

---

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

学    校	西南石油大学
参赛队号	10615010
队员姓名	1.李牧
	2.黄永智
	3.廖鑫怡

---

---

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：

粮食是社会安定和国家发展的重要基础。近年来我国粮食连年增产、持续丰收,但是粮食生产发展面临的形势依然很严峻。因为在经济增长的过程中,随着人民收入水平的提高,粮食需求增长相对缓慢,粮食生产的比较效益较低,发展粮食生产的动力不足,土地、劳动力、资本等生产要素将从粮食生产转向其他生产活动,保障国家粮食安全任重道远。

**针对问题 1**, 本文采用主成分分析法建立了影响粮食种植面积的指标体系: 共计 6 个指标, 分别是粮食最低收购价格、粮食产量、粮食市场价格指数、农民经营性收入、农村劳动人口递减率和降水量。其中第一主成分中最低收购价格、粮食产量和农民经营性收入权重较大。基于 **C-D 生产函数**结合多元非线性回归的方法建立了粮食种植面积的数学模型并进行了验证, 验证结果较好。

**针对问题 2**, 本文考虑时间、地域的变化建立了基于**动态综合评价**的粮食最低收购价政策执行效果评价模型, 采用“**差异驱动**”原理和 **YALMIP 非线性回归**理论相结合的方法得到了不同效应对应的评价模型参数。**考虑粮食品种和区域的差异**, 分别以全国和不同品种主产区的指标数据验证了**动态综合评价模型**的通用性和可靠性。本模型相比传统静态综合评价模型而言, 考虑了**指标样本的权重随时间或空间变化**, 具有更强的实际意义。评价结果表明, 从纵向角度(政策持续时间)来看, 农民种植粮食的收入逐年提高, 国家粮食供给量充足, 最低收购价政策实施所带来积极效应明显; 从横向角度(**区域差异**)来看, 不同粮食品种主产区的最低收购政策执行效果存在差异。

**针对问题 3**, 本文基于我国粮食价格体系, 采用**相关性分析法**研究了粮食市

---

场收购价和粮食最低收购价对市场的影响。考虑粮食最低收购价的市场宏观调控作用，建立了改进的非线性非均衡动态蛛网模型并运用遗传算法求解，得到粮食市场销售价与最低收购价的定量关系式。利用样本数据验证了模型的准确性与实用性，定量分析了粮食最低收购价对稳定粮食市场价格的重要作用。

针对问题 4，以保护农民利益和保障粮食市场为目的，采用双目标多约束规划方法建立了粮食最低收购价格合理定价模型，并结合遗传算法求解。利用“十二五”期间粮食生产数据验证了模型的可靠性，在此基础上预测了 2017 年粮食最低收购价的合理范围。

针对问题 5，利用问题 1 种植面积模型反演，结合问题 2 最低收购价格合理定价模型，对种植面积调整后粮食最低收购价格进行计算和合理性判别，并分析我国粮食最低收购价政策作用力度，结果表明粮食最低收购价格并非单独作用于粮食市场，而是与其他因素的共同发挥作用。

针对问题 6，结合上述问题的分析与认识，本文提出调整国家粮食库存能力调整、合理利用农民工资源；按“因材施教，因地制宜”原则分地区制定合理最低收购价等优化建议，提出了“抓住主要矛盾、调动一切积极指标因素”的粮食市场调节理念。

关键词：指标体系 动态综合评价 YALMIP 动态蛛网模型 双目标规划 合理定价模型

---

## 一、问题重述

### 1.1 问题背景

粮食，不仅是人们日常生活的必需食品，还是维护国家经济发展和政治稳定的战略物资，具有不可替代的特性。由于耕地减少、人口增加、水资源短缺、气候变化等问题日益凸显，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。因此，研究我国的粮食保护政策具有十分重要的作用和意义。

一般而言，粮食保护政策体系主要由三大支持政策组成：粮食生产支持政策、粮食价格支持政策和收入支持政策。粮食最低收购价政策就属于粮食价格支持政策范畴。

一般情况下，我国粮食收购价格由市场供需情况决定，国家在充分发挥市场机制作用的基础上实行宏观调控。为保护农民利益、保障粮食市场供应，国家对重点粮食品种，在粮食主产区实行最低收购价格政策，并每年事先公布重点粮食品种的最低收购价。在最低收购价格政策执行期（粮食收获期，一般在 2-5 个月）内，当市场粮食实际收购价低于国家确定的最低收购价时，国家委托符合一定资质条件的粮食企业，按国家确定的最低收购价格收购农民种植的粮食，以保护粮农的种植积极性。

我国自 2005 年起开始对粮食主产区实行了最低收购价政策，并连续多年上调最低收购价价格。2016 年国家发展与改革委员会公布的小麦（三等）最低收购价格为每 50 公斤 118 元，比首次实施小麦最低收购价的 2006 年提高了 66.2%；早籼稻（三等）、中晚籼稻（三等）和粳稻（三等）最低收购价格分别为每 50 公斤 133 元、138 元和 155 元，分别比首次实施水稻最低收购价的 2005 年提高了 84.72%、91.67% 和 106.67%。显而易见，粮食最低收购价政策已经成为了国家保护粮食生产的最为重要的举措之一。

然而，也有学者不认同这项最低收购价政策。他们认为，粮食的实际收购价格（以后称为粮食市场收购价）应该由粮食供需双方通过市场调节来决定。粮食最低收购价政策作为一种粮食种植保护政策，扭曲了粮食市场的供需行为，即该政策的实施很有可能抬高了市场收购价格，导致粮食企业承担了很大的经营风险。

对于粮食最低收购价政策实施效果的评价，学者们也是见解不一。部分地区某些粮食品种种植面积、粮食总产量不增反降，导致部分学者质疑粮食最低收购价政策的效果；但也有学者高度肯定了粮食最低收购价政策，认为如果不实施粮食最低收购价政策，这些地区某些粮食品种的种植面积可能会下降得更快，因而认为粮食最低收购价政策在稳定或增加粮食种植面积方面是有着积极的作用。

一般来讲，粮食的种植面积是决定粮食供给的关键因素，也是保障粮食安全的重要前提。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。然而，可能影响粮食种植面积的因素有很多，除了粮食最低收购价政策外，还可能有很多其他的影响因素，如农业劳动力人口、粮食进出口贸易、农民受教育程度、城乡收入差距、家庭负担等。因此，要研究粮食最低收购价政策的实施效果，不能仅仅根据种植面积的变化来评定。

与此同时，也有一些学者就粮食最低收购价制定的合理范围进行了探讨。最低收购价并不是实际的市场收购价格，而是一种心理安慰价，是收购粮食的底价。

---

粮农决定是否种植粮食，取决于很多因素，但最主要的还是看种植粮食所获得的纯收益的大小。粮食最低收购价的公布，使得粮农能清楚地算出这笔经济账。因此粮食最低收购价的高低直接影响着当年的粮食生产。中国是一个“以粮为纲”的国家，存储的粮食一般要能够满足全国人民三年的吃饭和需求。同时国家对于粮食的补贴金额也是有限制的，在保持合理库存的前提下，一般不会超出各地粮食市场价格的 10%。因此，过高的粮食最低收购价不仅会提高粮食市场价格从而加重消费者负担，同时也会增加粮食的库存压力和国家财政的支出风险。另一方面，过低的粮食最低收购价会打压粮农种植粮食的积极性，造成粮食种植面积的萎缩，这更不是国家所愿意看到的。

## 1.2 需要研究的问题

(1) 影响粮食种植面积的因素比较多，它们之间的关系错综复杂而且可能存在着粮食品种和区域差异。请你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，讨论、评价指标体系的合理性，研究他们之间的关系，并对得出的相应结果的可信度和可靠性给出检验和分析。

(2) 对粮食最低收购价政策的作用，学者们褒贬不一。请你们建立粮食最低收购价政策执行效果的评价模型。并运用你们所建立的评价模型，结合粮食品种和区域差异，选择几个省份比较研究粮食主产区粮食最低收购价执行的效果。

(3) 粮食市场收购价是粮食企业收购粮食的市场价格，是由粮食供需双方通过市场调节来决定。它与粮食最低收购价一起构成粮食价格体系，是宏观价格调控系统中有一定相对独立性的重要措施。请你们运用数据分析或建立数学模型探讨我国粮食价格所具有的特殊规律性。

(4) 结合前面的研究和国家制定粮食最低收购价政策的初衷，请你们建立粮食最低收购价的合理定价模型，进而对“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的合理性做出评价，并运用你们所建立的模型对 2017 年的粮食最低收购价的合理范围进行预测。

(5) 与 2000 年相比，2015 年我国小麦种植面积略有下降。如果国家想让小麦种植面积增加 5%，通过调整粮食最低收购价是否能够达到这一目的？请说明理由。

(6) 根据你们的研究结论，请提出调控粮食种植的优化决策和建议。

---

## 二、问题分析

本文针对我国实施的粮食最低收购价政策，首先通过网络资源收集 2005 年~2014 年的相关数据，然后进行数据预处理，并在此基础之上逐一分析下列问题。

### （1）问题一分析

题目要求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。影响粮食种植面积的因素繁多，直接进行指标确定困难很大。故考虑先确定两到三个大方面影响指标，然后在每个方面上确定小的影响指标。由主到次，由远及近，最后对所有影响指标进行筛分。指标确定后采用相关模型来确定指标权重，最终得到种植面积的数学模型。

### （2）问题二分析

题目要求建立最低收购价格政策执行效果的评价模型。首先，分析最低收购价格政策的执行效果体现在哪些方面以及政策执行效果在各方面的表现形式。然后，确定各表现形式的描述方式以及各表现形式对政策执行效果评价结果的影响程度，得到最低收购价格政策执行效果的评价模型。针对粮食品种和区域差异，考虑选取几个粮食品种的主产区为对象，建立评价模型评价最低收购价格政策在其主产区的执行效果。

### （3）问题三分析

题目要求分析我国粮食价格的特殊规律性。首先，从粮食市场收购价和粮食最低收购价两个方面研究粮食价格对于粮食市场供需影响，总结相关规律；在此基础上调研描述市场价格规律的相关经济学模型，分析模型适用性；结合我国粮食价格规律改进模型，并加以验证，最终获得对我国粮食价格规律的定性和定量认识。

### （4）问题四分析

题目要求建立粮食最低收购价格的合理定价模型并对模型进行评价和预测。首先了解我国粮食最低收购价定价机制及政策制定的主要意图，从政策制定的初衷出发，结合政策具体情况，建立粮食最低收购价的合理定价模型；利用“十二五”期间粮食最低收购价验证模型正确性，在此基础上应用合理定价模型对 2017 年粮食最低收购价的合理范围进行预测。

### （5）问题五分析

首先明确粮食最低收购价与小麦种植面积的函数关系，任取某一年实际数据，利用问题一中建立的种植面积模型反算出当种植面积增加 5% 时对应的粮食最低收购价，通过合理定价模型计算最低收购价合理范围，以此为依据判断该方案是否可行。

### （6）问题六分析

结合上述问题的分析与认识，针对我国粮食最低收购价政策效应，总结影响粮食生产的主要因素，把握主要矛盾，提出调控粮食种植优化决策和建议。

本文整体研究思路如下：

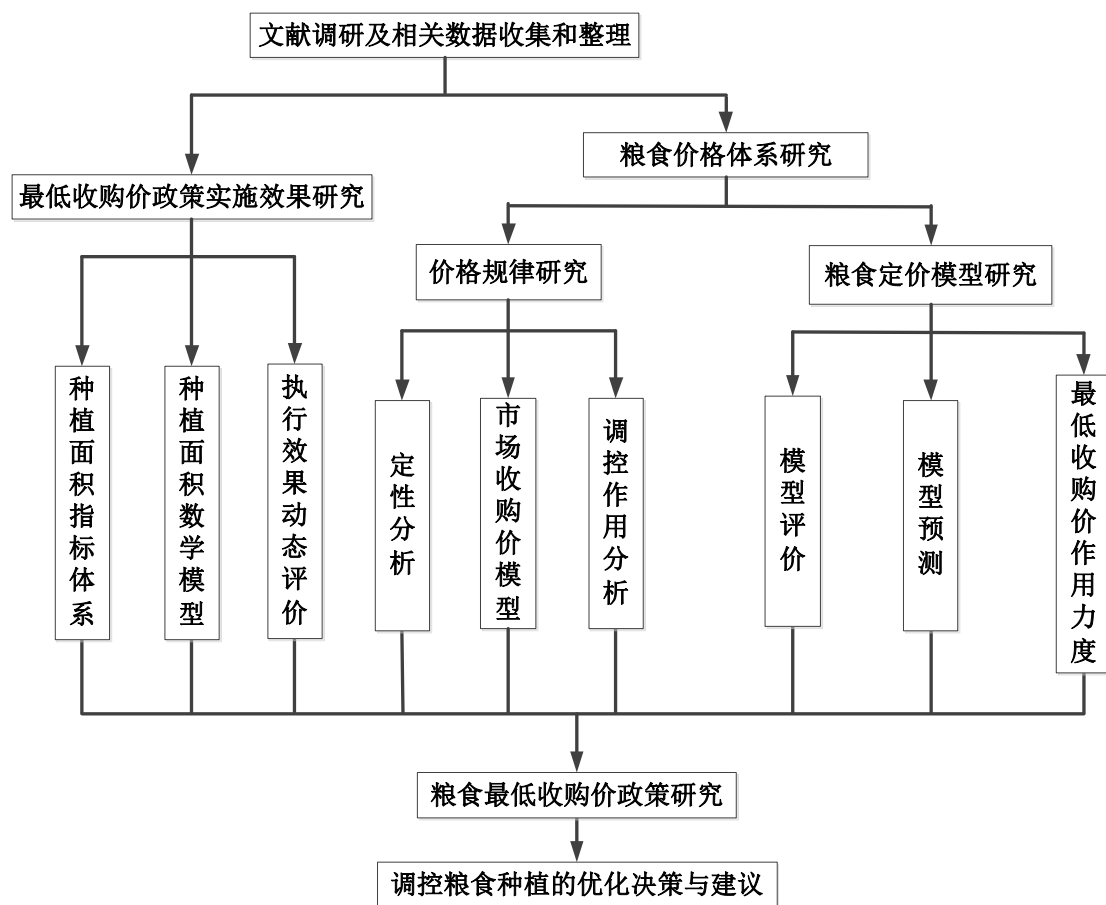


图 2.1 粮食最低收购价政策问题研究思路

### 三、模型假设和符号说明

#### 3.1、模型假设

- (1) 本文中的粮食仅指小麦和水稻；
- (2) 认为粮食价格自公布开始到下一次更新期间不发生变化，即不考虑社会群众哄抬粮食价格等因素影响；
- (3) 生产的粮食不考虑出口国外，但要考虑外国粮食进口国内；
- (4) 认为我国粮食库存能力在现阶段时间内不发生变化；
- (5) 不考虑粮食交易、存储过程中运输、维护的成本；
- (6) 认为农民自用的粮食量相对粮食总产出量所占比例小，忽略不计；
- (7) 认为粮食企业收购粮食的税收为零；
- (8) 认为劳动力评价指标只与人口数有关，与年龄、身体健康状况无关，但与受教育程度有关；
- (9) 不考虑土壤环境的变化，认为单位面积的粮食产量随时间变化不大。

#### 3.2、符号说明

表 3.1 符号说明表

符号	意义
$Data_i$	第 $i$ 年对应数据
$CX_i$	第 $i$ 个初选指标
$X_i$	第 $i$ 个主要指标
$p_{ij}$	第 $i$ 个指标第 $j$ 个评价对象的标准化值
$V_{ij}$	第 $i$ 个指标第 $j$ 个评价对象的观测值
$F_i$	第 $i$ 个主成分
$\omega_i$	主成分 $F_i$ 的方差贡献率
$b_{ij}$	第 $i$ 个指标在第 $j$ 个主成分上的因子载荷
$Y_t$	第 $t$ 年粮食种植面积
$x_j(t_k)$	第 $j$ 个评价指标在 $t_k$ 时刻的观察值。
$y(t_k)$	$t_k$ 时刻的效果得分
$W_t$	第 $t$ 年单位种植面积的粮食产量



---

符号	意义
$S_t$	第 $t$ 年粮食总产量
$p_t$	第 $t$ 年粮食市场收购价
$Q_t$	第 $t$ 年粮食进口量
$D_t$	第 $t$ 年粮食需求量
$C_t$	第 $t$ 年粮食生产成本
$K$	国家最大粮食库存量

---

## 四、模型准备

### 4.1 相关名词定义

#### (1) 粮食<sup>[3]</sup>

粮食主要包括小麦、水稻、玉米和大豆，其中小麦、水稻和玉米是主要的粮食作物品种，也统称为谷物。由于本文研究对象为粮食最低价收购政策，该政策目前仅针对小麦和水稻，故在此定义本文中所述粮食为小麦和水稻。

#### (2) 粮食市场调控政策<sup>[3,4]</sup>

为保证粮食产量，保障国家粮食安全，我国从 2004 年起开始全面实行对种粮农民的直接补贴，相继出台了最低收购价、临时收购、良种推广补贴、农机购置补贴和农资综合直补等一系列市场调控政策。

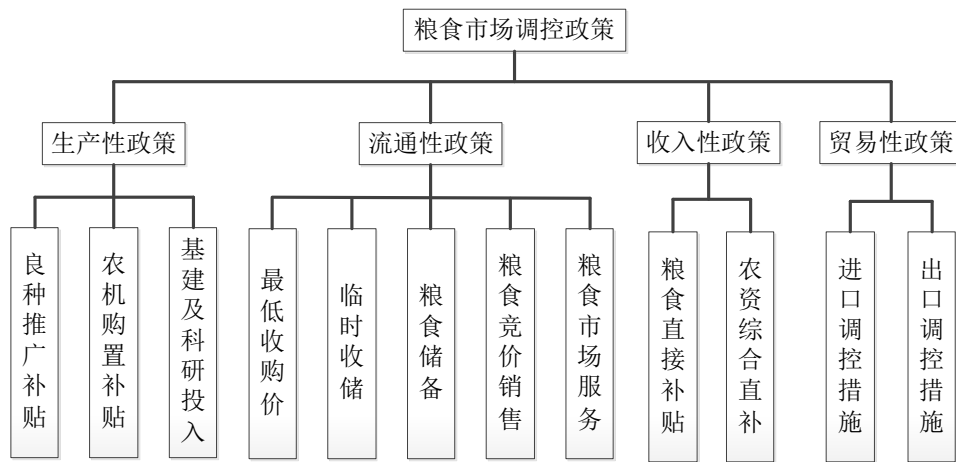


图 4.1 2004 年来中国粮食市场调控政策分类

#### (3) 粮食最低收购价政策

粮食最低收购价是指承担最低收购价收购任务的收储库点向农民直接收购的倒库价。

粮食最低收购价政策是为了保证农民利益、保障粮食市场供应实施的粮食价格调控政策。一般情况下，粮食收购价格由市场供求决定，国家在充分发挥市场机制作用的基础上实行宏观调控，必要事由国务院决定对短缺的重点粮食品种，在粮食主产区实行最低收购。当市场粮价低于国家确定的最低收购价时，国家委托符合一定资质条件的粮食企业，按国家确定的最低收购价收购农民的粮食。

#### (4) 粮食市场收购价格<sup>[5]</sup>

市场收购价格是国有粮食购销企业或私营粮食企业直接从农民手中收购粮食所支付的价格，该价格由市场供求决定，直接影响到农民收入。市场收购价格是我国现货价格的主要价格。

### 4.2 数据预处理

由于搜集数据能力有限，可能存在某年的数据缺失的情况，为保证数据的完整性，在本文中采用平均值填充法对缺失数据进行处理。对于某一缺失数据  $Data_q$ ，通过获取  $Data_{i-1}$  和  $Data_{i+1}$  数据，求取两者平均值或者缺失数据的填充值。

$$Data_i = (Data_{i-1} + Data_{i+1}) / 2 \quad (4.1)$$

以 2005 年到 2013 年河北省农民纯收入数据为例。

表 4.2 2005 年到 2014 年河北省农民纯收入（单位：元）（\*代表数据缺失）

年份	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
实际值	3481.64	3801.82	4293.43	*	5149.67	5957.98	*	8081.39	9101.9
缺失值处理后	3481.64	3801.82	4293.43	4721.55	5149.67	5957.98	7019.685	8081.39	9101.9

上表为对河北省农民纯收入数据缺失值处理的结果。上表可看出，缺失 2008 年和 2011 年的农民纯收入数据。通过式 4.1 对缺失值进行预处理，求得缺失数据。

### 4.3 数据口径统一

需按照 4.1 中对本文相关名词的定义进行数据搜集，如在搜集粮食数据时，需将粮食数据、水稻数据和小麦数据进行区分后单独收集，避免数据混淆对求解产生不利影响。

## 五、模型的建立与求解

### 5.1 影响粮食种植面积指标体系构建

#### 5.1.1 相关背景

我国是人口大国，保障粮食安全是维持国家发展的重要前提，而粮食的种植面积是决定粮食供给的关键因素。顾名思义，粮食种植面积是所有品种粮食作物种植面积之和（本次研究中为小麦和水稻）。近年来我国小麦和稻谷的种植面积如下图，详细数据见附录一。

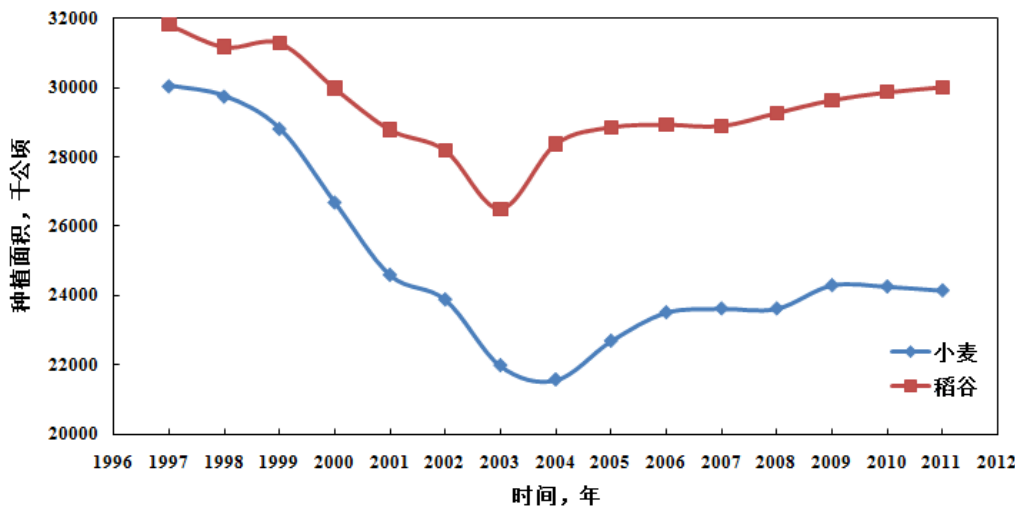


图 5.1 近年来小麦和稻谷的种植面积

根据上图可以看出，从 1997 年开始小麦和稻谷的种植面积呈现先降后升的趋势，小麦从 2005 年开始种植面积逐渐回升，2007 年开始增长速度变缓趋于平稳。稻谷从 2004 年开始种植面积开始迅速增加，2004 年开始增加速度变缓趋于平稳性增长。同时从 2005 年开始实行粮食最低收购价政策之后，我国粮食种植面积逐年增加，由图可以看出小麦的种植面积得增加是从 2005 年开始。所以，研究影响粮食种植面积指标将意义重大。

#### 5.1.2 影响粮食种植面积指标体系建立原则

选取的评价指标直接影响评价的结果。指标选取有很多影响因素且有很大的主观性，不同的人可能对相同的评价主体选取不同的指标，得出不同的结论。为了保证评价结论尽可能的客观、全面和科学，评价指标的建立必须遵循一定的原则。

表 5.1 指标体系建立所遵循的原则

建立评价指标五大原则	具体原则要求
整体完备性原则	能从不同方面反映粮食种植面积特征和系统的动态变化，并能体现出未来发展的趋势
客观性原则	保证评价指标体系的客观公正，保证数据来源的可靠性和准确性
可操作性原则	每个指标具有可操作用，整个评价指标体系应简明、易操作、具有实际应用功能

建立评价指标五大原则	具体原则要求
科学性原则	指标的选择和指标权重的确定以及数据的选取等要以公认的科学理论为依据，要具有可测性
可比性原则	指标选择要保证同趋势化，使指标针对不同区域和不同粮食品种都具有可比性

### 5.1.3 影响粮食种植面积指标体系初步确定

影响粮食种植面积的因素很多，涉及自然条件、补贴政策、国家安全、经济因素、文化因素、劳动力因素等多个方面。本文从反映粮食种植面积的内涵出发，在有关粮食生产的高频指标的基础上，结合文献的梳理，从自然条件、补贴政策、国家安全、经济因素、文化因素、劳动力因素等 6 个方面进行指标筛选。

#### (1) 自然条件

自然条件与粮食作物的生长密切相关，我国南北气候差异明显，东部和西部地区条件差异较大。考虑自然条件主要是年降水量和年平均气温。

##### ①降水量

年降水量代表一年之中某地每月平均降水量之和，单位为毫升。通过对中国 2013 年主要城市降水量的统计（统计数据来源：中国统计年鉴具体数据见附录一）。

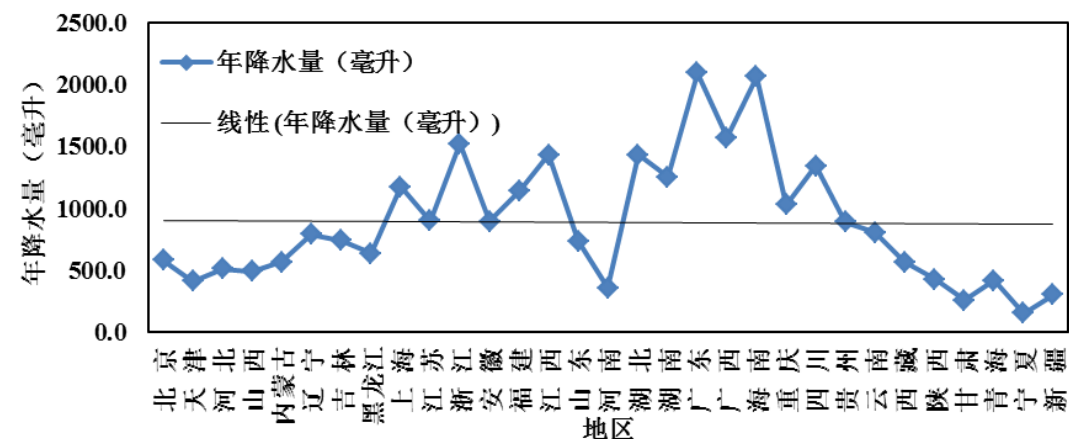


图 5.2 2013 年主要地区年降水量

从上图可以看出，同一年中，不同城市的年降水量受地理位置影响存在区域差异。而不同粮食对水量的需求不同，所以年降水量的差异会直接影响到不同城市补贴地区粮食总产量、单产和种植面积的浮动，也会导致粮食生产结构的变动。

##### ②年平均气温

年平均气温定义为某地某年的多日平均气温（或多月平均气温）的平均值。通过对 2013 年中国主要城市年平均温度的统计，具体数据见附录一。

可以看出，同一年中，各个城市由于所处地理环境不同，城市年平均温度也不相同。而粮食品种不同，对温度的要求也有所不同，比如：水稻适合在温暖、湿润的环境下生长，如果水稻品种不同，对于温度的要求也明显不同。小麦是喜凉作物如果温度过高夏季如果温度过高茎秆软弱，容易倒伏，影响产量的产出率。所以每个城市种植的作物与种植面积多少都会受到温度的影响。

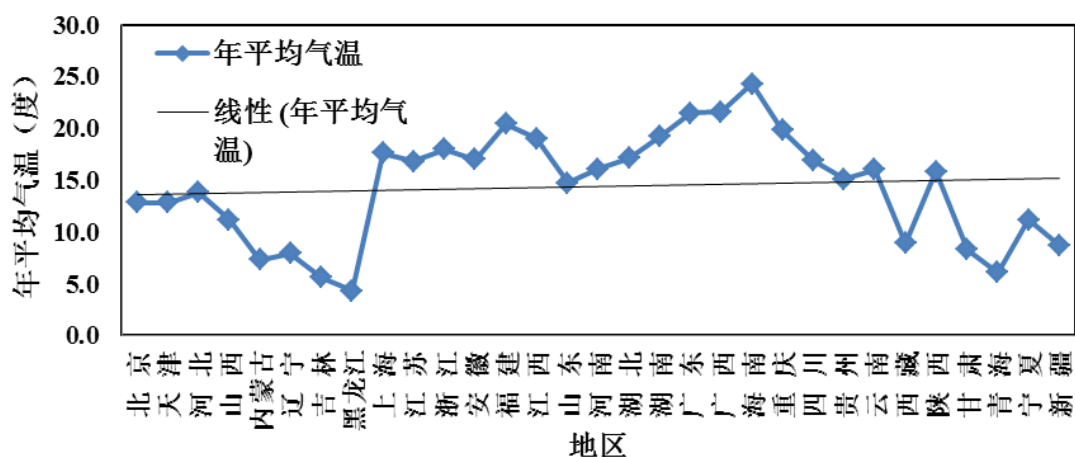


图 5.3 2013 年主要地区平均温度

本文对河北、湖南、辽宁三省的 2005 年到 2013 年的年平均气温进行统计，分析同一地区的年平均气温的变化影响，绘制散点折线图如下，具体数据见附录一。

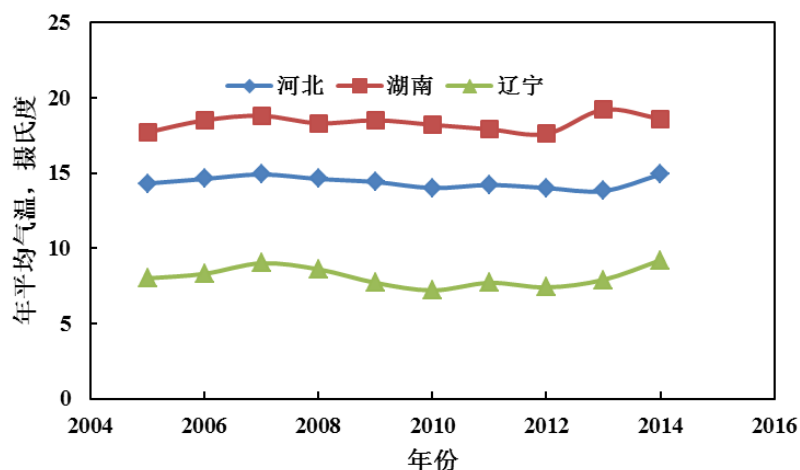


图 5.4 主要城市 2005~2013 年年平均温度

上图表示 2005 年到 2013 年河北、湖南、辽宁的年平均温度的变化曲线。可以看出，各城市近 10 年来年平均温度变化不明显，所以可以认为对同一地区而言，年平均温度对粮食种植面积无显著影响，因此不将温度视为影响粮食种植面积的主要指标。

## (2) 补贴政策

补贴政策，即政府补助，是指企业从政府无偿取得货币性资产或非货币性资产，但不包括政府作为企业所有者投入的资本。一直以来，国家对于粮食生产十分关注，为了增加粮食的生产，国家及政府还采取了一定的补贴政策。例如粮食最低收购价政策，该政策的实施提高农民的生产积极性，对粮食种植面积的增加也有一定促进作用。所以，本题中补贴政策可以只视为粮食最低收购价政策。

## (3) 国家粮食安全

国家粮食安全是对国家粮食获取能力的测度，它描述一个国家年度粮食获取能力，主要取决于粮食产量，而当年粮食种植面积与上一年的粮食产量相关。

## (4) 经济因素

经济也是影响粮食种植面积的一大因素，大致可以分为农民工工资性收入、粮

食价格指数和城乡收入差距。经济效益的提高，有利于促进农民的生产积极性，从而影响粮食种植面积和粮食产量。

①农民工工资性收入

农民工工资性收入是指农民工在非本地企业或本地企业中从业的收入。不同省份发展情况不同，农民收入也有所不同。农民工工资性收入的高低将影响农民耕种的积极性，从而影响粮食种植面积。

②粮食价格指数

粮食价格指数是指某一年某地粮食市场收购价相对于前一年同时期粮食市场收购价的比值。其值越高代表粮食市场价格越高，农民就更愿意种植粮食，从而影响粮食种植面积。

③城乡收入差距

城乡收入差距是指城镇居民与农村居民相同时间下纯收入的差异。不同省份发展情况不同，城乡收入差距也有所不同。城乡收入差距越大，农民耕种的积极性越低，从而影响粮食种植面积。

(5) 劳动力因素

劳动力是粮食生产发展的基础，劳动人口递减率是影响劳动力的重要指标。

劳动人口递减率 =  $\frac{(\text{本年某地劳动人口总数} - \text{前一年某地劳动人口总数})}{\text{前一年某地劳动人口总数}}$  (5.1)

2005 年~2014 年我国农业劳动人口的变化与粮食种植面积的变化相关散点折线图如下，具体数据见附录一。

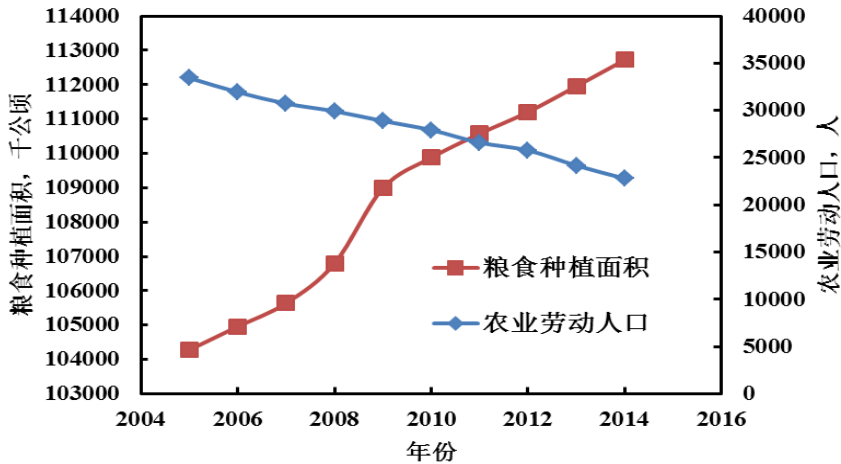


图 5.5 农业劳动人口变化与粮食种植面积变化

从上图可以看出 2005 年到 2014 年农业劳动人口下降，粮食种植面积却大幅上升。经分析认为其趋势是因为随着科学技术的发展、劳动力素质的提高，劳动密集型的粮食产业在向资金和技术密集型转变，所以农村劳动人口逐年递减得同时粮食种植面积却在增加。在这个过程中农村劳动力人口数量对粮食生产的影响在不断弱化。所以为避免较大的农村劳动力人口数据，本文采用农村劳动人口递减率指标来研究劳动力数量对粮食种植面积的影响。

(6) 初选指标

根据可观测性原则对海选指标数据进行初筛，将数据不可获得的海选指标剔除，保证了建立的评价体系切实可行，最终初选出影响粮食种植面积指标体系，如表 5.2 所示。

表 5.2 粮食种植面积初选指标体系

序号	准则层	指标层	编号
1	自然条件	年降水量	CX <sub>1</sub>
2		年平均气温	CX <sub>2</sub>
3	补贴政策	粮食最低收购价	CX <sub>3</sub>
4	国家安全	粮食产量	CX <sub>4</sub>
5		农民人均纯收入	CX <sub>5</sub>
6	经济因素	农民经营性收入	CX <sub>6</sub>
7		农民工资性收入	CX <sub>7</sub>
8		粮食价格指数	CX <sub>8</sub>
9		城乡收入差距	CX <sub>9</sub>
10	劳动力因素	农村劳动人口递减率	CX <sub>10</sub>

#### 5.1.4 影响粮食种植面积指标体系预处理

##### (1) 负向指标的正向化

负向指标表示:数值越小表明评价结果越好, 正向化方法如下。

$$p_{ij} = \frac{1}{V_{ij}} \quad (5.2)$$

上式表示把负向指标标准化。其中,  $p_{ij}$  为第  $i$  个指标第  $j$  个评价对象的标准值,  $V_{ij}$  为第  $i$  个指标第  $j$  个评价对象的观测值。

##### (2) 数据标准化

负向指标正向化后还需进行极值法标准化以消除样本单位不同所带来的影响, 公式如下。

$$p_{ij} = \frac{V_{ij} - \min_{1 \leq j \leq n}(V_{ij})}{\max_{1 \leq j \leq n}(V_{ij}) - \min_{1 \leq j \leq n}(V_{ij})} \quad (5.3)$$

上式是将标准化的负向指标进行极值法标准化, 其中,  $n$  为评价对象的数量。

##### (3) 以湖南省水稻为例进行标准化处理

本文选取湖南省水稻为例, (具体数据见附录一) 对其指标通过以上方法进行标准化处理。经 Matlab 编程计算, 得到粮食指标体系的标准化结果如表 5.3 所示。

表 5.3 标准化结果 (以湖南省水稻为例)

年份	CX <sub>1</sub>	CX <sub>2</sub>	CX <sub>3</sub>	CX <sub>4</sub>	CX <sub>5</sub>	CX <sub>6</sub>	CX <sub>7</sub>	CX <sub>8</sub>	CX <sub>9</sub>	CX <sub>10</sub>
2005	0.84	0.06	0	0	0	1.00	0	0	0.34	0
2006	0.47	0.56	0	0.07	0.05	0.93	0.02	0.08	0.48	0.08
2007	0.00	0.75	0	0.39	0.32	0.85	0.70	0.56	0.68	0.13
2008	0.65	0.44	0.11	0.69	0.27	0.77	0.39	0.85	1.00	0.33
2009	0.36	0.56	0.30	0.84	0.34	0.70	0.44	0.25	0.77	0.45
2010	0.87	0.37	0.39	0.63	0.48	0.58	0.60	0.42	0.81	0.54



年份	CX <sub>1</sub>	CX <sub>2</sub>	CX <sub>3</sub>	CX <sub>4</sub>	CX <sub>5</sub>	CX <sub>6</sub>	CX <sub>7</sub>	CX <sub>8</sub>	CX <sub>9</sub>	CX <sub>10</sub>
2011	0	0.19	0.60	0.83	0.66	0.40	0.81	1.00	0.40	0.70
2012	1.00	0	0.84	1.00	0.82	0.22	0.95	0.21	0.87	0.90
2013	0.40	1.00	1.00	0.79	1.00	0	1.00	0.23	0	1.00

上表为 2005 年到 2013 年湖南省水稻种植各项指标标准化处理后的结果，其中指标中的负向指标做了正向化处理。由表 5.3 可以看出对应的负指标经处理后得到的数据可以同正向指标一道被用于计算或分析。

### 5.1.5 基于主成分分析的指标体系建立

#### (1) 基于主成分分析的指标筛选

通过对指标进行主成分分析，得到每个指标的因子载荷。因子载荷的绝对值小于等于 1，而绝对值越是趋向于 1，指标对评价结果越重要。

因子载荷反映指标对评价结果的影响程度，因子载荷绝对值越大表示指标对评价结果越重要，越应该保留；反之，越应该删除。本研究通过对相关性分析筛选后的指标进行主成分分析，得到每个指标的因子载荷，从而删除因子载荷小的指标，保证筛选出重要的指标。

#### (2) 主成分分析数学模型<sup>[1]</sup>

设  $F_i$  为第  $i$  个主成分 ( $i=1,2,\dots,k$ )； $a_{ij}$  为第  $i$  个特征值对应的特征向量的第  $j$  个分量； $CX_i$  为第  $i$  个初选指标的观测值； $k$  为主成分个数， $m$  为初选指标个数，则第  $i$  个主成分  $F_i$  表示为：

$$F_i = a_{i1}CX_1 + a_{i2}CX_2 + \dots + a_{im}CX_m, \quad i=1,2,\dots,k \quad (5.4)$$

上式含义为：第  $i$  个主成分表示为评价指标  $X_i$  的线性组合，反映了原有初选指标的信息。

#### (3) 主成分分析的步骤

Step1:对指标数据进行标准化处理，使指标的数据均值为 0，标准差为 1；

Step2:求标准化后的指标数据的相关系数矩阵  $R_{m \times n}$ ；

Step3:求相关系数矩阵  $R$  的特征值  $\lambda_i$  ( $i=1,2,\dots,k$ )， $\lambda_i$  反映了第  $i$  个主成分  $F_i$  原始信息含量，即  $F_i$  所解释原始指标的数据总方差，则主成分  $F_i$  表示的原始指标数据的方差贡献率为

$$\omega_i = \lambda_i / \sum_{i=1}^k \lambda_i \quad (5.5)$$

Step4:将 Step3 求出的特征值按从大到小进行排列，当第  $p$  个特征值  $\lambda_p$  的累计方差贡献率大于等于 85%时，则选取前  $p$  个特征值所对应的主成分，从而第  $i$  个指标在第  $j$  个主成分上的因子载荷  $b_{ij}$  为

$$b_{ij} = a_{ij} \sqrt{\lambda} \quad (5.6)$$

#### (4) 主成分分析对评价指标筛选

根据因子载荷的定义可知，因子载荷绝对值越大的指标对评价结果影响越显著。通过主成分  $F_i$  上因子载荷的绝对值  $|b_{ij}|$  筛选指标， $|b_{ij}|$  越大表示指标  $j$  对评价结果越有显著影响，越应该保留；反之，越应该删除。

(5) 主成分分析求解

根据主成分分析法的具体步骤，将原始监测数据进行标准化后求出相关系数矩阵，通过 Matlab 编程对相关系数矩阵和特征值进行计算，以确定评价的主因子数。据特征值方差累计贡献率确定选取主成分的个数并计算因子载荷。计算结果如下表 5.4 所示。

表 5.4 主成分载荷值

项目	主成分 $F_1$	主成分 $F_2$	主成分 $F_3$
CX <sub>1</sub>	-0.030	0.623	0.343
CX <sub>2</sub>	0.067	-0.058	0.070
CX <sub>3</sub>	0.406	0.065	0.196
CX <sub>4</sub>	0.365	0.174	-0.272
CX <sub>5</sub>	0.420	-0.014	0.062
CX <sub>6</sub>	-0.396	-0.010	-0.143
CX <sub>7</sub>	0.419	-0.049	-0.130
CX <sub>8</sub>	0.111	-0.113	-0.690
CX <sub>9</sub>	-0.078	0.466	-0.493
CX <sub>10</sub>	0.042	0.091	0.070

上图表示各指标主成分载荷值，从主成分载荷大小来看，与第一主成分密切相关的是 CX<sub>3</sub>（粮食最低收购价）、CX<sub>5</sub>（农民人均纯收入）、CX<sub>7</sub>（农民工资性收入），它们与第一主成分的相关系数绝对值都超过了 0.4；同样，与第二主成分密切相关的是 CX<sub>1</sub>（年降水量）、CX<sub>9</sub>（城乡收入差距）；与第三主成分密切相关的是 CX<sub>8</sub>（粮食市场收购价格指数）、CX<sub>9</sub>（城乡收入差距）。

从方差贡献率可以看出，第一主成分方差贡献率为 58.8%，远远大于第二、三主成分的贡献率 18.2% 和 16.1%，因此粮食种植面积主要由第一主成分控制。三个主成分的累计方差贡献率达到 90.2%。主成分分析表明，影响粮食种植面积的主要指标为粮食最低收购价格、粮食产量、农民经营收入、降水量、农村劳动人口递减率和粮食价格指数，从而建立影响粮食种植面积的指标体系如图所示。

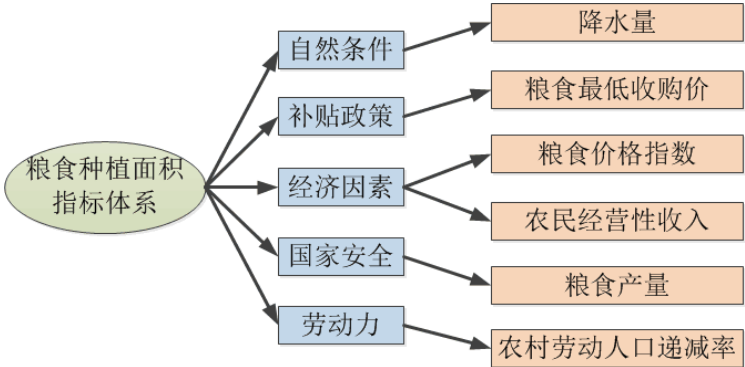


图 5.6 影响粮食种植面积指标体系

上图表示为在五个大方向中选取的六项指标，分别为降水量、粮食最低收购价、粮食市场收购价格指数、农民经营性收入、粮食产量和农村劳动人口递减率。

### 5.1.6 指标体系构建的合理性判定

本文对上述指标体系进行相关性分析检验。相关性分析是指对两个或多个具备相关性的变量元素进行分析，从而衡量两个变量因素的相关密切程度。

将前文确定的 6 个指标及其预处理后的样本数据带入 SPSS 软件进行相关性分析，结果如下表：

表 5.5 指标相关性分析结果表

	1	2	3	4	5	6
1						
Pearson 相关性	1	.096	-.027	-.197	-.494	.312
显著性（双侧）		.806	.946	.612	.176	.414
N	9	9	9	9	9	9
2						
Pearson 相关性	.096	1	.759	.830	.040	-.312
显著性（双侧）	.806		.018	.016	.920	.414
N	9	9	9	9	9	9
3						
Pearson 相关性	-.027	.759	1	.810	.424	.261
显著性（双侧）	.946	.018		.008	.255	.498
N	9	9	9	9	9	9
4						
Pearson 相关性	-.197	.830	.810	1	.362	-.075
显著性（双侧）	.612	.016	.008		.339	.848
N	9	9	9	9	9	9
5						
Pearson 相关性	-.494	.040	.424	.362	1	.279
显著性（双侧）	.176	.920	.255	.339		.468
N	9	9	9	9	9	9
6						
Pearson 相关性	.312	-.312	.261	-.075	.279	1
显著性（双侧）	.414	.414	.498	.848	.468	
N	9	9	9	9	9	9

从表中数据可以看出，确定出的 6 个指标之间的显著性均低于标准值，即表示各自之间的相关性很弱，可以认为本文建立的指标体系构建合理。

## 5.2 基于多元非线性回归方法的粮食种植面积数学模型建立与检验

本文在 C-D 生产函数模型的基础上，采用多元非线性回归方法，结合数据分析，验证了 C-D 模型在研究粮食种植面积的适应性和可靠性，从而基于 C-D 生产函数理论，建立了关于粮食种植面积的数学模型。

### 5.2.1 基于 C-D 函数的粮食种植面积数学模型

C-D 生产函数<sup>[2]</sup>是由数学家柯布和经济学家道格拉斯于 20 世纪 30 年代提出来的。C-D 生产函数认为是一种经典的生产函数，因为该函数在经济理论分析和实证研究中具有一定的经济意义。将 C-D 生产函数及其扩展形式用于研究粮食

种植面积，根据上述建立的指标体系，粮食种植面积的影响指标确定为降水量、粮食最低收购价、粮食产量、经营性纯收入、粮食市场收购价格指数和农村劳动人口递减率共 6 个指标。

基于 C-D 函数的粮食种植面积数学模型如下：

$$Y = AK^\alpha L^\beta e^\varepsilon \quad (5.7)$$

上式中： $Y$  表示粮食种植面积，其中  $A$ 、 $\alpha$ 、 $\beta$  为 3 个参数，且  $0 < \alpha$ 、 $\beta < 1$ 。 $\alpha$ 、 $\beta$  分别表示劳动和资本在生产中所占的相对重要性， $\alpha$  为劳动所得在总产量中所占的份额， $\beta$  为资本在总产量中所占的份额。 $K$ 、 $L$  表示变量参数， $K$  和  $L$  分别表示劳动和资本。

模型线性化：

$$\ln Y = \ln A + \alpha \ln K + \beta \ln L + \varepsilon \quad (5.8)$$

根据公式 (5.8)，推广并建立粮食种植面积模型如下：

$$\ln Y = C + \sum_{i=1}^5 a_i \ln X_i + a_6 D \quad (5.9)$$

上式中： $X_i$  表示本文所选取的 6 个指标，降水量、粮食最低收购价、粮食产量、经营性纯收入、粮食市场收购价格指数和农村劳动人口递减率。

### 5.2.2 粮食种植面积模型检验——以湖南省为例

以湖南省水稻种植面积为例研究，相关数据见附录一。采用多元线性回归方法，利用 Matlab 编程实现模型求解(程序见附录)，得到粮食种植面积的数学模型：

$$\ln Y = 3.4836 + 0.006X_1 + 0.0186X_2 + 0.6645X_3 + 0.0085X_4 - 0.1120X_5 + 0.056X_6 \quad (5.10)$$

上式为在有具体数据情况下求解出相关参数后得到的粮食种植面积的数学模型，表示粮食种植面积与选取的指标之间的关系，其中  $Y$  表示粮食种植面积， $X_1$  到  $X_6$  表示本文中所选取的各项指标，分别降水量、粮食最低收购价、粮食产量、经营性纯收入、粮食市场收购价格指数和农村劳动人口递减率。

对于湖南省为例求解的粮食种植面积的模型进行 F 检验和残差分析。

#### (1) F 检验

模型显著性检验 (F 检验) 就是应用数理统计中学中的假设检验对模型中解释变量同被解释变量之间的线性关系在总体上是否显著成立做出推断。其显著性通常用标注为 Sig，当 Sig 值小于 F 检验的显著水平  $\alpha$  时，回归模型效果显著，也就意味着该回归模型可用。

通过 Matlab 计算可以得出模型的 F 值为 9.6 (程序见附录二)，大于经验值 2.6，则可以认定本文中的粮食种植面积模型可靠。

#### (2) 残差分析

在实际问题中，由于观察人员的粗心或偶然因素的干扰，会导致得到的数据

不完全可靠，即出现异常数据，有时即使通过相关系数分析或 F 检验也不能排除数据存在以上问题。残差分析的目的就在于解决这一问题。

通过 Matlab 对模型进行残差分析得到模型回归残差图如图 5.7 所示。

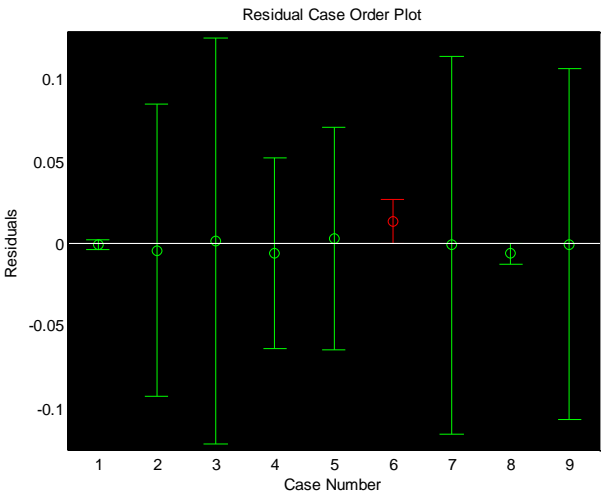


图 5.7 模型回归残差图

从上图可以看出，在模型回归残差图中，残差点比较均匀地落在水平区域中，说明选用的模型比较合适，这样的带状区域的宽度越窄，说明模型的拟合精度越高，回归方程的预报精度越高。回归得到的  $R^2$  值为 0.9645，表示回归效果理想。

### 5.3 基于动态综合评价的粮食最低收购政策执行效果评价模型

#### 5.3.1 相关背景

我国从 2005 年在粮食主产区实施最低收购价政策，力求保证粮食产量，维护国家粮食安全，增加农民农业收入。最低收购价政策实施的影响不仅体现在粮食种植面积和粮食总产量上，同时还与交易双方（粮食企业和农民）密切相关。此外，政策的效果评价还离不开横向与纵向的双向比较。横向包括粮食品种、区域差异，而纵向包括政策实施的时间。传统的政策执行效果评价函数大多采用静态综合评价模型，本文结合本题实际，考虑时间等动态因素对评价模型的影响，建立了基于动态综合评价的粮食最低收购政策执行效果评价模型。

#### 5.3.2 基于最低粮食收购价政策的动态综合评价指标选取

最低粮食收购价政策的效果有好有坏，为了更加全面地、公平地完善该动态综合评价模型。所以，同时选取有 3 个积极效应指标：粮食种植面积、国家粮食安全和农民经营性收入，和 1 个消极效应：粮食企业利润。

##### （1）粮食种植面积效应

最低粮食收购价政策会影响农民的种植积极性，从而影响粮食种植面积。最低粮食收购价对粮食种植面积是积极效应。所以，将粮食种植面积作为被解释变量，考察现行的粮食最低价收购政策对粮食种植面积的作用效果。

##### （2）国家粮食安全效应

国家粮食安全主要体现在粮食产量，而最低粮食收购价政策会影响农民的种植积极性，从而影响粮食产量。最低粮食收购价对粮食产量是积极效应。所以，将粮食产量作为被解释变量，考察现行的粮食最低价收购政策对粮食产量的作用效果。

##### （3）农民务农收入效应

粮食最低收购价格会对卖家造成影响。最低粮食收购价越高，农民务农收入就会越高，即最低粮食收购价对农民务农收入产生积极效应。所以选择农民务农收入作为解释变量。

#### (4) 粮食企业利润效应

粮食最低收购价格同样会对买家造成影响。最低粮食收购价越高，粮食企业利润就会越少，即最低粮食收购价对粮食企业利润产生消极效应。为了综合评价政策实施的效果，所以选择粮食企业利润解释变量。

### 5.3.3 建立动态综合评价模型

动态综合评价即对被评价对象进行具有时序特征的多指标综合评价，以反映被评价对象在不同时刻的动态发展变化。就本问而言，所研究的对象是粮食最低收购价政策的执行效果，且考虑粮食品种、区域和随时间的横纵向差异，属于动态系统<sup>[7]</sup>。

假设已取定  $m$  项评价指标  $x_1, x_2, \dots, x_m$ ，且已经取得在  $N$  时刻  $t_k$  ( $k=1, 2, \dots, N$ ) 的指标观察值  $x_j(t_k)$ 。这时被评价对象在不同时刻  $t_k$  处的状况可由状态向量（即评价指标向量）描述。

$$x_j(t_k) = (x_1(t_k), x_2(t_k), \dots, x_m(t_k))^T, k=1, 2, \dots, N \quad (5.11)$$

上式表示被评价对象在不同时刻的状况，其中， $x_j(t_k)$  为第  $j$  个评价指标在  $t_k$  时刻的观察值。

为使问题简单且容易操作，将式 5.11 改进为线性函数来为评价函数，如下：

$$y(t_k) = \sum_{j=1}^m w_j(t_k) x_j(t_k), k=1, 2, \dots, N \quad (5.12)$$

上式为建立的评价函数模型，其中， $y(t_k)$  为  $t_k$  时刻的效果得分， $w_j(t_k) = (w_1(t_k), \dots, w_m(t_k))^T$  为  $t_k$  时刻待定的权重向量。

其中  $w_j$  可通过“差异驱动”原理<sup>[8]</sup>来确定，更有利于描述评价结果的真实性、可靠性与合理性。所谓“差异驱动”赋权法的基本思想是：权重系数应当是各个指标总体中的变异程度和对其他指标影响程度的度量，赋权的原始信息应当直接来源于客观环境，可根据各指标所提供的信息量的大小来决定相应指标的权重系数。在动态综合评价中，当  $w_j$  与时间  $t$  的隐式关系由样本数据矩阵所支持时，选择  $w_j$  的原则就是从整体上能最大限度的突出系统  $s$  在不同时刻运行状况之间的差异。即选择  $w_j$ ，使  $y(t_k)$  的离差平方和最大。

(1) 建立评价函数的目标函数：

$$\max w^T H w \quad (5.13)$$

其中：

$$H = A^T A = \begin{pmatrix} \sum_{k=1}^N x_1^2(t_k) & \sum_{k=1}^N x_1(t_k)x_2(t_k) & \cdots & \sum_{k=1}^N x_1(t_k)x_m(t_k) \\ \sum_{k=1}^N x_2(t_k)x_1(t_k) & \sum_{k=1}^N x_2^2(t_k) & \cdots & \sum_{k=1}^N x_2(t_k)x_m(t_k) \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \sum_{k=1}^N x_m(t_k)x_1(t_k) & \sum_{k=1}^N x_m(t_k)x_2(t_k) & \cdots & \sum_{k=1}^N x_m^2(t_k) \end{pmatrix} \quad (5.14)$$

当  $H$  为正矩阵时，可取  $w$  为  $H$  的最大特征根所对应的标准特征向量。

其中  $A$  表示为了减少评价过程中的主观因素干扰，需要充分挖掘指标样本值的数据矩阵：

$$A = \begin{pmatrix} x_1(t_1) & \cdots & x_m(t_1) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_1(t_N) & \cdots & x_m(t_N) \end{pmatrix} \quad (5.15)$$

(2) 约束条件

$$s.t. \begin{cases} w^T w = 1 \\ w > 0 \end{cases} \quad (5.16)$$

与一般的多指标综合评价方法相比，动态评价的权重系数  $w_j$  具有以下特点：

- ①  $w_j$  的意义与以往的权重系数含义不同；
- ②  $w_j$  不具有可继承性（当数据变化后，权重系数要重新计算）；
- ③  $w_j$  由指标样本数据得到，不带有任何主观色彩。

#### 5.3.4 动态综合评价模型的非线性回归求解

根据 5.3.3 所建立的动态综合评价模型，利用非线性回归方法对模型进行求解，其求解流程图如图 5.8 所示，求解步骤如下：

Step1: 输入  $T$  时刻的 4 项效应指标，对数据进行预处理；

Step2: 利用非线性回归方法对模型进行求解，得到  $T$  时刻的  $w$  值；

Step3: 判断  $T$  与  $t(N)$  之间的关系，若两者相等，则输出  $w$  矩阵，对最低收购价政策进行打分；若不相等，则返回 Step1，直至两者相等。

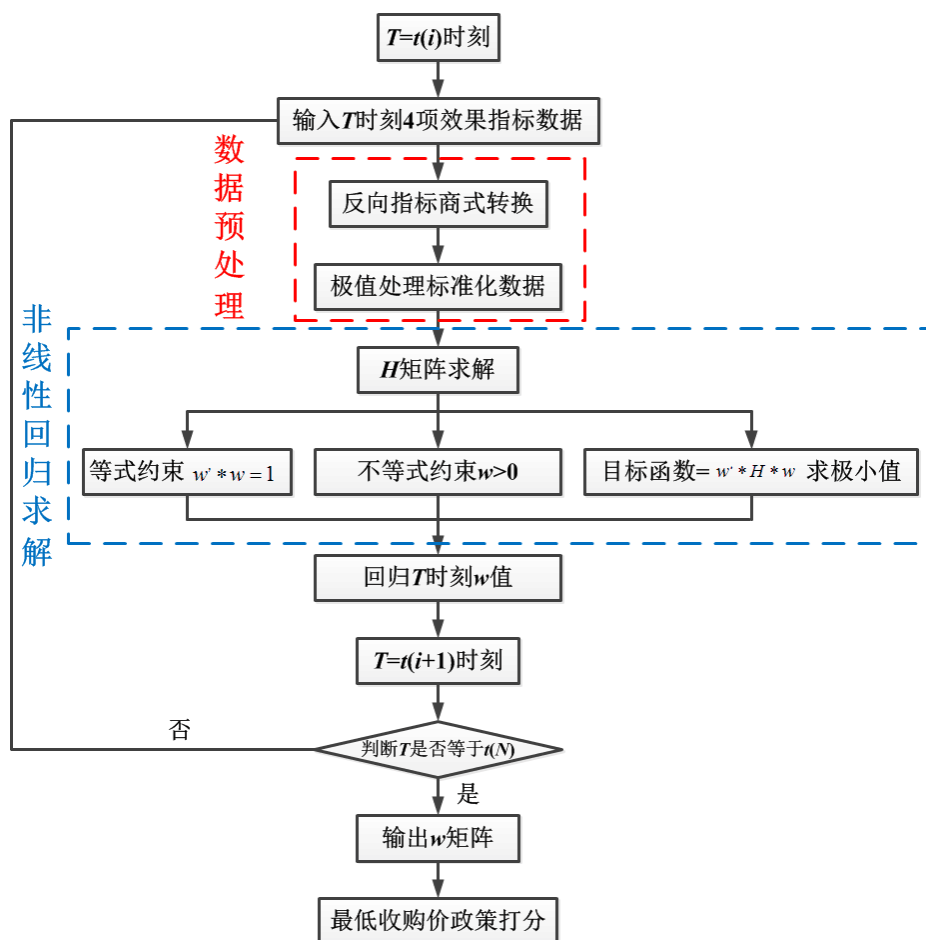


图 5.8 动态综合评价模型算法流程

## 5.4 粮食最低收购政策执行效果的综合评价模型的验证

### 5.4.1 以全国为研究对象进行模型验证

应用本文建立的动态综合评价模型，对粮食最低收购政策执行效果进行综合评价。首先以全国为研究对象，根据历年《中国统计年鉴》查询统计了 2005~2014 年粮食种植面积、粮食产量、农民纯农业收入和粮食企业利润，如下表所示。

表 5.6 各项指标统计数据

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
粮食企业购进总额，亿元	655.6	704.2	819.1	1360.3	1377.6	2123.5	2759.3			
粮食企业销售总额，亿元	693	708.8	813	1432.8	1476.5	2192.1	2933.4			
粮食企业利润总额，亿元	37.4	4.6	-6.1	72.5	98.9	68.6	174.1	221.1	258.6	272.7
粮食种植面积，千公顷	81874	83126	85777	86248	88401	89851	91016	92616	93769	94603
粮食产量，万吨	42776	44237.	45632.	47847.	48156.	49637.	51939.	53934	55269	55740
农村农业纯收入，元/人	1097.	1159.5	1303.7	1426.9	1497.9	1723.4	1896.6	2106.8	2329.	2607.3



上表为中国 2005 年到 2014 年粮食种植面积、粮食产量、农民纯农业收入和粮食企业利润的具体数据。

在综合评价中指标分为正指标和负指标，正指标越大越好，而负指标则相反，在在进行综合评价计算前需要对指标进行一致化处理，本文采用商式转换将负指

标转换成正指标，即  $y'_i = \frac{C}{y_i}$ ，一般  $C$  取 1<sup>[6]</sup>。将表 5.7 数据中负指标进行处理转

化为正指标，处理结果如表 5.7 所示。

表 5.7 指标标准化处理后结果

年份	粮食企业利润总额 亿元	粮食种植面积 千公顷	粮食产量 万吨	农村农业纯收入 元/人
2005	0.027	81874	42776	1097.71
2006	0.217	83126	44237.3	1159.56
2007	-0.164	85777	45632.4	1303.76
2008	0.014	86248	47847.4	1426.96
2009	0.010	88401	48156.3	1497.93
2010	0.015	89851	49637.1	1723.49
2012	0.006	91016	51939.4	1896.67
2013	0.005	92616	53934	2106.83
2014	0.004	93769	55269	2329.5
2015	0.004	94603	55740	2607.39

上表表示将各项指定指标预处理过后得到的数据。其中粮食企业利润总额为负值标，其余均为正指标。

在综合评价中评价指标往往是异量纲的，并且在数值上也相差较大，若直接将这些指标进行加权平均是不可取的。因此为尽可能的反映实际情况，避免产生不合理情况，就得对评价指标进行数据标准化和规范化处理，本文采用极值处理法来消除原始指标单位影响。

表 5.8 指标极值标准化处理

年份	粮食企业利润总额 亿元	粮食种植面积 千公顷	粮食产量 万吨	农村农业纯收入 元/人
2005	2.015E-06	0.865	0.452	0.012
2006	4.031E-06	0.879	0.468	0.012
2007	3.015E-06	0.907	0.482	0.014
2008	1.879E-06	0.912	0.506	0.015
2009	1.840E-06	0.934	0.509	0.016
2010	1.887E-06	0.950	0.525	0.018
2012	1.794E-06	0.962	0.549	0.020
2013	1.781E-06	0.979	0.570	0.022
2014	1.774E-06	0.991	0.584	0.025
2015	1.772E-06	1.000	0.589	0.028

上表表示 2005 年到 2015 年指定指标经过预处理后，再进行极值处理法得到的标准化后的数据。

采用 Matlab 编程，将获得的各年份粮食最低价收购政策进行动态综合评价，结果如表 5.9 所示。

表 5.9 相关数据及综合评价结果（单位：亿元，千公顷，万吨）

年份	粮食企业利润总额 亿元	粮食种植面积 千公顷	粮食产量 万吨	农村农业纯收入 元/人	得分
2005	37.4	81874	42776	1097.71	0.976
2006	4.6	83126	44237.3	1159.56	0.995
2007	-6.1	85777	45632.4	1303.76	1.026
2008	72.5	86248	47847.4	1426.96	1.042
2009	98.9	88401	48156.3	1497.93	1.064
2010	68.6	89851	49637.1	1723.49	1.085
2012	174.1	91016	51939.4	1896.67	1.107
2013	221.1	92616	53934	2106.83	1.132
2014	258.6	93769	55269	2329.5	1.150
2015	272.7	94603	55740	2607.39	1.160

从上表可以看出从 2005 年实施粮食最低价收购政策后，各项指标呈现出良好的增长趋势，并且该政策执行效果评价得分也呈逐年上升的趋势，证明实施粮食最低价收购政策是有积极效果作用的，其有助于促进粮食产业的发展。

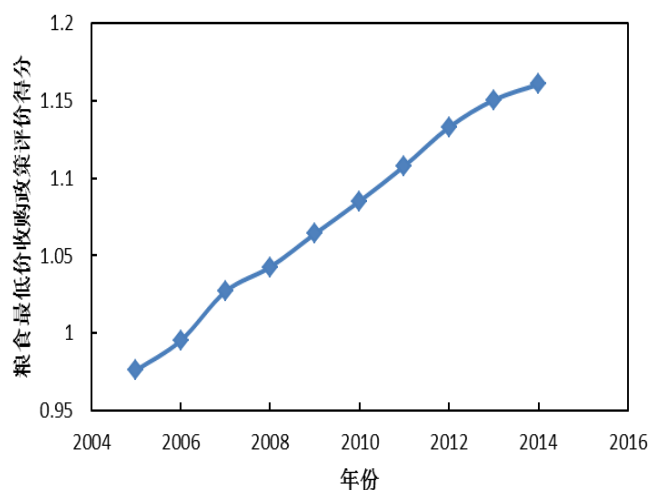


图 5.9 粮食最低收购价政策评价得分随年份变化

用 Matlab 绘制出粮食最低收购价政策评分得分随年份变化的曲线图，从图中可以直观看出其得分逐年递增。说明其政策的实施对粮食产业的发展有着积极的作用。

#### 5.4.2 以不同粮食品种的主产区为对象进行模型验证

考虑地区和粮食品种的差异，本文选取 2013 年时期下，小麦主产区河北省、水稻主产区湖南和玉米主产区辽宁为例来进行模型验证，相关数据的收集参考理念《中国统计年鉴》。模型计算采用 Matlab 编程，相关步骤与上节相同，得到综合评价结果如表所示。

表 5.10 三个城市相关数据及综合评价得分（单位：亿元，千公顷，万吨，元/人）

城市	粮食企业利润总额	粮食种植面积	粮食产量	农村农业纯收入	得分
河北(小麦)	10	2377.7	1387.2	3219.2	0.82
湖南(水稻)	8	4085	2561.5	2962	1.05
辽宁(玉米)	6	2245.6	1563.2	5160.2	1.10

上表可以看出，实施粮食最低价收购政策 8 年后，不同地区各项指标的增长

幅度不同。这是因为不同城市的粮食种植结构不同，最低粮食收购价政策对其造成的影响也会有所不同，但这恰好证明该粮食最低价收购政策实施效果评价模型具有现实可靠性。

### 5.5 我国粮食价格特殊规律研究

**粮食市场收购价**是粮食企业收购粮食的市场价格，是由粮食供需双方通过市场调节来决定的，**粮食最低收购价**则是指承担最低收购价收购任务的收储库点向农民直接收购的倒库价，两者是我国粮食价格体系的重要组成部分。

当粮食的市场价格低于政府规定的最低收购价时，为保障农民收入，防止“谷贱伤农”现象发生，粮食企业就会在国家干预下以最低收购价收购粮食；若粮食市场价格本身就高于最低收购价，那么农民手中的粮食就会以粮食最低收购价被收购。

因此鉴于政府干预等措施对我国粮食价格影响，要研究我国粮食价格的特殊规律，除了要考虑供求对粮食价格的影响，还需考虑我国粮食最低收购价政策对粮食价格的影响，即需从粮食供求关系和最低收购价两方面着手，建立能表征我国粮食价格特殊规律性的数学模型，其研究思路如下图所示。

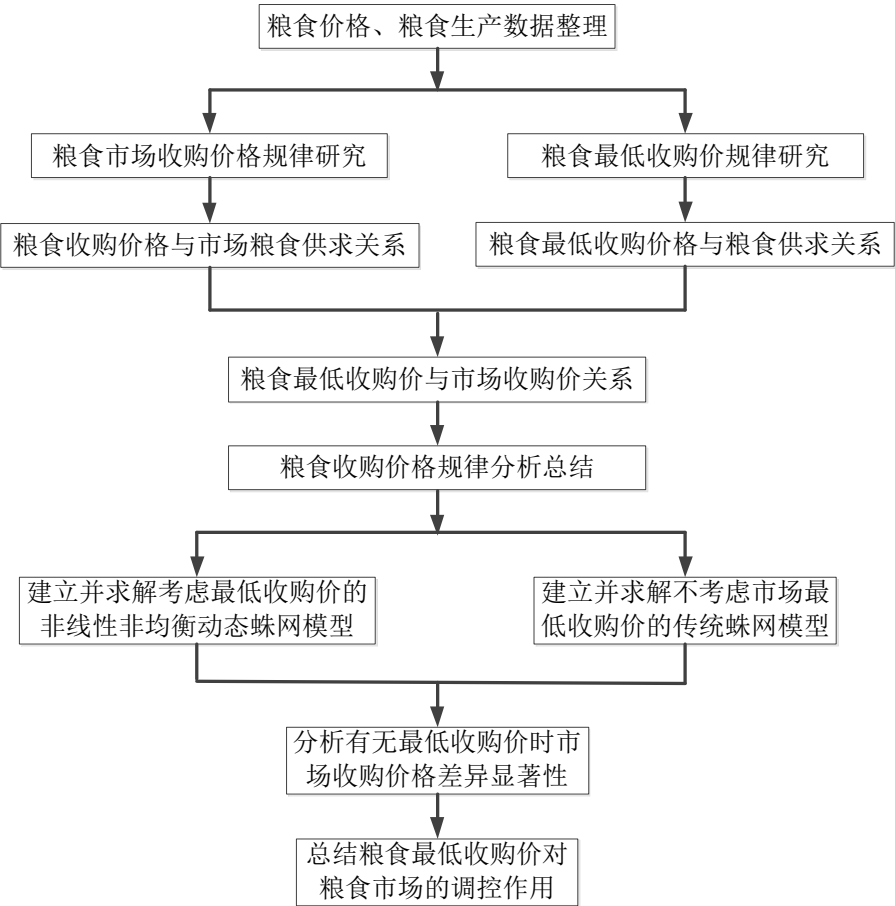


图 5.10 我国粮食价格规律

#### 5.5.1 粮食市场收购价格与粮食供求量的关系

粮食的供求关系是决定粮食价格的主要因素，当粮食供大于求时，粮食价格就会下降；当粮食供小于求时，粮食价格就会上涨。如此周而复始的供求关系变换，使得粮食价格始终围绕其价值上下波动。

我国粮食市场收购价格与粮食的供求量有着密切联系，在 05~11 年期间，我

国粮食市场收购价格随供给量和需求量的增加而明显升高，其相关性指数分别为 0.9743 和 0.9963，表现出极强的相关性。

表 5.11 我国粮食市场收购价格与粮食供求量的关系（单位：万吨，元/公斤）

年份	供给量	净进口	粮食收购价格
2005	48402.19	-387	1.3704
2006	49804.23	-247	1.4906
2007	50160.28	-831	1.5964
2008	52870.92	-27	1.6468
2009	53082.08	183	1.8352
2010	54647.71	451	1.9478
2011	57120.85	429	2.2258
2012	58957.97	1302	/
2013	60193.84	1363	/
2014	60709.9	1880	/

### 5.5.2 粮食最低收购价与粮食供求关系

自 2005 年来，在粮食最低价格收购政策的刺激下，粮食最低收购价持续上涨，大大提高了农民种粮的积极性，与此同时，我国近 10 年来的粮食供给量和需求量也在不断攀升。

经分析可以发现，粮食的最低收购价随着粮食供给量和需求量的增大在逐步提高，且小麦最低收购价同粮食供给量和需求量的相关系数分别为 0.9655 和 0.9355，水稻最低收购价同粮食供给量和需求量的相关系数分别为 0.9809 和 0.9520，表明粮食最低收购价和粮食供求关系具有显著的相关性。

表 5.12 我国粮食最低收购价格与粮食供求量的关系（单位：万吨，元/公斤）

年份	供给量	净进口	需求量	粮食最低收购价
2005	48402.19	-387	46083	1.45
2006	49804.23	-247	46968	1.42
2007	50160.28	-831	48709	1.42
2008	52870.92	-27	49410	1.49
2009	53082.08	183	52958	1.77
2010	54647.71	451	54944	1.86
2011	57120.85	429	59024	2.06
2012	58957.97	1302	59415	2.30
2013	60193.84	1363	58921	2.51
2014	60709.9	1880	60285	2.61

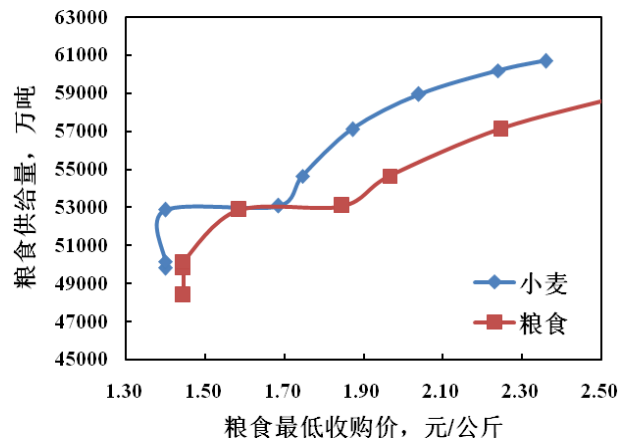


图 5.11 粮食最低收购价同粮食供给量关系

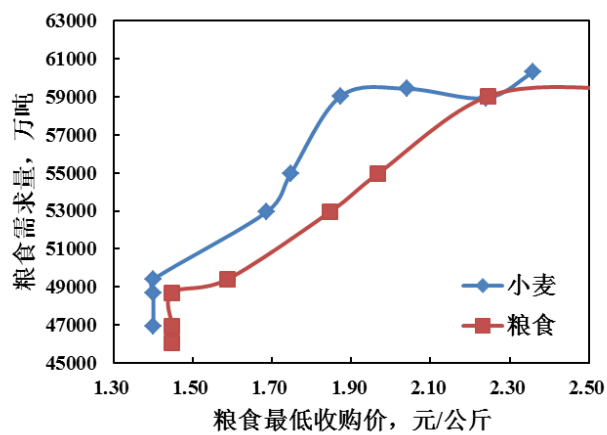


图 5.12 粮食最低收购价同粮食需求量关系

### 5.5.3 粮食最低收购价与粮食收购价格关系

近 10 年来,在市场供求调节和国家政策干预下,我国粮食市场收购价格总体呈现上升趋势,为研究其同国家制定的粮食最低收购价之间关系,收集近 7 年来的相关数据如下表所示。

表 5.13 在粮食最低收购价政策下粮食价格变动 (单位: 元/公斤)

年份	粮食最低收购价	粮食市场收购价格
2005	1.45	1.3704
2006	1.42	1.4906
2007	1.42	1.5964
2008	1.49	1.6468
2009	1.77	1.8352
2010	1.86	1.9478
2011	2.06	2.2258
2012	2.30	/
2013	2.51	/
2014	2.61	/

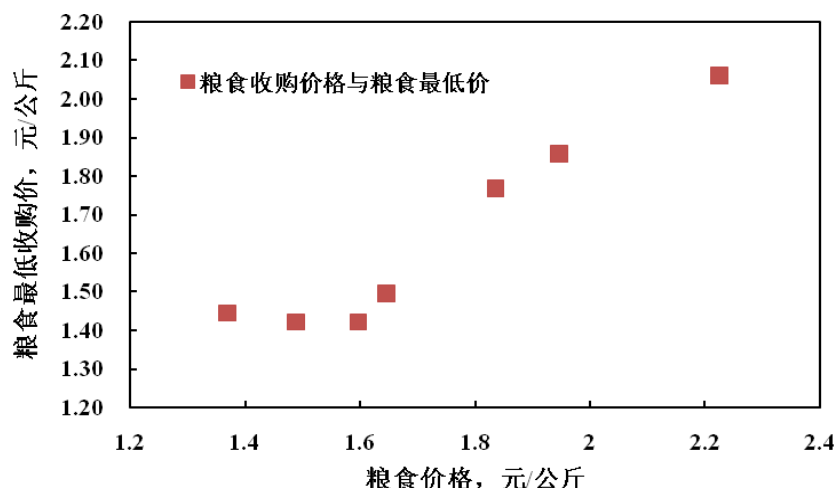


图 5.13 我国粮食市场收购价格与粮食最低价格

根据上表数据计算求得我国粮食市场收购价格与粮食最低收购价之间的相关系数为 0.9562, 表明我国粮食市场收购价格与粮食最低收购价之间有着强相关性。

#### 5.5.4 粮食市场收购价格规律定性分析

从 2005 年开始到 2011 年这 6 年间, 我国粮食市场收购价格一直保持增长趋势, 平均每年增幅值 0.14 元/公斤, 每年最大增幅不超过 0.28 元/公斤, 这表明我国粮食市场收购价格总体趋于平稳, 无较大的波动。

表 5.14 粮食价格长期趋势偏差表 (单位: 元/公斤)

年份	粮食市场收购价波动值
2006	0.1202
2007	0.1058
2008	0.0504
2009	0.1884
2010	0.1126
2011	0.2800

计算近几年的供给弹性系数和需求弹性系数, 其计算结果如下表所示。

表 5.15 粮食市场收购价格长期趋势偏差表 (单位: %)

年份	供给量 变动率	需求量 变动率	市场收购价 变动率	供给 弹性系数	需求 弹性系数	供给与需求 弹性系数差
2006	2.897	1.920	8.771	0.330	0.219	0.111
2007	0.715	3.707	7.098	0.101	0.522	-0.422
2008	5.404	1.439	3.157	1.712	0.456	1.256
2009	0.399	7.181	11.440	0.035	0.628	-0.593
2010	2.949	3.750	6.136	0.481	0.611	-0.130
2011	4.526	7.426	14.273	0.317	0.520	-0.203

从上表可以看出, 我国粮食供给价格弹性总体上小于需求价格弹性, 表明粮食市场的供求波动从发散型蛛网效应向收敛性蛛网效应变化。

### 5.5.5 粮食市场收购价格模型

#### 5.5.5.1 改进的非线性非均衡动态蛛网模型

##### (1) 传统的蛛网模型

传统蛛网模型的基本假设是：商品的本期供给量  $S_t$  取决于商品上一期的价格  $P_{t-1}$ ，即供给函数为  $S_t = f(P_{t-1})$ ；商品本期的需求量取决于商品本期的价格  $P_t$ ，即需求函数为  $D_t = g(P_t)$ ；当商品供给和需求处于平衡时，有  $S_t = D_t$ ，根据上述假设条件，传统蛛网模型由以下三个方程式联立表达。

$$S_t = \alpha + \beta P_{t-1} \quad (5.17)$$

$$D_t = \lambda + \theta P_t \quad (5.18)$$

$$S_t = D_t \quad (5.19)$$

其中： $\alpha$ ， $\beta$ ， $\lambda$ 和 $\theta$ 均为常数，且一般情况下均大于零。 $\alpha$ 表示上一期商品价格为零时的本期商品供给量， $\beta$ 表示商品的供给价格弹性； $\lambda$ 表示本期商品价格为零时的本期商品需求量， $\theta$ 表示商品的需求价格弹性。

传统蛛网模型有两个基本假定，即假定供给函数和需求函数均为线性且每一期的供给与需求相等。针对本次讨论的粮食最低收购价问题，粮食最低收购价的调控会影响粮食市场的供需行为，使得供给函数与需求函数并不是简单的线性的关系，且供求关系往往并不相等。

对当市场粮食实际收购价低于国家确定的最低收购价时，粮食企业按国家确定的最低收购价格收购农民种植的粮食，使得最低收购价格直接决定市场收购价格。因此需要从现实经济系统运作的实际情况出发，建立更加准确、科学，更能反映经济现实的非线性非均衡蛛网模型。

##### (2) 改进的非线性非均衡蛛网模型

本文在传统的蛛网模型的基础上，将非均衡理论及非线性混沌理论引入模型研究，考虑市场供需不平衡和最低收购价进行的市场调控，建立了改进的非线性非均衡蛛网模型。

采用的需求函数形式为：

$$D_t = a + b \cdot p_t \quad (5.20)$$

采用第1问中由6个主要指标确定的供给函数：

$$\ln Y_t = C + \sum_{i=1}^6 a_i \ln X_{it} + a_7 D \quad (5.21)$$

$$S_t = Y_t \cdot W_t \quad (5.22)$$

其中： $Y_t$ 为粮食种植面积， $W_t$ 为单位种植面积的粮食产量， $S_t$ 表示粮食总产量。

对于非均衡市场的价格调节，常见的有如下两种形式为：

$$p_t = p_{t-1} + \gamma(D_t - S_t), \quad \gamma > 0 \quad (5.23)$$

$$p_t = p_{t-1} + \gamma(D_{t-1} - S_{t-1}), \quad \gamma > 0 \quad (5.24)$$

式中,  $\gamma$  称为价格调节系数。它反映价格随着超额需求的变动而进行调整时, 调整速度和幅度的度量参数。调节方程式 5.23 表明, 本期实际价格的变动 ( $p_t - p_{t-1}$ ) 与本期超额需求 ( $D_t - S_t$ ) 同方向变动; 而调节方程式 5.24 则表明, 本期实际价格的变动 ( $p_t - p_{t-1}$ ) 与前期超额需求 ( $D_t - S_t$ ) 同方向变动。这两种价格调节机制, 反映的是不同商品市场的价格调节规律。本文采用价格调节方程式 5.23。

基于以上分析, 本文建立一个包括需求方程、供给方程、预期价格方程及价格调节方程的市场价格模型为:

$$\begin{cases} D_t = a + b \cdot p_t \\ \ln Y_t = C + \sum_{i=1}^6 a_i \ln X_{it} + a_7 D \\ S_t = Y_t \cdot W_t + Q_t \\ p_t = p_{t-1} + \gamma(D_t - S_t) \end{cases} \quad (5.25)$$

可以看出, 粮食市场收购价格  $p_t$  与多个因素有关, 可表示为:

$$p_t = f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, a, b, \gamma, p_{t-1}) \quad (5.26)$$

其中,  $D_t$ 、 $S_t$ 、 $p_t$ 、分别为  $t$  时期的需求量、供给量、实际价格和预期价格,  $Y_t$  为粮食种植面积,  $W_t$  为单位种植面积的粮食,  $X_1$  表示降水量、 $X_2$  表示粮食最低收购价格,  $X_3$  表示上一年粮食产量,  $X_4$  表示农民经营性收入、 $X_5$  表示上一年粮食价格指数、 $X_6$  表示农村劳动力递减率。

#### 5.5.5.2 基于遗传算法的模型求解

##### (1) 求解思路

在模型  $p_t = f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, a, b, \gamma, p_{t-1})$  中,  $a, b, \gamma$  均为待定常系数。假设  $a, b, \gamma$  已知, 那么已知  $t-1$  时期的粮食价格, 及单位种植面积的粮食、降水量、上一年粮食产量、农民经营性收入、粮食价格指数、农村劳动力递减率、粮食最低收购价格等参数, 即可计算  $t$  时期的粮食市场价格。结合 2005~2013 年水稻市场价格和最低收购价格数据, 采取遗传算法确定待定系数  $a, b, \gamma$ 。

##### (2) 算法设计与模型求解

以残差和最小为优化目标, 获得拟合参数。具体计算步骤如下:

Step1: 设定待定系数  $a, b, \gamma$  的初值, 设置遗传代数、变异系数等参数, 计算  $t=1$  时刻的粮食价格估算值  $p_t$ ;

Step2: 计算估计值  $p_t$  与该时刻粮食价格实际值  $p_{dt}$  误差;

Step3: 计算  $t$  时刻的累计误差, 如果  $t$  大于终止时刻, 进入 Step4; 否则返回 Step1, 计算  $t+1$  时刻的粮食价格估算值  $p_t$ ,



Step5: 判断残差和是否满足条件，若满足则输出拟合参数；若不满足，则通过选择、交叉、变异进行下一代参数筛选。

计算流程图如图所示：

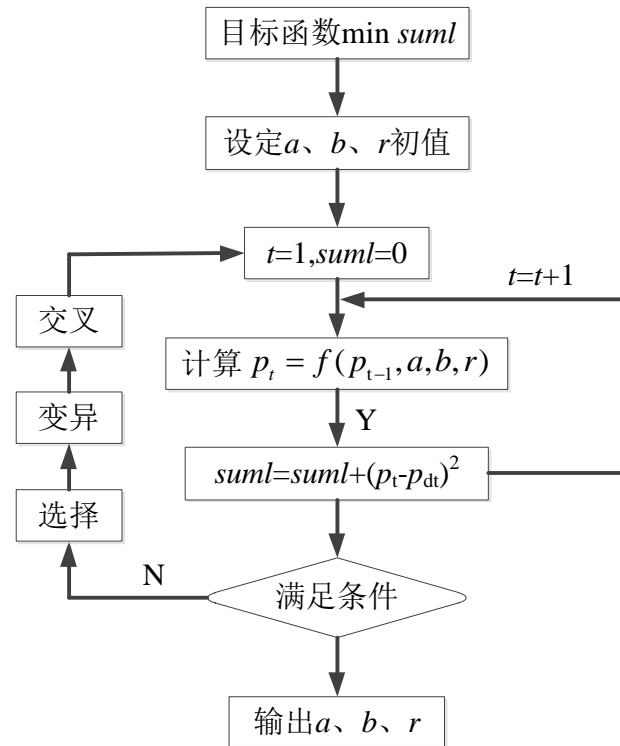


图 5.14 求解算法

通过 Matlab 编程获得系数  $a=330.17$ ,  $b=0.095$ ,  $\gamma=10.37$ 。模型残差分析表明（图 5.15），模型计算稳定。

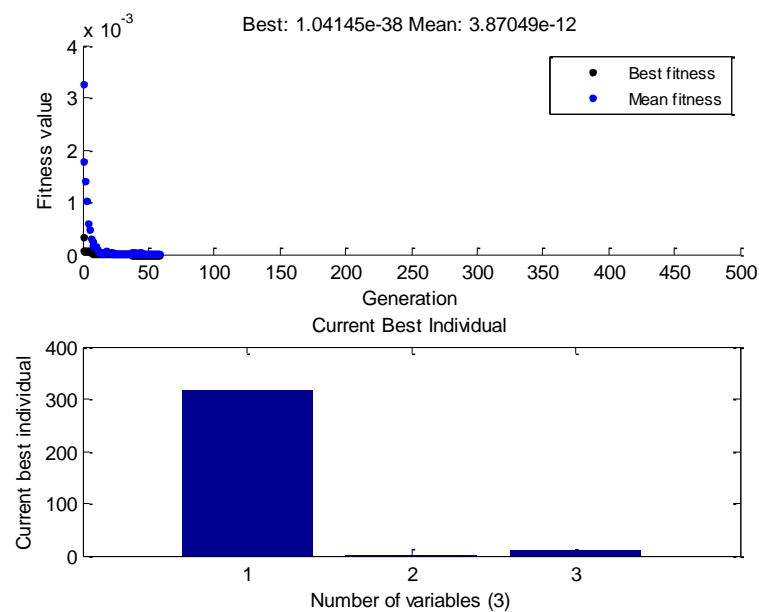


图 5.15 遗传算法收敛图

### 5.5.5.3 模型验证

将 2005~2013 年水稻市场收购价格和最低收购价格数据带入模型进行计算，比较水稻市场收购价格计算结果与真实值差异，如下表所示。可以看出，整体误差较小，模型可靠性较好。

表 5.16 误差分析（单位：%、元/公斤）

年份	市场收购价指数	最低收购价	市场收购价指数 计算值	绝对误差
2006	100.00	1.447	115.46	2.46
2007	100.00	1.447	111.96	2.29
2008	109.68	1.587	105.83	-0.55
2009	116.39	1.847	99.64	-6.86
2010	106.50	1.967	103.07	-1.17
2011	114.24	2.247	100.58	-3.66
2012	114.24	2.567	93.74	-4.58
2013	108.31	2.780	100.00	0.00

### 5.5.6 粮食最低收购价对市场的调控作用

利用 5.5.5 所建立的模型，计算不采取粮食最低收购价政策时的粮食市场收购价，与真实市场收购价对比，如图 5.16、图 5.17 所示。对比分析表明，当不采取粮食最低收购价政策时计算得到的市场收购价格与真实市场收购价格相比偏低，且随时间的增加，差异性显著增大。这说明，粮食最低收购价政策的实施有利于减缓市场供需矛盾，保持市场价格处于相对稳定和安全的状态。

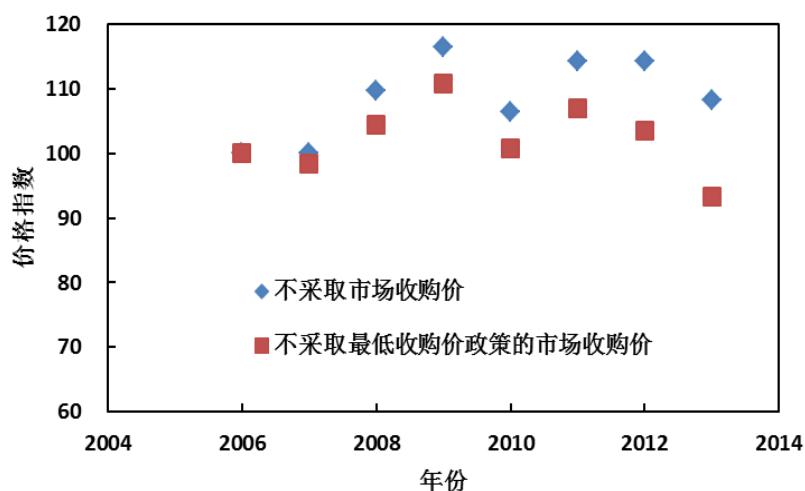


图 5.16 考虑粮食最低收购价政策时价格指数的变化

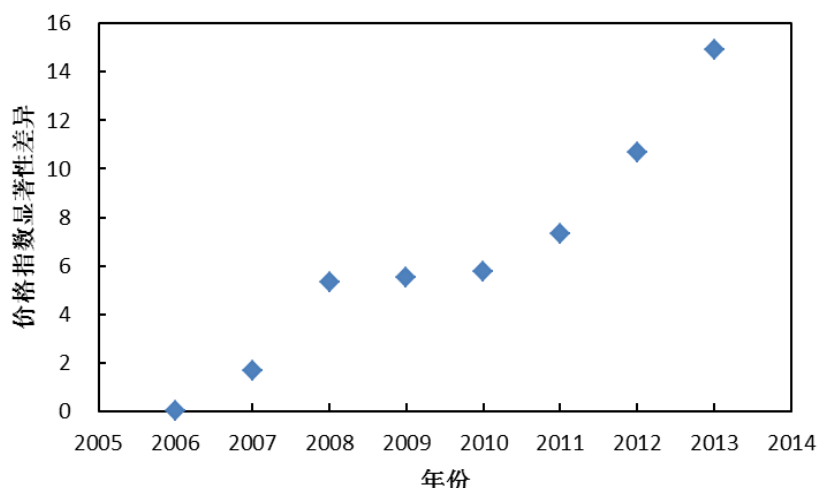


图 5.17 考虑与不考虑粮食最低收购价政策时价格指数差异

## 5.6 我国粮食定价模型研究

我国粮食最低收购价格政策制定的初衷为保护农民利益、保障粮食市场供应。为了更好的实现这一政策的作用，需要对粮食最低收购价格合理范围进行确定。

### 5.6.1 粮食最低收购价合理定价模型建立

目前世界各国在确定粮食支持与保护价格的高低时都要兼顾生产者的利益与国家的财政能力，这不仅可以调动生产者的积极性，而且又不会造成供给过剩，从而保持供求的均衡。在此基础上，各国确定农产品支持与保护价格的方法主要有两种：一是以前几年的市场价格为基准，再乘以适当百分比；二是以生产成本为基准，再加上适当利润。前者对于百分比的选择是比较困难的，难以做到适当；后者虽然考虑到了成本的问题，但是对于国家粮食安全角度没有涉及。所以，本次采用多目标规划方法来进行粮食最低收购价进行定价。

#### 5.6.1.1 模型目标函数

我国粮食最低收购价格政策制定的初衷为保护农民利益、保障粮食市场供应。所以最低收购价定价模型的目标函数确定为保护农民利益和保障粮食市场供应。根据前面的研究，农民的利益可以采用农民种植粮食收入来表示。保障粮食市场供应可以理解为保障国家粮食安全，也即采用粮食供给量来表示。

(1) 目标函数一：农民种植粮食收入最大

农民种植粮食的收入可以表示为粮食产量与粮食市场收购价格的乘积。根据前面的研究，粮食市场价格和粮食产量关系表示为：

$$\begin{cases} D_t = a + b \cdot p_t \\ \ln Y_t = C + \sum_{i=1}^6 a_i \ln X_{it} \\ S_t = Y_t \cdot W_t + Q_t \\ p_t = p_{t-1} + \gamma (D_t - S_t) \end{cases} \quad (5.27)$$

式中  $D_t$ 、 $S_t$ 、 $p_t$ 、 $Q_t$  分别为第  $t$  年的需求量、供给量、实际价格和预期价格、进口量， $Y_t$  为粮食种植面积， $W_t$  为单位种植面积的粮食产量， $X_t$  表示降水

量、 $X_2$  表示第  $t-1$  年粮食产量、 $X_3$  表示农民经营性收入、 $X_4$  表示第  $t-1$  年的价格指数、 $X_5$  表示农村劳动力递减率、 $X_6$  表示粮食最低收购价格。

合理的最低收购价应该是使得农民种植粮食收入达到最大化，即目标函数一为：

$$\max Y_t W_t P_t \quad (5.28)$$

(2) 目标函数二：粮食供给量最大

国家粮食供给量充足才能保证国民的正常生活，粮食供给量为粮食产量和粮食进口量之和。

合理的最低收购价应该是使得粮食供给量达到最大化，根据前面的研究，结合目标函数一内容，确定目标函数二为：

$$\max S_t \quad (5.29)$$

即该模型的目标函数为：

$$Z = \begin{pmatrix} \max Y_t W_t P_t \\ \max S_t \end{pmatrix} \quad (5.30)$$

### 5.6.1.2 模型约束条件

(1) 成本约束

国家制定最低粮食收购政策即为了农民利益着想，合理的最低收购价格能够调动农民的种植积极性。如果最低收购价所带来的收入连农民种植的成本都不及的话，势必会大大降低种植面积，从而影响国民正常生活和国家的常规发展。所以，成本约束为农民种植粮食收入须大于等于农民种植粮食成本，表达式如下

$$Y_t \cdot W_t \cdot P \geq C_t \quad (5.31)$$

式中， $C_t$  为第  $t$  年的粮食种植成本，其余参数见 5.3.2.1 小节。

(2) 粮食产量约束

粮食产量与国家粮食安全密不可分，最低粮食收购价格确定之后，来年粮食产量必会受影响。当粮食最低收购价格过高之后，农民收入虽然增加了，但是国家收购的粮食便会超出其允许库存；当粮食收购价过低之后，农民种粮积极性大大降低，导致国家粮食产量难以维持国民正常生活。两种情况国家的发展必然是不利的。所以，粮食产量约束为粮食供给量必须介于既能够满足国家正常粮食需求 3 年，又不至于超出国家粮食的允许库存。

$$K \geq S_t \geq D_t + D_{t+1} + D_{t+2} \quad (5.32)$$

式中， $K$  为国家最大粮食储存量， $C_t$ 、 $D_{t+1}$ 、 $D_{t+2}$  分别为第  $t$ ， $t+1$  和  $t+2$  年的粮食种植成本。

(3) 市场收购价约束

最低粮食收购价格的确定还与粮食企业的发展息息相关。最低收购价升高，农民收入虽然增加，但企业支出就会增加，利润自然降低，相应国家对其的粮食补贴也会增加，这都对国家和企业的发展不利。当市场收购价格低于最低粮食收购价格后，考虑国家对企业的粮食补贴一般不会超出各地粮食市场价格的 10%。所以市场收购价约束为：

$$X_2 > P_t \text{ 时, } \frac{(X_2 - P_t)}{X_2} \geq 10\% \quad (5.33)$$

式中， $X_2$ 为最低粮食收购价， $P_t$ 为粮食市场收购价。

即模型的约束条件为：

$$\text{S.t.} \begin{cases} Y_t W_t P \geq C_t \\ K \geq S_t \\ S_t \geq D_t + D_{t+1} + D_{t+2} \\ \frac{(X_2 - P_t)}{X_2} \geq 10\%, X_2 > P_t \end{cases} \quad (5.34)$$

### 5.6.2 基于遗传算法的粮食最低收购价合理定价模型求解

以农民种植粮食收入最大为主要目标、粮食产量最大为次要目标，采用遗传算法，确定粮食最低收购价的最优解。计算流程如下图所示：

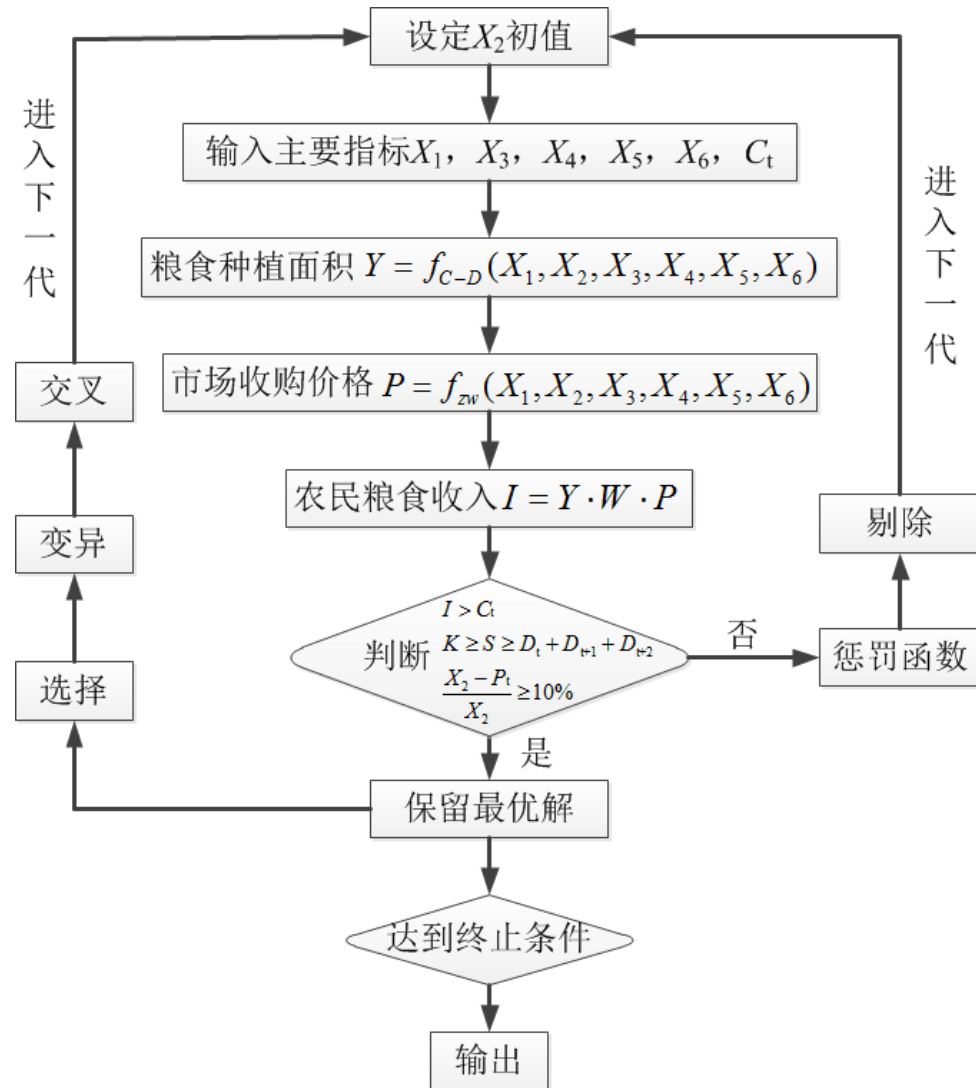


图 5.18 粮食最低收购价定价模型计算流程图

具体步骤如下：

Step1:设置遗传代数、初始物种数、终止条件等；

Step2:输入影响粮食种植面积的 6 个主要指标，计算得到粮食种植面积；

Step3: 根据单位粮食种植面积的粮食产量，计算粮食总产量；

Step4: 利用改进的非线性非均衡蛛网模型式 5.25，计算粮食市场收购价格；

Step5: 利用改进的非线性非均衡蛛网模型式 5.25，计算粮食市场收购价格与农民粮食收入；

Step6: 判断是否满足约束条件，如果不满足，则施加惩罚函数；若满足，这保留最优物种，进行选择、交叉、变异，更新物种，返回 Step1；若达到终止条件，退出搜索，输出最优值。

### 5.6.3 粮食最低收购价合理定价模型评价

选择“十二五”期间（2011 年~2015 年）相关生产数据，利用上述建立的粮食最低收购价定价模型进行每年合理最低收购价的计算，并将计算结果与“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格进行比较，如下表所示。

表 5.17 定价模型优选值与实际粮食最低收购价比较

	2011	2012	2013	2014	2015
粮食种植面积， 千公顷	4066.3	4095.1	4085	4097.6	4113.8
粮食产量，万吨	2575.4	2631.6	2561.5	2537.0	2589.0
单位种植面积 的粮食产量，万 吨/千公顷	0.63	0.64	0.63	0.62	0.63
降水量，mm	932.8	1730	1254.9	1579.0	1331.0
前一年粮食产 量，万吨	2506	2575.4	2631.6	2561.5	2537.0
农民经营性收 入，元	2725.2	2903.21	2962.0	2933.0	2947.0
前一年生产资 料价格指数	107.3	116.7	103.8	112.7	105.3
农村劳动力递 减率	0.048	0.031	0.062	0.050	0.053
粮食市场价格， 元/公斤	2.25	2.57	2.78	2.82	2.95
合理粮食收购 最低价，元	2	2.054	3.029	2.773	2.83
计算合理值与 实际收购最低 价相对误差	0.12	0.25	-0.08	0.017	0.042

分析表明,通过上述定价模型计算得到的粮食最低收购价格优选值与实际粮食最低收购价相比相对误差较小,最多不超过 0.25,考虑到粮食价格波动强敏感性,此相对误差在接受范围之内,表明本文所建立的粮食最低收购价定价模型具有较强的可靠性。

#### 5.6.4 粮食最低收购价预测

可以看出,上述建立的最低粮食收购价模型评价效果较好。所以,考虑用此模型来对 2017 年的粮食最低收购价的合理范围进行预测。根据模型求解的过程发现,要实现对 2017 年粮食最低收购价的预测,需要 2016 年的诸如粮食产量、粮食种植面积、最低粮食收购价等各项指标数据。但由于时间关系,这些数据现阶段并不能直接求得。所以,可利用 2005~2015 年的各项指标数据对 2016 年的指标数据进行外推预测,其预测结果如下表所示。

表 5.18 2005~2016 年湖南省粮食生产有关指标表

年份	粮食播种 面积	粮食产量	单位种植 面积的粮 食产量	降水量	前一年粮 食产量	农民经营 性收入	前一年生 产资料价 格指数	农村劳动 力递减率	粮食最低 收购价格
	千公顷	万吨	万吨/千 公顷	毫升	万吨	元	%	%	元/公斤
2005	3795.2	2296.2	0.61	1600.9	2198.5	1713.35	101.3	0.05	1.45
2006	3777.2	2319.7	0.61	1310.4	2296.2	1743.39	100.4	0.045	1.45
2007	3897.2	2425.7	0.62	936.4	2319.7	2592.2	101.7	0.038	1.45
2008	3932	2528	0.64	1452.9	2425.7	2196.61	109.6	0.026	1.59
2009	4047.2	2578.6	0.64	1216	2528	2257.33	114.2	0.035	1.85
2010	4030.5	2506	0.62	1626.4	2578.6	2463.9	104.5	0.033	1.97
2011	4066.3	2575.4	0.63	932.8	2506	2725.2	107.3	0.048	2.25
2012	4095.1	2631.6	0.64	1730	2575.4	2903.21	116.7	0.031	2.57
2013	4085	2561.5	0.63	1254.9	2631.6	2962	103.8	0.062	2.78
2014	4097.6	2537	0.62	1579	2561.5	2933	112.7	0.05	2.82
2015	4113.8	2589	0.63	1331	2537	2947	105.3	0.053	2.95
2016	4102	2643	0.64	1457	2589	3056	116.9	0.068	2.97

利用上表数据,采用粮食最低收购价合理定价模型进行 2017 年粮食最低收购价的预测。将数据带入模型运算 10 次得到以下数据。

表 5.19 2017 年最低粮食收购价预测结果表(单位:元/公斤)

程序运行次数	1	2	3	4	5
合理最低收购价	3.15	2.98	3.21	2.95	3.92
程序运行次数	6	7	8	9	10
合理最低收购价	2.68	2.94	3.17	3.06	3.19

结合 10 次运行结果,去除第 5 次和第 6 次的异常值,得到平均值为 3.08 元/公斤。考虑粮食价格的波动值不宜太大,采用平均值上下误差浮动 1%的方法,最终确定 2017 年粮食的最低收购价格合理定价范围为 3.05 元/公斤-3.11 元/公斤。

最后,结合 2005-2016 年最低粮食收购价来做下图。

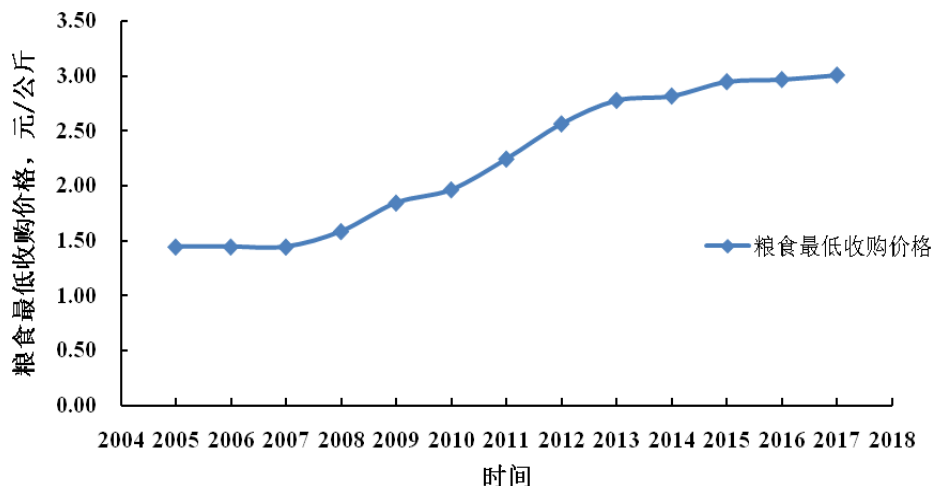


图 5.19 2004-2017 粮食最低收购价格图

可以看出，2017 年的最低粮食收购价与之前的最低粮食收购价衔接性较好，符合近年来国家稳步调控最低粮食收购价的政策方针，同时也说明粮食最低收购价定价模型适用性较好。

## 5.7 粮食最低收购价政策作用力度判别

通过调整粮食最低收购价使小麦的种植面积提高 5%，该问题的实质是研究粮食最低收购价政策对市场调控的作用程度。针对问题五的研究路线如下图所示。

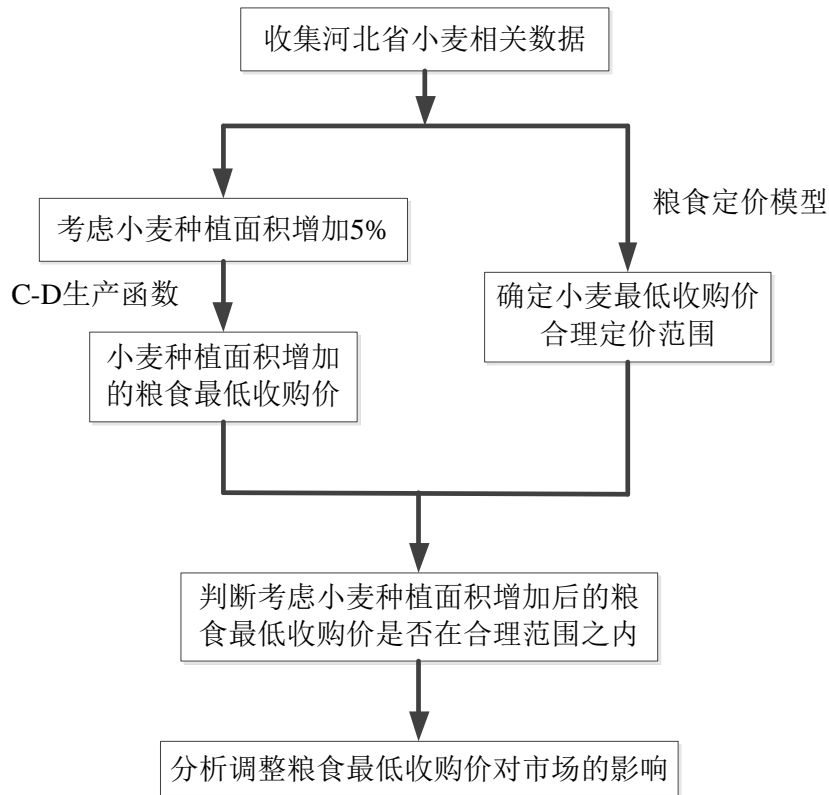


图 5-20 问题五研究路线图



### 5.7.1 调整后粮食最低收购价计算

采用问题一中建立的粮食种植面积数学模型，并以 2010 年河北省的小麦生产为例，计算当种植面积增加 5% 后粮食最低收购价调整值，计算模型如下：

$$\ln Y = C + \sum_{i=1}^6 a_i \ln X_i + a_6 D \quad (5.35)$$

相关参数和计算结果如表所示：

表 5.20 粮食最低收购价调整前后的小麦种植面积

	最低收购价，元/公斤	种植面积，千公顷
调整前	1.86	4030
调整后	4.36	4175

### 5.7.2 最低收购价合理性判断

采用问题四中所建立的最低收购价定价模型，确定 2010 年河北省小麦市场合理的最低收购价范围为 1.63~1.89 元/公斤。其具体计算流程如下图所示，计算程序见附录二。

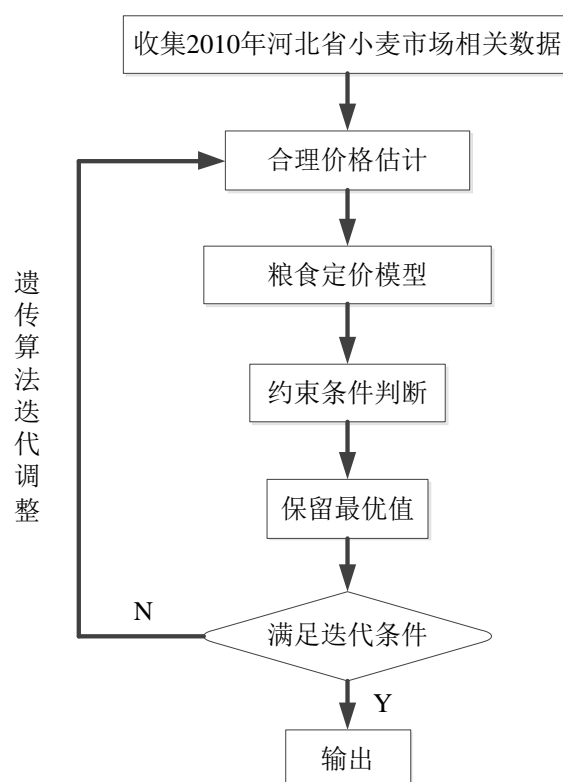


图 5.21 合理粮食最低收购价计算流程图

根据上述计算和分析可以看出，仅通过调整粮食最低收购价来使小麦种植面积提高 5%，需要达到的最低收购价超出了合理最低收购价范围。

结合问题三中研究得到的粮食价格规律及建立的非线性非均衡动态蛛网模型，分析当不同程度地调整粮食最低收购价时，对粮食市场的影响。以 2010 年河北省小麦市场为例分析最低收购价调整对粮食市场供求的影响。

不同调整幅度下的小麦最低收购价与对应的小麦供求量变化如图所示，可以看出，随最低收购价提高幅度的增加，小麦供求量呈较线性增长趋势。反映出粮

食最低收购价的增长，一定程度上能提高农民种粮的积极性，增加粮食供给量。从增加幅度上来看，最低收购价增加幅度为 5% 时，粮食供给量增加幅度 0.45%。因此，通过调整粮食最低收购价能在一定程度上提高粮食种植面积，但若想在短时间内大幅度增加粮食种植面积，还需尽可能调动一切积极指标因素作用于粮食市场。

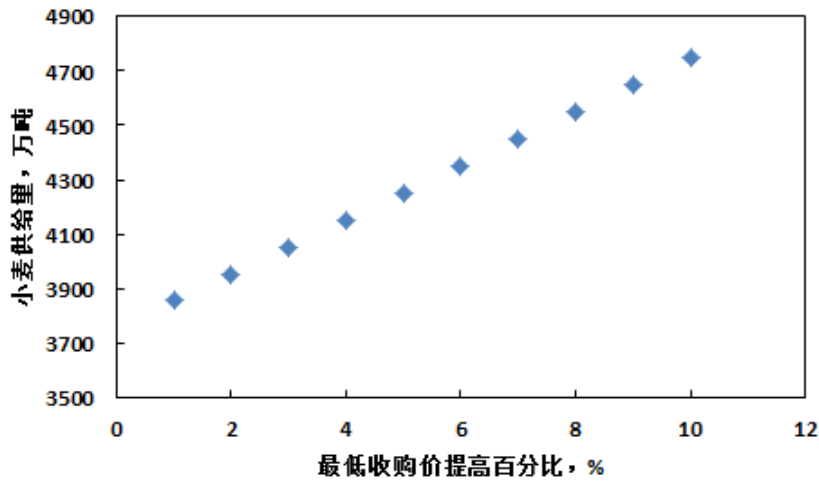


图 5.22 最低收购价调整对小麦供给的影响

## 5.8 认识与建议

粮食是社会安定和国家发展的重要基础。近年来我国粮食连年增产、持续丰收,但是粮食生产发展面临的形势依然很严峻。因为在经济增长的过程中,随着人民收入水平的提高,粮食需求增长相对缓慢,粮食生产的比较效益较低,发展粮食生产的动力不足,土地、劳动力、资本等生产要素将从粮食生产转向其他生产活动,保障国家粮食安全任重道远。

**针对第一问：**要求建立粮食种植面积的影响指标体系、粮食种植面积的数学模型。

本文采用**主成分分析法**建立影响粮食种植面积的指标体系：共计 6 个指标，分别是粮食最低收购价格、粮食产量（前一年）、粮食市场价格指数、农民经营性收入、农村劳动人口递减率和降水量。其中最低收购价格、粮食产量和农民经营性收入所占权重较大。然后基于 C-D 生产函数并采用多元非线性回归的方法建立了粮食种植面积的数学模型并进行了验证，验证结果较好。

一般来讲，粮食的种植面积是决定粮食供给的关键因素，而最低粮食收购价格又是影响粮食种植面积的重要指标。所以，政府不仅要继续实施最低收购价格政策,而且还应该采取多种指标的调整政策诸如：**国家粮食库存能力调整（对应粮食产量指标）、农民工资源合理利用（对应农民经营性收入）**，全面提高种粮收入,提高农户的种粮积极性,促进粮食生产。

**针对第二问：**要求粮食最低收购价政策执行效果的评价模型。

本文考虑时间、地域空间等因素变化建立了基于**动态综合评价**的粮食最低收购政策执行效果评价模型，并采用“**差异驱动**”原理和非线性回归相结合的方法得到了不同效应对应的的评价模型参数。同时考虑粮食品种和区域的差异，分别以全国和不同品种主产区的指标数据进行了**动态综合评价模型**的通用性和可靠性验证，验证结果较好。

根据评价模型的结果，纵向角度看（政策持续时间），农民种植粮食的收入逐年提高，国家粮食供给量充足，最低收购价政策实施所带来积极效应明显；横向角度看（区域差异），不同粮食品种主产区的最低收购政策执行效果存在差异。所以为最大化实现粮食最低收购政策的作用，应“因材施教，因地制宜”。根据城市的粮食种植结构来合理分配最低收购价等政策指标，以求达到最佳的收益效果，实现农民、企业和国家双赢的目标。

**针对第三问：要求建立数学模型探讨我国粮食价格所具有的特殊规律性。**

本文基于我国粮食价格体系，采用相关性分析法研究了粮食市场收购价和粮食最低收购价在市场中的相互作用与关系。同时，考虑粮食最低收购价的市场宏观调控作用，建立了改进的非线性非均衡动态蛛网模型并运用遗传算法求解，得到粮食市场收购价与最低收购价的定量关系式。利用实际数据，验证了模型的准确性与实用性。

我国两种粮食价格所带来的特殊规律性决定了实行最低粮食收购政策的必要性。市场收购价格与最低收购价相互作用于市场和彼此，国家在发挥最低收购价市场调控作用时也应考虑市场收购价所产生的裙带反应。力求处理好两种价格之间关系，使得我国粮食行业在这一特殊规律之下依然稳步向前。

**针对第四问：我国粮食最低收购价合理定价模型研究。**

为了保护农民利益和保障粮食市场供应，采用双目标多约束条件的规划方法并结合前文改进的非线性非均衡动态蛛网模型，最终得到我国粮食最低收购价格合理定价模型。利用“十二五”期间国家公布的粮食最低收购价进行了模型验证且验证效果很好，模型准确性与实用性强。

制定合适的粮食最低收购价格是实施粮食最低收购价格的关键环节，由于我国粮食价格存在特殊的规律性，常规定性分析必然存在诸多不适。此时应该根据我国基本实际情况，充分考虑前文确定的各重要因素间的相互影响，采用合理的粮食最低收购价格定价模型来确定最终粮食收购价格。这样，才能增加农民收入，维护国家粮食安全，达到粮食最低收购价格政策的实施目的。

**针对第五问：判别我国粮食最低收购价政策作用力度**

利用第一问种植面积模型反演，并结合第四问最低收购价格合理定价模型，对种植面积调整后粮食最低收购价格进行计算和合理性判别。研究粮食最低收购价格调整幅度对市场的影响，表明粮食最低收购价格并非单独作用与粮食市场，而是与其他因素比如粮食市场收购价格等共同作用于粮食市场。

所以，粮食最低收购价格政策并非处处万能。国家不能将粮食市场调节重任孤注一掷于粮食最低收购价格政策之上，要抓住主要矛盾比如：粮食种植面积、粮食最低收购价格和粮食市场收购价格等。尽可能调动一切积极指标因素作用于粮食市场，众人划桨前，齐力撼泰山，最终造福人民、企业与国家。

---

## 六、模型的评价与推广

本文针对粮食最低收购价政策相关问题进行了研究,分析了我国实施最低收购价对粮食产量(粮食面积)的影响,在数据分析、模型建立等方面具有以下优点:

(1) 问题 2 中建立了基于**动态综合评价**的粮食最低收购政策执行效果评价模型,采用“**差异驱动**”原理和 **YALMIP 非线性回归理论**相结合的方法得到评价模型参数。本模型相比传统静态综合评价模型而言,考虑了指标样本的**权重随时间或空间变化**,具有更强的实际意义。

(2) 问题 3 中建立粮食价格模型过程中,在传统蛛网模型的基础上,考虑**粮食最低收购价**的市场宏观调控作用和供需不平衡情况,同时引入了 **C-D 生产函数**,最终建立了**改进的非线性非均衡动态蛛网模型**,得到粮食市场销售价与最低收购价的**定量关系式**,模型验证可靠。

(3) 问题 4 中,以**保护农民利益**和**保障粮食市场**为目的,采用了双目标多约束规划方法建立粮食最低收购价格合理定价模型,并结合遗传算法求解。

由于时间有限,理论分析深度有所欠缺,研究还存在一些不足之处,包括以下几个方面:

(1) 数据收集方面存在数据遗失问题,导致数学分析可能存在一定偏差;

(2) 由于数据多而杂,模型建立求解过程中仅针对具有代表性的主产区和粮食品种进行分析,未能采用更多的数据进行模型验证,今后应通过其他地区数据对模型进一步完善。

---

## 七、参考文献

- [1]李鸿禧. 基于相关—主成分分析的港口物流评价研究[D].大连理工大学,2013
- [2]魏君英,何蒲明. 粮食直接补贴政策对粮食播种面积影响的实证研究[J]. 农业经济,2013,03:27-29.
- [3]占金刚. 我国粮食补贴政策绩效评价及体系构建[D].湖南农业大学,2012.
- [4]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,2013.
- [5]兰录平. 中国粮食最低收购价政策研究[D].湖南农业大学,2013.
- [6]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,2015.
- [7]祝付玲. 城市道路交通拥堵评价指标体系研究[D].东南大学,2006.
- [8]袁辉斌. 粮食最低收购价格政策及其效果研究[D].湖南农业大学,2012.
- [9]李修彪. 粮食价格形成机制与粮价调控政策研究[D].河南工业大学,2012.
- [10]刘斌. 我国粮食最低收购价政策研究[D].中国农业科学院,2013.
- [11]陶昌盛. 中国粮食定价机制研究[D].复旦大学,2004.
- [12]方鸿. 中国粮食最低收购价合理确定机制研究[J]. 经济与管理,2009,04:20-25.
- [13]朱艳云. 基于多尺度分析的粮食价格预测方法及应用研究[D].北方工业大学,2016.
- [14]龚芳,高帆. 中国粮食价格波动趋势及内在机理:基于双重价格的比较分析[J]. 经济学家,2012,02:51-60.
- [15]史铁丑,李秀彬,辛良杰,张英. 重庆市武隆县粮食播种面积变化特征及其主要驱动因子识别[J]. 地理与地理信息科学,2013,06:59-62.
- [16] CIAIAN.P.Interdependencies in the energy-bioenergy-food price systems:A cointegration analysis. Resource and Energy Economics . 2010
- [17] Johnson,gale D.agricultural adjustment in China:Problems and Prospects. WorkingPaperNo.99 01 The University of Chicago . 1999
- [18]Ahmad Kazem,Ebrahim Sharifi,Farookh Khadeer Hussain,Morteza Saberi,Omar Khadeer Hussain. Support vector regression with chaos-based firefly algorithm for stock market price forecasting[J]. Applied Soft Computing Journal . 2013 (2)
- [19]Shuai Wang,Lean Yu,Ling Tang,Shouyang Wang. A novel seasonal decomposition based least squares support vector regression ensemble learning approach for hydropower consumption forecasting in China[J]. Energy . 2011 (11)

# 附录

## 附录一

表 A1 2013 年主要城市降水量与平均气温表

城 市	降水量, mL	平均气温, °C	城 市	降水量, mL	平均气温, °C
北 京	579.1	12.8	河 南	353.2	16.1
天 津	411.5	12.8	湖 北	1434.2	17.1
河 北	508.3	13.8	湖 南	1254.9	19.2
山 西	487.3	11.2	广 东	2095.4	21.5
内蒙古	564.6	7.3	广 西	1569.3	21.6
辽 宁	788.1	7.9	海 南	2067.0	24.3
吉 林	736.5	5.6	重 庆	1026.9	19.8
黑龙江	633.5	4.3	四 川	1343.3	16.9
上 海	1173.4	17.6	贵 州	888.3	15.1
江 苏	898.4	16.8	云 南	804.7	16.0
浙 江	1520.9	18.0	西 藏	565.2	8.9
安 徽	893.2	17.0	陕 西	423.9	15.8
福 建	1137.5	20.4	甘 肃	255.5	8.3
江 西	1431.8	19.0	青 海	413.6	6.1
山 东	736.0	14.7	宁 夏	148.8	11.2
新 疆	300.9	8.7	-	-	-

表 A2 不同粮食品种主产区近 10 年相关指标表

品 种	城 市	年 份	降 水 量	平均气 温	小麦产量, 万吨	城镇纯收 入	农村纯收 入	工资性收 入	经营纯收 入	价格指 数	第一产业 人口	播种面 积
小 麦	河 北	2005	389 . 5	14. 3	1150.3	9616.8	3481.64	1293.5	1988.58	103.1	1562.3	2377.1
	河 北	2006	407 . 8	14. 6	1149.5	10887.19	3801.82	1514.68	2039.64	103.1		2420
	河 北	2007	430 . 4	14. 9	1193.7	12335.96	4293.43	1754.33	2249.67	109.2	1488.7	2412.4
	河 北	2008	707 . 7	14. 6	1221.9	14141.41	4795.46	1979.52	2416.22	107.1	1488.4	2416.1
	河 北	2009	698 . 9	14. 4	1229.8	15675.75	5149.67	2251.01	2440.44	105.9	1483.6	2394.5
	河 北	2010	432 . 9	14	1230.6	17334.42	5957.98	2653.42	2729.8	112.1	1469.6	2420.3
	河 北	2011	674 . 2	14. 2	1276.1	19591.91	7119.69	3423.95	3006.2	109.6		2396.1
	河 北	2012	649 . 4	14	1337.7	21899.42	8081.39	4005.28	3254.57	102.8		2410
	河 北	2013	508 . 3	13. 8	1387.2	24142.88	9101.9	5236.7	3219.2	105.9		2377.7
	河 北	2014	294 . 8	14. 9				5133.3	3435.5	102.3		2342.7
水 湖		2005	160	17. 7	2296.2	10106.07	3117.74	1228.79	1713.35	100.4	1962	3795.2

品 种	城 市	年 份	降 水 量	平均气 温	小麦产量, 万吨	城镇纯收 入	农村纯收 入	工资性收 入	经营纯收 入	价格指 数	第一产业 人口	播种面 积
稻	南		0.9									
	湖 南	2006	131 0.4	18.5	2319.7	11146.07	3389.62	1449.65	1743.39	101.7		3777.2
	湖 南	2007	936 .4	18.8	2425.7	12997.91	4773.43	1719.74	2592.2	109.6	1900.5	3897.2
	湖 南	2008	145 2.9	18.3	2528	14577.27	4512.46	1990.52	2196.61	114.2	1889.9	3932
	湖 南	2009	121 6	18.5	2578.6	16078.12	4909.04	2234.01	2257.33	104.5	1876.4	4047.2
	湖 南	2010	162 6.4	18.2	2506	17657.06	5621.96	2655.59	2463.9	107.3	1871.9	4031
	湖 南	2011	932 .8	17.9	2575.4	20083.87	6567.06	3240.81	2725.2	116.7		4066.3
	湖 南	2012	173 0	17.6	2631.6	22804.55	7440.17	3847.59	2903.21	103.8		4095.1
	湖 南	2013	125 4.9	19.2	2561.5	24643	8372.1	4595.6	2962	104.2		4085
	湖 南	2014	138 6.8	18.6				4088.1	3638.9	102.2		4120.7
	辽 宁	2005	822 .2	8	1135.5	9837.2	3690.21	1212.2	2163.49	104.2	718.9	1792.5
	辽 宁	2006	576 .3	8.3	1138.7	11230.03	4090.4	1499.47	2210.84	102.4		1900.3
	辽 宁	2007	672 .3	9	1167.8	13438.43	3904.2	1712.31	1963.84	105.8	703.3	1998.6
	辽 宁	2008	721 .7	8.6	1189	15836.25	5576.48	2035.53	2931.26	104.8	698.2	1884.9
	辽 宁	2009	657 .7	7.7	963.1	17757.7	5958	2239.75	3017.31	109.9	694.4	1964.1
	辽 宁	2010	103 6.6	7.2	1150.5	20014.57	6907.93	2649.97	3486.14	112.5	700.2	2093
	辽 宁	2011	479 .7	7.7	1360.3	22879.8	8296.54	3179.75	4270.99	111.6		2134.6
	辽 宁	2012	786	7.4	1423.5	25915.72	9383.72	3630.24	4783.35	105.3		2206.7
	辽 宁	2013	788 .1	7.9	1563.2	27904.89	10522.7	4209.4	5160.2	104.6		2245.6
	辽 宁	2014	362 .9	9.2				4362.3	5252.4	103.9		2330.1

表 A3 1997 年到 2011 年全国小麦和稻谷的种植面积表

时间（年）	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
全国小麦 种植面积 （千公顷）	30056.1	29757	28822.4	26691.6	24598.1	23887.9	21981.3	21570.1
全国稻谷 种植面积 （千公顷）	31813.1	31177.6	31289.7	29981.3	28785	28186.9	26504.7	28373.8
时间（年）	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
全国小麦	22691.6	23514	23626.2	23626.2	24299.1	24261.7	24149.5	

时间（年）	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
种植面积 （千公顷） 全国稻谷 种植面积 （千公顷）	28859.8	28934.6	28897.2	29271	29644.9	29869.2	30018.7	

表 A4 全国各地 2013 年各项指标表 A

城 市	降水量	平均 气温	粮食播种面 积	稻谷播种面 积	小麦播种面 积	玉米播种面 积
北京	579.1	12.8	158.9	0.2	36.2	114.5
天津	411.5	12.8	332.8	16.8	110.4	191.7
石家庄	508.3	13.8	6315.9	86.8	2377.7	3108.8
太原	487.3	11.2	3274.3	1.0	677.5	1670.0
呼和浩特	564.6	7.3	5617.3	75.9	571.2	3170.6
沈阳	788.1	7.9	3226.4	649.2	5.6	2245.6
长春	736.5	5.6	4789.9	726.7	564.1	3499.1
哈尔滨	633.5	4.3	11564.4	3175.6	133.0	5447.5
上海	1173.4	17.6	168.5	101.9	44.4	3.6
南京	898.4	16.8	5360.8	2265.7	2146.9	426.4
杭州	1520.9	18.0	1253.7	828.7	75.5	63.4
合肥	893.2	17.0	6625.3	2214.1	2432.9	845.1
福州	1137.5	20.4	1202.1	817.5	2.3	47.9
南昌	1431.8	19.0	3690.9	3338.0	11.8	29.5
济南	736.0	14.7	7294.6	123.1	3673.3	3060.7
郑州	353.2	16.1	10081.8	641.3	5366.7	3203.3
武汉	1434.2	17.1	4258.4	2101.2	1094.8	573.5
长沙(望城)	1254.9	19.2	4936.6	4085.0	32.3	344.2
广州	2095.4	21.5	2507.6	1908.8	0.9	176.7
南宁	1569.3	21.6	3076.0	2046.6	1.8	587.6
海口	2067.0	24.3	421.8	311.9	82.2	27.7



城 市	降水量	平均气温	粮食播种面积	稻谷播种面积	小麦播种面积	玉米播种面积
重庆(沙坪坝)	1026.9	19.8	2253.9	688.7	107.6	466.7
成都(温江)	1343.3	16.9	6469.9	1990.7	1216.0	1378.0
贵阳	888.3	15.1	3118.4	684.5	251.8	778.4
昆明	804.7	16.0	4499.4	1152.7	437.3	1505.1
拉萨	565.2	8.9	175.9	1.0	37.8	4.3
西安(泾河)	423.9	15.8	3105.1	123.7	1094.8	1166.2
兰州(皋兰)	255.5	8.3	2858.7	5.3	811.7	976.1
西宁	413.6	6.1	280.0	161.3	95.4	23.3
银川	148.8	11.2	801.6	82.1	148.8	262.0
乌鲁木齐	300.9	8.7	2234.8	67.3	1121.0	920.8

表 A5 全国各地 2013 年各项指标表 B

城市	粮食总产量	稻谷产量	玉米产量	小麦产量, 万吨	人均纯收入, 元	平均每户整半劳动力	平均每个劳动力负担人口(含本人)	工资收入所占百分比	家庭经营收入(农产品买卖收入)所占百分比
北京	96.1	0.1	18.7	75.2	18337.5	2.76	1.4	0.66	0.05
天津	174.7	12.9	57.3	102.1	15841.0	2.76	1.4	0.57	0.29
石家庄	3365.0	58.8	1387.2	1703.9	9101.9	2.76	1.4	0.58	0.35
太原	1312.8	0.7	230.7	955.5	7153.5	2.76	1.4	0.56	0.32
呼和浩特	2773.0	56.0	180.4	2069.7	8595.7	2.76	1.4	0.20	0.62
沈阳	2195.6	506.9	2.7	1563.2	10522.7	2.76	1.4	0.40	0.49
长春	3551.0	563.3		2775.7	9621.2	2.76	1.4	0.19	0.71
哈尔滨	6004.1	2220.6	38.9	3216.4	9634.1	2.76	1.4	0.21	0.66
上海	114.2	86.8	17.6	2.5	19595.0	2.76	1.4	0.62	0.05
南京	3423.0	1922.3	1101.3	216.4	13597.8	2.76	1.4	0.56	0.31
杭州	734.0	580.2	27.8	26.8	16106.0	2.76	1.4	0.57	0.30
合肥	3279.6	1362.3	1332.0	426.0	8097.9	2.76	1.4	0.46	0.45
福州	664.4	502.0	0.7	19.3	11184.2	2.76	1.4	0.46	0.44

城市	粮食总产量	稻谷产量	玉米产量	小麦产量, 万吨	人均纯收入, 元	平均每户整半劳动力	平均每个劳动力负担人口 (含本人)	工资收入所占百分比	家庭经营收入 (农产品买卖收入) 所占百分比
南昌	2116.1	2004.0	2.5	12.0	8781.5	2.76	1.4	0.50	0.42
济南	4528.2	103.6	2218.8	1967.1	10619.9	2.76	1.4	0.48	0.43
郑州	5713.7	485.8	3226.4	1796.5	8475.3	2.76	1.4	0.42	0.51
武汉	2501.3	1676.6	416.8	270.8	8867.0	2.76	1.4	0.44	0.49
长沙 (望城)	2925.7	2561.5	11.0	185.0	8372.1	2.76	1.4	0.55	0.35
广州	1315.9	1045.0	0.3	81.6	11669.3	2.76	1.4	0.61	0.22
南宁	1521.8	1156.2	0.3	266.0	6790.9	2.76	1.4	0.40	0.50
海口	190.9	149.8		12.1	8342.6	2.76	1.4	0.36	0.50
重庆 (沙坪坝)	1148.1	503.1	33.7	258.1	8332.0	2.76	1.4	0.49	0.38
成都 (温江)	3387.1	1549.5	421.3	762.4	7895.3	2.76	1.4	0.45	0.42
贵阳	1030.0	361.3	51.5	298.0	5434.0	2.76	1.4	0.47	0.43
昆明	1824.0	667.9	80.5	734.2	6141.3	2.76	1.4	0.28	0.59
拉萨	96.2	0.6	24.1	2.5	6578.2	2.76	1.4	0.22	0.63
西安 (泾河)	1215.8	91.0	389.8	586.7	6502.6	2.76	1.4	0.48	0.38
兰州 (皋兰)	1138.9	3.8	235.9	571.5	5107.8	2.76	1.4	0.43	0.44
西宁	102.4		36.0	16.4	6196.4	2.76	1.4	0.38	0.41
银川	373.4	68.9	46.3	206.2	6931.0	2.76	1.4	0.42	0.47
乌鲁木齐	1377.0	59.8	602.1	669.0	7296.5	2.76	1.4	0.18	0.64

表 A6 全国各地 2013 年各项指标表 C

城市	小麦价格, 元/吨	稻谷价格	玉米价格	小麦最低收购价格, 元/每 50 公斤	稻谷最低收购价格, 元/每 50 公斤	玉米最低收购价格, 元/每 50 公斤	大专以上比例	城镇居民收入, 元	城市农村收入差距, 元
北京	2521.3	2853.3	2540.0	118.0	142.6	113	0.412076	40321.00	21983.54
天津	2521.3	2853.3	2540.0	118.0	142.6	113	0.23053	32293.57	16452.53
石家庄	2521.3	2853.3	2540.0	118.0	142.6	113	0.077342	22580.35	13478.45
太原	2521.3	2853.3	2540.0	118.0	142.6	113	0.107163	22455.63	15302.13

城市	小麦价格, 元/吨	稻谷价格	玉米价格	小麦最低收购价格, 元/每 50 公斤	稻谷低收购价格, 元/每 50 公斤	玉米低收购价格, 元/每 50 公斤	大专以上比例	城镇居民收入, 元	城市农村收入差距, 元
呼和浩特	2521.3	285 3.3	254 0.0	118.0	142.6	113	0.1008 05	25496.67	16900.94
沈阳	2521.3	285 3.3	254 0.0	118.0	142.6	113	0.1982 53	25578.17	15055.48
长春	2521.3	285 3.3	254 0.0	118.0	142.6	113	0.1156 11	22274.60	12653.39
哈尔滨	2521.3	285 3.3	254 0.0	118.0	142.6	113	0.1224 41	19596.96	9962.83
上海	2521.3	285 3.3	254 0.0	118.0	142.6	113	0.2469 28	43851.36	24256.35
南京	2521.3	285 3.3	254 0.0	118.0	142.6	113	0.1372 99	32537.53	18939.76
杭州	2521.3	285 3.3	254 0.0	118.0	142.6	113	0.1733 15	37850.84	21744.86
合肥	2521.3	285 3.3	254 0.0	118.0	142.6	113	0.0915 35	23114.22	15016.35
福州	2521.3	285 3.3	254 0.0	118.0	142.6	113	0.0889 46	30816.37	19632.22
南昌	2521.3	285 3.3	254 0.0	118.0	142.6	113	0.0938 97	21872.68	13091.21
济南	2521.3	285 3.3	254 0.0	118.0	142.6	113	0.0989 34	28264.10	17644.15
郑州	2521.3	285 3.3	254 0.0	118.0	142.6	113	0.0809 12	22398.03	13922.70
武汉	2521.3	285 3.3	254 0.0	118.0	142.6	113	0.1192 02	22906.42	14039.47
长沙 (望城)	2521.3	285 3.3	254 0.0	118.0	142.6	113	0.0849 79	23413.99	15041.86
广州	2521.3	285 3.3	254 0.0	118.0	142.6	113	0.0819 56	33090.05	21420.74
南宁	2521.3	285 3.3	254 0.0	118.0	142.6	113	0.0769 88	23305.38	16514.48
海口	2521.3	285 3.3	254 0.0	118.0	142.6	113	0.0877 87	22928.90	14586.34
重庆 (沙坪坝)	2521.3	285 3.3	254 0.0	118.0	142.6	113	0.0936 13	25216.13	16884.16
成都 (温江)	2521.3	285 3.3	254 0.0	118.0	142.6	113	0.1053 55	22367.63	14472.30
贵阳	2521.3	285 3.3	254 0.0	118.0	142.6	113	0.0909 16	20667.07	15233.07
昆明	2521.3	285 3.3	254 0.0	118.0	142.6	113	0.0775 6	23235.53	17094.22
拉萨	2521.3	285 3.3	254 0.0	118.0	142.6	113	0.0239 13	20023.35	13445.11
西安 (泾河)	2521.3	285 3.3	254 0.0	118.0	142.6	113	0.1198 52	22858.37	16355.77
兰州 (皋兰)	2521.3	285 3.3	254 0.0	118.0	142.6	113	0.0902 07	18964.78	13857.02
西宁	2521.3	285 3.3	254 0.0	118.0	142.6	113	0.1257 39	19498.54	13302.16
银川	2521.3	285 3.3	254 0.0	118.0	142.6	113	0.1124 97	21833.33	14902.36

城市	小麦价格, 元/吨	稻谷价格	玉米价格	小麦最低收购价格, 元/每 50 公斤	稻谷最低收购价格, 元/每 50 公斤	玉米最低收购价格, 元/每 50 公斤	大专以上比例	城镇居民收入, 元	城市农村收入差距, 元
乌鲁木齐	2521.3	2853.3	2540.0	118.0	142.6	113	0.128502	19873.77	12577.32

表 A7 湖南水稻 2005-2015 年与粮食有关指标参数表

时间	粮食播种面积, 千公顷	粮食产量, 万吨	单位种植面积粮食产量, 万吨/千公顷	降水量	前一年粮食产量, 万吨	农民经营收入	前一年生产资料价格指数	农村劳动力递减率	粮食最低收购价格, 元/公斤
2005	3795.2	2296.2	0.61	1600.9	2198.5	1713.35	101.3	0.050	1.45
2006	3777.2	2319.7	0.61	1310.4	2296.2	1743.39	100.4	0.045	1.45
2007	3897.2	2425.7	0.62	936.4	2319.7	2592.2	101.7	0.038	1.45
2008	3932	2528	0.64	1452.9	2425.7	2196.61	109.6	0.026	1.59
2009	4047.2	2578.6	0.64	1216	2528	2257.33	114.2	0.035	1.85
2010	4030.5	2506	0.62	1626.4	2578.6	2463.9	104.5	0.033	1.97
2011	4066.3	2575.4	0.63	932.8	2506	2725.2	107.3	0.048	2.25
2012	4095.1	2631.6	0.64	1730	2575.4	2903.21	116.7	0.031	2.57
2013	4085	2561.5	0.63	1254.9	2631.6	2962	103.8	0.062	2.78
2014	4097.6	2537	0.62	1579	2561.5	2933	112.7	0.050	2.82
2015	4113.8	2589	0.63	1331	2537	2947	105.3	0.053	2.95

---

## 附录二

问题一：

question1\_zhuchengfen.m 文件

```
clc;
clear all;
X=[0.838  0.474  0.005  0.652  0.355  0.870  0.000  1.000  0.404;
0.062  0.563  0.750  0.438  0.563  0.375  0.187  0.000  1.000;
0.000  0.000  0.000  0.105  0.300  0.390  0.600  0.840  1.000;
0.000  0.070  0.386  0.691  0.842  0.626  0.832  1.000  0.791;
0.000  0.052  0.315  0.265  0.341  0.477  0.656  0.823  1.000;
1.000  0.934  0.854  0.774  0.701  0.576  0.402  0.222  0.000;
0.000  0.024  0.704  0.387  0.436  0.601  0.810  0.953  1.000;
0.000  0.080  0.564  0.847  0.252  0.423  1.000  0.209  0.233;
0.339  0.482  0.677  1.000  0.771  0.808  0.398  0.872  0.000;
0.000  0.083  0.133  0.331  0.450  0.544  0.703  0.902  1.000 ];
[p,n]=size(X);
sigmaY=corrcoef(X);
%求 X 标准化的协差矩阵的特征根和特征向量
[T,lambda]=eig(sigmaY);
disp('特征根(由小到大):');
disp(lambda);
disp('特征向量:');
disp(T);
%方差贡献率;累计方差贡献率
Xsum=sum(sum(lambda,2),1);
for i=1:n
    fai(i)=lambda(i,i)/Xsum;
end
for i=1:n
    psai(i)= sum(sum(lambda(1:i,1:i),2),1)/Xsum;
end
disp('方差贡献率:');
disp(fai);
disp('累计方差贡献率:');
disp(psai);
```

---

question1\_huigui.m 文件

```
clc;
clear all;
x1=[0 0.075358453 1 0.970656886 0.083694565 0.888296099
0.805601867 0.335111704]';
x2=[0 0.185948675 0.304585612 0.337820782 0.341186369
```

---

```

0.532604123    0.791754312    1    ]';
x3=[0 0.046194952    0.12531373 0.255522515    0.33070331
0.523523247    0.642635671    1    ]';
x4=[0.032258065    0.688172043    0.462365591    0.333333333    1
0.7311827960 0.333333333    ]';
x5=[0.282145608    0.469779784    1    0.586868805    0.639638139
0.218851565    0.742943351    0    ]';
x6=[0 0 0 0.341269841    0.412698413    0.563492063
0.761904762    1    ]';
x=[ones(8,1),x1,x2,x3,x4,x5,x6];
y=[0.9929577460.814553991    0.901408451    0.394366197    1
0.431924883    0.758215962    0]';
[b,bint,r,rint,s]=regress(y,x,0.005);
rcoplot(r,rint)

```

---

-----

问题二:

Dyna\_eva.m 文件

```
clc
```

```
clear
```

```
A=[10 2377.7 1387.2 3219.2;
```

```
8 4085 2561.5 2962;
```

```
6 2245.6 1563.2 5160.2];
```

```
[n,m]=size(A);
```

```
%%%%%%对反向指标取倒数处理%%%%%%%%
```

```
for i=1:n
```

```
    for j=1:m
```

```
        if(j==1)
```

```
            A(i,j)=1/A(i,j);
```

```
        end
```

```
    end
```

```
end
```

```
%%%%%%标准化处理%%%%%%%%
```

```
A=(A-min(min(A)))/(max(max(A))-min(min(A))); % 标准化处理公式
```

```
%%%%%%%%开始求解 w%%%%%%%%
```

```
H=A'*A;
```

```
y=[];
```

```
for i=1:n
```

```
    W=sdpvar(m,1);
```

```
    % W=Ones(m,1);
```

```
    f=-(W'*H*W);
```

```
    F=[W>0];
```

```
    B=ones(m,m);
```

```
    F=[F,W'*W==B];
```

---

```

ops=sdpssettings;
ops.solver='fmincon';
ops.fmincon.maxIteration=10000;
solvesdp(F,f,ops);
w=double(W);
C=A(i,:);
y=[y;double(C*w)];
end

```

---

```

-----
问题三：
sanEval.m
function m=sanEval(t)
global a;
global b;
global r;
a=t(1);
b=t(2);
r=t(3);
w=0.05;
p=zeros(8,1);
p(1)=100;
x1=[1310.4 936.4 1452.9 1216 1626.4 932.8 1730 1254.9];
x2=[1.447 1.447 1.587 1.847 1.967 2.247 2.567 2.780];
x3=[2296.2 2319.7 2425.7 2528 2578.6 2506 2575.4 2631.6];
x4=[1743.39 2592.2 2196.61 2257.33 2463.9 2725.2 2903.21 2962];
x5=[100.4 101.7 109.6 114.2 104.5 107.3 116.7 103.8];
x6=[4.488 3.788 2.629 3.452 3.319 4.787 3.087 6.216];
pa=[101.7 109.6 114.2 104.5 107.3 116.7 103.8 104.2];
ra=r*a;
rb=r*b;
a1=ra/(1-rb);
a2=1/(1-rb);
cont=0;
for i=2:1:8
y(i)=exp(3.4836+0.006*log(x1(i))+0.0186*log(x2(i))+0.6645*log(x3(i))+0.0085
*log(x4(i))-0.1120*log(x5(i))+0.0056*log(x6(i)));
s(i)=0.05*y(i);
p(i)=a1-a2*s(i)+a2*p(i-1);
cont=cont+abs(p(i)-pa(i));
end
m=1/cont;

```

---

---

```

-----
问题四：
siEval.m
function m=siEval(t)
global X2;
X2=t(1);
x=[1626.4 0 2506 2463.9 107.3 3.319 114.2 110.2];
a=330.17;
b=-1;
r=10.37;
w=0.6;
p1=1.447
for i=1:1:6
x1=x(1);
x3=x(3);
x4=x(4);
x5=x(5);
x6=x(6);
p1=x(7)
C=x(8);
end
ra=r*a;
rb=r*b;
a1=ra/(1-rb);
a2=1/(1-rb);
cont=0;
y=exp(3.4836+0.006*log(x1)+0.0186*log(X2)+0.6645*log(x3)+0.0085*log(x4)
-0.1120*log(x5)+0.0056*log(x6));
s=0.067*y;
p2=a1-a2*s+a2*p1;
cont=p2*s;
Dt=a+b*p2;
cont=0;
if(s<Dt)||(Dt<C)
cont=exp(100000000);
end
m=1/cont;
end
-----

问题五：
Five.m
a=330.77;
b=-1;

```



---

```

r=10.37;
w=0.05;
m=0;
p1=105;
for i=1:1:10
m=0.02*i;
x=[1626.4  1.967  2506  2463.9  107.3  3.319];
x1=x(1);
x2=x(2)*(1+m);
x3=x(3);
x4=x(4);
x5=x(5);
x6=x(6);
ra=r*a;
rb=r*b;
a1=ra/(1-rb);
a2=1/(1-rb);
y(i)=exp(3.4836+0.006*log(x1)+0.0186*log(x2)+0.6645*log(x3)+0.0085*log(x
4)-0.1120*log(x5)+0.0056*log(x6));
s(i)=0.05*y(i);
p(i)=a1-a2*s(i)+a2*p1;
end

```

---

-----