	82107.81
2007	107.10	9917	72	114707.29	82162.6
2006	103.00	9555	72	129906.01	82135.29
2005	106.2	9199	72	141415.02	36876.34

将以上各指标的原始数据和小麦播种面积数据进行标准化，标准化后数据见表 4-4。利用下式将原始数据标准化

$$x_i^* = \frac{x_i - \bar{x}_i}{\sqrt{s_{ii}}} \quad i=1, 2, \dots, p \quad (4-5)$$

式中 \bar{x}_i 为 x_i 的均值； s_{ii} 为样本离差阵 S 的元素。

表 4-4 2005-2014 年间山东小麦十一项指标和播种面积标准化数据

时间	农业劳动人口	出口量	进口量	农民受教育程度	城乡收入差距	家庭负担
2014	-3.7407	-3.6812	0.3880	-3.6688	-3.7589	-3.7745
2013	-2.7434	-2.7275	0.2803	-2.7142	-2.7560	-2.7509
2012	-2.0156	-1.9837	0.2086	-1.9837	-2.0376	-2.0228
2011	-1.4308	-1.9514	0.1642	-1.3703	-1.4891	-1.4336
2010	-0.4228	-0.4040	0.0474	-0.4040	-0.4447	-0.4198
2009	-0.0195	-0.0200	0.0023	-0.0184	-0.0211	-0.0192
2008	0.0323	-0.0099	0.4217	0.0268	0.0465	0.0304
2007	1.1785	-0.1323	1.7576	1.1496	1.2330	1.1672
2006	0.9095	-0.1659	-0.3819	0.8784	0.9757	0.8943
2005	7.1477	24.9721	-0.8086	7.0280	7.3814	7.0815

续表

时间	农资价格	农机总动力	上年粮粮食收购价	工业生产 总值	城市区域 面积	播种面积
2014	-3.6701	-3.8461	-3.6703	-4.1906	-5.2333	1.1695
2013	-2.7147	-2.7830	-2.7148	-2.9669	-3.2407	0.8450
2012	-1.9843	-2.0565	-1.9843	-2.3477	-2.6077	0.6289
2011	-1.3715	-1.5067	-1.3713	-2.5908	-3.6889	0.4937
2010	-0.4043	-0.4444	-0.4043	-0.9114	-1.1514	0.1424
2009	-0.0184	-0.0206	-0.0184	-0.1122	-0.1031	0.0069
2008	0.0269	0.0385	0.0268	-0.0139	-0.0189	-0.0198
2007	1.1502	1.1989	1.1500	2.1924	1.7437	-0.3982
2006	0.8789	0.9285	0.8788	3.3024	1.6391	-0.4376
2005	7.0301	7.2112	7.0294	11.5295	7.8247	-2.4307

通过将上述十一项指标标准化数据与标准化后的山东小麦播种面积做比, 得出各指标对小麦播种面积的影响率 (表 4-5)。

表 4-5 2005-2014 年间山东小麦十一项指标的影响率数据

时间	农业劳动人口影响率/%	出口量影响率/%	进口量影响率/%	农民受教育程度影响率/%	城乡收入差距影响率/%	家庭负担影响率/%
2014	-3.1985	-3.1476	0.3318	-3.1370	-3.2141	-3.2275
2013	-3.2466	-3.2279	0.3317	-3.2121	-3.2616	-3.2555

2012	-3.2050	-3.1543	0.3317	-3.1543	-3.2399	-3.2163
2011	-2.8980	-3.9525	0.3326	-2.7756	-3.0163	-2.9038
2010	-2.9694	-2.8371	0.3327	-2.8371	-3.1225	-2.9479
2009	-2.8285	-2.9054	0.3364	-2.6620	-3.0570	-2.7847
2008	-1.6330	0.5005	-21.2990	-1.3518	-2.3493	-1.5358
2007	-2.9596	0.3323	-4.4140	-2.8871	-3.0965	-2.9311
2006	-2.0784	0.3791	0.8726	-2.0073	-2.2296	-2.0436
2005	-2.9406	-10.2736	0.3327	-2.8914	-3.0367	-2.9134

续表

时间	农资价格影响率 /%	农机总动力影 响率/%	上年粮粮 食收购价	工业生产 总值	城市区 域面积
2014	-3.1381	-3.2886	-3.1383	-3.5832	-4.4749
2013	-3.2127	-3.2935	-3.2128	-3.5111	-3.8351
2012	-3.1552	-3.2699	-3.1552	-3.7331	-4.1464
2011	-2.7779	-3.0519	-2.7776	-5.2478	-7.4720
2010	-2.8394	-3.1208	-2.8391	-6.4004	-8.0857
2009	-2.6646	-2.9927	-2.6643	-16.2625	-14.9411
2008	-1.3566	-1.9426	-1.3549	0.7027	0.9570
2007	-2.8884	-3.0109	-2.8880	-5.5059	-4.3789
2006	-2.0085	-2.1219	-2.0081	-7.5466	-3.7456
2005	-2.8922	-2.9667	-2.8919	-4.7433	-3.2191

各指标的相关矩阵 R 为

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 0.9999 & 1 & 0.9984 & 0.9982 & 0.9949 & -0.0426 & -0.0844 & 0.3729 & 0.9623 \\ & 1 & 0.9999 & 0.9977 & 0.9973 & 0.9936 & -0.0498 & -0.0815 & 0.3752 & 0.9604 \\ & & 1 & 0.9982 & 0.998 & 0.9947 & -0.0442 & -0.0839 & 0.3734 & 0.9614 \\ & & & 1 & 0.9994 & 0.9983 & 0.01 & -0.0634 & 0.3944 & 0.9677 \\ & & & & 1 & 0.9992 & -0.0062 & -0.0965 & 0.3641 & 0.9663 \\ & & & & & 1 & 0.0256 & -0.0946 & 0.3666 & 0.9673 \\ & & & & & & 1 & 0.6602 & 0.635 & 0.0708 \\ & & & & & & & 1 & 0.8912 & -0.0334 \\ & & & & & & & & 1 & 0.4072 \\ & & & & & & & & & 1 \end{bmatrix}$$

计算 R 的特征值与特征向量。首先解特征方程 $|\lambda I - R| = 0$ ，通常用雅可比法求出特

征值 $\lambda_i (i=1, 2, \dots, p)$ ，并使其按大小顺序排列，即 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$ ；然后分别求出

对应特征值 λ_i 的特征向量 e_i ($i=1, 2, \dots, p$)。这里要求 $|e_i|=1$ ，即 $\sum_{j=1}^p e_{ij}^2 = 1$ ，其中 e_{ij} 表

示向量 e_i 的第 j 个分量。

矩阵 R 的特征值及特征向量如表 4-6 所示。

表 4-6 矩阵 R 的特征值及相应的特征向量

特征值	特征向量									
7.0966	-0.374	-0.0482	-0.0476	0.1376	-0.1682	-0.4805	-0.5772	0.3489	-0.3477	-0.0415
2.4240	-0.3737	-0.0485	-0.0671	0.1469	0.2719	-0.3536	0.4091	0.0792	0.3057	-0.6049
0.4270	-0.3739	-0.0483	-0.0518	0.1481	0.1943	-0.2843	0.2899	-0.0721	0.1264	0.7807
0.0521	-0.3748	-0.0261	0.0194	0.1388	-0.468	0.1011	-0.2731	-0.614	0.3914	-0.0717
0.0004	-0.3741	-0.0452	0.0446	0.1477	-0.1811	0.3087	0.4068	-0.1671	-0.7089	-0.101
0.0000	-0.3736	-0.0368	0.1038	0.1608	0.0665	0.6371	-0.119	0.556	0.2923	0.0588
0.0000	-0.0138	0.5407	0.8232	0.1019	-0.0022	-0.1352	0.0319	0.0027	0.005	0.0011
0.0000	0.0077	0.6173	-0.4205	-0.0669	-0.5247	-0.0615	0.2654	0.274	0.1048	0.0446
0.0000	-0.1626	0.5616	-0.3338	0.0444	0.5726	0.1728	-0.2996	-0.2787	-0.1323	-0.0463
0.0000	-0.366	0.0017	0.1072	-0.924	0.0269	-0.0001	-0.0012	-0.0022	0.0000	0.0007

计算主成分贡献率及累计贡献率。主成分 z_i 的贡献率为

$$\frac{\lambda_i}{\sum_{k=1}^p \lambda_k} \quad i=1, 2, \dots, p \quad (4-6)$$

累计贡献率为

$$\frac{\sum_{k=1}^i \lambda_k}{\sum_{k=1}^p \lambda_k} \quad i=1, 2, \dots, p \quad (4-7)$$

矩阵 R 的特征值、贡献率和累计贡献率如表 4-7 所示。

表 4-7 矩阵 R 的特征值、贡献率和累计贡献率

特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
7.0966	0.6063	0.6063
2.4240	0.1994	0.8057
0.4270	0.1023	0.908
0.0521	0.0455	0.9535
0.0004	0.0327	0.9862
0.0000	0.0132	0.9994

0.0000	0.0005	1
0.0000	0	1
0.0000	0	1
0.0000	0	1

前 4 个标准化指标的累计贡献率已达到 95.35%，估只需考虑前四个主要指标即可。同理可得出河南小麦、湖南水稻和江西水稻指标矩阵 R 的贡献率和累计贡献率如表 4-8 所示。

表 4-8 主产区小麦、水稻矩阵 R 的贡献率和累计贡献率

河南小麦		湖南水稻		江西水稻	
贡献率/%	累计贡献率/%	贡献率/%	累计贡献率/%	贡献率/%	累计贡献率/%
0.7516	0.7516	0.8645	0.8645	0.759	0.759
0.1365	0.8881	0.135	1.000	0.138	0.897
0.1118	0.9999	0.000	1.000	0.103	1.000
0.0001	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.0001	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.0001	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000

根据累计贡献率可得出河南小麦、湖南水稻和江西水稻分别需要考虑前 3 个、前 2 个和前 2 个指标。

将以上 11 项指标根据得分进行排序（表 4-9），选取排序在前 4 位的指标作为影响山东小麦种植面积的主要影响因素。

表 4-9 山东小麦指标排序

指标排序	指标体系	指标排序	指标体系
1	上年粮食收购价	7	城市区域面积
2	农业劳动人口	8	城乡收入差距
3	家庭负担	9	工业生产总产值
4	出口量	10	农资价格
5	进口量	11	农民受教育程度
6	农机总动力		

根据指标排序结果，最终得出山东小麦的 4 个主要影响因素为上年粮食收购价、农业劳动人口、家庭负担和小麦出口量。同理可得出影响河南小麦、湖南水稻和江西水稻种植面积的 11 项指标排序，分别见表 4-10、4-11 和 4-12。

表 4-10 河南小麦指标排序

指标排序	指标体系	指标排序	指标体系
------	------	------	------

1	农民受教育程度	7	进口量
2	农资指数	8	出口量
3	城市区域面积	9	农业劳动人口
4	城乡收入差距	10	工业生产总产值
5	家庭负担	11	上年粮粮食收购价
6	农机总动力		

根据表 4-10 中，河南小麦的 11 项指标排序，可得知影响河南小麦种植面积的 3 项主要因素为农民教育程度、农资指数和城市区域面积。

表 4-11 湖南水稻指标排序

指标排序	指标体系	指标排序	指标体系
1	上年粮食收购价	7	农业劳动人口
2	农民受教育程度	8	工业生产总产值
3	农机总动力	9	家庭负担
4	城市区域面积	10	城乡收入差距
5	出口量	11	农资指数
6	进口量		

由表 4-11 可得知，影响湖南水稻播种面积的指标体系中排序在前两位的分别是上年粮食收购价和农民受教育程度。

表 4-12 江西水稻指标排序

指标排序	指标体系	指标排序	指标体系
1	上年粮食收购价	7	城市区域面积
2	农业劳动人口	8	家庭负担
3	工业生产总产值	9	城乡收入差距
4	农机总动力	10	农民受教育程度
5	进口量	11	农资指数
6	出口量		

同理可判断出影响江西水稻的 3 大主要指标为上年粮食收购价、农业劳动人口和工业生产总产值。

4.3.3 建立关于粮食种植面积的数学模型

以影响粮食种植面积的主要因素为自变量，以粮食种植面积为因变量，建立粮食种植面积关于主要指标的多元线性回归数学模型。

设粮食种植面积与主要影响指标之间的多元线性回归模型为

$$y = b_0 + b_1x_1 + \cdots + b_mx_m \quad (4-8)$$

其中， y 表示粮食种植面积， x_m 表示主要影响指标， m 表示主要影响指标个数， b_m 表示多元线性回归模型系数。

影响山东小麦种植面积的主要因素为上年粮食收购价、农业劳动人口、家庭负担和小麦出口量四项，则建立关于山东小麦种植面积的数学模型如下：

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 \quad (4-9)$$

关于河南小麦种植面积的数学模型为

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 \quad (4-10)$$

关于湖南水稻种植面积的数学模型为

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 \quad (4-11)$$

关于江西水稻种植面积的数学模型为

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 \quad (4-12)$$

运用播种面积、上年粮食收购价、农业劳动人口、家庭负担和小麦出口量五项的数据，回归分析求出多元回归模型系数，利用 MATLAB 软件编程求解得出回归系数模型（附录 2）。

得出的关于山东小麦种植面积的多元线性回归系数为 $b_0 = 8.1010$ ， $b_1 = 0.0927$ ， $b_2 = 0.0489$ ， $b_3 = 0.0391$ ， $b_4 = 0.0666$ 。河南小麦种植面积的多元线性回归系数为 $b_0 = 1.6000$ ， $b_1 = 3290.5$ ， $b_2 = 3411.4$ ， $b_3 = -126.2$ ，湖南水稻种植面积的多元线性回归系数为 $b_0 = -4.9000$ ， $b_1 = 2437.8$ ， $b_2 = -2448.5$ ，江西水稻种植面积的多元线性回归系数为 $b_0 = 9.1049$ ， $b_1 = -275.7944$ ， $b_2 = 302.9884$ 。

因此，关于山东小麦种植面积的数学模型如下：

$$y = 8.1010 + 0.0927x_1 + 0.0489x_2 + 0.0391x_3 + 0.0666x_4 \quad (4-13)$$

关于河南小麦种植面积的数学模型为

$$y = 1.6000 + 3290.5x_1 + 3411.4x_2 - 126.2x_3 \quad (4-14)$$

关于湖南水稻种植面积的数学模型为

$$y = -4.9000 + 2437.8x_1 - 2448.5x_2 \quad (4-15)$$

关于江西水稻种植面积的数学模型为

$$y = 9.1049 - 275.7944x_1 + 302.9884x_2 \quad (4-16)$$

4.4 模型检验

通过相关系数、残差、显著性水平对模型进行检验。相关系数是用以反映两个变量之间相关关系密切程度的统计指标，通过相关系数的大小，来度量粮食播种面积与主要影响指标之间的多元线性关系。残差是指实际观察值与估计值之间的差，通过残差可分析出模型的可靠性和精确度。

4.4.1 相关系数

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (S_{fi} - \overline{S_f})(S_{nfi} - \overline{S_{nf}})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (S_{fi} - \overline{S_f})^2 \sum_{i=1}^n (S_{nfi} - \overline{S_{nf}})^2}} \quad (4-17)$$

利用 MATLAB 软件编程求解（附录 3），求出回归系数 r

$$r_{\text{山东小麦}} = 0.7355, r_{\text{河南小麦}} = 0.5142, r_{\text{湖南水稻}} = 0.8291, r_{\text{江西水稻}} = 0.7133$$

4.4.2 残差 \hat{e}

根据回归方程 $y = b_0 + b_1x_1 + \dots + b_mx_m$ 中计算出的结果为粮食播种面积的估计量，实际值通过国家统计局等数据库已查取获得， \hat{e} 称为相应于不同年份时粮食播种面积的残差。利用 MATLAB 软件中 `rcoplot(r, rint)` 命令画出各年份数据点的残差分布图。

关于山东小麦种植面积估计值与真实值的残差分布图如图 4-4 所示。

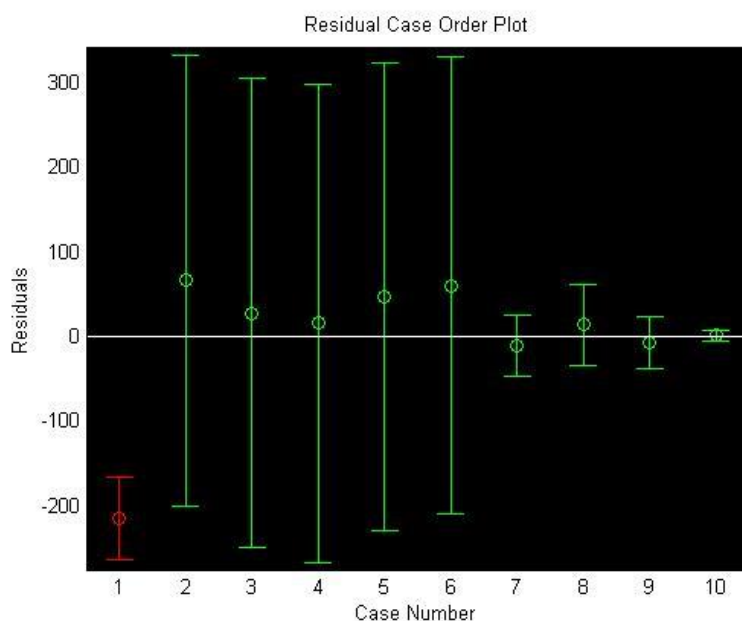


图 4-4 山东小麦种植面积残差分布图

关于河南小麦种植面积估计值与真实值的残差分布图如图 4-5 所示。

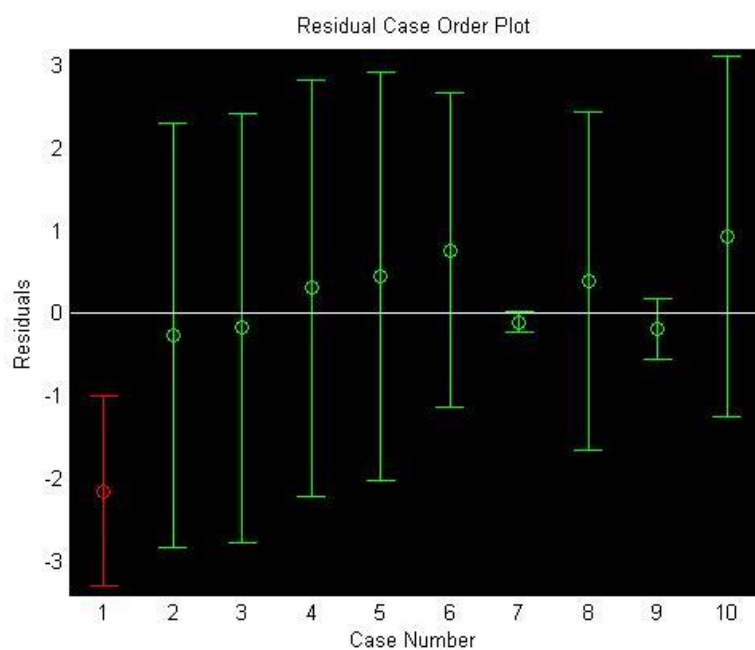


图 4-5 河南小麦种植面积残差分布图

关于湖南水稻种植面积估计值与真实值的残差分布图如图 4-6 所示。

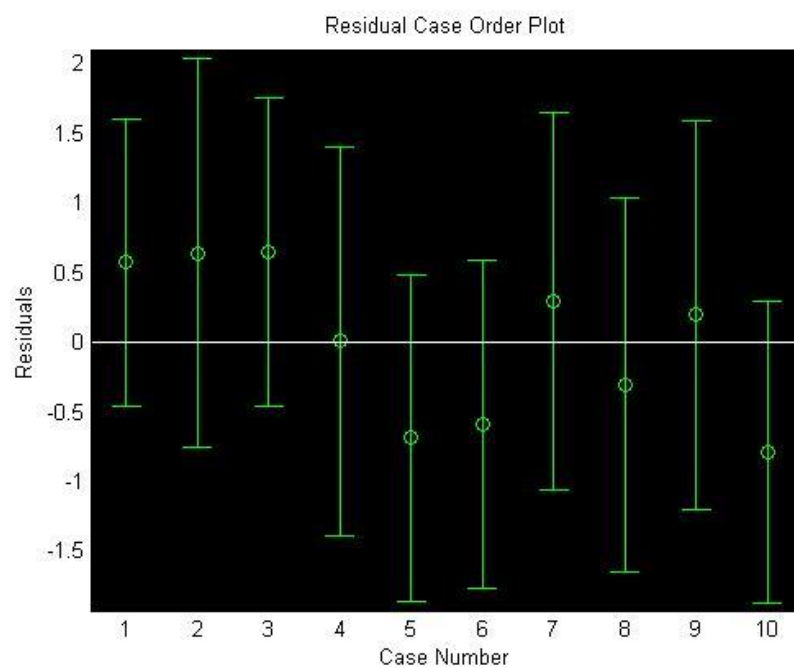


图 4-6 湖南水稻种植面积残差分布图

关于江西水稻种植面积估计值与真实值的残差分布图如图 4-7 所示。

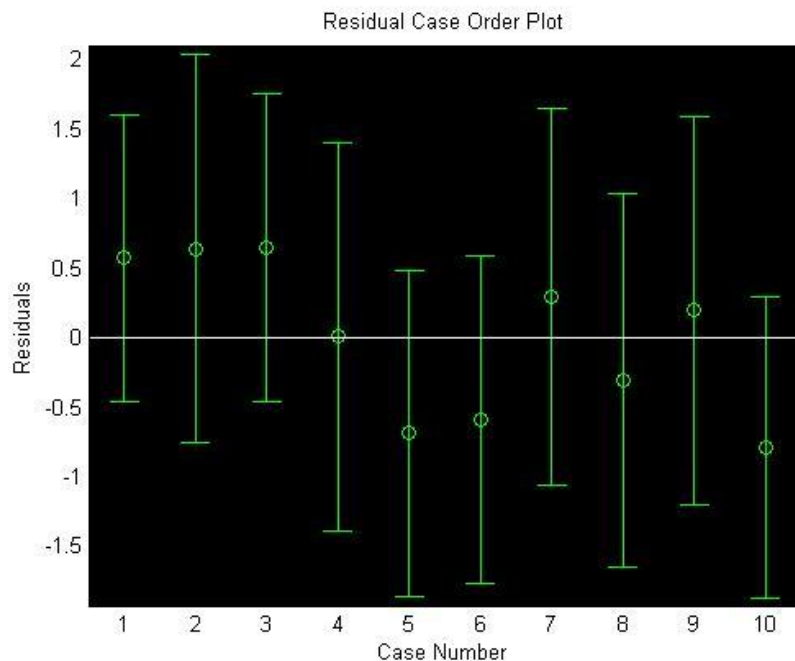


图 4-7 江西水稻种植面积残差分布图

由以上四图可知，每组数据点残差的置信区间均包含零点，因此该模型的可信度较高，具有较强的可靠性和精确度。

五、问题二模型建立与求解

5.1 问题分析

国家最低收购价格政策执行十年间，最低收购价逐年提高。2014 年稻谷最低收购价与 2005 年的相比，提高了近 2 倍。2014 小麦最低收购价与 2005 年的相比，也提高了 66.2%，这致使稻谷和小麦最低收购价政策的上涨空间变小，2015 年最低收购价的价格与 2014 年持平，未有增长。粮食最低收购价格政策在一定程度上取得了良好的效果：我国稻谷产量逐年增加，粮食价格相对稳定。但粮食最低收购价格政策的实施也暴露出了一些亟待解决的新问题，例如国家财政补贴支出较大、扭曲了粮食市场、粮食收购与销售价格倒挂等。正是因为我国粮食最低收购价格政策的执行后存在这么多问题，已严重到我国农民增收、粮食产量稳定，所以我们才应了解粮食最低收购价格政策的执行效果如何，是否达到政策预定的目标。

问题二要求我们建立粮食最低收购价政策执行效果的评价模型。首先分析题目和查阅相关文献^{[2][5]}选出影响粮食最低收购价政策执行效果的因素；因为影响粮食最低收购价政策执行效果的因素较多，所以与问题一类似，再用主成分分析法选出较少的新因素代替原来的较多影响因素；最后用多元线性回归分析粮食最低收购价对各因素的影响，从而得出粮食最低收购价政策执行效果。

5.2 模型准备

根据原题陈述，衡量粮食最低收购价政策实施的效果，主要是比较政策实施前后粮食种植面积是否有显著性变化，因此选定粮食种植面积为其中一个影响因素，粮食最低收购价政策可以直接影响到农民的收入和市场供应，而农民的收入和市场供应又与种植

面积、农资指数、粮食总产量、农机总动力、人民支出有关^[2]，因此选择的影响粮食最低收购价政策执行效果的因素有粮食种植面积、农资指数、粮食总产量、农机总动力、人民支出。

5.3 模型建立与求解

根据问题分析，模型建立主要包括两大部分，首先用主成分分析法和 MATLAB 程序（附录 4）选出较少主要影响因素代替原来的较多影响因素，再用多元线性回归分析^[4]粮食最低收购价对各因素的影响，从而得出粮食最低收购价政策执行效果，参照问题一的粮食主产区，选择河南省的小麦和江西省的水稻为例，来比较研究粮食主产区粮食最低收购价执行的效果。

5.3.1 主成分分析法的模型建立

1. 设有 n 个样本，每个样本共有 p 个变量，将原始数据写成一个 $n \times p$ 阶的数据矩阵

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1p} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2p} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{np} \end{bmatrix} \quad (5-1)$$

2. 利用下式将原始数据标准化

$$x_i^* = \frac{x_i - \bar{x}_i}{\sqrt{s_{ii}}} \quad i = 1, 2, \dots, p \quad (5-2)$$

式中 \bar{x}_i 为 x_i 的均值； s_{ii} 为样本离差阵 S 的元素。

3. 设矩阵 X 已标准化。计算变量 x_i^* 的相关系数阵

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1p} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2p} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{p1} & r_{p2} & \cdots & r_{pp} \end{bmatrix} \quad (5-3)$$

式中 r_{ij} 为原变量的 x_i 与 x_j 之间的相关系数，其计算公式为

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n (x_{ki} - \bar{x}_i)(x_{kj} - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ki} - \bar{x}_i)^2 \sum_{k=1}^n (x_{kj} - \bar{x}_j)^2}} \quad (5-4)$$

因为 R 是实对称矩阵（即 $r_{ij} = r_{ji}$ ），所以只需计算上三角元素或下三角元素即可。

4. 计算 R 的特征值与特征向量。首先解特征方程 $|\lambda I - R| = 0$ ，通常用雅可比法求出特征值 $\lambda_i (i=1, 2, \dots, p)$ ，并使其按大小顺序排列，即 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$ ；然后分别求出对应特征值 λ_i 的特征向量 $e_i (i=1, 2, \dots, p)$ 。这里要求 $|e_i| = 1$ ，即 $\sum_{j=1}^p e_{ij}^2 = 1$ ，其中 e_{ij} 表示向量 e_i 的第 j 个分量。

5. 计算主成分贡献率及累计贡献率。主成分 z_i 的贡献率为

$$\frac{\lambda_i}{\sum_{k=1}^p \lambda_k} \quad i=1, 2, \dots, p \quad (5-5)$$

累计贡献率为

$$\frac{\sum_{k=1}^i \lambda_k}{\sum_{k=1}^p \lambda_k} \quad i=1, 2, \dots, p \quad (5-6)$$

最后通过累计贡献率达到 95.184%，选出主要影响因素。

5.3.2 主成分分析法的模型求解

Step1: 根据题目要求以及相关文献选出影响小麦种植面积的若干指标和数据，如下表所示

表 5-1 2005-2014 年间河南小麦五项指标的统计数据

时间	小麦粮食总 产量(万吨)	小麦种植面 积(千公顷)	农资指数(上 年=100)	农机总动力 (万千瓦)	城乡收 入差距
2014	3329	5406.67	101.18	11476.00	11751.00
2013	3226	5366.66	103.00	11149.00	8693.00
2012	3171	5340	105.90	10872.00	7852.00
2011	3123	5323.33	111.10	10515.00	6859.00
2010	3082	5280	103.00	10195.00	5767.00
2009	3056	5263.3	96.30	9817.00	5220.00
2008	3051	5260	119.30	9429.00	4832.00
2007	2980	5213.33	107.10	8718.00	4213.00
2006	2936	5208.47	103.00	8309.00	3637.66
2005	2578	4962.67	106.20	7934.00	3107.00

水稻的数据如下表所示

表 5-2 2005-2014 年间江西水稻五项指标的统计数据

时间	水稻粮食总 产量(万吨)	水稻种植面 积(千公顷)	农资指数(上 年=100)	农机总动力 (万千瓦)	城乡收入 差距
2014	2025	3339.45	101.18	2014.00	12112.61
2013	2004	3337.95	103.00	4560.00	11569.65
2012	1976	3328.33	105.90	4200.00	7872.73
2011	1950	3317.71	111.10	3805.00	7280.80
2010	1935	3318.44	103.00	3359.00	5904.31
2009	1905	3282.06	96.30	2946.00	5306.19
2008	1862	3255.54	119.30	2506.00	5040.62
2007	1806	3194.33	107.10	2015.00	4506.03
2006	1809	3239.34	103.00	1832.00	3989.13
2005	1759	3129	106.20	1465.00	3776.49

将数据带入(5-1)式中可知,其为两个 10×5 阶的数据矩阵。

Step2: 用 SPSS 软件将表(5-1)和(5-2)中数据标准化分别如下两表所示。

表 5-3 2005-2014 年间河南小麦五项指标的标准化数据

时间	小麦粮食总 产量(万吨)	小麦种植面积 (千公顷)	农资指数(上 年=100)	农机总动力 (万千瓦)	城乡收 入差距
2014	1.35946	1.16946	-0.71318	1.33753	2.09582
2013	0.85175	0.84504	-0.42005	1.06996	0.94267
2012	0.58065	0.62887	0.04703	0.8433	0.62554
2011	0.34405	0.4937	0.88455	0.55118	0.25108
2010	0.14196	0.14236	-0.42005	0.28934	-0.1607
2009	0.0138	0.00695	-1.49916	-0.01997	-0.36697
2008	-0.01084	-0.01981	2.20525	-0.33745	-0.51329
2007	-0.36081	-0.39823	0.2403	-0.91924	-0.74671
2006	-0.57769	-0.43764	-0.42005	-1.25391	-0.96367
2005	-2.34233	-2.43069	0.09535	-1.56076	-1.16377

水稻的数据如下表所示。

表 5-4 2005-2014 年间江西水稻五项指标的标准化数据

时间	水稻粮食总 产量(万吨)	水稻种植面 积(千公顷)	农资指数(上 年=100)	农机总动力 (万千瓦)	城乡收 入差距
2014	1.34151	0.93099	-0.71318	-0.7968	1.79504
2013	1.1104	0.90958	-0.42005	1.57257	1.61377

2012	0.80226	0.77229	0.04703	1.23755	0.37955
2011	0.51613	0.62073	0.88455	0.86995	0.18193
2010	0.35106	0.63115	-0.42005	0.45489	-0.27761
2009	0.02091	0.11196	-1.49916	0.07054	-0.4773
2008	-0.4523	-0.26652	2.20525	-0.33893	-0.56596
2007	-1.06858	-1.14006	0.2403	-0.79587	-0.74443
2006	-1.03557	-0.49771	-0.42005	-0.96618	-0.917
2005	-1.58582	-2.0724	0.09535	-1.30771	-0.98799

Step3: 用 MATLAB 软件计算标准化变量的相关系数矩阵。河南省小麦的相关系数矩阵如下所示

$$R_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0.995 & -0.1297 & 0.9073 & 0.8479 \\ 0.995 & 1 & -0.1089 & 0.8919 & 0.8108 \\ -0.1297 & -0.1089 & 1 & -0.1728 & -0.2266 \\ 0.9073 & 0.8919 & -0.1728 & 1 & 0.9248 \\ 0.8479 & 0.8108 & -0.2266 & 0.9248 & 1 \end{bmatrix}$$

湖南省水稻的相关系数矩阵如下所示

$$R_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0.9515 & -0.2309 & 0.7065 & 0.8954 \\ 0.9515 & 1 & -0.1938 & 0.7409 & 0.7578 \\ -0.2309 & -0.1938 & 1 & -0.0243 & -0.2315 \\ 0.7065 & 0.7409 & -0.0243 & 1 & 0.5042 \\ 0.8954 & 0.7578 & -0.2315 & 0.5042 & 1 \end{bmatrix}$$

Step4: 用 MATLAB 软件计算矩阵 R 的特征值和特征向量，结果如下两表所示：

表 5-5 矩阵 R_1 的特征值及相应的特征向量

特征值	特征向量				
3.72702	-0.5041	-0.1036	0.405	-0.726	0.2102
0.97506	-0.4965	-0.1256	0.5228	0.6769	0.0781
0.234872	0.1158	-0.9852	-0.125	-0.0037	0.0205
0.060515	-0.5016	-0.0373	-0.3016	-0.0487	-0.8085
0.002529	-0.4841	0.0397	-0.6754	0.1111	0.5437

表 5-6 矩阵 R_2 的特征值及相应的特征向量

特征值	特征向量				
3.34897	0.5384	0.8048	-0.1773	-0.1755	-0.0105
0.99368	0.5212	-0.4912	-0.6925	0.0507	-0.07
0.475069	-0.1477	0.0134	-0.0462	-0.2884	-0.9448
0.168283	0.431	-0.0381	0.436	0.7254	-0.3107
0.013998	0.4805	-0.3308	0.5447	-0.5977	0.076

Step5: 用 MATLAB 软件计算主成分贡献率及累计贡献率。计算河南小麦指标矩阵 R_1 的贡献率和累计贡献率如表 5-7 所示。

表 5-7 矩阵 R_1 的特征值、贡献率和累计贡献率

特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
3.72702	0.7454	0.7454
0.97506	0.195	0.9404
0.234872	0.047	0.9874
0.060515	0.0121	0.9995
0.002529	0.0005	1

同理可得出江西水稻指标矩阵 R_2 的贡献率和累计贡献率如表 5-8 所示。

表 5-8 矩阵 R_2 的特征值、贡献率和累计贡献率

特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
3.34897	0.6698	0.6698
0.99368	0.1987	0.8685
0.475069	0.095	0.9635
0.168283	0.0337	0.9972
0.013998	0.0028	1

前 3 个标准化指标的累计贡献率均已达到 95.35%，故只需考虑前三个主要指标即可。

前 3 个标准化样本主成分中各标准化变量 x_i^* 前的系数即为对应特征向量，由此得到 3 个标准化样本的主成分，河南小麦数据的主成分为

$$\begin{cases} y_1 = -0.5041x_1^* - 0.1036x_2^* + 0.405x_3^* - 0.726x_4^* + 0.2102x_5^* \\ y_2 = -0.4965x_1^* - 0.1256x_2^* + 0.5228x_3^* + 0.6769x_4^* + 0.0781x_5^* \\ y_3 = 0.1158x_1^* - 0.9852x_2^* - 0.125x_3^* - 0.0037x_4^* + 0.0205x_5^* \end{cases} \quad (5-7)$$

江西水稻数据的主成分为

$$\begin{cases} y_1 = 0.5384x_1^* + 0.8048x_2^* - 0.1773x_3^* - 0.1755x_4^* - 0.0105x_5^* \\ y_2 = 0.5212x_1^* - 0.4912x_2^* - 0.6925x_3^* + 0.0507x_4^* - 0.07x_5^* \\ y_3 = -0.1477x_1^* + 0.0134x_2^* - 0.0462x_3^* - 0.2884x_4^* - 0.94481x_5^* \end{cases} \quad (5-8)$$

y_1 、 y_2 、 y_3 是五个标准化变量 x_i^* 的等权重之和，是反映粮食最低收购价格政策执行效果的综合指标， y 值越大，则粮食最低收购价格政策执行效果越好。

5.3.3 多元线性回归法模型的建立

在现实生活中，变量与变量之间经常存在着一定的关系，回归分析是一种研究相关关系的数理统计方法，它通过大量的试验或观测发现变量之间关系的统计规律。问题二可通过多元线性回归分析得出粮食最低收购价与主成分分析选出来的各影响因素的相关性，从而确定粮食最低收购价政策执行的效果。

Step1: 写出回归方程，其一般形式为

$$Z = f(y_1, y_2, \dots, y_m) + \varepsilon \quad (5-9)$$

其中 $Y = (y_1, y_2, \dots, y_m)$,

Z 为回归变量, $f(y_1, y_2, y_3, \dots, y_m) = E(Z | Y_1 = y_1, Y_2 = y_2, \dots, Y_m = y_m)$, 为 m 元回归函数。

当 $m > 1$ 时, 式 (5-9) 变为

$$z = b_0 + b_1 y_1 + \dots + b_m y_m + \varepsilon \quad (5-10)$$

Step2: 参数估计。

为了得到回归参数的估计值, 需要对变量进行观测, 假设对变量的 n ($n > m$) 次独立观测数据为

$$(z_i, y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{im}), i = 1, 2, \dots, n$$

则这些数据应该满足式 (5-10), 即有

$$\begin{cases} z_1 = b_0 + b_1 y_{11} + \dots + b_m y_{1m} + \varepsilon_1 \\ z_2 = b_0 + b_1 y_{21} + \dots + b_m y_{2m} + \varepsilon_2 \\ \dots\dots\dots \\ z_n = b_0 + b_1 y_{n1} + \dots + b_m y_{nm} + \varepsilon_n \end{cases} \quad (5-11)$$

其中 $E(\varepsilon_i) = 0$, $Cov(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = \delta_{ij} \sigma^2$ ($i, j = 1, 2, \dots, n$), 其中

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 0, & i \neq j \\ 1, & i = j \end{cases}$$

若记

$$Z = (z_1, z_2, \dots, z_n)^T, Y = \begin{bmatrix} 1 & y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1m} \\ 1 & y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1 & y_{n1} & y_{n2} & \dots & y_{nm} \end{bmatrix}, \beta = (b_0, b_1, \dots, b_m)^T, \varepsilon = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n)^T,$$

则式 (5-11) 可写成如下形式

$$\begin{cases} Z = Y\beta + \varepsilon \\ \varepsilon \sim N(0, \sigma^2) \end{cases} \quad (5-12)$$

其中 $E(\varepsilon) = 0$, $Var(\varepsilon) = \sigma^2 I_n$ 。

为获得 β 参数的估计，可采用最小二乘法^[6]，即选择 β ，使

$$Q(\beta) = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = (Z - Y\beta)^T (Z - Y\beta)$$

达到最小。

将 $Q(\beta)$ 对 β 求导数，并令其为零，得

$$\frac{\partial Q}{\partial \beta} = -2Y^T(Z - Y\beta) = 0$$

即记 $L = Y^T Y$ ，则有

$$L\beta = Y^T Z \quad (5-13)$$

方程 (5-13) 为正规方程，其中 Y 为 $n \times (m+1)$ 阶矩阵，一般假定 $\text{rank}(Y) = m+1$ 。

由线性代数理论可知， $L = Y^T Y$ 为满秩矩阵，其秩 $\text{rank}(L) = m+1$ ，式 (5-13) 有唯一解，记作

$$\hat{\beta} = L^{-1} Y^T Z \quad (5-14)$$

将 $\hat{\beta}$ 代回原模型式(5-10)，得到 z 的估计值

$$\hat{z} = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 y_1 + \cdots + \hat{b}_m y_m \quad (5-15)$$

而这组数据的拟合值为 $\hat{Z} = Y\hat{\beta}$ ，拟合误差 $e = Z - \hat{Z}$ 称为残差，可作为随机误差 ε 的估计，称

$$Q = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (z_i - \hat{z}_i)^2 \quad (5-16)$$

为残差平方和。即在 $|L| \neq 0$ 时，式 (5-14) 中的 $\hat{\beta}$ 即为参数 β 的最小二乘法估计量。

而实际工作中，常称

$$\hat{z} = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 y_1 + \cdots + \hat{b}_m y_m$$

为经验性回归方程。

Step3: 统计分析。

不加证明地给出以下结果

1. $\hat{\beta}$ 是 β 的线性无偏最小方差估计，指的是 $\hat{\beta}$ 是 Z 的线性函数； $\hat{\beta}$ 的期望等于 β ；

在 β 的线性无偏估计中， $\hat{\beta}$ 的方差最小。

2. $\hat{\beta}$ 服从正太分布

$$\hat{\beta} \sim N(\beta, \sigma^2(Y^T Y)) \quad (5-17)$$

3. 对残差平方和 Q , $EQ = (n-m-1)\sigma^2$, 且

$$\frac{Q}{\sigma^2} \sim \chi^2(n-m-1) \quad (5-18)$$

由此得到 σ^2 的无偏估计

$$s^2 = \frac{Q}{n-m-1} = \hat{\sigma}^2 \quad (5-19)$$

s^2 称为剩余方差, s 称为剩余标准差。

4. 对 Z 的样本方差 $s = \sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2$ 进行分解, 有

$$S = Q + U, \quad U = \sum_{i=1}^n (\hat{z}_i - \bar{z})^2 \quad (5-20)$$

其中 Q 是残差平方和, 反映随机误差对 z 的影响; U 称为回归平方和, 反映自变量对 z 的影响。

Step4: 回归模型的假设检验。

令原假设为

$$H_0: b_j = 0, j = 1, 2, \dots, m$$

当 H_0 成立时, U , Q 满足

$$F = \frac{U/m}{Q/(n-m-1)} \sim F(m, n-m-1) \quad (5-21)$$

在显著水平 α 下有 $1-\alpha$ 分位数 $F_{1-\alpha}(m, n-m-1)$, 若 $F < F_{1-\alpha}(m, n-m-1)$, 则接受 H_0 ; 否则拒绝 H_0 。

回归平方和在样本方差中的比值定义为

$$R^2 = \frac{U}{S} \quad (5-22)$$

$R \in [0, 1]$ 称为相关系数, R 越大, z 与 x_1, \dots, x_m 相关关系越密切。

Step5: MATLAB 实现

用 $[b, bint, r, rint, stats] = \text{regress}(Y, X, \alpha)$ 命令实现多元线性回归，其中 b 、 $bint$ 为回归系数估计值及其置信区间， r 、 $rint$ 为残差及其置信区间， $stats$ 是用于检验回归模型的统计量，有三个数值：第 1 个是 R^2 （见式 5-22），第二个是 F （见式 5-21），第 3 个是与 F 对应的概率 p ， $p < \alpha$ 拒绝 H_0 。相关系数越大说明效果越好， $p < \alpha$ 说明效果显著。

5.3.4 多元线性回归法的模型求解

由于粮食品种和区域的差异，将河南省小麦和江西省水稻的相关数据结合 Matlab 程序求解多元线性回归模型，从而得出粮食最低收购价政策执行效果。

1. 令 z_1, z_2, \dots, z_{10} 为上年（2005-2014）小麦最低收购价（如下表所示）

表 5-9 历年小麦最低收购价

时间	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005
上年小麦最低收购价格 (50 公斤/)	118	112	102	95	90	87	77	72	72	72

又根据主成分分析法的结果可得（5-11）式如下

$$\begin{cases} 118 = b_0 + b_1 0.1034 - b_2 0.0012 - b_3 0.2751 + \varepsilon_1 \\ 112 = b_0 - b_1 0.0443 + b_2 0.0004 - b_3 0.0582 + \varepsilon_1 \\ \dots \\ 72 = b_0 - b_1 0.0125 + b_2 0.0001 - b_3 0.4723 + \varepsilon_1 \end{cases} \quad (5-23)$$

- 再令 z_1, z_2, \dots, z_{10} 为上年（2005-2014）水稻最低收购价（如下表所示）

表 5-9 历年水稻最低收购价

时间	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005
上年水稻最低收购价格 (50 公斤/)	138	135	125	107	97	92	79	72	72	72

又根据主成分分析法的结果可得（5-11）式如下

$$\begin{cases} 138 = b_0 + b_1 0.9754 - b_2 1.1259 - b_3 0.0899 + \varepsilon_1 \\ 135 = b_0 - b_1 0.0443 + b_2 0.1024 + b_3 0.3106 + \varepsilon_1 \\ \vdots \\ 72 = b_0 + b_1 0.4017 - b_2 0.1463 + b_3 0.2477 + \varepsilon_1 \end{cases} \quad (5-24)$$

其中小麦的 Y 值为

$$Y = \begin{bmatrix} 1 & 0.1034 & -0.0012 & -0.2751 \\ 1 & -0.0286 & 0.0004 & -0.0582 \\ 1 & -0.0417 & 0.0016 & -0.0575 \\ 1 & -0.0443 & 0.0041 & -0.0237 \\ 1 & -0.0711 & -0.0019 & 0.0997 \\ 1 & -0.0518 & -0.002 & 0.2183 \\ 1 & 0.0086 & -0.0027 & 0.0766 \\ 1 & 0.0579 & -0.0024 & 0.1925 \\ 1 & 0.0801 & 0.004 & 0.2999 \\ 1 & -0.0125 & 0.0001 & -0.4723 \end{bmatrix}$$

水稻的 Y 值为

$$Y = \begin{bmatrix} 1 & 0.9754 & -1.1259 & -0.0899 \\ 1 & -0.0443 & 0.1024 & 0.3106 \\ 1 & -0.4612 & 0.383 & 0.0275 \\ 1 & -1.1375 & 0.1434 & -0.0344 \\ 1 & 0.1859 & 0.4049 & -0.1776 \\ 1 & 1.3459 & 0.5313 & -0.0989 \\ 1 & -1.9915 & -0.3293 & -0.1203 \\ 1 & 0.0546 & -0.0496 & 0.0884 \\ 1 & 0.671 & 0.0861 & -0.153 \\ 1 & 0.4017 & -0.1463 & 0.2477 \end{bmatrix}$$

2. 利用 MATLAB 程序（附录 5）计算各 b 和 \hat{b} 值分别如下

河南省小麦：

$$b_0 = 89.7005, b_1 = -20.5297, b_2 = 434.6407, b_3 = -23.7548$$

$$\hat{b}_0 = 0.0746, \hat{b}_1 = -0.2834, \hat{b}_2 = -5.8496, \hat{b}_3 = -0.0915$$

江西省水稻：

$$b_0 = 89.6999, b_1 = 1.8762, b_2 = -9.4991, b_3 = 11.9218$$

$$\hat{b}_0 = 74.4343, \hat{b}_1 = -14.3174, \hat{b}_2 = -43.3697, \hat{b}_3 = -83.6998$$

3. 利用 Matlab 程序计算结果如下

河南省小麦的相关数据为： $R^2 = 0.118$ ， $F = 0.2676$ ， $p = 0.8467$ 。

江西省水稻的相关数据为： $R^2 = 0.097$ ， $F = 0.2148$ ， $p = 0.8827$ 。

因为相关系数越大说明效果越好，并且 $P < 0.05$ 说明效果显著，否则不显著，由以上两组数据可知，粮食最低收购价政策对影响粮食最低收购价政策执行效果的因素影响并不大，粮食种植面积等因素并无显著性变化，因此执行效果并不是很显著。

六、问题三数据分析粮食价格的特殊规律

6.1 问题分析

通过对中国粮食价格波动幅度的测算及周期性特征的分析，利用 HP 滤波法从总体上考察粮食价格波动规律，数据来源于中华粮网数据中心。鉴于粮食宏观调控从 20 世纪 80 年代末 90 年代初向市场化方向逐步转变，本文研究的时间段为 2009-2016 年。选取的粮食价格为一年中粮食的平均价格。在分析前，利用全国居民消费价格顶级指数剔除通货膨胀。

本文首先通过分析多年粮食价格随时间的变化，得出粮食价格的变化规律，即粮食价格波动特征。然后根据粮食价格波动特征，进一步总结影响粮食价格波动的因素，并详细说明各因素如何影响粮食价格波动。就现今粮食价格现状，分析粮食价格体系存在的问题。

6.2 粮食市场价格波动特征

随着粮食市场化改革的深入和粮食市场的全面放开，粮食市场价格波动的幅度有越来越剧烈的趋势。国家政策对小麦价格的波动幅度尤其是价格下跌有一定的控制作用，但是在国家政策对粮食市场特别加强管理的时期，波动周期会异常延长。为准确反映近年来我国粮食市场价格的波动情况，本文搜集 2009 年至 2016 年的原粮、小麦和水稻的市场收购价格，以 2008 年为基期，价格指数定为 100，分析我国粮食市场价格波动态势。

6.2.1 原粮价格波动特征

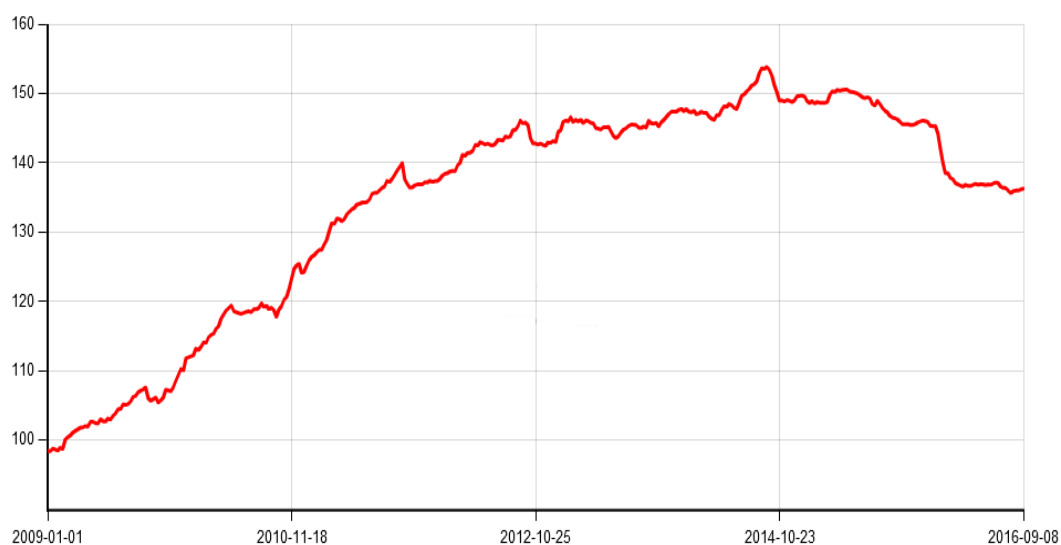


图 6-1 原粮周度收购价格指数走势图

通过原粮周度收购价格指数走势图可以看出，2009—2012 年间我国原粮市场价格收购指数整体呈现线性增加趋势，原粮的市场价格收购指数由 2009 年 1 月的 90 上涨到 145，涨幅为 61%；2012—2016 年间我国原粮价格基本保持稳定不变(见图 6-1)，同时由图可看出，原粮周度收购价格是波动变化的。

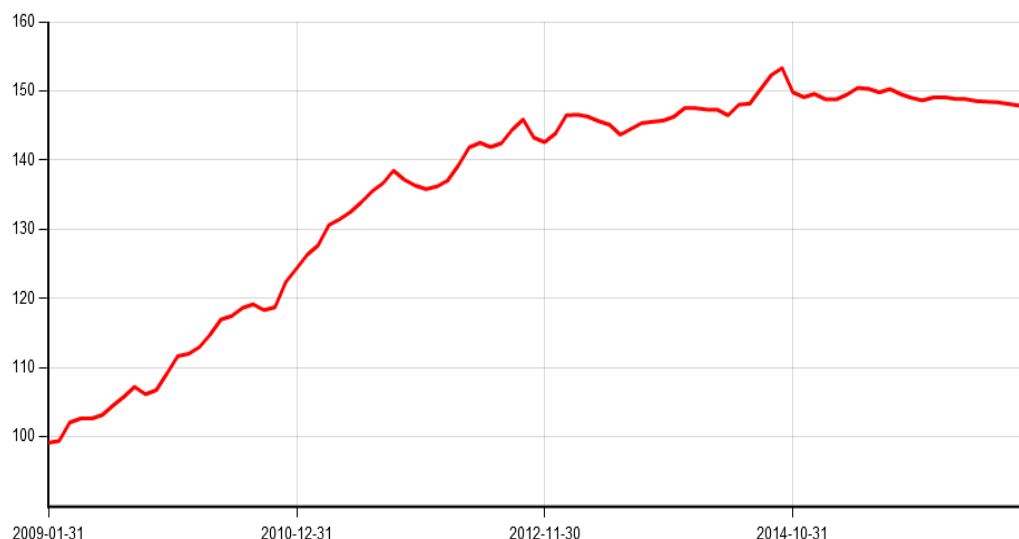


图 6-2 原粮月度收购价格指数走势图

为便于分析，给出了近年来原粮市场收购价格指数的月度波动规律（见图 6-2）。原粮市场收购价格变化的整体趋势依然同周度数据，不同的是波动周期和幅度较周度数据小。

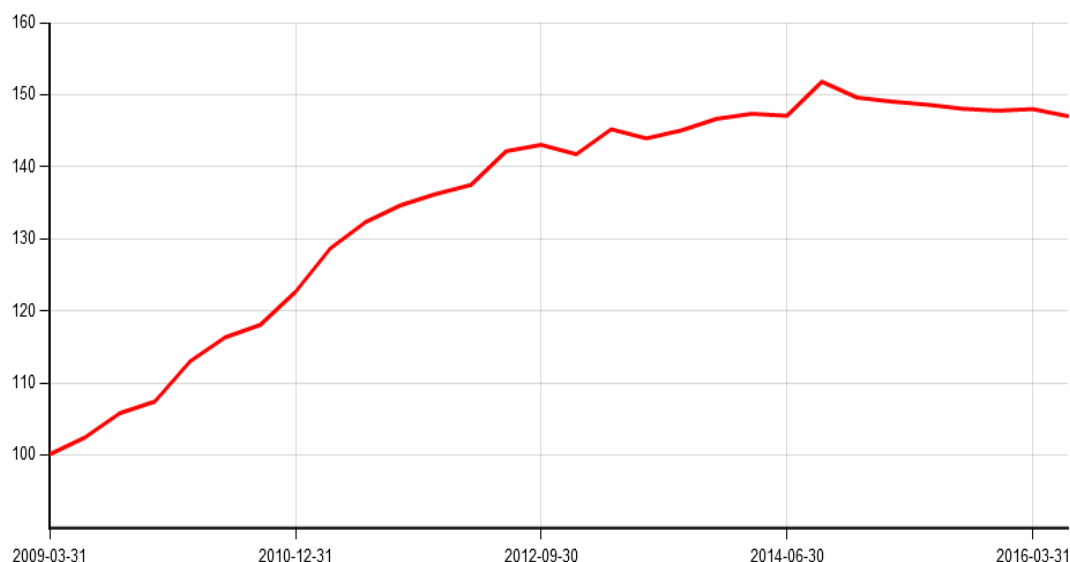


图 6-3 原粮季度收购价格指数走势图

我国原粮季度收购价格指数自 2009 年以来的趋势（见图 6-3 所），经历了较短时间的快速平滑向上一缓慢平滑向上（下降波动）—稳定平滑三个阶段。2009-2011 年间我国市场收购价格呈现快速上涨，2011-2014 年间价格上涨趋势减慢，2014 年趋于稳定。通过比较原粮周度、月度和季度三组数据随时间的趋势图，可得知原粮市场收购价格指数均呈现波动性变化。

6.2.2 小麦价格波动特征

小麦是我国主要的粮食作物，一直以来是国家保护的重要品种，常年播种面积和产量分别占粮食总量的 25% 和 22% 左右。小麦价格波动也一直是国家粮食政策关注的重点，几乎每一次粮食价格改革都会涉及到小麦。

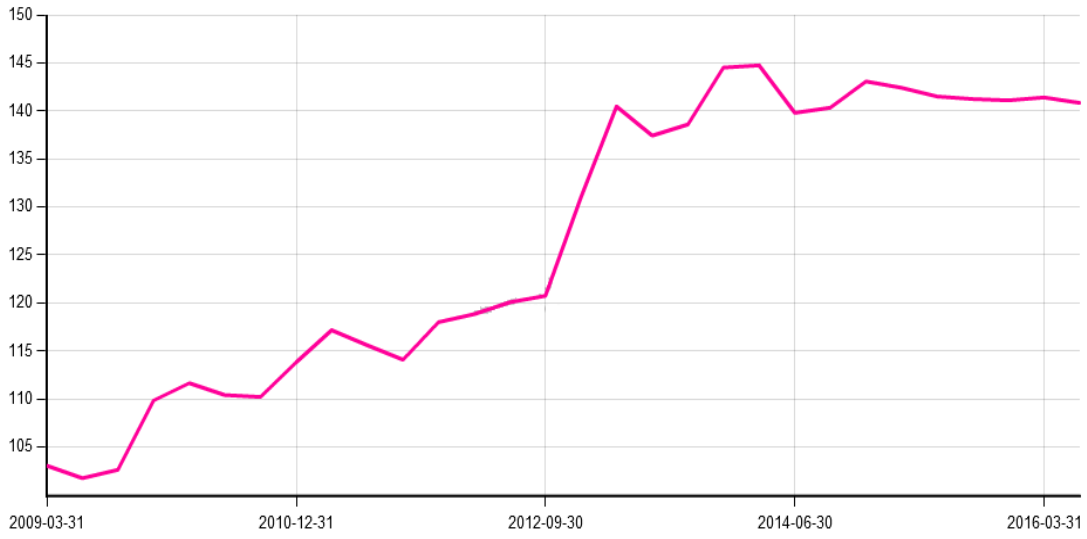


图 6-4 小麦周度收购价格指数走势图

根据历年全国小麦收购价格指数数据，绘制收购价格指数波动（见图 6-4）。在图中直观显现了我国小麦市场价格的波动情况，小麦市场价格在 2009-2012 年整体呈现缓慢上涨趋势，在此期间出现 2 个波峰，分别在 2010 年 2 周和 2010 年 10 周；在 2012-2013 年整体呈现急剧上涨趋势，在此期间出现 2 个波峰，分别在 2012 年 20 周和 2013 年 32 周；自 2014 年以后小麦市场收购价格指数趋于稳定。

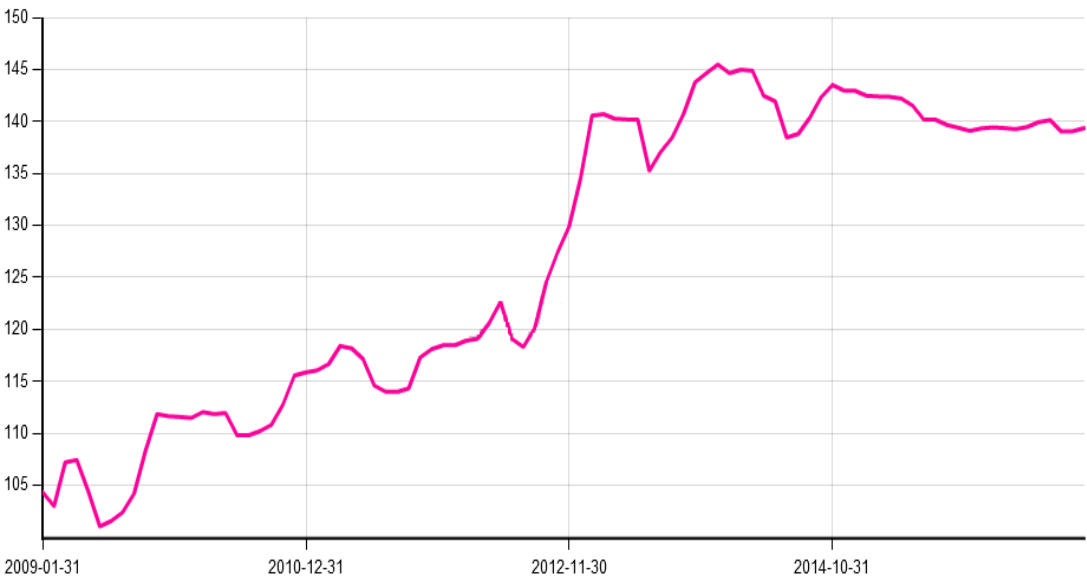


图 6-5 小麦月度收购价格指数走势图

根据图 6-4 和图 6-5 可知，2009 年 5 月小麦市场收购价格急剧下滑，其原因是粮食丰收、库存丰富。根据美国农业部 2010 年 5 月份预测数据显示，2010—2011 年度我

国小麦产量同比略有减少，但是因期初库存同比大幅增加的影响，最终期末库存预期同比增加 825 万吨，库存消费比达到 61%，自 2002—2003 年度以来的最高值。供需的进一步宽松，小麦市场收购价格也将因此承受下行的压力。

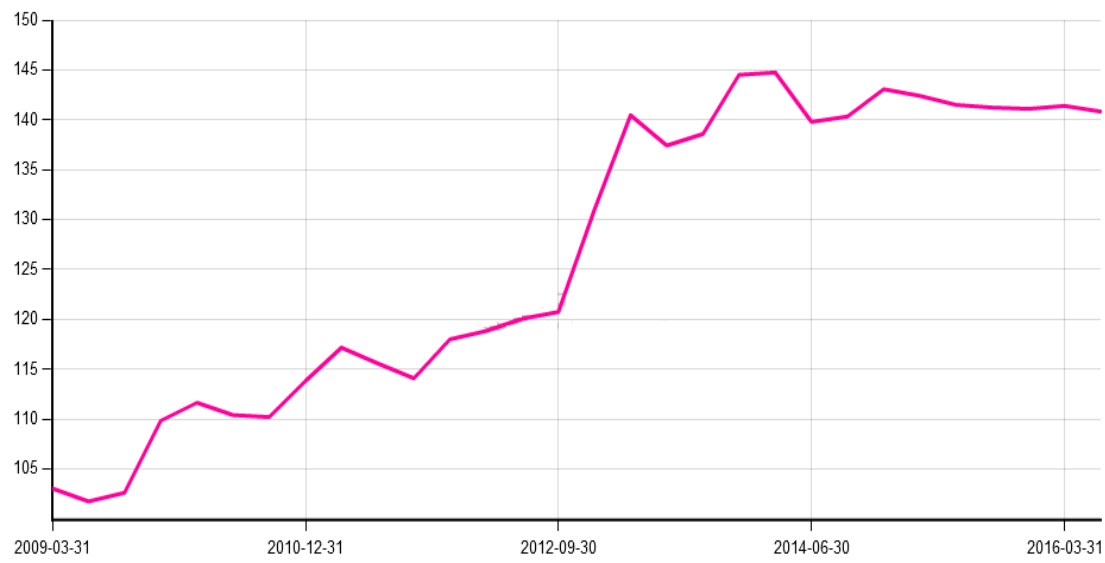


图 6-6 小麦季度收购价格指数走势图

小麦市场价格波动呈现明显的周期性，周期划分遵循如下规律：每个波动周期都可以分为上升和下降两个阶段；从顶峰到顶峰，或者从谷底到谷底，就是一次完整的周期；一个周期波动要至少包含 2 个生产周期。

6.2.3 稻谷价格波动特征

稻谷播种面积和产量居全国粮食作物首位。目前我国稻米产量接近全国粮食总产量的 40%，约占世界稻米总产量的 30%。全国有 60% 的人以大米为主食，年消费量达 1.35 亿吨。水稻生产在我国粮食总供给中占有特殊重要的地位，不仅关系到国家粮食安全目标，还关系到国内总体粮价水平的稳定和国际稻米市场的稳定。

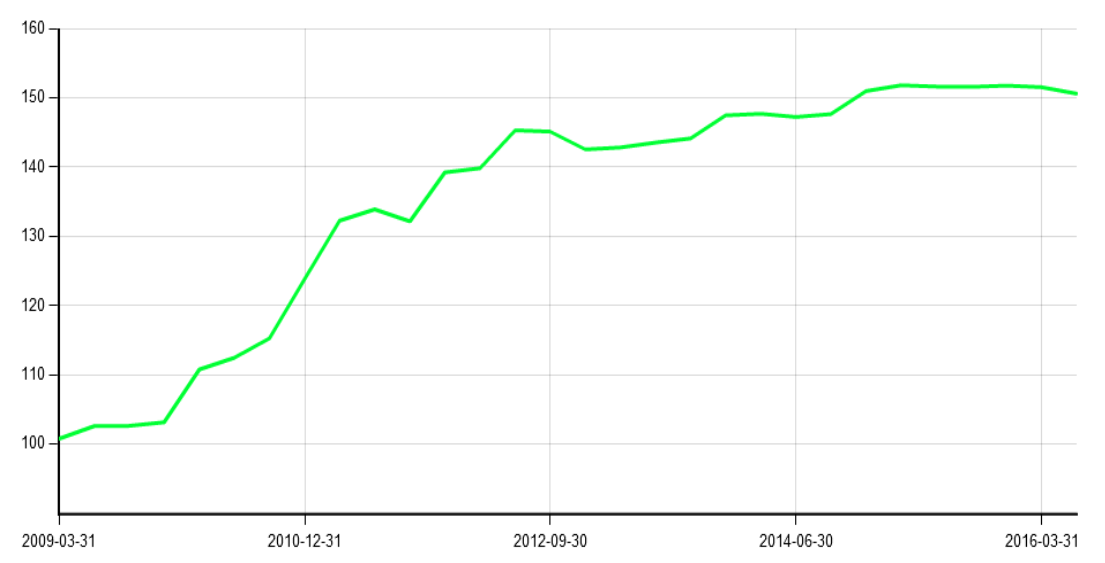


图 6-7 稻谷周度收购价格指数走势图

为进一步研究我国粮食价格的波动性规律，又选用稻谷的价格指数数据分析归纳。同样稻谷市场收购价格指数波动呈现周期性和不对称性波动。各周期不太稳定，2009—2011 年间波幅逐渐加长，2011 年之后波幅有缩小的趋势，即稻谷市场价格有趋于稳定的趋势。稻谷市场收购价格波动周期中上升波幅普遍大于下降波幅，呈不对称性波浪式上涨趋势。

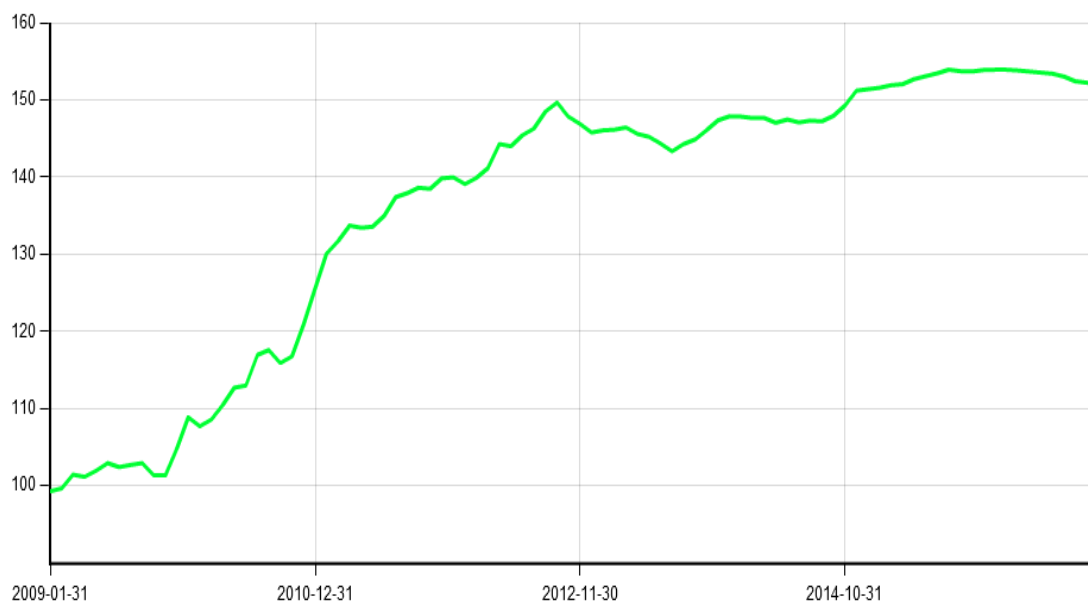


图 6-8 稻谷月度收购价格指数走势图

图 6-8 显示了稻谷月度市场收购价格指数走势图，从图中可以看出月份对稻谷价格的影响非常大。由图可得 2009 年以来我国稻谷市场收购价格显示出如下的长期走势：我国稻谷价格从 2009 年至 2011 年下半年是急剧上升的趋势，但在 2012 年上半年以后，价格只是呈现缓慢增长趋势。

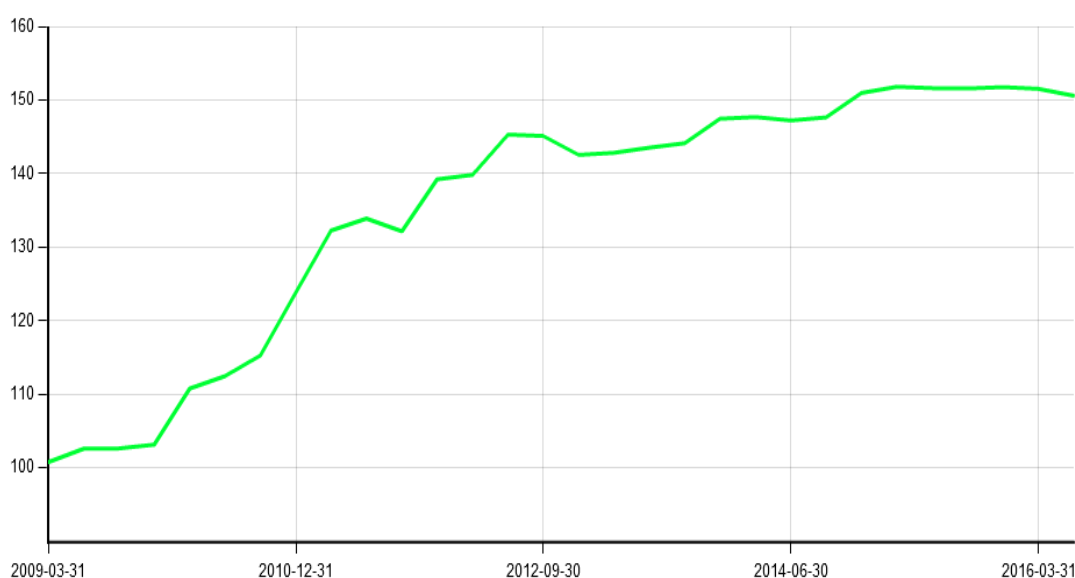


图 6-9 稻谷季度收购价格指数走势图

如图 6-9 所示，稻谷季度市场收购价格指数波动幅度较大，则季节对稻谷价格的影响非常大。稻谷市场收购价格指数自 2009 年以来经历一次最为明显的上涨，自 2010 年

9 月到 2011 年 2 月，收购价格指数由 115 波动至 132， 涨幅为 14.8%。同时由图可得知，波动周期和幅度各不相同。

6.3 粮食国家最低收购价格波动特征

由问题一的模型准备可得，我国实行粮食最低收购价政策的粮食作物只有小麦和水稻两种，因此本文中选定小麦和水稻两种农作物的历年粮食最低收购价为研究对象，探讨我国粮食最低收购价格所具有的特殊规律性。

6.3.1 小麦最低收购价格的特征

小麦的国家最低收购价数据如表（5-9）所示，小麦的国家最低收购价走势图如图 6-10 所示。

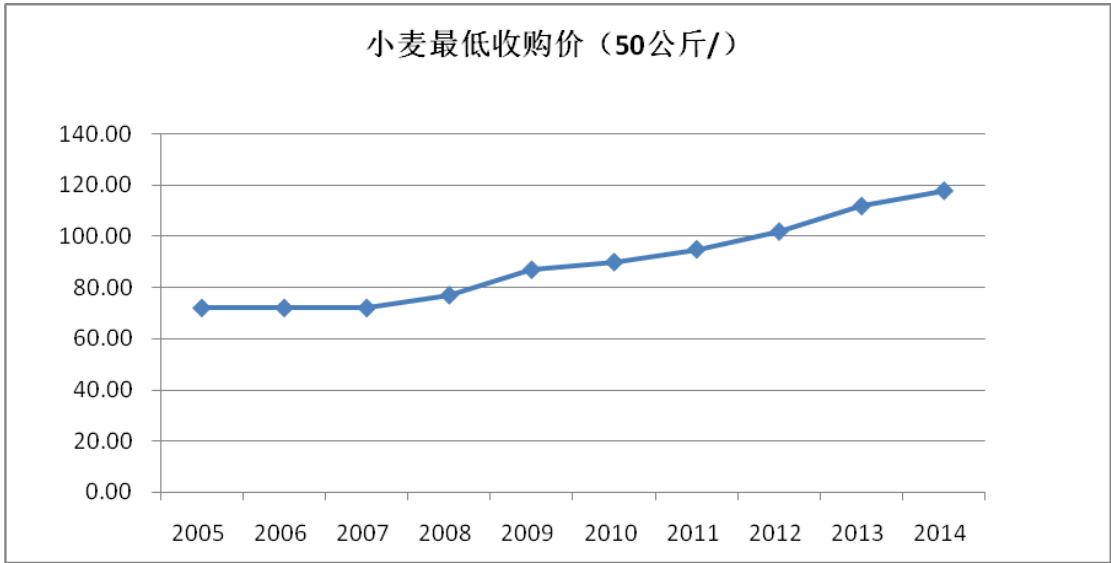


图 6-10 小麦的国家最低收购价走势图

如图 6-10 所示，小麦的最低收购价总体呈现递增规律，在 2005 到 2007 年间最低收购价格保持不变，其余的按每年递增的波动规律，上涨幅度为 63.89%。国家最低收购价格又与市场的供需有关，因此小麦的最低收购价必然受到国家强有力的宏观调控，具有可调控性。

6.3.2 水稻最低收购价格的特征

水稻的国家最低收购价数据如表（5-10）所示，水稻的国家最低收购价走势图如图 6-11 所示。

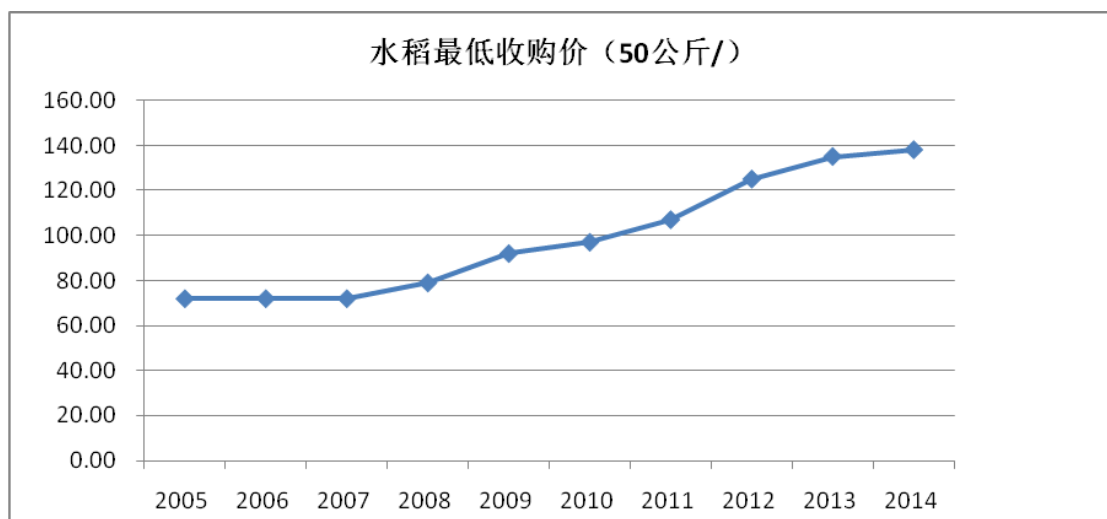


图 6-11 水稻的国家最低收购价走势图

如图 6-11 所示，水稻的最低收购价总体也呈现递增规律，在 2005 到 2007 年间最低收购价格因为国家相关政策的原因，也保持不变，其余的按每年递增的波动规律，上涨幅度大概为原来的两倍。与小麦的最低收购价格类似，水稻的最低收购价也必然受到国家强有力的宏观调控，具有可调控性。

6.4 粮食价格体系的价格规律性

分析问题三可知，粮食市场收购价与粮食最低收购价一起构成粮食价格体系，并且在宏观价格调控系统中具有一定相对独立性，因此我们将粮食市场收购价与粮食最低收购价一并分析，探究我国粮食价格所具有的特殊规律性。

6.4.1 小麦粮食体系的价格规律

小麦的粮食市场收购价与粮食最低收购价走势图如图 6-12 所示。

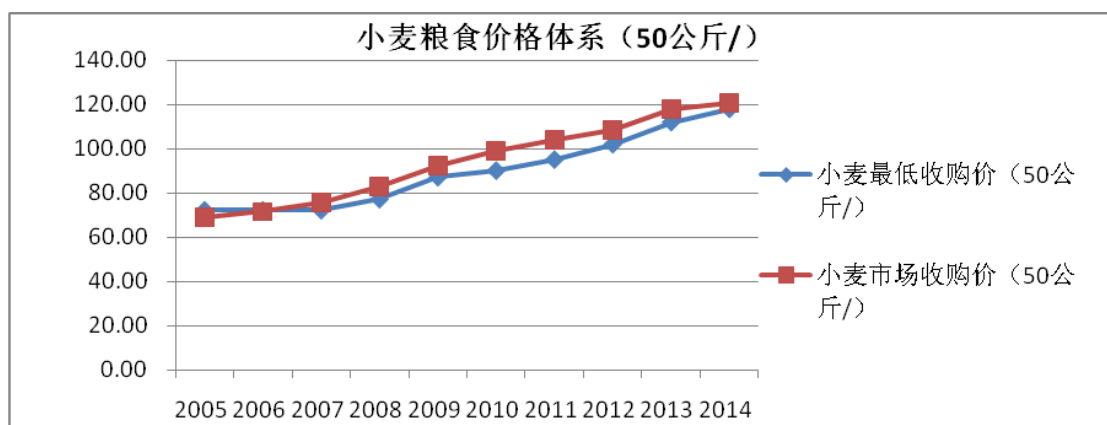


图 6-12 小麦的价格体系走势图

如图 6-12 所示，小麦的粮食市场收购价与粮食最低收购价走势趋势大体一致，并且市场收购价格略高于对低收购价格，这说明政府在一定程度上保护农民的利益，最低收购价格在一定程度上反映了价格与市场供求等客观因素有关，小麦市场收购价与小麦最低收购价数据相差甚微。

6.4.2 水稻粮食体系的价格规律

水稻的粮食市场收购价与粮食最低收购价走势图如图 6-13 所示。

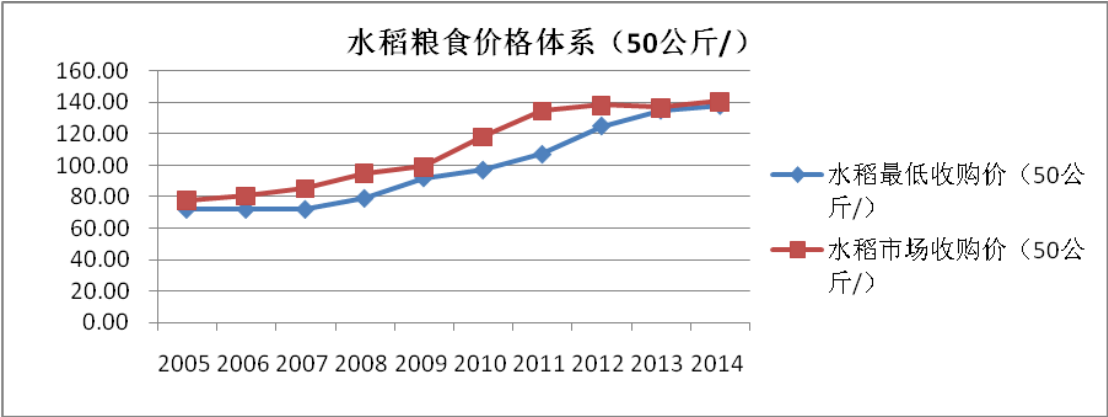


图 6-13 水稻的价格体系走势图

如图 6-13 所示，水稻的粮食市场收购价与粮食最低收购价走势趋势也大体一致，并且市场收购也价格略高于对低收购价格，小麦市场收购价与小麦最低收购价数据相差甚微。它的价格规律与小麦的价格规律基本相同。

综合以上可以得出，以小麦和水稻为例的粮食的市场收购价格总体呈现波动上升趋势，政府的最低收购价格总体也呈现上升趋势，最低收购价格上升幅度紧随粮食的市场收购价格之后，说明粮食价格规律受市场供求以及竞争机制和风险机制等客观因素的影响。

6.3 影响粮食价格波动的因素

针对国内外研究的不足，近几年许多学者针对国内粮价波动情况进行研究，指出了影响粮食价格波动的因素^[7-12]，从粮食的商品属性、政策属性和金融属性三个方面分别阐述了影响粮食价格的各因素对粮价波动的影响。随着时间的推移，我国经济的快速发展、人口的增加、人民生活 and 消费水平的提高、膳食结构的调整、通货膨胀和农业生产资料价格的增长等诸多因素的影响，粮食价格实际呈现上涨的趋势。

6.3.1 基于粮食商品属性影响因素

从粮食的商品属性来看，人口数量、居民收入与消费结构、粮食产量、粮食生产成本以及农户的收益情况这一系列因素均对粮食的供需产生较大的影响，从而导致粮食价格的波动。

粮食作为一种商品，首先具有商品属性，其价格依赖于供需关系的变化是毋庸置疑的。粮食的需求是人类的基本需求，需求量主要取决于人口总数和人口增长率。人口因素对粮食价格的影响主要是通过影响粮食需求来实现的，随着我国人口数量的增长，对粮食的需求也在增长，如果供应无法跟上需求增加的步伐，粮食本身的需求弹性又比较小，粮食价格上涨的幅度必然很大；居民收入水平对于粮食市场价格的影响效应取决于在收入增加时粮食是否变成了劣等品。由于人们的劳动强度、饮食结构、人口的年龄结构变化等使得未来粮食的消费结构发生了重大改观，农村口粮的直接消费也在逐年减少，而词料和其他加工业用粮的需求将会持续增加，表 6-1 列出了我国近年来城镇居民的食物消费结构变化情况。

表 6-1 我国城镇居民人均年可支配收入与年均食物消费结构表

年份	可支配收入(元)	粮食(千克)	猪牛羊肉(千克)	家禽(千克)
1991	1700.6	127.9	22.2	4.4
1992	2026.6	111.5	21.4	5.1
1993	2577.4	97.8	20.8	3.7
1994	3496.2	102	20.3	4.1
1995	4283	97	19.7	4
1996	4838.9	94.7	20.4	5.4
1997	5160.3	88.6	19	6.5
1998	5425.1	86.7	19.2	6.3
1999	5854	84.9	20	4.9
2000	6280	82.3	20.1	7.4
2001	6859.6	79.7	19.2	7.3
2002	7702.8	78.5	23.3	9.2
2003	8472.2	79.5	23.7	9.2
2004	9421.6	78.2	22.9	8.4
2005	10493	77	23.9	9
2006	11759.5	75.9	23.8	8.3
2007	13785.8	77.6	22.1	9.7
2008	15780.8	79.1	22.7	8
2009	17174.7	81.3	24.2	10.5
2010	19109.4	81.5	24.5	10.2

由表可知,随着城镇居民可支配收入的提高,粮食的绝对需求量随之减少,肉、禽类的需求量则稳中有升;在口粮消费随着城乡居民收入水平的提高而减少的同时,人们对于食物的消费结构也发生了大的变化,很多对于粮食的直接消费转变成了间接消费,人们消费了更多的肉类、家禽类等动物性食品以及加工食品,这必然导致对于饲料粮和工业粮需求的增加,最终影响的依然是粮食总的需求量;并且呈现上涨的趋势,这必然导致粮食价格的同步上涨。

6.3.2 基于粮食政策属性影响因素

从粮食的政策属性来看,分述了政府的粮食收购价格、农业资金支出与科技进步情况、消费物价总水平和国家的粮食专储机制在粮价稳定方面所起到的作用,指明了各因素对于粮食价格不同方向的影响。

政策性的粮食要服务和服从于国家的调控,为了国家的稳定和保障广大农民的利益,我国政府近年来加大了对“三农”的扶持力度,连续几年的一号文件就是这个政策的体现和缩影。随着政策对农业的支持,农民种植粮食的积极性高涨,粮食产量不断增加。与此同时,国家在粮食调控中逐步引入市场机制,运用市场手段调控粮价。此外,

包括粮食收购价格的变化、专储机制，消费物价总水平的调控作用等方面，均充分体现了粮食的政策属性。

农业资金支出和科技进步的程度与粮食增产密切相关，它将很大地影响粮食市场的供给与价格。科技进步与技术革新的直接作用就是提高单产，前面已经提到，在物质投入不变的情况下，影响粮食总产量的两个主要因素是种植面积和单产，而粮食的种植面积在有限的范围内是难以得到较大改变的，所以提高粮食产量的最有价值和意义的措施就是提高单产价格。

表 6-2 我国国家财政用于农业以及农业科技的支出

年份	农业支出（亿元）	农业科技三项费用（亿元）	农业支出占财政支出的比重（%）
1978	150.7	1.1	13.4
1980	150	1.3	12.2
1985	153.6	2	7.7
1990	307.8	3.1	10
1995	574.9	3	8.3
2000	1231.5	9.7	7.8
2005	2450.3	19.9	7.2
2006	3173	21.4	7.9
2007	4318.3	25.3	8.7
2008	5955.5	31.2	9.5
2009	7253.1	34.7	9.5
2010	8571.4	37.5	9.6

表 6-2 中列出了改革开放以来我国国家财政用于农业以及农业科技的支出情况，从国家财政用于农业的总支出来看，2000 年较 1978 年增长了 7 倍多，2010 年较 2000 年又翻 7 番；而用于科技三项费用的投入也从 1978 年的 1.12 亿元增加到 2000 年的 9.75 亿元，再到 2010 年的 37.5 亿元，增长幅度也是非常巨大的，与此同时，我国的粮食单产在 1994 到 2007 年间提高了近 16 个百分点。

6.3.3 基于粮食金融属性影响因素

从粮食的金融属性来看，全球经济状况影响着世界人民整体的收入水平，由此导致大众的消费需求以及食品价格的变动，最终使得粮食价格也随之波动。国际粮食价格和能源价格都是通过传导机制同步带动了国内粮食价格的波动：人民币汇率则由于粮食在国际市场上进行交易，对粮食的进出口价格造成影响进而波及到国内的粮食价格。

近年来，随着国际贸易竞争的日趋激烈，国内外市场的联系也日益密切。国际上的粮食市场不仅和能源市场联系起来，和金融市场也紧密地关联到一起，粮食贸易的金融化已经成为当前某些财团进行资本运作的一种方式。同时，国际经济对我国粮食价格波动的影响也日趋明显，以美国为首的粮食出口大国的经济状况无疑对于我国粮食价格有重要的传导作用，国际能源价格以及国际热钱的投机行为等金融因素，对于我国粮食价格的金融属性有着重要的推动作用。

通过以上分析,本小节对影响粮食价格的各个影响因素进行了比较全面的讨论。通过讨论我们看到:在粮食价格影响因素中,粮食的需求量、政府收购价格、物价水平、粮食储备粮、国际粮食价格和能源价格与粮价呈正相关状态;而粮食供给量、农业科技投入、全球经济状况以及人民币汇率与粮价为负相关。

6.4 现今粮食价格体系存在的问题

改革开放以来,我国的粮食价格形成机制和调控办法虽然有了较大的改进,但由于受思想观念、体制、环境和粮食供求关系变化等因素的影响,至今尚未完全实行市场调节,还存在着许多问题和缺陷值得研究。我国粮食价格主要存在以下几点:

(1) 思想观念落后,制约粮食价格改革。我国粮食是最早进入计划经济,最晚退出的产品。在社会主义市场经济体制改革的今天,由于政企不分、机制不活,粮食很难成为自负盈亏、自主经营的主体,不能完全按市场机制运行。更有相当一部分粮食部分的干部和职工仍然固守粮食是“特殊商品”,价格应由国家统一管理,有关决策者和部门,从担心影响粮食安全和市场稳定性出发,也不敢轻易全面放开粮食价格。在根深蒂固的传统观念下,难以生成适应社会主义市场经济体制和我国国情的新的粮食价格形成机制和调控办法。

(2) 流通成本较高,削弱粮食价格竞争力。价格是影响商品竞争力的最主要因素之一,而成本是价格的基础。在我国由于过去长期重生产、轻流通,导致粮食流通基础设施建设落后、自动化程度低。国有粮食企业人员多、效率差,粮食运输方面损失浪费严重粮食交易环节繁琐、手段落后,使得流通成本较高,粮食价格竞争力较低。

(3) 粮食的价格波动较大。现有的国家粮食储备数量多,品质差,价格高,存在着明显的质量隐患、财政隐患和价格隐患,管理方法也需要进一步探讨。在调控手段上,经济方法运用的少,行政命令运用的多,调控时机和效果滞后。在进出口时机把握不准,国内供给紧张时还在出口,供不应求矛盾突出时进口不能及时到位易形成逆向调节,加剧了粮食价格波动幅度。

(4) 价格支持不规范,补贴方式不合理。目前我国对粮食生产的支持主要集中在流通领域,体现在价格支持上,不仅对粮食收购价格进行补贴,还对粮食出口价格进行补贴,不符合粮食市场要求。在国家财政补贴方面,国家把对粮食的补贴通过粮食企业简介补给农民,中间环节较多,损失较大,效率较低,而实际农民到手补贴少之甚少,不利于国家粮食市场的稳定。

(5) 价格机制的作用受客观环境限制。良好的价格形成机制得益于完善的市场体系和充分竞争的市场环境,目前我国多元化的粮食市场主体还没有形成,一家一户的小农生产规模小,经营分散,难以进入统一的社会化大市场。而国有粮食企业没有真正成为独立的市场主体,对供求关系变化缺少必要的反应,缺乏一个充分有效竞争的市场来形成真实的价格信号。

七、问题四模型建立与求解

7.1 问题分析

合理定制粮食最低收购价在我国粮食经济发展中是一项重要的任务,粮食最低收购价的高低直接影响着当年的粮食生产。本文中拟采用著名的柯布一道格拉斯函数^[13],建立粮食生产量函数,然后根据计量经济模型,建立粮食需求量函数,最后将粮食生产量

函数和需求量函数进行结合，并通过粮食收购价格、人均消费、种植面积之间的关系，得出粮食最低收购价的合理定价模型，求解得出粮食最低收购价价格的合理范围。

7.2 模型准备

著名的柯布一道格拉斯生产函数，是美国数学家柯布（Charles W. Cobb）与经济学家道格拉斯（Paul Douglas）根据历史统计资料，研究了 1899~1922 年美国的资本与劳动力数量对制造业产量的影响后，提出的用来研究和探讨投入和产出关系的数学模型。经过长久时间的发展和完善，普遍用以预测国家和地区工业系统或大企业的生产和分析发展生产的途径的一种经济模型，简称生产函数。它的基本形式为：

$$P = AK^a I^b m^\mu \quad (7-1)$$

其中， P 为产量， K 为资本投入量， I 为劳动投入量， A 代表技术进步系数， a 、 b 为参数， μ 为随机扰动项。

7.3 模型建立

7.3.1 建立粮食生产量函数模型

建立柯布-道格拉斯函数形式的粮食生产量函数模型：

$$P = \frac{Y}{H} = \frac{AK^a I^b m^\mu}{H} \quad (7-2)$$

式中， P 表示粮食生产量； Y 表示农业生产总值； H 表示粮食收购价格； A 表示综合技术水平，包括粮食单位面积产量、农民受教育程度和农机总动力等； K 表示农资投入，包括化肥、种子、农药和灌溉等； I 表示农民劳动投入量； a 表示农资投入弹性系数； b 表示劳动力弹性系数； μ 表示随机干扰项。

各变量取对数后粮食生产量函数模型变换为：

$$\ln P = \ln A + a \ln K + b \ln I + \mu \ln m - \ln H \quad (7-3)$$

7.3.2 建立粮食需求量函数模型

粮食的市场需求量等于国家计划存储量与国家消费量之和，从中国粮食安全角度出发，国家计划存储量与国家消费量之间存在一定的关系，国家计划存储量约为国家消费量的 17%^[14]。

设定计量经济模型来估计城乡居民人均粮食需求函数，函数可分别用来估计人均口粮消费量、人均饲料粮消费量和在外就餐粮食消费量如何受到收入和粮食价格的影响。从理论分析中，人均粮食需求函数由收入、粮食价格和一些不随时间变化的个人特征决定包括：性别、民族、饮食偏好等可观察或不可观察因素，因此设定初始计量模型为式（7-4）。

$$y_{it} = \hat{\alpha} + \beta x_{1it} + \gamma x_{2it} + \delta Others_i + \varepsilon_{it} \quad (7-4)$$

如式 (7-4) 所示, 个人 i 在第 t 年的粮食需求为 y , 单位为 kg , 人均粮食需求 y 由当年的收入、粮食价格和其他不随时间变化的个人特征等共同决定。其中人均消费用 x_1 表示, 单位为元/年, 价格用 x_2 表示, 单位为元, 其余影响人均粮食消费但不随时间改变的一些个人特征用 $others$ 表示, δ 表示随机误差项。收入和价格等变量前面的系数表示每单位自变量改变对人均粮食需求的影响程度。

不随时间变化的个人特征的影响由于无法观察或并不改变而难以控制, 故对式 (7-4) 在时间维度上求均值, 见式 (7-5)。

$$\bar{y}_i = \bar{\delta} + \beta \bar{x}_1 + \gamma P \bar{x}_2 + \delta Others_i + \bar{\varepsilon}_i \quad (7-5)$$

如式 (7-5) 所示, 对个人食物需求函数取不同时间的均值后, 个人 i 在不同年份的平均粮食需求量依然受到不同年份的平均收入、平均价格影响, 由于 $others$ 表示不随时间变化的因素, 故其均值与原始值一致。变量单位与式 (7-4) 中相同。为消去不随时间变化的个人特征的影响, 再次进行数学整理, 取式 (7-4) 和式 (7-5) 之差, 消去个人固定不变的影响因素, 见式 (7-6)。

$$\tilde{y}_i = \tilde{\delta} + \beta \tilde{x}_1 + \gamma P \tilde{x}_2 + \tilde{\varepsilon}_i \quad (7-6)$$

如式 (7-6) 所示, (7-4) 和 (7-5) 相减后, 表示两种人均粮食需求函数的差, 取决于两种收入之差和两种价格之差的影响, 而不随时间变化的个体特征已经被消除。而这种形式变换并不改变需要估计的主要系数。因此, 此时估计式 (7-6) 可得到的完全与式 (7-4) 和 (7-5) 一样的系数值, 并可完全控制其他因素的影响。

7.3.3 建立合理制定粮食最低收购价模型

以粮食生产量和需求量差值最小为目标函数, 以粮食收购价格、人均消费、种植面积之间的关系为约束条件, 建立合理制定粮食最低收购价模型。

从国家市场稳定性分析得知, 粮食的种植面积应该不小于国家计划种植面积; 从国家粮食安全稳定性考虑, 粮食生产量应该大于需求量且小于等于 1.17 倍的需求量; 为使得粮农最大程度上收益, 建立出以下四条约束条件。

合理制定粮食最低收购价上限的数学模型为

$$\begin{aligned} \min \quad & z = P - y \\ \text{s.t.} \quad & \begin{cases} x_3 \geq a_2 \\ y < Q \leq 1.17y \\ 0.1x_1 > a_1 \\ x_1 x_3 A - B \geq 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (7-7)$$

其中, a_1 表示国家粮食补贴金额, a_2 表示国家计划种植面积。

合理制定粮食最低收购价下限的数学模型为

$$\begin{aligned} \min \quad & z = P - y \\ \text{s.t.} \quad & \begin{cases} 0.1x_1 > a_1 \\ y < P \leq 1.17y \\ x_3 \geq a_2 \\ x_1x_3A - B \geq 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (7-8)$$

7.4 模型求解

以小麦为例，对上述理论模型进行分析求解可得生产量的函数模型为

$$P = 1.0945x_1x_3 \quad (7-9)$$

需求量的函数模型为

$$y = 7590.1 + 0.045x_1 - 35x_2 \quad (7-10)$$

由合理制定粮食最低收购价数学模型的约束条件，可得粮食最低收购价的一个可行域，得出小麦最低收购价的合理范围如表 7-1 所示。

表 7-1 小麦最低收购价上下限

年份	下限（元/公斤）	上限（元/公斤）
2011	1.9	3.8
2012	2.0	3.9
2013	2.2	4.2
2014	2.3	4.5

结合生产量实际数据和生产量函数模型的预测数据得到对比关系图如下所示

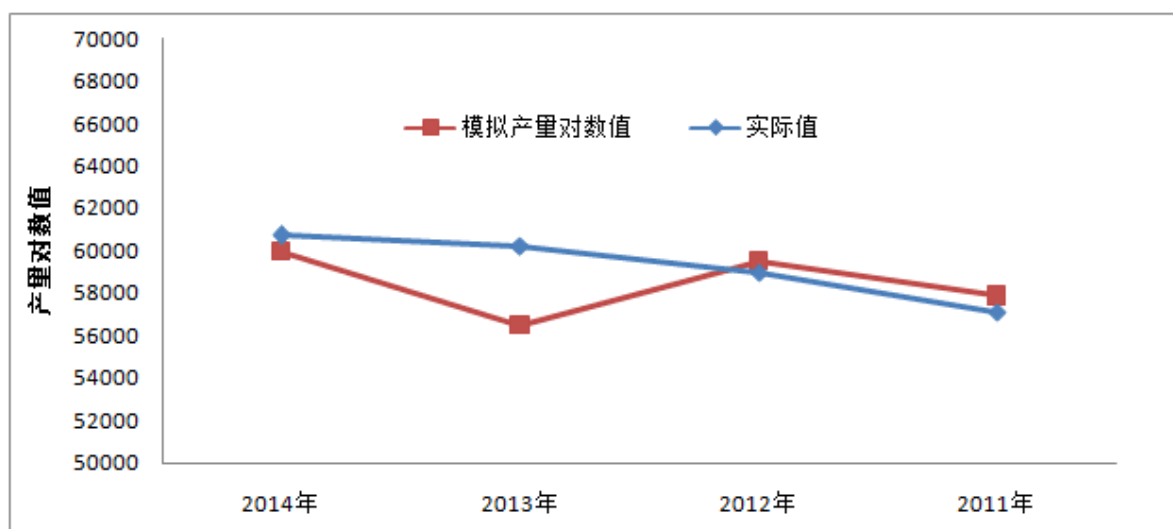


图 7-1 生产量实际值与预测值的对比图

结合需求量实际数据和需求量函数模型的预测数据得到对比关系图如下所示

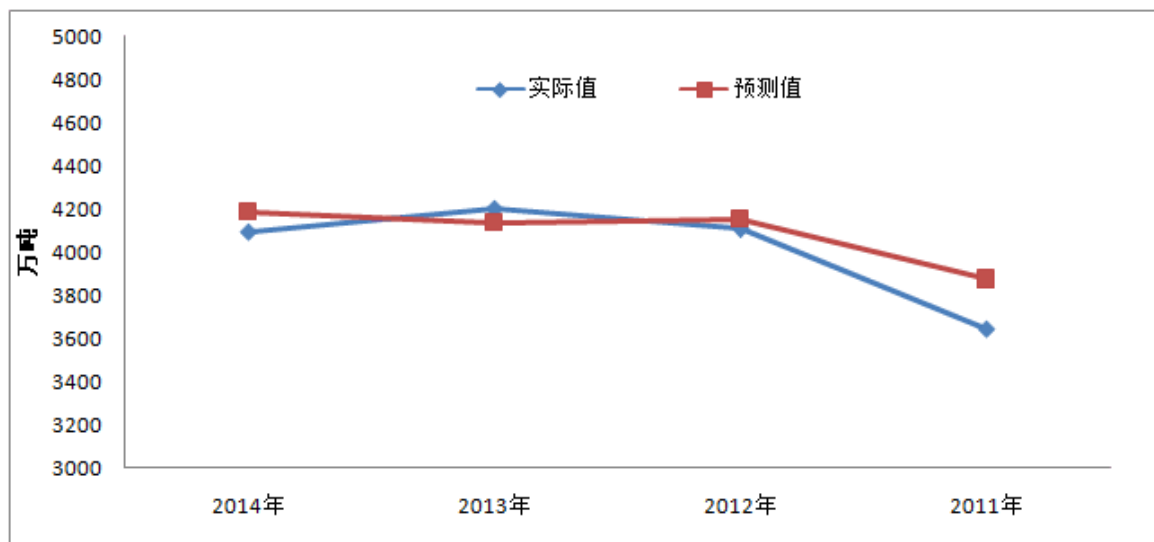


图 7-2 需求量实际值与预测值的对比图

7.5 模型检验

为进一步评价粮食最低收购价制定模型，且问题二中已给出 2014 年之前小麦最低收购价数据，因此可用 2011-2014 年间小麦的实际最低收购价数据检验该模型。

表 7-2 小麦最低收购价模型检验数据

年份	实际最低收购价 (元/公斤)	下限 (元/公斤)	上限 (元/公斤)
2011	1.90	1.9	3.8
2012	2.04	2.0	3.9
2013	2.24	2.2	4.2
2014	2.36	2.3	4.5

由表 7-2 可知，2011-2014 年间小麦的最低收购价价格最在最低收购价价格上下限内，同时也可得出实际最低收购价接近于合理定价模型结果的下限，因此，该模型可靠性较高，同时也说明出“十二五”期间国家发展与改革委员会公布的粮食最低收购价价格比较合理。

7.6 模型预测

为有效指导我国粮食产业发展，帮助国家相关部门制定粮食法阵策略，运用上述合理制定粮食最低收购价价格模型，预测 2017 年的粮食最低收购价的下限为 2.5 元/公斤，上限为 4.8 元/公斤。

八、问题五模型建立与求解

8.1 问题分析

小麦是我国主要粮食作物，关系国家安全和国民生活保障，所以稳定的小麦产量对我国具有战略意义。最低粮食收购价格作为农民最低收入保障，可以通过提升最低收购

价格在一定程度上刺激和鼓励农民扩大小麦种植面积。但最低收购价格不能无限制提升,过高的最低收购价格会扰乱市场规律,增加消费者负担,使市场消费出现疲软。所以作为刺激扩大种植面积的手段,最低收购价格必须在合理的价格区间内提升。在最低收购价格合理区间内提升收购价格,对于刺激扩大生产面积的作用是有限的。在有限的作用下,能不能实现相对 2000 年小麦种植面积 5.0% 的增加量,是对于是否实施该策略的直接评价。

8.2 模型准备

2015 年调查表明,我国小麦种植面积为 2.44 亿公顷,相比 2000 年小麦种植面积 2.67 亿公顷,我国小麦种植面积下降了 9.0%。这意味着我国 2015 年在相同单位面积产量下,小麦的产量有所下降。为了提升产量,国家计划增加小麦种植面积,增加量大约为 2000 年种植面积的 5.0%。

小麦的产量 P 公式为

$$P = KS \quad (8-1)$$

从公式中可见,在单位面积粮食产量 K 短时间内无明显变化的前提下,如果想增加小麦产量 P ,则通过扩大种植面积 S 是最直接的方法之一。

8.3 模型建立

小麦的柯布道格拉斯生产函数为

$$P = AK^a I^b m^\mu \quad (8-2)$$

小麦的市场需求预测函数:

$$y_{it} = \hat{\alpha} + \beta x_{1it} + \gamma x_{2it} + \delta Others_i + \varepsilon_{it} \quad (8-3)$$

通过市场供需关系^[15],当小麦市场需求量 $y >$ 小麦生产粮食 P 时,市场价格调节机制主导价格变化,此时有利于增加农民种植小麦收入和小麦种植面积;

当小麦市场需求量 y 等于小麦生产粮食 P 时,市场处于供需平衡,此时市场处于稳定状态;

小麦市场需求量 y 小于小麦生产粮食 P 时,市场需求量饱和,农民种植小麦收入将会收到威胁,政府适当的宏观调控,一方面可以避免农民经济损失,一方面可以保持小麦种植面积。

现在需要扩大小麦种植面积,说明此时小麦市场需求量 y 小于小麦生产粮食 P ,政府的宏观调控将会发挥作用,则

$$AK^a I^b m^\mu > \hat{\alpha} + \beta x_{1it} + \gamma x_{2it} + \delta Others_i + \varepsilon_{it} \quad (8-4)$$

其中,在短时期内可以将综合生产水平 A 、劳动人口量 K 和农业生产资本量 I 视为不变值。由此建立了面积和最低收购价格关系式:

$$x_1 > (rx^2 + \delta) / (lx_3 K^a L^b - E) \quad (8-5)$$

8.2 模型求解

在一个确定的时期内,可以将小麦单位面积产量视为定值且取此前一年单位面积产量值。该时期内的种植面积用如下公式计算

$$S_{2015} = (1 + 5.0\%) * S_{2000} \quad (8-6)$$

S 为一确定值,带入 (8-2) 和 (8-3) 式, 得

$$y = 7686.1 + 9.857x_1 - 3.416x_2 \quad (8-7)$$

$$P = -667340 + 16.7973x_1 + 26.94x_3 \quad (8-8)$$

将 (8-7) 和 (8-8) 带入 (8-4) 式, 得

$$x_{\text{价格}} \geq 3.1(\text{元} / \text{kg})$$

即, 要满足实现 5% 的小麦种植面积增加量, 需要至少最低收购价格为 3.1 元 / kg。利用第四问的模型可以确定 2015 年最低收购价格的下限为 2.3 元/公斤, 上限为 4.7 元/公斤。 x_{\min} 包含在最低收购价格区间内, 所以适当的提高最低收购价格可以实现小麦种植面积基于 2000 年小麦种植面积的 5% 增加量。

九、问题六调控粮食种植优化决策和建议

粮食种植面积和产量是目前影响中国国家粮食安全和社会稳定的关键因素。在中国经济高速发展时期, 开展农作物粮食种植面积的调查和研究, 进而调控粮食种植显得日益重要。近年来由于粮食价格的波动使得农民种粮积极性受到影响, 中国粮食种植面积一再出现波动性趋势, 导致中国粮食产量连年不稳定。粮食种植面积及其变化已经成为中国政府重点关注的内容之一, 可以说每年的粮食种植对国家发展都起到了重要的作用。

结合本文前面研究的粮食种植与国家最低收购价格政策、粮食的供求平衡人民受教育程度、农资指数、农业劳动人口和工业生产总值等因素有关, 现结合本文前面的有关因素以及其之间的关系, 再综合考虑其它因素, 现以在粮食安全得以保障的前提下, 以提高经济效率和国家发展为主, 提出调控粮食种植的几点优化决策和建议。

一、充分调动农民的种粮积极性

由于种粮比较效益低下, 农户为追求经济效益最大化, 会调整耕地利用结构, 使原本用来种粮的耕地被比较利益相对较高的经济作物取代, 现有土地的潜力挖掘不充分, 粮食作物面积逐年下降, 经济作物面积逐年增加, 势必会并对区域粮食安全构成了一定的影响, 乃至整个国家粮食的稳产增产和粮食安全。因此有必要充分调动农民种粮积极性, 以保障国家粮食安全。

从粮农角度出发, 主要考虑以下几方面: 第一是降低粮食生产成。国家对涉农大型机械、肥料、农资等应加大奖补力度, 加强农资市场监管, 打击农资企业串通涨价谋取暴利的行为, 切实降低农民固定资产投资, 增加农民受益。第二是完善粮食价格支持政策, 促进农民增收。一是合理制定粮食最低收购价格, 建立弹性增长机制; 二是扩大粮食主产区粮食品种纳入国家最低收购价的范围, 完善粮食收购价格定价机制, 以保证和

增加农民收入，让农民吃上“定心丸”，保护和调动农民的种粮积极性，稳定粮食生产。第三是建立农业产业风险补偿机制。建立农业产业风险补偿机制以推进政策性农业保险工作，适度提高保费补贴，增强规模经营抗风险能力，提高种粮大户种粮的积极性和产出效益。

二、控制耕地流转非粮化

土地流转必须坚持有利于农民收入的长期增长，不能为了流转而流转，或者牺牲农民的利益去为其他产业或者阶层服务。所以土地流转应把握这样一个度：农民从农村出来，不是被逼出来的，而是为了追求更好的生活而主动自愿走出来的。因此，防止耕地流转造成的过度非粮化问题，保证一定的种粮面积，优化耕地利用结构，建议从以下几方面入手：（1）优化粮食生产布局，稳定种粮面积比例。（2）继续提高粮食最低收购价格，补贴城市低收入者。建议提高粮食保护价，并采取多种手段防止粮食收购价格下滑，控制粮价波动带来的粮食种植面积下降风险。（3）稳定和完善种粮补贴政策，进一步加大对规模化粮食生产的扶持力度及规范性。建议在提高现有的“普惠式的种粮补贴水平”之外，加强补贴的针对性，加大对种粮大户、家庭农场及农民粮食专业合作社等新型经营主体的补贴力度。（4）细化耕地利用类型，对土地流转的农业用途做明确的划分。（5）加强耕地质量管理，提高单位面积粮食产量。建立耕地质量建设“五大标准体系”，即耕地地力分等定级标准体系、耕地质量建设标准体系、耕地质量评价标准体系、耕地质量建设投资估算指标体系、测土配方施肥标准体系。（6）为规模化种粮者提供信贷、农业保险等方面的支持。国家应该充分利用政策性农业保险为其保驾护航。

三、优化粮食最低价收购政策

从优化政策设计、提高执行效果、完善配套措施三个方面，提出完善我国粮食最低收购价政策的建议。首先，通过一系列措施来保障政策设计的优化，包括：建立科学的粮食最低收购价格确定机制，理顺粮食最低收购价差体系，拓展粮食最低收购价格政策实施主体，明确或细化收购贷款与利息补贴等相关问题，建立和完善最低价粮食多渠道销售体制。政策的执行效果也需要提高，具体做法有：理顺执行最低价收购政策各种主体之间的关系，调整粮食最低收购价格公布和政策实施时间，完善粮食价格监测预警机制，实行粮食最低收购价格资金供给多元化，建立执行最低价收购政策协调机制。最后配套措施的完善可以通过以下方面来执行：切实提高粮食综合生产能力，实行种粮收益保险制度，继续实行各种粮食补贴制度，加快粮食流通信息平台建设，完善粮食市场监测预警机制，健全现代粮食市场体系。

四、政府干预与市场机制相结合

政府对市场的干预可以防止农地过度非农化和种植结构非粮化，在一定程度上有利于加强对耕地资源的保护和保有一定量的种粮面积，维护了国家粮食安全；但是，如果政府干预力度不当，则会导致市场价格扭曲和市场运行效率的损失，加速了农地非农化、非粮化进程，因此单一的市场机制或单一的政府干预措施，并不能解决耕地保护这项公益性事业的多样性需求。从长远看，需要充分发挥市场和政府的双重作用，坚持以政府为主导，形成制度化规范，发挥政府在划分产权和实施公共财政转移支付方面的作用，将耕地保护作为购买土地发展权的手段纳入市场体系，才能从根本上确保农业和农村的稳定。

十、模型评价

10.1 模型优点

针对问题一，在建立模型的过程中，分析问题较为全面，综合考虑影响粮食种植面积的直接因素和间接因素，将农业劳动人口、进口量、出口量、农民教育程度、城乡收入差距、家庭负担（消费收入）、农资指数、农机总动力、上年粮食最低收购价、工业生产总值和城市区域面积均纳入影响粮食种植面积的指标体系；运用了多元线性回归模型提高了影响粮食种植面积的数学模型合理性的可信度。

针对问题二，在运用多元线性回归模型之前首先用主成分分析法选出较少的新因素代替原来的较多影响因素，简化了后面多元线性回归分析的数据量，并且提高了准确性。

针对问题四，采用了单目标线性规划，将所求实际问题转化为目标函数，从而利用数学知识来进行求解；考虑到市场经济运行规律，采用了经济学的柯布一道格拉斯函数，并综合线性规划和其他多个数学模型，问题以及模型考虑的非常全面，使得模型检验更具有可信度。

针对问题五，对于扩大播种面积，充分考虑了粮食最低收购价的上下限问题，而非单纯的考虑通过粮食最低收购是否能实现。

10.2 模型缺点

针对问题一，模型中需要考虑的影响粮食种植面积的指标体系较多，问题一中只考虑了一部分指标体系，使模型在实际使用中缺乏一定的可信度。

针对问题二，评价执行粮食最低收购价政策效果时，选用指标也不全面，使得评价模型结果未能真实反映政策执行效果，结果偏离实际情况较大。

针对问题四，选用了经济学知识，将多个模型结合使用，模型结果也存在一定的不稳定性。

针对问题五，由于粮食最低收购价调整模型的数据比较难处理，增加了粮食最低收购价的上下限求解。

10.3 模型改进

在问题一和问题二中，由于影响粮食种植面积以及评价执行粮食最低收购价政策效果的指标体系较多，所以应该尽可能多的将影响因素考虑进去，若在这方面将模型加以改进，模型的效果会更好。

10.4 模型推广

总之该模型仍具有较广的普适性，不仅适用于粮食最低收购价问题，还可拓展到实际生活中的多方面，如合理制定居民住房房价、大学生学费价格问题等。

参考文献

- [1] 施勇杰,新形势下我国粮食最低收购价政策探析[J],农业经济问题, 6: 76-79, 2007。
- [2] 葛田,湖北省稻谷最低收购价政策效果研究[D],武汉轻工大学, 8-10, 2015。
- [3] 中华人民共和国国家统计局, <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/>, 2016.09.16。
- [4] 隋树林,杨树国,朱善良,数学建模教程[M],北京:化学工业出版社, 213-220, 2015。
- [5] 粮食最低收购价政策, <http://baike.so.com/doc/6087853-6300958.html>, 2016.09.18。
- [6] 最小二乘法, <http://baike.so.com/doc/723226-765679.html>, 2016.09.18。
- [7] 王淑艳,我国粮食价格波动因素分析与预测研究[D],东北农业大学, 32-40, 2013。
- [8] 韩永奇,浅析影响粮食价格的七大因素[J],市场经济与价格, 7: 12-17, 2011。
- [9] 龚芳,全球化背景下中国粮食价格的波动机理和预警机制研究[D],复旦大学, 56-70, 2012。
- [10] 何蒲明,黎东升,基于粮食安全的粮食产量和价格波动实证研究[J],农业经济技术, 2: 85-91, 2009。
- [11] 孙超,孟军,中国粮食价格的影响因素分析与预测比较[J],农业经济, 1: 29-30, 2011。
- [12] Gilbert C L, Morgan C W. Food Price Volatility[J]. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 365(1554): 3023-34, 2010。
- [13] 管怀鑒,柯布-道格拉斯生产函数与劳动价值论[J],河北经贸大学学报, 29 (1): 10-25, 2008。
- [14] 刘笑然,论中国粮食安全[J],中国粮食经济, 8: 23-27, 2010。
- [15] 汪成,动态粮食市场供需模型及粮食安全研究[J],中国商贸, 5: 21-22, 2012。

附录

附录 1: 指标排序 matlab 程序

```
%3.3 _cwscore.m,计算得分
function score=cwscore(vector1,vector2)
sco=vector1*vector2;
csum=sum(sco,2);
[newcsum,i]=sort(-1*csum);
[newi,j]=sort(i);
fprintf('计算得分: \n')
score=[sco,csum,j] %得分矩阵: sco 为各主成分得分; csum 为综合得分; j 为排序结果
```

附录 2: 求解回归系数 matlab 程序

```
% 回归分析
XX=A;
A1=XX(1,:);
A2=XX(2,:);
X=[ones(10,1),A1',A2'];
[b,bint,r,rint,stats]=regress(Y',X);
b,bint,stats
rcoplot(r,rint)
```

附录 3: 验证模型 matlab 程序

```
% 稳定性 (离散度); 准确度 (偏差)
B=input('输入回归系数: ');
c=X*B'; % 数学模型
Y=zscore(y);
z=c-Y';
z1=var(z)
z2=std(z)
```

附录 4: 主成分分析 matlab 程序

```
%第 2 题主成份分析
x;
filename=x;
bzh=zscore(filename); % 数据标准化
result=cwfac(filename); %计算相关系数矩阵;贡献率求解
score=cwscore(bzh,result); %计算得分
```

附录 5: 回归分析 matlab 程序

```
% 回归分析
a=x % 主成份得分
X=[ones(10,1),a];
[b,bint,r,rint,stats]=regress(y',X);
b,bint,stats
rcoplot(r,rint)
```