

参赛密码 \_\_\_\_\_  
(由组委会填写)

## 第十一届华为杯全国研究生数学建模竞赛

|      |          |
|------|----------|
| 学 校  | 华中农业大学   |
| 参赛队号 | 10504007 |
| 队员姓名 | 1.许武奎    |
|      | 2.杨恪鸣    |
|      | 3.柳仁知    |



## 第十一届华为杯全国研究生数学建模竞赛

### 题 目                    人体营养健康角度的中国果蔬发展战略研究

#### 摘                    要：

近年来，随着经济的不断发展，人们对人体营养均衡的意识也有所增强。但是由于营养知识的缺乏，使得我国的果蔬消费在满足居民身体健康所需均衡营养的前提下，近乎盲目无序，进而影响到果蔬生产。目前我国正处于合理引导食物生产，调整食物消费结构，进行营养干预的关键时期，因此预测我国果蔬的消费与生产趋势，科学地规划与调整我国果蔬的中长期的种植模式，具有重要的战略意义。

首先对附件中的数据进行预处理，查找出数据中的缺失值和异常点并进行补充和更正。

对于问题一，本文主要采用基于实数的加速遗传算法的投影寻踪的聚类模型根据果蔬的营养成分进行聚类。由于本文的研究对象为多维数据，每一种蔬菜或水果都有 20 多种营养成分需要考虑，如果对其每一种营养成分都逐一分析，无疑会使研究过程变得极为复杂和繁琐。所以，本文选用基于实数加速遗传算法的投影寻踪模型，将多维的数据以最佳的组合投影方向转换到一维空间上，使其能最大地暴露原系统的分布状态和演变趋势。其中基于实数的加速遗传算法是在标准遗传算法的基础之上加以改进，大大优化了原有遗传算法的早收敛性和局限性。运用该方法，将水果、蔬菜分别聚为 4 类。此外通过查询各种果蔬的实际产量，选取产量较大的果蔬。结合营养成分的聚类的结果选取主要的水果和蔬菜品种，选取出来的蔬菜品种为：大白菜、黄瓜、番茄、茄子、芹菜、蘑菇；水果的品种分别为：大枣、香蕉、草莓、柑橘、葡萄、西瓜、苹果、梨。利用果蔬的损失率的和产销比例两种方法估算果蔬实际的消费量，并且通过指数平滑法对主要的水果蔬菜的消费量进行拟合预测。可以看出蔬菜水果在近年内的消费量是不断增加的。

对于问题二，承接第一问的降维思想，运用投影寻踪评价模型来研究我国居民营养素摄入水平的合理性。首先，根据我国居民膳食营养素参考日摄入量表，结合 2000 年我国人口结构，求出我国居民平均日参考摄入量。然后根据我国人口总数和消费量计算

第一问中选出的 6 种蔬菜和 8 种水果的人均日消费量, 结合每种蔬菜、水果的营养成分计算出我国居民每日从中获得的营养。考虑到从主食中获得了很大一部分营养素, 故增加对大米、面粉、豆制品、猪肉、鱼肉的考虑, 得到我国居民平均每日可获得的营养, 并和平均日参考摄入量进行对比分析, 得出我国居民目前营养素摄入呈现较不均衡的情况, 钙、 $V_A$ 、 $V_{B2}$  等含量与标准值相比还具有较大的差距, 磷元素超标, 分析认为是由于环境污染造成的。之后, 根据 2004-2009 年的数据预测到 2020 年, 建立相关评价指标, 对所有年份用投影寻踪进行评价, 得出 2014 年营养摄入水平相对合理, 2017 年开始恶化。虽然一部分营养素逐渐接近标准, 但是有一部分逐渐超标而造成“富贵型疾病”, 故可得出, 至 2020 年, 我国居民的人体营养健康状况趋于恶化。

对于问题三, 建立优化模型, 以消费购买成本作为目标函数, 以水果和蔬菜的营养摄入量作为约束条件。根据第二问的中营养摄入量作为标准, 考虑实际情况, 完全符合要求难以到达, 故选取标准制定上下 20% 的波动范围为营养摄入量的合理区间。求解目标函数模型, 选取满足营养要求而且费用最小的食物搭配方案: 每天消费的蔬菜和水果的品种为萝卜、蘑菇、木耳、香菇、李子、菠萝、山楂、火龙果, 人均的年度实际消费量 3821.55 元。充分考虑水果和蔬菜的季节性和区域性的供给问题, 同时考虑食物品种的多样化。利用因子分析提取公共因子, 分析公共因子代表的主要的营养成分, 并且通过因子得分的比较找出营养成分相似的水果和蔬菜。参照现代营养学中的食物交换份法, 参考因子得分表和水果和蔬菜的价格, 基于营养成分含量不变的基础, 进行合理替代, 比如用苹果和梨代替火龙果, 菜花、苦瓜这两种蔬菜与李子、桑葚和山楂这些水果都能相互替代。

对于问题四, 出于实际情况, 考虑居民营养摄入情况尽可能合理, 居民消费成本尽可能低, 种植者种植收入尽可能高, 果蔬折损率尽可能小, 果蔬进出口贸易顺差尽可能大和土地面积变化与上一年相比尽可能小等七个目标建立目标规划模型, 利用 LINGO 软件求解出, 人均年底合理消费值为 5091.75 元, 具体的蔬菜水果的搭配方案为胡萝卜、蘑菇、木耳、香菇、李子、葡萄、香蕉、菠萝、山楂、椰子, 并且通过计算主要蔬菜和水果消费量的变化, 比较水果和蔬菜的环比增长速度, 得出蔬菜的增长速度大于水果的增长速度, 表明由于蔬菜的价格, 生长周期短等优势, 蔬菜对水果的替代性不断增强, 政府应当在到 2020 年的适当增加蔬菜的种植面积与水果种植面积的比率, 调整种植规模以满足居民膳食结构需求。对于不同的蔬菜、水果, 根据不同季节、不同区域作相应的调整。

对于问题五, 根据文中对前四问的研究中发现目前我国营养健康存在的问题, 根据对存在的问题原因的分析得出相应的解决方案, 并向有关政府提出一些合理的建设性意见。

最后对本文中的模型的优缺点进行了分析, 并且对模型进行了合理推广。

**关键词:** 中国居民蔬菜水果消费, 基于实数的加速遗传算法, 投影寻踪, 指数平滑

## 1. 研究背景与问题提出

### 1.1 研究背景

居民食物消费和营养状况，不仅同整个国家和地区的经济建设、科学文化进步、资源开发利用等有着密切的关系，而且还是衡量一个国家和地区人民生活水平和身体健康素质的重要标志<sup>[3]</sup>。在我国随着商品经济的发展，自给自足的自然经济格局开始解体，生活消费与生产的宏观控制之间的关系越来越密切和明朗化<sup>[1]</sup>。

近年来，中国居民生活水平不断提高，人们对人体营养均衡的意识也有所增强。然而当前我国居民营养不足和营养过剩问题同时存在，多数中国居民喜食、饱食、偏食、忽视人体健康所需的营养均衡的传统饮食习惯尚未根本扭转，这就使得我国的果蔬消费（品种和数量）在满足居民身体健康所需均衡营养的意义下，近乎盲目无序，进而影响到果蔬生产。我国正处于全面建设小康社会阶段，是合理引导食物生产，调整食物消费结构，进行营养干预的关键时期，因此预测我国果蔬的消费与生产趋势，科学地规划与调整我国果蔬的中长期的种植模式，具有重要的战略意义。

### 1.2 本文研究的问题

为了对我国蔬菜和水果的中长期的种植规模进行科学规划和调整，首先需要比较准确的掌握实际果蔬目前的情况。但我国蔬菜和水果品种繁多，无论是中国官方公布的数据还是世界粮农组织（FAO）、美国农业部（USDA）等发布的数据均不完整，缺失较为普遍，而且品种、口径不一。我们既不可能也没有必要了解全部数据，对这样的宏观问题，恰当的方法是选取主要的水果和蔬菜品种进行研究。因此，要求主要的水果、蔬菜品种不仅总计产量应分别超过它们各自总产量的 90%，而且这部分品种所蕴含营养素无论在成分上还是在含量上都满足研究的需要。通过数学方法进行果蔬主要品种的筛选，预测我国果蔬的消费趋势进行预测。

因为水果和蔬菜是重要的农产品，主要为人体提供矿物质、维生素、膳食纤维。为了保证居民的营养健康状况，完善我国目前的膳食结构，并且根据膳食结构的变化规划未来果蔬的种植规模。所以需要了解我国居民矿物质、维生素、膳食纤维等营养素摄入现状。评价中国居民目前矿物质、维生素、膳食纤维等营养的年摄入水平是否合理。按照水果和蔬菜近期的消费趋势，至 2020 年，中国居民的人体营养健康状况的变化趋势。

平衡膳食是食物消费的最终目标，不同的蔬菜、水果尽管各种营养素含量各不相同，但营养素的种类大致相近，存在着食用功能的相似性。所以，水果与水果之间、蔬菜与蔬菜之间、水果与蔬菜之间从营养学角度在一定程度上可以相互替代、相互补充。可按照营养价值相等的原则，在受经济条件限制的情况，进行交通变换，实现一种较低的价格满足自身营养健康的需求。如何选择消费产品是个普遍的问题。本文主要研究使人们能够以较低的经济成本获取（假定各品种价格按照原有趋势合理变动）满足自身的营养健康需要的食物消费。

为实现人体营养均衡满足健康需要，需要调整目前的膳食营养结构，国家可能需要对水果和蔬菜各品种的生产规模做出战略性调整。一方面国家要考虑到居民人体的营养均衡，并使营养摄入量尽量在合理范围内；另一方面也要顾及居民的购买成本，使其购买成本尽量低；同时还要使种植者能够尽量获得较大收益；而且，作为国家宏观战略，还要考虑进出口贸易、土地面积等其他因素。本文正是基于国家宏观调控策略的综合考虑重新研究居民对果蔬的消费情况，并且对未来的果蔬的消费量进行预测，从而得出 2020 年的水果和蔬菜的生产情况进行战略调整。

综合以上研究的问题和结论，给相关部门提供参考建议，合理引导食物生产，调整食物消费结构，改善我国目前膳食结构存在的不合理性，调整我国目前的果蔬的种植规

模，实现我国国民健康素质的提高和促进果蔬产业的良好发展。

## 2. 问题分析

对于问题一，要选取主要的水果和蔬菜品种进行研究，选取的水果和蔬菜要具有代表性，这就要求选取的蔬菜和水果的品种在数量方面要能够代表蔬菜的数量，通过查阅相关数据找出每年水果产量较大的几种<sup>[2]</sup>；另外选取的蔬菜和水果的营养成分能够尽可能的涵盖水果蔬菜中的营养成分，在每一类中选取一种或者多种水果和蔬菜进行研究。最后综合数量和营养成分含量两部分的数据进行蔬菜和水果的主要品种的选取，使得这样选取的蔬菜水果能够比较好的满足研究的需求。

对于问题二，对我国居民矿物质、维生素、膳食纤维等营养素摄入现状的研究首先根据确定一个合适的对比标准，根据附件中的中国居民的膳食营养素参考摄入量综合中国目前的人口结构，计算出一个中国居民的人均的一种膳食营养素参考值，然后根据现代营养学家根据食物提供的营养划分的五类，即谷类和薯类，动物性食物，豆类及其制品，蔬菜水果类，纯热能的食物。为了研究目前中国居民的矿物质、维生素、膳食纤维等营养的年摄入水平的合理性，可以通过居民对五种不同类别膳食的消费情况，结合各种食物的营养成分表从而估算出中国居民目前的营养摄入情况，并与推荐的参考值进行比较，从而判断中国居民目前的营养摄入情况是否合理。

对于问题三，参考营养学角度的食物交换法，按照营养价值相等的原则，在受经济条件限制的情况，进行交通变换，本部分主要考虑利用因子分析的数学手段，先找出适当数量的公共因子，然后根据蔬菜和水果的因子得分，将主要的水果和蔬菜按照其所含主要营养素的近似值归类，从而寻找出可以水果和蔬菜中可以相互替代的关系，在满足人体的营养需求的前提下，利用水果和蔬菜之间相互替代的关系，降低消费者的购买成本。

对于问题四，充分考虑人体营养均衡，居民购买成本，种植者获得收益和进出口和土地面积等多方面因素建立目标规划函数。对于进出口的考虑主要是贸易顺差尽可能大，主要是为了扩大我国蔬果在国际市场的影响力，另外由于目前的土地流失问题严重，为了保证土地资源，保证每一年的土地的变化量相比于上一年的减少量要尽可能的少。综合考虑五方面的因素，建立目标规划，求解出每年主要果蔬的消费量，并且进行预测，从而根据目前的种植情况进行战略调整以满足未来市场需求。

## 3. 问题假设

- 3.1 假设研究的时间内没有发生重大灾害对水果和蔬菜的影响。
- 3.2 假设消费者消费主要受价格因素主导，不存在特别的消费偏好。
- 3.3 假设题中所给数据真实可靠。
- 3.4 假设在今年内我国的相关政策没有发生较大变化。
- 3.5 忽略由于非正常条件下的引起的数据的巨大波动。

## 4. 符号说明

| 符号       | 符号说明      |
|----------|-----------|
| $P_i$    | 果蔬的价格     |
| $cost_i$ | 果蔬的购买量    |
| $std_i$  | 果蔬的标准摄入量  |
| $lab_i$  | 果蔬的营养成分含量 |

|          |              |
|----------|--------------|
| $S_z$    | 投影值的标准差      |
| $D_z$    | 投影值的局部密度     |
| $R$      | 密度窗口宽度参数     |
| $R_{xy}$ | 投影值与实际值的相关系数 |
| $W_2$    | 总的蔬菜的消费量     |
| $W_1$    | 蔬菜产量总额       |

其他符号说明详见正文

## 5. 模型的建立与求解

### 5.1 主要蔬菜水果品种的选择

#### 5.1.1 数据预处理

对原始的附件中所提供的原始数据进行缺失值和异常值的检测与处理,对附件中主要蔬菜的营养成分中茄子的维生素 E 的含量与其他蔬菜相比过高,通过查阅相关的资料和与其他数据对比将原始数据的 1013 改为 0.1013。

#### 5.1.2 问题的分析

要选取主要的水果和蔬菜品种进行研究,选取的水果和蔬菜要具有代表性,这就要求选取的蔬菜和水果的品种在数量方面要能够代表蔬菜的数量,通过查阅相关数据找出每年水果产量较大的几种;另外选取的蔬菜和水果的营养成分能够尽可能的涵盖水果蔬菜中的营养成分,在每一类中选取一种或者多种水果和蔬菜进行研究。最后综合数量和营养成分含量两部分的数据进行蔬菜和水果的主要品种的选取,使得这样选取的蔬菜水果能够比较好的满足研究的需求。

#### 5.1.3 投影寻踪方法聚类思想

投影寻踪方法<sup>[5]</sup>属于直接由样本数据驱动的探索性数据分析方法。它把高维数据  $\{x(I, j)\}$  通过某种组合投影到低维子空间上  $\{z(i)\}$  进行聚类,通过分析低维空间数据点的变化特征来研究高维数据结构特征。聚类就是按照一定的规则或者标准对数据样本进行分类。投影寻踪聚类是以类内之间具有较大密度集而类间具有相对大的散开度为目标寻找一维投影方向,并根据每个样本相应的综合投影值对样本进行综合评价分析。

具体求解算法流程图:

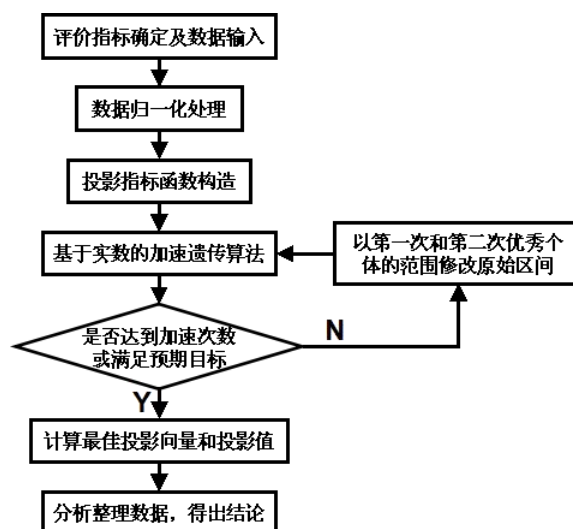


图 1 算法流程图

#### 5.1.4 模型的建立

设样本集为  $\{x^*(I, j) | I=1 \sim n, j=1 \sim p\}$  (其中  $n, p$  分别表示总共有  $n$  个样本,  $p$  个指标)。其中  $x^*(I, j)$  为第  $i$  个样本第  $j$  个指标值。

**步骤 1:** 评价指标值的归一化处理。为消除各指标值的量纲和统一各指标值的变化范围, 可采用下式进行极值归一化处理:

$$x(i, j) = \frac{x^*(i, j) - x_{\min}(j)}{x_{\max}(j) - x_{\min}(j)} \quad (1-1)$$

式中,  $x_{\min}(j), x_{\max}(j)$  分别为样本集中第  $j$  个指标值得最小值和最大值。

**步骤 2:** 构造投影指标函数。PP 方法就是把  $p$  维数据  $\{x(I, j) | j=1 \sim p\}$  综合成以  $a = (a(1), a(2), \dots, a(p))$  为投影方向的一维投影值  $z(i)$ :

$$z(i) = \sum_{j=1}^p a(j)x(i, j) \quad (1-2)$$

然后根据  $\{z(i) | i=1 \sim n\}$  的一维散布图进行分类。(1-2) 式中  $a$  为单位长度向量。在综合投影值时, 要求投影值  $z(i)$  的散布特征应为: 局部投影点尽可能密集, 最好凝聚成若干个点团; 而在整体上投影点团之间尽可能散开。据此投影指标函数可构造为

$$Q(a) = S_z \times D_z$$

式中,  $S_z$  为投影值  $z(i)$  的标准差,  $D_z$  为投影值  $z(i)$  的局部密度  
样本序列的投影特征值标准差计算:

$$S_z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (z(i) - \bar{z})^2}{n-1}} \quad (1-3)$$

$\bar{z}$  为所有样本在投影方向上的投影特征值的均值,  $S_z$  越大, 类与类之间的散开程度越大。

设任意两个样本  $k, l$  之间的投影值之差为

$$r_{kl} = |z_k - z_l| \quad (1-4)$$

则投影值  $z(i)$  的局部密度

$$\begin{aligned} D_z &= \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^p (R - r_{kl})u(R - r_{kl}) \\ &= \sum_{k=1}^n [(R - r_{k1})u(R - r_{k1}) + (R - r_{k2})u(R - r_{k2}) + \dots + (R - r_{kp})u(R - r_{kp})] \\ &= (R - r_{11})u(R - r_{11}) + (R - r_{12})u(R - r_{12}) + \dots + (R - r_{1p})u(R - r_{1p}) \\ &\quad + (R - r_{21})u(R - r_{21}) + (R - r_{22})u(R - r_{22}) + \dots + (R - r_{2p})u(R - r_{2p}) \\ &\quad \dots \dots \\ &\quad + (R - r_{n1})u(R - r_{n1}) + (R - r_{n2})u(R - r_{n2}) + \dots + (R - r_{np})u(R - r_{np}) \end{aligned}$$

由于  $R > 0$ , 且当  $i = j$  时有  $(R - r_{kl})u(R - r_{kl}) = R$ , 同时  $r_{kl} = r_{lk}$ , 于是可将上式整理如下:

$$D_z = nR + 2\sum_{k=2}^n (R - r_{1k})u(R - r_{1k}) + 2\sum_{k=3}^n (R - r_{2k})u(R - r_{2k}) + \dots + 2\sum_{k=n-1}^n (R - r_{n-2,k})u(R - r_{n-2,k}) + 2(R - r_{1k})u(R - r_{1k})$$

$r_{kl}$  愈小，则类内密度愈大；反之，则类内密度愈小。 $u(R - r_{kl})$  为单位阶跃函数，当  $R > r_{kl}$  时， $u(R - r_{kl}) = 1$ ，否则  $u(R - r_{kl}) = 0$ 。 $R$  为密度窗宽度参数，其最佳取值

$$R = \frac{\max(r_{kl}) + m}{2} \quad (1-5)$$

**步骤 3:** 优化投影指标函数。当各指标值的样本集给定时，投影指标函数  $Q(a)$  只随投影方向  $a$  的变化而变化。可通过求解投影指标函数最大化问题来估计最大可能暴露高维数据某类特征结构的最佳投影方向：

目标函数：

$$\max Q(a) = S_z \times D_z \quad (1-6)$$

约束条件：

$$\text{s. t. } \sum_{j=1}^p a^2(j) = 1 \quad (1-7)$$

这是一个以  $\{a(j) | j = 1 \sim p\}$  为优化变量的复杂非线性优化问题，用模拟生物优胜劣汰规则与群体内部染色体信息交换机制的加速遗传算法（AGA）来求解上述问题较为简便和有效。

### 5.1.5 模型的求解

利用 MATLAB 编程求解（相应的编程程序见附录 1），根据蔬菜的营养成分对附件中所给的蔬菜品种进行聚类结果直观图（图 2）：

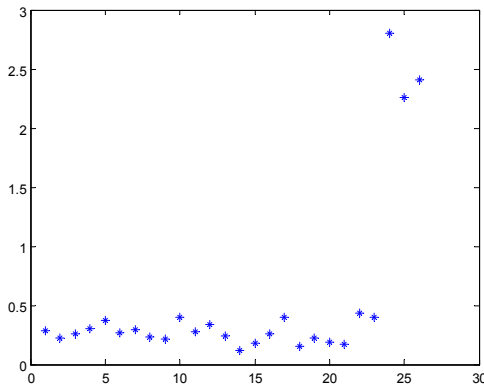


图 2 聚类直观图

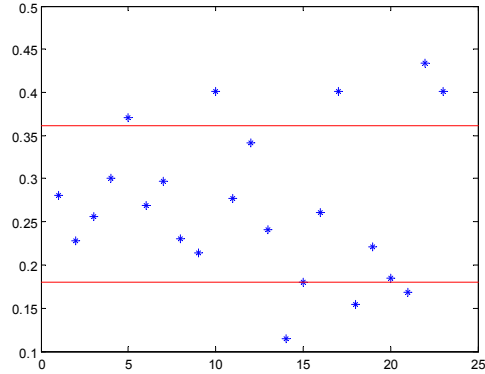


图 3 局部放大图

对应的投影向量：

$R = (0.302, 0.354, 0.229, 0.082, 0.359, 0.260, 0.015, 0.168, 0.387, 0.303, 0.035, 0.246, 0.045, 0.151, 0.254, 0.219, 0.242)$

对应的投影值：

$Z = (0.281, 0.228, 0.257, 0.301, 0.371, 0.269, 0.297, 0.231, 0.215, 0.401, 0.277, 0.342, 0.241, 0.115, 0.180, 0.260, 0.401, 0.154, 0.221, 0.185, 0.169, 0.433, 0.401, 2.805, 2.255, 2.410)$

具体的分类结果如表 1 所示：



表 1 蔬菜分类表

|      |     |    |   |
|------|-----|----|---|
| 第一类: | 蘑菇  | 木耳 | 香菇  |
| 第二类: | 菠菜  | 蒜苗 | 茄子 土豆 榨菜                                      |
| 第三类: | 胡萝卜 | 萝卜 | 竹笋 大白菜 菜花 韭菜 芹菜 生菜 小白菜 油菜 圆白菜<br>西红柿 青椒 苦瓜 南瓜 |
| 第四类: | 冬瓜  | 黄瓜 | 丝瓜  |

对于上述的分类结果和附件中所提供的主要的蔬菜的营养成分表可以看出分为同一类的蔬菜的各种营养成分的绝对值和各种营养成分之间的相对比例相似,表明聚类的情况符合实际具有较好的代表性。

根据消费蔬菜品种的区域调查的相关资料可知全国排在前七位的蔬菜是:大白菜,黄瓜,甘蓝,番茄,油菜,茄子,芹菜。为了满足研究的要求,所以在划分的类别中分别选取一种或几种蔬菜;同时考虑到所选取的蔬菜具有较好的代表性,选取产量在蔬菜产量中所占比重较大的蔬菜品种。综合的分析和聚类的结果选取的蔬菜的品种为:大白菜,黄瓜,番茄,茄子,芹菜,蘑菇。

根据水果的营养成分对附件中所给的水果品种进行聚类结果直观图(图 4)

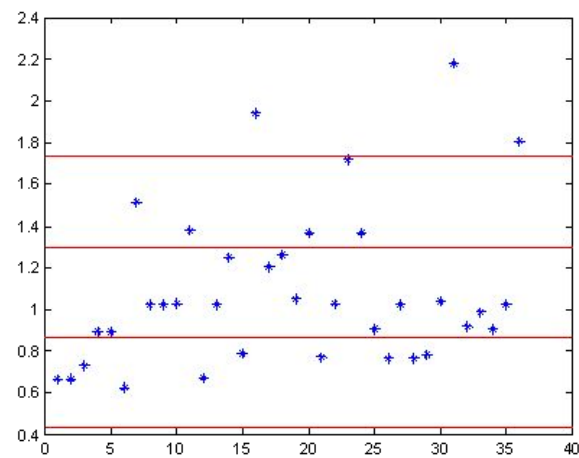


图 4 水果品种聚类直观图

投影向量:

$R'=(0.052, 0.175, 0.273, 0.235, 0.154, 0.212, 0.199, 0.101, 0.039, 0.170, 0.176, 0.087, 0.267, 0.241, 0.228, 0.197, 0.057, 0.164, 0.250, 0.263, 0.214, 0.279, 0.285, 0.250)$

投影值:

$Z'=(0.663, 0.668, 0.733, 0.893, 0.897, 0.626, 1.515, 1.022, 1.020, 1.031, 1.379, 0.673, 1.026, 1.251, 0.788, 1.939, 1.203, 1.265, 1.052, 1.369, 0.774, 1.030, 1.719, 1.369, 0.908, 0.764, 1.024, 0.766, 0.785, 1.038, 2.181, 0.920, 0.990, 0.908, 1.022, 1.807)$

具体的分类结果如表 2:

表 2 水果品种具体分类表

|      |    |    |   |
|------|----|----|---|
| 第一类: | 大枣 | 榴莲 | 火龙果   |
| 第二类: | 香蕉 | 柑橘 | 猕猴桃 椰子 柠檬   |
| 第三类: | 杏子 | 李子 | 草莓 橙子 柑橘 哈密瓜 桑葚 荔枝 龙眼 芒果 山楂<br>木瓜 无花果 樱桃 山竹 金橘 石榴 番荔枝 |
| 第四类: | 苹果 | 梨  | 桃子 葡萄 西瓜 柿子 菠萝 枇杷 杨梅 杨桃                               |

2011 年主要的几种水果产量数据的查询结果如表 3:

表 3 主要水果年产量

|    |         |       |          |
|----|---------|-------|----------|
| 西瓜 | 6889.35 | 葡萄    | 906.75   |
| 苹果 | 3598.48 | 红枣    | 542.68   |
| 柑桔 | 2944.04 | 柿子    | 318.72   |
| 梨  | 1579.48 | 草莓    | 249.08   |
| 甜瓜 | 1278.47 | 菠萝    | 119.11   |
| 香蕉 | 1040    | 水果总产量 | 22768.18 |

数据来源中国统计年鉴

上述 11 种水果的总量累计到达水果总产量的 **85.50%**, 根据题目的要求综合考虑研究对营养成分和含量的要求以及最后选取的水果的为: 大枣, 香蕉, 草莓, 柑橘, 葡萄, 西瓜, 苹果, 梨。

根据对周边的蔬菜和水果市场的实际调查情况综合多方文献总体来看, 选取的蔬菜和水果的品种具有较好的代表性, 所以蔬菜和水果最后选取的主要品种如下表 (表 4):

表 4 蔬菜水果品种选取

|    |                                |
|----|--------------------------------|
| 蔬菜 | 大白菜, 黄瓜, 番茄, 茄子, 芹菜, 蘑菇        |
| 水果 | 大枣, 香蕉, 草莓, 柑橘, 葡萄, 西瓜, 苹果, 梨。 |

## 5.2 消费量的估计

### 方法一: 根据折损率推算消费量

假设某品种蔬菜的产量为  $Q1$ , 该品种蔬菜进入居民消费市场需要经过一系列的中间环节, 简化其过程主要分为三个阶段: 田间地头到批发市场, 批发市场到零售市场, 零售市场到实际的消费。假设市场是完全竞争的市场, 所有的品种蔬菜都不会存在供给过剩的情况。根据蔬菜在不同阶段的损耗率, 从产量中扣除其损耗部分, 所得到的即是最后的消费量  $Q2$ 。

产量和消费量之间的关系式如下:

$$Q2 = Q1 \times (1 - C1) \times (1 - C2) \times (1 - C3) \quad (2-1)$$

式中的  $C1, C2, C3$  分别为三个阶段的折损率

根据附件中的所提供的主要的蔬菜的折损率和每种蔬菜的产量估算其最终的消费量。

表 5 主要品种蔬菜的产量

| 年份  | 2003      | 2004      | 2005      | 2006      | 2007      | 2008      | 2009      |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 大白菜 | 101974000 | 103463000 | 103083000 | 105060000 | 105257500 | 105455000 | 105873000 |
| 芹菜  | 17955000  | 19187000  | 19513000  | 20680000  | 20220000  | 19760000  | 20814000  |
| 西红柿 | 25088229  | 26132713  | 26885954  | 27621607  | 30150174  | 33779872  | 38887482  |
| 茄子  | 21192000  | 21913000  | 22634000  | 22470000  | 23096000  | 23722000  | 25885000  |
| 黄瓜  | 35513000  | 36553000  | 38171000  | 40400000  | 41297000  | 42194000  | 44204000  |
| 蘑菇  | 1592276   | 1825430   | 2092725   | 2399158   | 2884800   | 3090000   | 3435400   |

数据来源于农业部种植业信息网蔬菜产量数据库

根据附件中所提供的主要蔬菜的折损率计算出主要品种蔬菜消费量。

表 6 主要品种蔬菜的消费量（单位：吨）

| 年份  | 2003     | 2004     | 2005     | 2006     | 2007     | 2008     | 2009     |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 大白菜 | 69428998 | 70442784 | 70184061 | 71530101 | 71664569 | 71799037 | 72083632 |
| 芹菜  | 13814667 | 14762574 | 15013400 | 15911295 | 15557369 | 15203443 | 16014396 |
| 西红柿 | 20377914 | 21226296 | 21838116 | 22435650 | 24489479 | 27437701 | 31586357 |
| 茄子  | 18332055 | 18955753 | 19579451 | 19437584 | 19979102 | 20520621 | 22391716 |
| 黄瓜  | 32387430 | 33335897 | 34811494 | 36844315 | 37662368 | 38480422 | 40313518 |
| 蘑菇  | 1070355  | 1227086  | 1406765  | 1612755  | 1939212  | 2077151  | 2309334  |

数据来源：农业部种植业信息网蔬菜产量数据库

#### 方法的合理性分析：

鉴于蔬菜的生长周期比较短，对于每一段时间周期内的市场的消费量，菜农有一个相对比较好的把握，所以蔬菜产量的调整相对来说更为灵活，即是蔬菜对于消费市场的敏感性较强，能够根据蔬菜消费市场的消费需求及时改变种植方案改变蔬菜的生产产量。另外加上我国政府对于农业方面的一系列的扶持政策，能够在一定的程度上保证蔬菜市场不会出现大幅度的供给过剩的情况，在中国，蔬菜产业已经成为种植业中仅次于粮食的第二大产业。全国城乡的蔬菜市场供应充足，价格稳定，均衡水平不断提高，基本做到淡季不淡，旺季不烂，蔬菜季节性差价进一步缩小，蔬菜市场基本能够达到居民消费需要什么就生产什么的较为理想的状态。所以基于中国目前的国情，根据蔬菜的原始产量和中间环节的折损率来估计最后的消费量是较为合理的一种方法。

对于水果的消费量处理采用同样的方法。

鉴于前面的主要水果品种的选取的水果为：大枣，香蕉，草莓，柑橘，葡萄，西瓜，苹果，梨。主要品种水果的产量如表所示：

表 7 2004-2011 年主要水果产量（单位：万吨）

| 年份   | 香蕉     | 苹果      | 柑桔      | 梨       | 葡萄     | 红枣     | 西瓜      | 草莓     |
|------|--------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|--------|
| 2004 | 605.61 | 2367.55 | 1495.83 | 1064.23 | 567.53 | 201.12 | 5751.54 | 185.85 |
| 2005 | 651.81 | 2401.11 | 1591.91 | 1132.35 | 579.44 | 248.85 | 5989.34 | 195.71 |
| 2006 | 690.12 | 2605.93 | 1789.83 | 1198.61 | 627.08 | 305.29 | 6184.52 | 187.42 |
| 2007 | 779.67 | 2785.99 | 2058.27 | 1289.5  | 669.68 | 303.06 | 6203.62 | 187.18 |
| 2008 | 783.47 | 2984.66 | 2331.26 | 1353.81 | 715.15 | 363.41 | 6282.17 | 200.04 |
| 2009 | 883.39 | 3168.08 | 2521.1  | 1426.3  | 794.06 | 424.78 | 6478.47 | 220.6  |
| 2010 | 956.05 | 3326.36 | 2645.24 | 1505.26 | 854.9  | 446.83 | 6818.1  | 233    |
| 2011 | 1040   | 3598.48 | 2944.04 | 1579.48 | 906.75 | 542.68 | 6889.35 | 249.08 |

数据来源于中国统计年鉴

根据附件中所提供的主要水果的折损率计算出主要品种水果消费量：

表 8 2004-2011 年主要水果的消费量

| 年份   | 香蕉     | 苹果      | 柑桔      | 梨       | 葡萄     | 红枣     | 西瓜      | 草莓     |
|------|--------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|--------|
| 2004 | 383.35 | 2251.54 | 1214.61 | 921.62  | 355.27 | 183.42 | 4520.71 | 114.86 |
| 2005 | 412.60 | 2283.46 | 1292.63 | 980.62  | 362.73 | 226.95 | 4707.62 | 120.95 |
| 2006 | 436.85 | 2478.24 | 1453.34 | 1038.00 | 392.55 | 278.42 | 4861.03 | 115.83 |
| 2007 | 493.53 | 2649.48 | 1671.32 | 1116.71 | 419.22 | 276.39 | 4876.05 | 115.68 |
| 2008 | 495.94 | 2838.41 | 1892.98 | 1172.40 | 447.68 | 331.43 | 4937.79 | 123.62 |
| 2009 | 559.19 | 3012.84 | 2047.13 | 1235.18 | 497.08 | 387.40 | 5092.08 | 136.33 |

|      |        |         |         |         |        |        |         |        |
|------|--------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|--------|
| 2010 | 605.18 | 3163.37 | 2147.93 | 1303.56 | 535.17 | 407.51 | 5359.03 | 143.99 |
| 2011 | 658.32 | 3422.15 | 2390.56 | 1367.83 | 567.63 | 494.92 | 5415.03 | 153.93 |

数据来源于附件

## 方法二 通过产量比率计算消费量

假设蔬菜产量的总额为  $W1$ ，总的蔬菜的消费量为  $W2$ ，所以对于某一种蔬菜的消费量的确定：

$$Q2 = \frac{Q1}{W1} \times W2 \quad (2-2)$$

由于上述对中国目前的蔬菜市场的实际情况的分析，目前中国蔬菜市场实际情况基本可以类似运用萨伊定律的核心观念“供给创造需求”来描述目前中国的蔬菜市场的供需关系。对于每一种的蔬菜而言，其产量都是由于市场的需求的预测值所决定，同样蔬菜总的产量也是由于其消费量的预测值所决定。由于每一种蔬菜产量和消费量与蔬菜总的产量和消费量之间存在着相同的关系，所以建立以上（2-2）式的公式，通过上述的公式和已知的蔬菜总的产量和消费量以及每种蔬菜的产量估算出每种蔬菜的消费量。

主要蔬菜的产量见表 5，各种蔬菜占蔬菜总量的比例如表 9：

表 9 2003-2009 主要蔬菜产量在蔬菜总量的比例

| 年份  | 2003   | 2004   | 2005   | 2006   | 2007   | 2008   | 2009   |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 大白菜 | 18.87% | 18.79% | 18.26% | 19.47% | 18.65% | 17.80% | 17.12% |
| 芹菜  | 3.32%  | 3.48%  | 3.46%  | 3.83%  | 3.58%  | 3.34%  | 3.37%  |
| 西红柿 | 4.64%  | 4.75%  | 4.76%  | 5.12%  | 5.34%  | 5.70%  | 6.29%  |
| 茄子  | 3.92%  | 3.98%  | 4.01%  | 4.16%  | 4.09%  | 4.00%  | 4.19%  |
| 黄瓜  | 6.57%  | 6.64%  | 6.76%  | 7.49%  | 7.32%  | 7.12%  | 7.15%  |
| 蘑菇  | 0.29%  | 0.33%  | 0.37%  | 0.44%  | 0.51%  | 0.52%  | 0.56%  |

数据来源于中华人民共和国农业部种植业管理司

求解出主要蔬菜的消费量：

表 10 2003-2009 主要蔬菜消费量（单位：吨）

| 年份  | 2003     | 2004     | 2005     | 2006     | 2007     | 2008     | 2009     |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 大白菜 | 67063366 | 69264176 | 69823605 | 73928266 | 74139249 | 76048378 | 77438535 |
| 芹菜  | 11808135 | 12844899 | 13217194 | 14552033 | 14242174 | 14249831 | 15223954 |
| 西红柿 | 16499314 | 17494765 | 18211288 | 19436679 | 21236599 | 24360196 | 28443415 |
| 茄子  | 13936953 | 14669842 | 15331213 | 15811614 | 16267915 | 17107009 | 18933028 |
| 黄瓜  | 23355182 | 24470713 | 25855251 | 28428536 | 29087985 | 30428005 | 32332068 |
| 蘑菇  | 1047163  | 1222050  | 1417514  | 1688232  | 2031940  | 2228339  | 2512750  |

主要水果的产量见表，各种水果占水果总量的比例如表：

表 11 2004-2010 主要水果产量在水果总量的比例

| 年份   | 香蕉    | 苹果     | 柑桔     | 梨     | 葡萄    | 红枣    | 西瓜     | 草莓    |
|------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|
| 2004 | 3.95% | 15.43% | 9.75%  | 6.94% | 3.70% | 1.31% | 37.49% | 1.21% |
| 2005 | 4.04% | 14.90% | 9.88%  | 7.02% | 3.59% | 1.54% | 37.15% | 1.21% |
| 2006 | 4.04% | 15.24% | 10.47% | 7.01% | 3.67% | 1.79% | 36.16% | 1.10% |
| 2007 | 4.30% | 15.36% | 11.35% | 7.11% | 3.69% | 1.67% | 34.21% | 1.03% |
| 2008 | 4.08% | 15.53% | 12.13% | 7.04% | 3.72% | 1.89% | 32.69% | 1.04% |

|      |       |        |        |       |       |       |        |       |
|------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|
| 2009 | 4.33% | 15.53% | 12.36% | 6.99% | 3.89% | 2.08% | 31.76% | 1.08% |
| 2010 | 4.47% | 15.54% | 12.36% | 7.03% | 3.99% | 2.09% | 31.86% | 1.09% |

计算出主要水果的消费量：

表 12 2004-2010 主要水果的消费量

| 年份   | 香蕉     | 苹果      | 柑桔      | 梨      | 葡萄     | 红枣     | 西瓜      | 草莓     |
|------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|
| 2004 | 397.51 | 1553.99 | 981.82  | 698.53 | 372.51 | 132.01 | 3775.15 | 121.99 |
| 2005 | 405.15 | 1492.48 | 989.50  | 703.84 | 360.17 | 154.68 | 3722.84 | 121.65 |
| 2006 | 429.52 | 1621.90 | 1113.97 | 746.00 | 390.29 | 190.01 | 3849.17 | 116.65 |
| 2007 | 461.16 | 1647.86 | 1217.43 | 762.72 | 396.10 | 179.25 | 3669.33 | 110.71 |
| 2008 | 402.55 | 1533.51 | 1197.80 | 695.59 | 367.44 | 186.72 | 3227.77 | 102.78 |
| 2009 | 431.40 | 1547.13 | 1231.18 | 696.53 | 387.78 | 207.44 | 3163.76 | 107.73 |
| 2010 | 448.59 | 1560.77 | 1241.18 | 706.29 | 401.13 | 209.66 | 3199.13 | 109.33 |

### 5.3 消费量的发展趋势（二次指数平滑法）

根据主要的蔬菜 2003-2009 年间的消费量（见表 6）的趋势图：

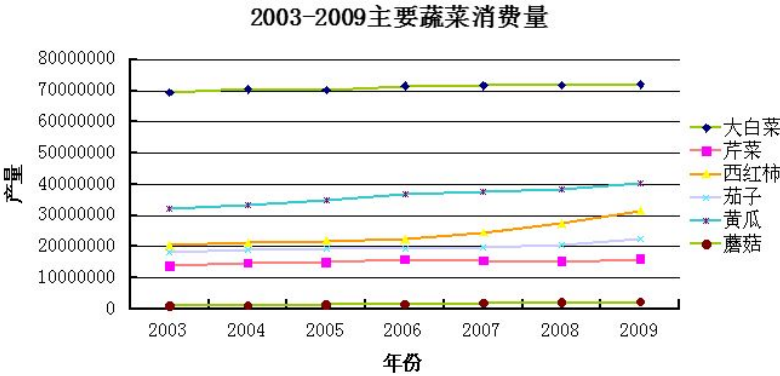


图 5 2003-2009 主要蔬菜消费量

根据主要蔬菜的消费量的趋势图可以看出选取的六种蔬菜的消费量的变化趋势基本属于线性变化，所以选取指数平滑中的二次指数平滑法对其发展趋势进行预测<sup>[4]</sup>。

运用指数平滑法预测值与实际值进行比较的结果如表 9 所示：

表 13 2003-2009 年大白菜消费量预测值与实际值比较

| 年份   | 预测值      | 实际值      | 残差           | 相对误差         |
|------|----------|----------|--------------|--------------|
| 2004 | 70037269 | 70442784 | -405514.26   | -0.005756647 |
| 2005 | 70216585 | 70184061 | 32524.2045   | 0.000463413  |
| 2006 | 71109146 | 71530101 | -420954.5763 | -0.005884999 |
| 2007 | 71665068 | 71664569 | 499.406475   | 6.96867E-06  |
| 2008 | 72018106 | 71799037 | 219069.0177  | 0.003051141  |
| 2009 | 72342135 | 72083632 | 258503.0543  | 0.003586155  |

画出预测值与实际值的变化曲线如图所示：

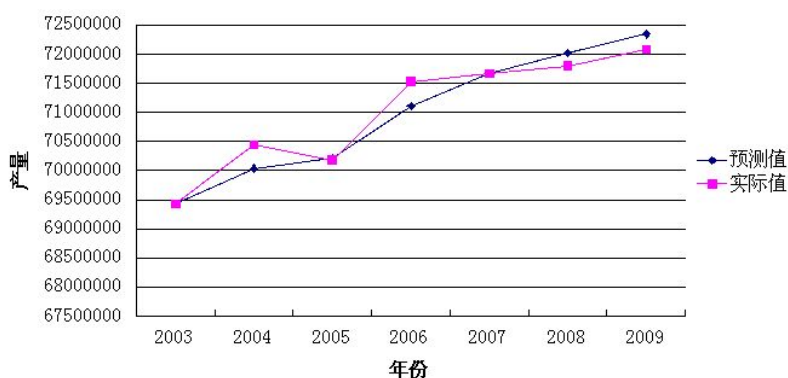


图 6 2003-2009 年大白菜消费量预测值与实际值

由上述的表和图可以看出模型的预测值与实际值偏差不大，所以模型的精度为优，然后利用确定的二次指数平滑模型根据现有的 2003-2009 年对大白菜的消费量进行预测的结果如下：

表 14 2010-2014 年大白菜消费量预测

| 年份  | 2010        | 2011        | 2012       | 2013        | 2014        |
|-----|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| 消费量 | 72632746.04 | 72923356.97 | 73213967.9 | 73504578.83 | 73795189.77 |

对于其他五种蔬菜品种：黄瓜，番茄，茄子，芹菜，蘑菇。进行相同的处理具体的结果见附录 5。

根据水果在 2004-2011 年之间的消费量（见表 8）趋势图：

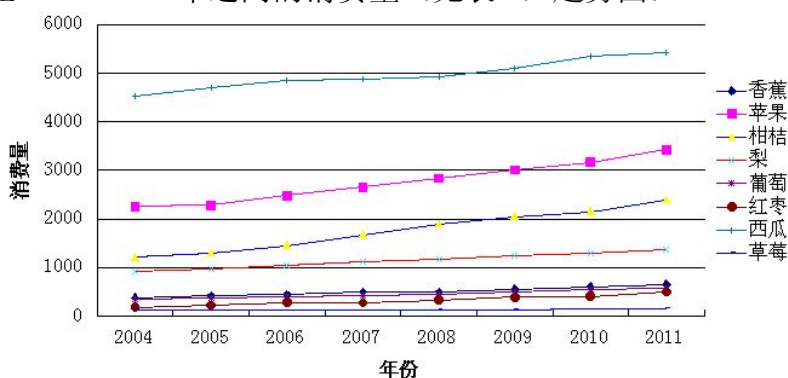


图 7 2004-2011 年水果消费量

根据 8 种水果的消费量趋势图来看，8 种主要水果的消费量是呈现线性趋势所以利用指数平滑法中的二次指数平滑对其发展趋势进行预测。

运用指数平滑法预测值与实际值进行比较的结果如表 15 所示：

表 15 2004-2011 年西瓜消费量预测值与实际值比较

| 年份   | 预测值         | 实际值        | 残差           | 相对误差         |
|------|-------------|------------|--------------|--------------|
| 2004 | 4520.71044  | 4520.71044 | 0            | 0            |
| 2005 | 4632.85692  | 4707.62124 | 74.76432     | 0.01588155   |
| 2006 | 4786.584372 | 4861.03272 | 74.448348    | 0.015315336  |
| 2007 | 4877.618735 | 4876.04532 | -1.5734148   | -0.000322683 |
| 2008 | 4959.128145 | 4937.78562 | -21.34252524 | -0.004322287 |
| 2009 | 5089.722009 | 5092.07742 | 2.355410916  | 0.000462564  |
| 2010 | 5314.094497 | 5359.0266  | 44.93210265  | 0.008384378  |
| 2011 | 5461.682406 | 5415.0291  | -46.65330584 | -0.008615523 |

数据来源于中国统计局

画出预测值与实际值的变化曲线如图所示：

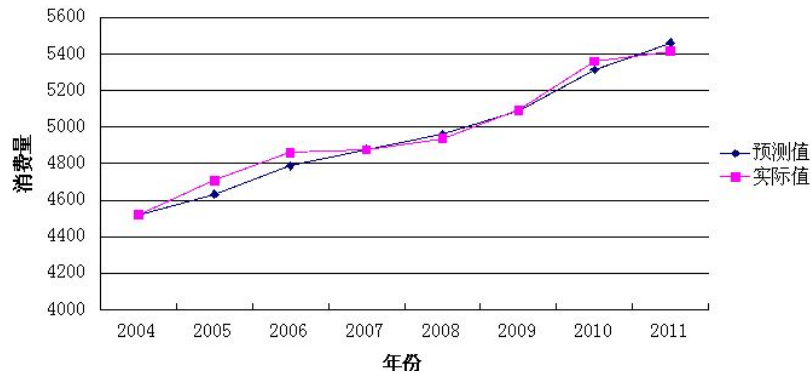


图 8 2004-2011 年西瓜消费量预测值与实际值变化

由上述的表和图可以看出模型的预测值与实际值偏差不大，所以模型的精度为优，然后利用确定的二次指数平滑模型根据现有的 2004-2011 年对西瓜的消费量进行预测的结果如下：

表 16 2012-2020 西瓜消费量预测

| 年份  | 2012    | 2013    | 2014    | 2015    | 2016    | 2017    | 2018    | 2019    | 2020    |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 消费量 | 5557.79 | 5653.90 | 5750.02 | 5846.13 | 5942.24 | 6038.35 | 6134.46 | 6230.57 | 6326.68 |

其他水果可以通过相同的方法分析。

综合分析

对于蔬菜和水果的挑选的结果，主要的蔬菜品种是大白菜、黄瓜、番茄、茄子、芹菜、蘑菇；主要的水果品种是大枣、香蕉、草莓、柑橘、葡萄、西瓜、苹果、梨。

根据实际的市场需求和价格分析，选取的几种蔬菜都是日常生活中常见的蔬菜，而且这几种蔬菜的种植成本较低，对于种植的环境的要求较低，所以在我国的蔬菜种植品种选择上，粮农的选择偏好较大。蔬菜市场中的这几种蔬菜的供给量大，价格比较平民化，在蔬菜市场有较好的销售量，加上这几种蔬菜蕴含了丰富的营养，黄瓜、西红柿、茄子更是深受广大消费者的喜爱，对于蘑菇，由于菌类的特殊营养价值，其有些人体营养成分是其他蔬菜所不具有的，所以在选择替代性不强，而且根据对菌类食材的市场价格的调查，蘑菇由于价格优势在菌类食材中脱颖而出，成为菌类中消费量最大的一种菌类。而且根据营养学的相关研究，这几种蔬菜所蕴含的营养成分能够基本涵盖所有蔬菜中的营养成分种类，在研究蔬菜的营养的问题上具有较好的代表性。

对于水果的选择，根据对选取的水果的市场价格的调查得出，选取的水果都是市场上价格比较优惠，这与实际市场的水果的选取决策在满足营养成分的条件上，依然是价格机制主导着居民的消费选择的情况相吻合。而且从生产者的角度考虑，这几种水果的种植成本和收益的差额即是利润相比较于其他品种的水果较高，这在某种程度上也能够反映果农对这几种水果种植的偏好较大，这与实际的情况基本吻合。

上述的分析和参靠相关文献，本文中对于蔬菜和水果的主要品种的选择比较符合实际情况。

对于蔬菜和水果的消费量的预测，根据预测的情况，蔬菜和水果的消费量都是处于一种上升的阶段，表明我国的居民对蔬菜和水果的消费不断增加，进一步反映了我们居民生活水平的提高，居民对生活的质量的要求不断提升，居民在解决基本的温饱问题之后更加关注于生活质量的提高，对营养的需求也越来越趋向于全面。消费量的不断变化，从生产者的方面来说，由于改革开放之后国家实行一些列的农业政策扶持加上实际的科技和管理水平的不断进步提高使得蔬菜和水果的供应量不断增加；从消费者角度来看，由于居民生活水平的不断改善，对营养的需求日益增加，居民的膳食结构不断发生改变，



对蔬菜和水果的消费量不断扩大。综合两方面的考虑，我国的蔬菜和水果的消费量在未来一段时间内的发展中是处于不断增加的趋势。

5.4 中国居民的人体营养健康状况

5.4.1 问题分析

对我国居民矿物质、维生素、膳食纤维等营养素摄入现状的研究首先根据确定一个合适的对比标准，根据附件中的中国居民的膳食营养素参考日摄入量综合中国目前的人口结构，计算出一个中国居民的人均的一种膳食营养素参考值，然后根据现代营养学家根据食物提供的营养划分的五类，即谷类和薯类，动物性食物，豆类及其制品，蔬菜水果类，纯热能的食物。为了研究目前中国居民的矿物质、维生素、膳食纤维等营养的年摄入水平的合理性，可以通过居民对五种不同类别膳食的消费情况，结合各种食物的营养成分表从而估算出中国居民目前的营养摄入情况，并与推荐的参考值进行比较，从而判断中国居民目前的营养摄入情况是否合理。

具体操作的流程图：

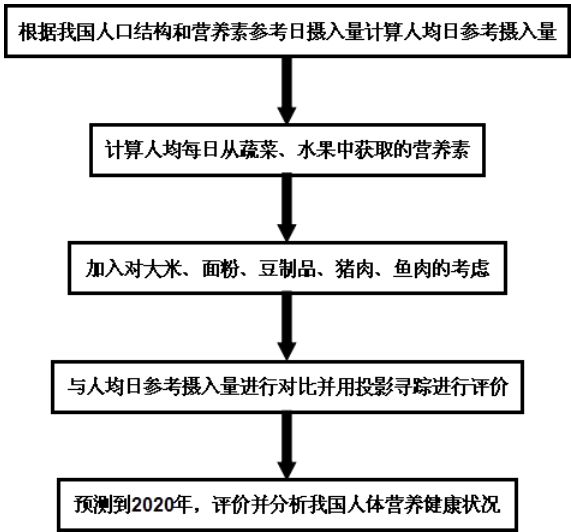


图 9 解题流程图

Step1 计算人均日参考摄入量

通过查阅国家统计局的相关数据，可以得到 2000 年我国人口结构：

表 17 2000 年我国各年龄段人口所占比例

| 年龄段 | 0-14 岁 | 15-64 岁 | 65 岁及以上 |
|-----|--------|---------|---------|
| 比例  | 0.2289 | 0.7015  | 0.0696  |

结合中国居民膳食营养素参考日摄入量表可以计算出我国居民膳食营养素人均参考日摄入量：

表 18 我国居民膳食营养人均参考摄入量

|           |            |          |          |          |           |           |
|-----------|------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| 钙量/mg     | 磷量/mg      | 钾量/mg    | 钠量/mg    | 镁量/mg    | 铁量/mg     | 锌量/mg     |
| 878.732   | 673.84     | 1955.207 | 1900.795 | 325.247  | 17.539    | 14.967    |
| 硒量/ug     | 碘量/ug      | 铜量/mg    | 氟量/mg    | 铬量/ug    | 锰量/mg     | 钼量/ug     |
| 47.111    | 142.994    | 1.797    | 1.336    | 44.604   | 3.5       | 52.846    |
| 维生素 A/ug  | 维生素 C/mg   | 维生素 D/ug | 维生素 E/mg | 维生素 K/ug | 维生素 B1/mg | 维生素 B2/mg |
| 732.170   | 100.148    | 7.609    | 12.354   | 120      | 1.250     | 1.269     |
| 维生素 B6/mg | 维生素 B12/ug | 泛酸/mg    | 叶酸/ug    | 烟酸/mg    | 生物素/ug    | 膳食纤维/g    |
| 1.238     | 2.179      | 4.829    | 383.182  | 11.663   | 26.851    | 30        |



由于实际情况中的蔬菜和水果的种类繁多，数据的搜集和计算的过程量过于庞大，由于本题只是为了研究中国居民目前矿物质、维生素、膳食纤维等营养的年摄入水平，只需要对于一种大致的情况进行分析，并不需要太过精确的定量计算，所以采用简化方法，从五种膳食分类中选取有代表性的指标进行计算<sup>[9]</sup>。

**Step2** 计算每日从蔬菜、水果中获取的营养素

表 19 我国 2004-2009 年总人口数

| 年份     | 2004   | 2005   | 2006   | 2007   | 2008   | 2009   |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 人口（万人） | 129988 | 130756 | 131448 | 132129 | 132802 | 133450 |

根据人口总数和年总消费量，可以计算得到人均每日主要蔬菜和水果消费量：

表 20 我国居民主要蔬菜人均每日消费量

| 人均每天/100g | 大白菜   | 芹菜    | 西红柿   | 茄子    | 黄瓜    | 蘑菇    |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2004      | 1.460 | 0.271 | 0.369 | 0.309 | 0.516 | 0.026 |
| 2005      | 1.463 | 0.277 | 0.382 | 0.321 | 0.542 | 0.030 |
| 2006      | 1.541 | 0.303 | 0.405 | 0.330 | 0.593 | 0.035 |
| 2007      | 1.537 | 0.295 | 0.440 | 0.337 | 0.603 | 0.042 |
| 2008      | 1.569 | 0.294 | 0.503 | 0.353 | 0.628 | 0.046 |
| 2009      | 1.590 | 0.313 | 0.584 | 0.389 | 0.664 | 0.052 |

表 21 我国居民主要水果人均每日消费量

| 人均每天/100g | 香蕉      | 苹果      | 柑橘      | 梨       | 葡萄      | 枣       | 西瓜      | 草莓      |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 2004      | 0.00081 | 0.00475 | 0.00256 | 0.00194 | 0.00075 | 0.00039 | 0.00953 | 0.00024 |
| 2005      | 0.00086 | 0.00478 | 0.00271 | 0.00205 | 0.00076 | 0.00048 | 0.00986 | 0.00025 |
| 2006      | 0.00091 | 0.00517 | 0.00303 | 0.00216 | 0.00082 | 0.00058 | 0.01013 | 0.00024 |
| 2007      | 0.00102 | 0.00549 | 0.00347 | 0.00232 | 0.00087 | 0.00057 | 0.01011 | 0.00024 |
| 2008      | 0.00102 | 0.00586 | 0.00391 | 0.00242 | 0.00092 | 0.00068 | 0.01019 | 0.00026 |
| 2009      | 0.00115 | 0.00619 | 0.00420 | 0.00254 | 0.00102 | 0.00080 | 0.01045 | 0.00028 |

结合附件中的蔬菜和水果的营养成分计算出人均从蔬菜和水果中获得营养。根据六种蔬菜的营养成分表，可以计算得到人均从蔬菜中获得的营养：

表 22 我国居民人均每日从主要蔬菜营养摄入量

| 营养元素   | 2004    | 2005    | 2006    | 2007    | 2008    | 2009    |
|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 膳食纤维   | 2.640   | 2.769   | 3.015   | 3.181   | 3.342   | 3.604   |
| 碳水化合物  | 9.660   | 9.961   | 10.677  | 11.043  | 11.592  | 12.381  |
| 维生素 A  | 115.187 | 118.126 | 126.150 | 131.279 | 139.858 | 150.770 |
| 维生素 B1 | 0.120   | 0.122   | 0.130   | 0.131   | 0.136   | 0.142   |
| 维生素 B2 | 0.191   | 0.198   | 0.214   | 0.222   | 0.232   | 0.246   |
| 维生素 B3 | 2.577   | 2.723   | 2.994   | 3.229   | 3.423   | 3.697   |
| 维生素 C  | 85.185  | 85.965  | 90.914  | 91.489  | 94.458  | 97.742  |
| 维生素 E  | 315.760 | 328.019 | 336.649 | 344.560 | 360.461 | 396.858 |
| 钠      | 156.986 | 158.074 | 167.511 | 167.035 | 170.363 | 174.509 |
| 钙      | 140.483 | 142.540 | 151.528 | 152.574 | 156.764 | 162.350 |
| 铁      | 1.764   | 1.834   | 1.988   | 2.073   | 2.171   | 2.321   |
| 锌      | 0.805   | 0.842   | 0.920   | 0.967   | 1.013   | 1.087   |
| 硒      | 2.026   | 2.202   | 2.483   | 2.763   | 2.949   | 3.228   |

根据八种水果的营养成分表，可以计算得到人均从水果中获得的营养：

表 23 我国居民人均每日从主要水果营养摄入量

| 每天摄入量   | 2004  | 2005  | 2006  | 2007  | 2008  | 2009  |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A (微克)  | 3.143 | 3.263 | 3.452 | 3.624 | 3.807 | 3.990 |
| B1      | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| B2      | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| B6      | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 |
| C       | 0.354 | 0.390 | 0.438 | 0.454 | 0.506 | 0.556 |
| E       | 0.013 | 0.013 | 0.014 | 0.015 | 0.016 | 0.017 |
| 生物素(微克) | 0.930 | 0.964 | 1.027 | 1.094 | 1.159 | 1.232 |
| P (微克)  | 1.020 | 1.100 | 1.246 | 1.396 | 1.586 | 1.725 |
| 胡萝卜素    | 2.912 | 2.939 | 3.171 | 3.376 | 3.594 | 3.800 |
| 叶酸 (微克) | 0.195 | 0.214 | 0.236 | 0.246 | 0.272 | 0.300 |
| 泛酸      | 0.004 | 0.004 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 |
| 烟酸      | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.006 | 0.006 |
| 钙       | 0.315 | 0.329 | 0.352 | 0.375 | 0.398 | 0.424 |
| 铁       | 0.006 | 0.006 | 0.006 | 0.006 | 0.007 | 0.007 |
| 磷       | 0.252 | 0.266 | 0.286 | 0.303 | 0.323 | 0.346 |
| 钾       | 2.394 | 2.515 | 2.657 | 2.808 | 2.931 | 3.119 |
| 钠       | 0.036 | 0.038 | 0.040 | 0.041 | 0.043 | 0.045 |
| 铜       | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| 镁       | 0.241 | 0.253 | 0.269 | 0.284 | 0.298 | 0.317 |
| 锌 (微克)  | 0.004 | 0.005 | 0.005 | 0.006 | 0.006 | 0.007 |
| 硒 (微克)  | 0.010 | 0.011 | 0.011 | 0.012 | 0.013 | 0.014 |

考虑居民从谷类和薯类，动物性食物，豆类及其制品中摄入的矿物质，维生素和膳食纤维。由于本题着重研究矿物质、维生素和膳食纤维，所以不必考虑纯热能食品。对于谷类和薯类，动物性食物，豆类及其制品选取的指标分别为：大米、面粉、豆制品、猪肉、鱼肉。通过查阅相关资料确定每种食物的日摄入量，综合四类食物的营养摄入，计算出人均营养的摄入量：

表 24 2004-2009 年我国居民人均每日营养摄入量

|          | 标准值      | 2004     | 2005     | 2006     | 2007     | 2008     | 2009     |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 钙量/mg    | 878.732  | 383.798  | 385.869  | 394.880  | 395.949  | 400.162  | 405.773  |
| 磷量/mg    | 673.840  | 941.752  | 941.766  | 941.786  | 941.803  | 941.823  | 941.846  |
| 钾量/mg    | 1955.207 | 1002.394 | 1002.515 | 1002.657 | 1002.808 | 1002.931 | 1003.119 |
| 钠量/mg    | 1900.795 | 265.472  | 266.562  | 276.001  | 275.526  | 278.856  | 283.005  |
| 镁量/mg    | 325.247  | 264.741  | 264.753  | 264.769  | 264.784  | 264.798  | 264.817  |
| 铁量/mg    | 17.539   | 19.120   | 19.190   | 19.344   | 19.429   | 19.527   | 19.678   |
| 锌量/mg    | 14.967   | 11.304   | 11.342   | 11.420   | 11.468   | 11.515   | 11.589   |
| 硒量/ug    | 47.111   | 46.606   | 46.783   | 47.064   | 47.345   | 47.532   | 47.812   |
| 铜量/mg    | 1.797    | 2.581    | 2.581    | 2.581    | 2.581    | 2.581    | 2.581    |
| 锰量/mg    | 3.500    | 6.475    | 6.475    | 6.475    | 6.475    | 6.475    | 6.475    |
| 维生素 A/ug | 732.171  | 249.330  | 252.389  | 260.602  | 265.903  | 274.664  | 285.759  |
| 维生素 C/mg | 100.148  | 85.539   | 86.355   | 91.352   | 91.943   | 94.964   | 98.298   |
| 维生素 E/mg | 12.355   | 10.575   | 10.698   | 10.785   | 10.866   | 11.025   | 11.390   |

|           |         |        |        |        |        |        |        |
|-----------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 维生素 B1/mg | 1.251   | 1.086  | 1.088  | 1.095  | 1.097  | 1.102  | 1.108  |
| 维生素 B2/mg | 1.269   | 0.847  | 0.854  | 0.870  | 0.878  | 0.888  | 0.902  |
| 维生素 B6/mg | 1.238   | 0.002  | 0.002  | 0.002  | 0.002  | 0.002  | 0.002  |
| 泛酸/mg     | 4.829   | 0.004  | 0.004  | 0.005  | 0.005  | 0.005  | 0.005  |
| 叶酸/ug     | 383.183 | 0.195  | 0.214  | 0.236  | 0.246  | 0.272  | 0.300  |
| 烟酸/mg     | 11.663  | 15.705 | 15.705 | 15.705 | 15.705 | 15.706 | 15.706 |
| 生物素/ug    | 26.851  | 0.930  | 0.964  | 1.027  | 1.094  | 1.159  | 1.232  |
| 膳食纤维/g    | 30.000  | 8.940  | 9.069  | 9.315  | 9.481  | 9.642  | 9.904  |

根据以上的计算出来的数据与实际的标准参考值相比,大多数营养成分都不能与标准的参考值具有较大的差距,对于营养元素中的钠的摄入来源主要是烹饪中的食盐,但是本题中没有考虑食盐,所以钠的含量的不予考虑,对于其他营养元素和标准值相比还是具有较大的差距,但是伴随每年水果和蔬菜消费量的变化,人均营养摄入量与标准值之间的差距不断缩小。

#### 5.4.2 结果分析

虽然这些数据只是根据简化食物平衡估算法计算得来的但是却能够反映中国目前由于膳食结构存在不合理。

从 2004 年到 2009 年居民主要营养成分的摄入量来看,虽然目前的大多数的营养元素如钙、锌、维生素等含量与标准值相比还具有较大的差距,但是某些元素如铁元素的含量却超过标准值。而且大多数的主要的营养成分含量是出于不断的上升的状态而且上升的幅度不大,说明最后的居民的摄入量会趋近于一种稳定状态。

就营养状况的改善方面来说,中国目前居民的营养健康状况还是处于一种亚健康的状态。随着居民生活水平的不断提高,居民对食物的消费不断提高,对食物的质量的要求不断提高,而不仅仅再局限与温饱问题。数据表明虽有我国居民的营养健康状况不断的提高和改善,但是就目前的健康状况而言还是没有达到一种比较理想的状态,这与我们当前居民存在对营养知识的缺乏和饮食结构的不合理的情况相符合。

进一步利用基于加速遗传算法的投影寻踪等级评价模型 AGA-PPGE 对具体每一年的营养状况进行评价。

#### 5.4.3 AGA-PPGE 的建立

**步骤 1:** 评价指标值的标准化处理。设样本集为  $\{x^*(I, j) | I=1 \sim n, j=1 \sim p\}$ 。其中  $x^*(I, j)$  为第  $i$  个样本第  $j$  个指标值。为消除各指标值的量纲和统一各指标值的变化范围,可采用下式进行标准化处理<sup>[15]</sup>:

$$x(i, j) = \frac{x^*(i, j) - EX(j)}{SX(j)} \quad (4-1)$$

式中,  $Ex(j)$ 、 $Sx(j)$  分别为原第  $j$  个评价指标  $\{x^*(j, i) | i=1 \sim n\}$  的均值和标准差。

**步骤 2:** 构造投影指标函数。 $PP$  方法就是把  $p$  维数据  $\{x^*(I, j) | j=1 \sim p\}$  综合成以  $a = (a(1), a(2), \dots, a(p))$  为投影方向的一维投影值  $z(i)$  :

$$z(i) = \sum_{j=1}^p a(j)x(i, j) \quad (4-2)$$

式中,  $a$  为单位长度向量。在综合投影值时,要求投影值  $z(i)$  应尽可能多地提取  $\{x(j, i)\}$  中的变异信息,即  $z(i)$  的标准差  $Sz$  达到尽可能大,同时要求  $z(i)$  与已知标准等值  $y(i)$  的相关系数的绝对值  $|R_{zy}|$  达到尽可能大。为此,投影指标函数可构造为:

$$Q(a) = Sz | Rzy \quad (4-3)$$

$$Sz = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (z(i) - Ez)^2}{n-1}} \quad (4-4)$$

$$R_{ZY} = \frac{\sum_{i=1}^n (z(i) - Ez)(y(i) - Ey)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (z(i) - Ez)^2 \sum_{i=1}^n (y(i) - Ey)^2}} \quad (4-5)$$

**步骤 3:** 优化投影指标函数。当给定标准等级及其评价指标的样本数据  $\{y(i) | i = 1 \sim n\}$  和  $\{x^*(j, i) | j = 1 \sim p, i = 1 \sim n\}$  时, 投影指标函数  $Q(a)$  只随投影方向  $a$  的变化而变化。不同的投影方向反映不同的数据结构特征, 最佳投影方向就是最大可能暴露高维数据某类特征结构的投影方向。可通过求解投影指标函数最大化问题来估计最佳投影方向 :

$$\max Q(a) = Sz | Rzy \quad (4-6)$$

这是一个以  $\{a(j) | j = 1 \sim p\}$  为优化变量的复杂的非线性优化问题, 用 AGA 可方便地求解上述优化问题。

**步骤 4:** 建立投影寻踪等级评价模型<sup>[13]</sup>。把由步骤 3 求得的最佳投影方向的估计值  $a^*$  代入投影值公式后, 得第  $i$  个样本投影值的计算值  $z^*(i)$ , 根据  $z^*(i) \sim y(i)$  的散点图建立相应的等级评价模型。 $z^*(i)$  与  $y(i)$  之间一般呈单调非降关系, 当  $z^*(i)$  值超过某门限值时就判定为最高等级(N 级), 当指标值低于另门限值时就判定为最低等级(1 级), 当  $z^*(i)$  值介于这两门限值之间时则为中等等级, 可用逻辑斯谛曲线来描述<sup>[14]</sup>:

$$y^*(i) = \frac{N}{1 + e^{c(1)-c(2)z^*(i)}} \quad (4-7)$$

式中  $y^*(i)$  为第  $i$  个样本等级的计算值; 模型参数  $c(1)$ 、 $c(2)$  分别为积分常数和增长率, 可通过求解如下优化问题来确定:

$$\min F(c(1), c(2)) = \sum_{i=1}^n (y^*(i) - y(i))^2 \quad (4-8)$$

#### 5.4.4 模型的求解

通过查阅相关营养学的资料, 以各种营养元素的标准值作为基准, 制定营养元素的评价等级表, 其中部分营养元素的等级评价表如下:

表 营养元素评价等级表

| 评价指标      | 标准值    | 等级       |                |               |               |               |
|-----------|--------|----------|----------------|---------------|---------------|---------------|
|           |        | 一        | 二              | 三             | 四             | 五             |
| 铁量<br>/mg | 17.54  | >22.80   |                |               |               |               |
|           |        | or       | 12.28-22.80    | 15.78-19.29   | 16.66-18.42   | 17.01-18.06   |
|           |        | <12.28   |                |               |               |               |
| 锌量<br>/mg | 14.97  | >19.46   |                |               |               |               |
|           |        | or       | 10.48-19.46    | 13.47-16.46   | 14.22-15.72   | 14.52-15.42   |
|           |        | <10.48   |                |               |               |               |
| 钙量        | 878.73 | >1142.35 | 615.11-1142.35 | 790.86-966.61 | 834.80-922.67 | 852.37-905.09 |

|       |          |    |                 |                 |                 |                 |
|-------|----------|----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| /mg   | or       |    |                 |                 |                 |                 |
|       | <615.11  |    |                 |                 |                 |                 |
|       | >2541.77 |    |                 |                 |                 |                 |
| 钾量    | 1955.21  | or | 1368.64-2541.77 | 1759.69-2150.73 | 1857.45-2052.97 | 1896.55-2013.86 |
| /mg   | <1368.64 |    |                 |                 |                 |                 |
| 维生    | >951.82  |    |                 |                 |                 |                 |
| 素     | 732.17   | or | 512.52-951.82   | 658.95-805.39   | 695.56-768.78   | 710.21-754.14   |
| A/ug  | <512.52  |    |                 |                 |                 |                 |
| 维生    | >16.06   |    |                 |                 |                 |                 |
| 素     | 12.35    | or | <8.65           | 8.65-16.06      | 11.12-13.59     | 11.74-12.97     |
| E/mg  | >1.63 or |    |                 |                 |                 |                 |
| 维生    | <0.88    |    |                 |                 |                 |                 |
| 素     | 1.25     |    | 0.88-1.63       | 1.13-1.38       | 1.19-1.31       | 1.21-1.29       |
| B1/mg | >1.65 or |    |                 |                 |                 |                 |
| 维生    | <0.89    |    |                 |                 |                 |                 |
| 素     | 1.27     |    | 0.89-1.65       | 1.14-1.40       | 1.21-1.33       | 1.23-1.31       |
| B2/mg |          |    |                 |                 |                 |                 |

利用 MATLAB 编程求解出（具体程序见附录 2）

表 25 营养成分摄入等级的标准值和 PPGE 模型的计算值的对比结果

|     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 年份  | 2004  | 2005  | 2006  | 2007  | 2008  | 2018  | 2019  | 2020  | 2013  |
| 投影值 | -7.30 | -6.65 | -5.33 | -4.61 | -3.64 | -2.28 | -1.10 | -0.32 | 0.46  |
| 标准值 | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 2     | 2     | 2     | 3     |
| 计算值 | 0.001 | 0.002 | 0.010 | 0.025 | 0.083 | 0.419 | 1.421 | 2.552 | 3.663 |
| 年份  | 2011  | 2012  | 2015  | 2016  | 2017  | 2009  | 2010  | 2014  |       |
| 投影值 | 1.24  | 2.02  | 2.80  | 3.58  | 4.35  | 5.13  | 5.91  | 6.69  |       |
| 标准值 | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 5     | 5     | 5     |       |
| 计算值 | 4.390 | 4.749 | 4.901 | 4.962 | 4.985 | 4.994 | 4.998 | 4.999 |       |

计算值越大表明评价得分越高，即是说明营养健康状况越好。

具体的营养成分摄入投影值以及投影值和标准营养摄入等级的散点图如图所示：

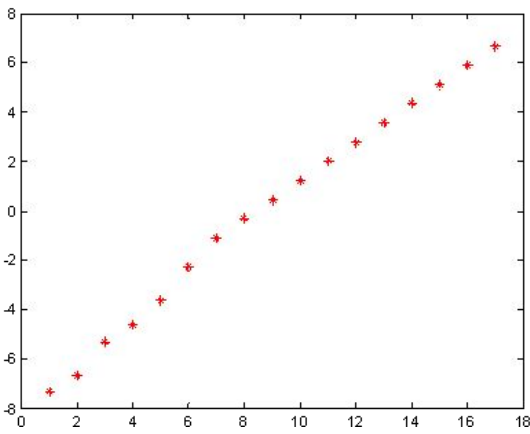


图 10 营养成分摄入投影值

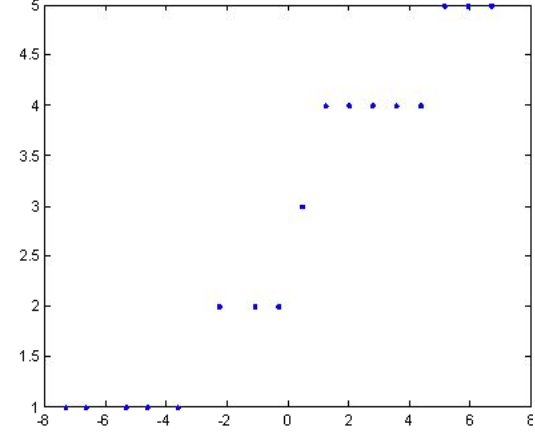


图 11 投影值和标准营养摄入等级的散点图

图表明，可用 *logistic* 曲线来描述  $z^*(i)$  与  $y(i)$  间的关系，其中参数  $N=5$ ， $c(1)$ 、 $c(2)$  通过用 AGA 优化估计，这样得到的中国居民目前矿物质、维生素、膳食纤维等营养的年摄入水平等级的 PPGE 模型为

$$y^*(i) = \frac{5}{1 + e^{-0.4357 - 1.2404 \cdot z^*(i)}} \quad (4-9)$$

对应的函数的曲线图

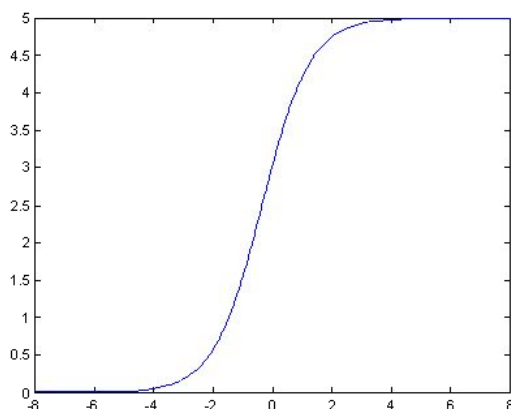


图 12 对应 *logistic* 函数曲线图

根据水果和蔬菜近期的消费趋势变化在 2004 到 2017 年之间居民的矿物质、维生素、膳食纤维等营养的年摄入水平在整体趋势上是处于一种的上升并且趋于一种稳定状态，但是就目前的不进行干预的情况下，居民的矿物质、维生素、膳食纤维等营养的年摄入水平在 2017 之后会不断下降。根据 2014 年的计算值和 2020 年的计算值相比，2020 年的国居民的人体营养健康状况是趋于恶化。

#### 5.4.5 结果的分析

由于经济的不断发展导致我国居民的膳食结构向“富裕型”转变。Perisse 等人对人均国民生产总值（GDP）与食物结构进行了研究，表明 GDP 水平高的国家的居民膳食能量主要来自于动物性脂肪的转化，蛋白质功能比例的相对一致。我国目前的国情正处于社会主义初级阶段，正实现温饱社会向全面小康社会的过渡阶段。我国居民的膳食结构水平近年发生改变，粮谷类的和膳食纤维的食品消费量降低，相反动物性和豆类的高能量，高脂肪，高蛋白的消费量不断增加，表明居民生活水平的提高，由于经济收入对相对价格较高的动物性食品消费的产生的收入效应增强，膳食的需求弹性降低。另外我国居民目前都存在一些比较严重的营养误区和营养知识缺乏问题，导致目前膳食结构失调。

在目前不进行干预的情况下，我国居民营养健康水平的随着社会的不断发展而不断提高，但是发展到一定水平之后，根据恩格尔系数，食品消费所占的比重不断下降，经济收入对食品消费的影响减弱，经济收入不再是制约消费者消费选择的主要因素，对于食品的消费主要取决于居民的营养消费理念。而在目前这种情况没有得到解决，并且伴随着社会的不断发展，这种营养消费理念对居民消费的主导影响会加强，从而目前所遗留的营养误区和营养知识缺乏问题会导致居民的营养健康水平趋向于恶化。根据目前的发展趋势我国居民营养健康水平到 2020 年是趋向于恶化。为了避免这种情况的发生，政府应该大力宣传营养消费理念，加强有关营养知识方面的教育；对食物消费行为进行正确地引导，并且制定更为科学的膳食结构的指导方案，以便于居民理解和实行。以此提高我国目前的国民营养健康水平，提升我国的综合国力。

### 5.5 基于健康营养需要的消费品选择问题

#### 5.5.1 问题分析

参考营养学角度的食物交换法，按照营养价值相等的原则，在受经济条件限制的情况，进行交通变换，本部分主要考虑利用因子分析的数学手段，先找出适当数量的公共因子，然后根据蔬菜和水果的因子得分，将主要的水果和蔬菜按照其所含主要营养素的近似值归类，从而寻找出可以水果和蔬菜中可以相互替代的关系，在满足人体的营养需求的前提下，利用水果和蔬菜之间相互替代的关系，降低消费者的购买成本。

### 5.5.2 模型的建立

以消费成本作为目标函数，以购买水果和蔬菜的营养摄入满足营养健康要求作为约束条件，建立目标函数优化模型。

消费成本主要取决于购买的蔬菜和水果的品种的价格和购买量，本题所要解决的问题是提供主要的水果和蔬菜产品的按年度合理人均消费量，但是在实际生活中每天选取同样的品种水果和蔬菜的情况并不实际，所以本题转为求解出每天为了满足实际的营养摄入量的要求而需要选取的品种。建立相应的目标函数模型：

目标函数：

$$\min = \sum_{i=1}^n (P_i \times \text{cost}_i) \quad (5-1)$$

约束条件为：

$$s.t. \begin{cases} 0 \leq \text{cost}_i \leq 1 \\ 0.8 * \text{std}_j \leq \sum_{i=1}^n 5 * \text{cost}_i * \text{lab}_{(i,j)} \leq 1.2 * \text{std}_j \end{cases}$$

其中  $P_i$ ,  $\text{cost}_i$  为第  $i$  种水果或者蔬菜的价格和人均每天的消费量， $\text{std}_j$  为每一种营养元素的标准含量（主要是参考第二问中计算出的人均营养摄入量的参考值）。由于本题主要是对于蔬菜和水果的研究，而营养成分中的能量、蛋白质，维生素 B6、泛酸、生物素等主要来自于主食和动物性食物，矿物质元素钠的主要来源是食盐中摄取，所以在本次研究中参考价值不大，所以在原有的标准参考量中进行剔除。出于实际问题的考虑，要使得每一种营养元素都满足要求的情况基本不存在，所以对约束条件中含量这一约束进行松弛，认为在营养元素标准量前后 20% 的波动的即是营养元素的合理区间。

### 5.5.3 模型的求解

通过网上数据的查找和对周边市场上蔬菜水果价格的调查整理出主要水果和蔬菜的市场零售价格。利用 lingo 软件编程求解目标规划问题（相应的程序代码见附录 3）

得出当前约束条件最优的情况：

表26 最优蔬菜和水果配比方案表

| 食物      | 购买量(斤) | 单价(元)   |
|---------|--------|---------|
| 萝卜      | 0.329  | 1.2     |
| 蘑菇      | 0.032  | 7.28    |
| 木耳      | 0.017  | 3.5     |
| 香菇      | 0.186  | 8.88    |
| 李子      | 0.096  | 4.3     |
| 菠萝      | 0.368  | 3.2     |
| 山楂      | 0.304  | 3.5     |
| 火龙果     | 0.717  | 7.28    |
| 总价(每日)  |        | 10.47   |
| 年度人均消费量 |        | 3821.55 |

以上计算出的是目前人均日消费量最优的一种水果和蔬菜的选取,但是考虑实际过程中的搭配问题和经济条件的约束,可以在牺牲目前的少量的营养摄入量的前提下比较大幅度的降低实际消费的成本,即是以较低的营养损失换取较大的成本的节省。

为了降低成本,根据现代营养学中的食物交换份法,首先计算出营养价值含量比较接近的水果和蔬菜,然后根据类似营养价值的水果和素菜的价格比较,选取性价比较高的一种蔬菜水果对原有的蔬菜水果进行替代。

为了解决水果之间的相互替代作用,利用数学中的因子分析,提取公共因子,得出每个公共因子所代表的营养成分。之后根据每种蔬菜结果的因子得分,对于因子得分比较相近的水果和蔬菜即表明这两个或者多个品种有着较好的相互替代性,并且可以得出这一类水果蔬菜所蕴含的主要的营养成分,这样不仅仅可以实现食品交换份法中以水果代替水果和以蔬菜代替蔬菜,还能够根据主要的营养成分,实现蔬菜和水果的相互替代。利用 SAS 软件求解出蔬菜和水果的公共因子和因子得分(相关的程序见附录 4)

表 27 蔬菜因子得分系数结果

|        | Factor1  | Factor2  | Factor3  | Factor4  |
|--------|----------|----------|----------|----------|
| 能量     | 0.09581  | 0.04919  | -0.02523 | -0.02277 |
| 蛋白质    | 0.14021  | -0.04629 | 0.0082   | -0.04797 |
| 脂肪     | 0.10668  | -0.00553 | -0.0221  | 0.26219  |
| 胆固醇    | 0        | 0        | 0        | 0        |
| 膳食纤维   | 0.06914  | 0.09004  | -0.00946 | -0.15339 |
| 碳水化合物  | 0.0627   | 0.1084   | -0.04183 | -0.06633 |
| 维生素 A  | -0.04171 | 0.08248  | -0.02232 | 0.64319  |
| 维生素 B1 | 0.07478  | 0.05667  | -0.05229 | -0.29617 |
| 维生素 B2 | 0.16981  | -0.11554 | 0.01405  | -0.08707 |
| 维生素 B3 | 0.19041  | -0.17119 | 0.00735  | 0.06882  |
| 维生素 C  | 0.02614  | -0.0822  | -0.30497 | -0.14352 |
| 维生素 E  | -0.12059 | 0.39406  | -0.16727 | 0.23007  |
| 钠      | -0.01002 | -0.13214 | 0.7492   | -0.09737 |
| 钙      | -0.06938 | 0.23116  | 0.28436  | 0.05509  |
| 铁      | -0.129   | 0.40072  | -0.05363 | -0.03579 |
| 锌      | 0.16266  | -0.10587 | 0.03314  | -0.13444 |
| 硒      | 0.13223  | -0.08499 | 0.00323  | 0.30522  |

对于上述表格显示数据分析可以得出第一公共因子  $F_1$  主要体现能量、蛋白质、锌、维生素 B2 和维生素 B3; 第二公共因子  $F_2$  主要体现碳水化合物和铁; 第三公共因子  $F_3$  主要体现维生素 C、维生素 E、钠和钙; 第四公共因子  $F_4$  主要体现脂肪、膳食纤维、维生素 A、维生素 B1 和硒; 根据以上得到的因子得分矩阵, 可以计算各个样本四个因子的得分。因子得分如下:

表28 主要蔬菜品种因子得分

| 品种  | Factor1 | Factor2 | Factor3 | Factor4 | 品种  | Factor1 | Factor2 | Factor3 | Factor4 |
|-----|---------|---------|---------|---------|-----|---------|---------|---------|---------|
| 胡萝卜 | -0.405  | 0.111   | -0.059  | 2.183   | 冬瓜  | -0.377  | -0.434  | -0.097  | -0.181  |
| 萝卜  | -0.357  | -0.149  | 0.067   | -0.293  | 西红柿 | -0.317  | -0.343  | -0.225  | -0.014  |
| 竹笋  | -0.129  | -0.382  | -0.007  | -0.654  | 青椒  | -0.207  | -0.474  | -0.920  | -0.444  |



|     |        |        |        |        |    |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|----|--------|--------|--------|--------|
| 大白菜 | -0.250 | -0.205 | -0.343 | -0.547 | 茄子 | -0.712 | 1.013  | -0.449 | 0.594  |
| 菠菜  | -0.333 | 0.153  | -0.197 | 1.405  | 黄瓜 | -0.361 | -0.312 | 0.044  | -0.147 |
| 菜花  | -0.153 | -0.562 | -0.795 | -0.698 | 苦瓜 | -0.251 | -0.481 | -0.811 | -0.610 |
| 韭菜  | -0.265 | -0.156 | -0.168 | 0.655  | 南瓜 | -0.342 | -0.253 | -0.017 | 0.237  |
| 芹菜  | -0.425 | -0.037 | 0.101  | -0.043 | 丝瓜 | -0.301 | -0.370 | 0.064  | -0.142 |
| 生菜  | -0.390 | -0.104 | -0.019 | 0.920  | 土豆 | 0.050  | -0.246 | -0.471 | -0.854 |
| 蒜苗  | -0.017 | -0.204 | -0.504 | -0.775 | 榨菜 | -0.410 | -0.378 | 4.663  | -0.314 |
| 小白菜 | -0.386 | -0.010 | 0.095  | 0.797  | 蘑菇 | 3.588  | -0.059 | 0.059  | 2.504  |
| 油菜  | -0.285 | 0.002  | 0.019  | 0.012  | 木耳 | 0.226  | 4.664  | 0.122  | -0.820 |
| 圆白菜 | -0.274 | -0.327 | -0.331 | -0.440 | 香菇 | 3.082  | -0.456 | 0.182  | -2.331 |

据上表可以看出，对于因子 F<sub>1</sub>，蘑菇和香菇的得分相对较高，说明此类蔬菜的能量、蛋白质、锌、维生素 B<sub>2</sub>和维生素 B<sub>3</sub>含量丰富；对于因子 F<sub>2</sub>，茄子和木耳的得分相对较高，说明此类蔬菜的碳水化合物和铁含量相对较高；以此类推，菜花、青椒、苦瓜和榨菜的维生素 C、维生素 E、钠和钙的含量高，其中榨菜尤为显著。胡萝卜、菠菜、生菜、土豆、蘑菇和香菇的脂肪、膳食纤维、维生素 A、维生素 B<sub>1</sub>和硒的含量较高。

同样提取水果的公共因子下表为针对水果因子分析得到的因子得分结果：

表 29 主要水果因子得分系数结果

|        | Factor1  | Factor2  | Factor3  | Factor4  | Factor5  | Factor6  |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| A (微克) | -0.01952 | -0.00454 | -0.03075 | -0.02549 | -0.02598 | -0.24331 |
| B1     | -0.00806 | 0.23605  | -0.08044 | -0.03369 | 0.04119  | -0.03875 |
| B2     | -0.05049 | 0.28647  | -0.05599 | -0.04661 | 0.04574  | -0.10513 |
| B6     | -0.05417 | 0.2545   | 0.11407  | -0.11621 | 0.00746  | -0.00143 |
| B12    | -0.02303 | -0.0132  | -0.03349 | -0.02272 | -0.17078 | 0.02554  |
| C      | -0.02462 | -0.02393 | 0.43911  | 0.05416  | 0.01034  | -0.0202  |
| E      | -0.02064 | 0.04525  | -0.03823 | -0.02144 | 0.50706  | -0.05105 |
| 生物素    | -0.09267 | 0.03608  | 0.00231  | -0.07028 | 0.1094   | 0.36198  |
| P (微克) | -0.07391 | -0.04228 | -0.08686 | 0.36848  | 0.13803  | 0.08142  |
| 胡萝卜素   | -0.01789 | 0.01034  | 0.07116  | -0.21941 | 0.01566  | -0.10253 |
| 叶酸     | -0.06436 | 0.15151  | 0.0194   | 0.26063  | -0.07999 | 0.03118  |
| 泛酸     | -0.03915 | -0.01875 | 0.05597  | 0.42579  | -0.08142 | -0.04807 |
| 烟酸     | -0.02511 | 0.24684  | -0.02662 | 0.03438  | 0.02537  | 0.10125  |
| 钙      | -0.01053 | -0.02465 | -0.00413 | 0.01182  | 0.47024  | 0.01217  |
| 铁      | -0.00138 | -0.05255 | -0.03953 | 0.12694  | -0.16771 | 0.53608  |
| 磷      | 0.18646  | -0.01935 | 0.16174  | -0.00109 | -0.01857 | 0.16953  |
| 钾      | 0.16478  | 0.14825  | -0.0084  | -0.15714 | 0.04309  | 0.17189  |
| 钠      | 0.2572   | -0.02582 | -0.05592 | -0.03315 | -0.09253 | -0.08298 |
| 铜      | 0.00862  | 0.00293  | 0.46548  | -0.16322 | 0.02126  | 0.02667  |
| 镁      | 0.24402  | -0.02508 | 0.00596  | -0.02609 | -0.02727 | 0.09486  |
| 锌 (微克) | 0.16142  | -0.10277 | -0.00709 | 0.28414  | 0.15686  | -0.204   |
| 硒 (微克) | 0.25984  | -0.07012 | -0.05207 | -0.03113 | 0.08665  | -0.12614 |

与蔬菜的分析方法类似，第一公共因子 F<sub>1</sub> 主要体现磷、钾、钠、镁、锌和硒的含量；第二公共因子 F<sub>2</sub> 主要体现维生素 B<sub>1</sub>、维生素 B<sub>2</sub>、维生素 B<sub>6</sub>、叶酸和烟酸的含量；第三公共因子 F<sub>3</sub> 主要体现维生素 C 和铜的含量；第四公共因子 F<sub>4</sub> 主要体现维生素 P 和泛酸的含量；第五公共因子 F<sub>5</sub> 主要体现维生素 B<sub>12</sub>、维生素 E、生物素和钙的含量；第六公共因子 F<sub>6</sub> 主要体现维生素 A 和铁的含量。再在此基础上计算各个样本对与六个因子的得分，得出的结果如下：

表30 部分品种水果的因子得分

| 水果品种 | Factor1  | Factor2  | Factor3  | Factor4  | Factor5  | Factor6  |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 苹果   | -0.89327 | -0.62972 | 0.15269  | -2.00693 | 0.01119  | -0.99051 |
| 梨    | -0.46016 | -0.53899 | -0.37128 | -0.6862  | -0.2561  | 0.02506  |
| 桃子   | -0.51932 | -0.20906 | -0.28673 | -0.48361 | -0.31765 | 0.25486  |
| 杏子   | -0.36511 | -0.17541 | -0.32548 | 0.10236  | -0.18892 | -0.0921  |
| 李子   | -0.61371 | -0.3539  | -0.5486  | -0.4014  | -1.59343 | 0.00314  |
| 葡萄   | -0.652   | -0.37029 | -0.32237 | -0.75778 | -0.35532 | -0.25767 |
| 香蕉   | 0.41909  | 1.54855  | 0.59454  | -0.94724 | 0.05054  | 1.17105  |
| 草莓   | -0.64891 | 0.0619   | -0.10919 | 0.18826  | -0.44817 | 2.52488  |
| 橙子   | -0.6846  | -0.15581 | -0.39481 | 0.82759  | 0.1813   | 0.5064   |
| 柑橘   | -0.24847 | -0.46284 | -0.39572 | 0.37958  | 0.63726  | -0.279   |
| 柚子   | -0.30511 | 0.68493  | -0.10425 | 1.0516   | 0.96397  | -0.49599 |
| 西瓜   | -0.59842 | -0.30781 | -0.34324 | -0.5726  | -0.55287 | -0.68639 |
| 哈密瓜  | 0.29855  | 0.20645  | -0.2581  | -0.60026 | -0.68011 | -0.16338 |
| 桑葚   | -0.07527 | 0.12491  | -0.26088 | 0.38802  | 3.12189  | -0.34504 |
| 柿子   | -0.34948 | -0.35086 | -0.01099 | -0.44711 | -0.2897  | 0.30556  |
| 大枣   | 0.2542   | 0.49621  | 1.29911  | 4.07557  | -0.37996 | -0.39422 |

由因子得分结果可知：椰子和火龙果在因子 F<sub>1</sub> 中的分值明显高于其它水果，这就说明相对于其它水果而言，这两种水果的磷、钾、钠、镁、锌和硒的含量会相对丰富；以此类推，香蕉、龙眼和榴莲的维生素 B<sub>1</sub>、维生素 B<sub>2</sub>、维生素 B<sub>6</sub>、叶酸和烟酸的含量较高；猕猴桃的维生素 C 和铜的含量优于其它水果；柚子、大枣、荔枝和柠檬它们的维生素 P 和泛酸的含量较高，其中大枣的综合含量是最高的；对于李子、桑葚和山楂的维生素 B<sub>12</sub>、维生素 E、生物素和钙的含量较为突出；在维生素 A 和铁的含量方面，草莓和芒果这两种水果是比较好的选择。

综合以上水果和蔬菜的因子分析结果可知：

①蔬菜中普遍缺少的磷、钾、铜、镁等人体必要的金属元素在水果中能得到很好的补充，椰子和火龙果在此方面的效果会较好。柚子、大枣、荔枝和柠檬也能很好地补充蔬菜在维生素 P 和泛酸方面的不足。

②对于大部分水果来说，能量、蛋白质以及脂肪的含量都不会太高，蘑菇和香菇两种菌类的能量、蛋白质、脂肪、维生素 B<sub>2</sub> 和维生素 B<sub>3</sub> 含量丰富，填补了水果在蛋白质和脂肪方面的“空白”。很多蔬菜能够提供大量的膳食纤维，这也是很多水果的“软肋”，胡萝卜、菠菜、生菜等蔬菜的膳食纤维比较丰富。

③我们知道，水果与水果之间、蔬菜与蔬菜之间、水果与蔬菜之间从营养学角度在一定程度上可以相互替代、相互补充。在维生素方面，蘑菇和香菇能与香蕉、龙眼和榴莲在一定程度上相互替代，而且前者能补充后者在蛋白质和能量方面的不足，后者能补充前者在叶酸和烟酸等酸类方面的缺陷。特别对于维生素 C，菜花、青椒、苦瓜和榨菜能与猕猴桃相互替代。对于钠和钙这两种与健康息息相关的金属元素，菜花、苦瓜这两种蔬菜与李子、桑葚和山楂这些水果都有较丰富的含量。

分析得出蔬菜和水果之间的部分相互替代的关系如表 31 所示：

表31 部分水果蔬菜相关营养成分替代表

|               | 蔬菜                 | 水果         |
|---------------|--------------------|------------|
| 蛋白质           | 蘑菇和香菇              | —          |
| 脂肪、膳食纤维       | 胡萝卜、菠菜、生菜、土豆、蘑菇和香菇 | —          |
| 磷、钾、钠、镁       | —                  | 椰子和火龙果     |
| 叶酸和烟酸         | —                  | 榴莲         |
| 维生素 A         | 胡萝卜、菠菜、生菜          | 草莓和芒果      |
| 维生素 B1、维生素 B2 | 胡萝卜、香菇、生菜          | 香蕉、龙眼和榴莲   |
| 维生素 C         | 菜花、青椒、苦瓜和榨菜        | 猕猴桃        |
| 钙             | 菠菜、芹菜和胡萝卜          | 李子、桑葚、梨和西瓜 |

参考实际的蔬菜水果的价目表，根据建立优化模型求解出的方案为每天消费的蔬菜和水果的品种为萝卜、蘑菇、木耳、香菇、李子、菠萝、山楂、火龙果。人均的实际消费量 60.0425 5.84 3.1025 33.945 17.52 67.16 55.48 130.8525（单位：千克）为但是考虑到实际生活中市场供给，比如菠萝，这种具有较强季节性的水果，在不应季的情况下，价格会上升很快，所以根据因子得分的结果综合考虑实际的供需关系从而确定消费的水果和蔬菜的品种，对于像菠萝和火龙果这种季节和区域供给的水果根据因子得分表使用一些像苹果和梨这种比较常见普遍的水果进行替代。蔬菜方面的也是同样的，考虑市场的季节和区域供给差异，根据实际情况参考营养成分的因子得分表进行合理的替代<sup>[12]</sup>。

## 5.6 果蔬生产规模的战略性调整问题

### 5.6.1 问题分析

充分考虑人体营养均衡，居民购买成本，种植者获得收益和进出口和土地面积等多方面因素建立目标规划函数。对于进出口的考虑主要是贸易顺差尽可能大，主要是为了扩大我国蔬果在国际市场的影响力，另外由于目前的土地流失问题严重，为了保证土地资源，保证每一年的土地的变化量相比于上一年的减少量要尽可能的少。综合考虑五方面的因素，建立目标规划，求解出每年主要果蔬的消费量，并且进行预测，从而根据目前的种植情况进行战略调整以满足未来市场需求<sup>[7]</sup>。

### 5.6.2 目标规划模型的建立

在建立目标函数的过程中，首先考虑居民的营养摄入情况，因为在目前的经济社会中人力资源的重要性越来越突出，而影响人力资源的首要原因就是居民的营养健康状况，所以在多个目标函数之中，居民果蔬营养摄入量列为第一优先级。

建立目标函数：

由于实际过程中要完全达到标准值是难以实现的，所以通过查阅相关营养学的资料得出<sup>[9]</sup>，在标准值的上下 20%的波动范围内即为合理。

$$\sum_{i=1}^n (x_{ij} * \cos t_i) + d_1^- - d_1^+ = 0.8 * std_j \quad (6-1)$$

$$\sum_{i=1}^n (x_{ij} * \cos t_i) - d_2^- + d_2^+ = 1.2 * std_j \quad (6-2)$$

其次为了保证居民的健康营养,保证每天的蔬菜水果的营养摄入量就必须考虑居民消费的成本问题,使得居民在经济条件制约下,以较低的消费成本获取较高的营养摄入量。

$$\sum_{i=1}^n (S_i * \cos t_i) + d_3^- - d_3^+ = N \quad (6-3)$$

为了保证市场蔬菜水果的供应量,需要考虑农民的种植收入,保证农民的种植收入尽可能大,才能保持农民种植的积极性,从而保证市场果蔬的供应量。

$$\sum_{i=1}^n (R_i * P_i) + d_4^- - d_4^+ = M \quad (6-4)$$

考虑蔬菜和水果从生产环节到零售环节的损失,要保证果蔬产业的运行效率,需要果蔬的损失尽可能的小。

$$\sum_{i=1}^n (l_i * P_i) + d_5^- - d_5^+ = w \quad (6-5)$$

考虑国际市场的影响率,保证贸易顺差尽可能的大。

$$\sum_{i=1}^n [(OP_i - IP_i) * Z_i] + d_6^- - d_6^+ = T \quad (6-6)$$

考虑中国目前的土地流失问题,为了保护土地资源使得土地的相对于上一年的减少尽可能小。

$$\sum_{i=1}^n (A_{it} - A_{i,t-1})^2 + d_7^- - d_7^+ = 0 \quad (6-7)$$

从而六个目标规划模型为:

$$\min z = p_1(d_1^- + d_2^+) + p_2 d_3^- + p_3(d_4^- + d_4^+) + p_4 d_5^- + p_5 d_6^- + p_6(d_7^- + d_7^+)$$

约束条件:

$$s, t \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n (x_{ij} * \text{cost}_i) + d_1^- - d_1^+ = 0.8 * \text{std}_j \\ \sum_{i=1}^n (x_{ij} * \text{cost}_i) - d_2^- + d_2^+ = 1.2 * \text{std}_j \\ \sum_{i=1}^n (S_i * \text{cost}_i) + d_3^- - d_3^+ = N \\ \sum_{i=1}^n (R_i * P_i) + d_4^- - d_4^+ = M \\ \sum_{i=1}^n (l_i * P_i) + d_5^- - d_5^+ = w \\ \sum_{i=1}^n [(OP_i - IP_i) * Z_i] + d_6^- - d_6^+ = T \\ \sum_{i=1}^n (A_{it} - A_{i,t-1})^2 + d_7^- - d_7^+ = 0 \end{array} \right. \quad (6-8)$$

式中  $n$  表示水果蔬菜的种类,  $i$  表示第  $i$  种水果蔬菜,  $j$  表示  $j$  种营养元素,  $\text{std}_j$  表示第  $j$  种营养元素的参考值,  $x_{ij}$  表示第  $i$  种水果或者蔬菜的第  $j$  种元素的含量,  $\text{cost}_i$ ,  $P_i$ ,  $S_i$ ,  $R_i$ ,  $l_i$ ,  $OP_i$ ,  $IP_i$  表示第  $i$  种果蔬的消费量和生产产量, 市场零售价格和收购价格, 损失率, 进口量, 出口量。  $N$ ,  $M$ ,  $w$ ,  $T$  分别为最低购买成本和最高收益, 最低损失量, 最佳贸易顺差。  $A_{it}$  为第  $i$  种果树第  $t$  年的种植面积。

### 5.6.3 目标规划模型的求解

利用 lingo 软件求解出, 在综合考虑各方面的因素求解出中国居民主要的水果和蔬菜产品的消费的搭配方案:

表 32 搭配方案表

| 食物      | 购买量(斤) | 单价(元)   |
|---------|--------|---------|
| 胡萝卜     | 0.064  | 2.88    |
| 蘑菇      | 0.030  | 7.28    |
| 木耳      | 0.008  | 3.5     |
| 香菇      | 0.214  | 8.88    |
| 李子      | 0.097  | 4.3     |
| 葡萄      | 0.904  | 5.8     |
| 香蕉      | 0.015  | 5.58    |
| 菠萝      | 0.546  | 3.2     |
| 山楂      | 0.359  | 3.5     |
| 椰子      | 0.320  | 2.8     |
| 总价(每日)  |        | 13.95   |
| 年度人均消费量 |        | 5091.75 |

同样的实际生活中可以参考问题二中的蔬菜, 可以看出综合考虑多方因素之后最佳的搭配方案发生变化:

表 33 2004-2011 年主要果蔬的消费量的变化情况

| 年份   | 水果        | 环比增长速度 | 蔬菜        | 环比增长速度 |
|------|-----------|--------|-----------|--------|
| 2004 | 13681.576 |        | 44051.728 |        |

|      |           |             |           |              |
|------|-----------|-------------|-----------|--------------|
| 2005 | 14509.032 | 0.060479582 | 45161.192 | 0.025185482  |
| 2006 | 15376.152 | 0.059764152 | 43162.44  | -0.044258176 |
| 2007 | 16316.408 | 0.06115028  | 45161.632 | 0.046317863  |
| 2008 | 17121.16  | 0.04932164  | 47392.28  | 0.049392546  |
| 2009 | 18214.544 | 0.063861561 | 49459.048 | 0.043609803  |
| 2010 | 19245.472 | 0.056599166 | 52079.528 | 0.052982823  |
| 2011 | 20074.432 | 0.043072989 | 54343.736 | 0.04347597   |

具体的直观变化趋势图如图所示：

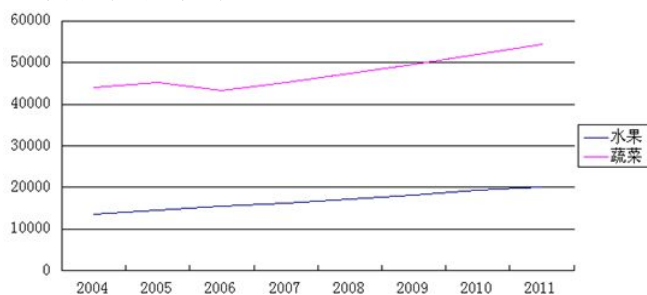


图 13 蔬菜和水果消费量发展趋势图

#### 5.6.4 图表结论与分析

可以直观的看出蔬菜的增长趋势大于水果的增长趋势，而且通过环比增长速度可以定量的反映蔬菜的增长趋势不断扩大<sup>[6]</sup>。表明我国的居民对水果和蔬菜类的食物消费增加，而且蔬菜的增加幅度之所以大于水果的增长的幅度，借助三问中的因子得分表，按照现代营养学中的食物交换份法，蔬菜与水果之间可以相互替换。另外在实际的生活生产当中，蔬菜的生长周期相比较水果而言更短，种植的回本和利润的赚取时间更短，降低了种植的风险，因此相比于水果，种植者更加偏好于蔬菜的种植。从消费者的角度而言，蔬菜与水果相比，具有更高的性价比，即是相同的营养成分，通过蔬菜获取的成本更低。而且蔬菜是属于一年多生对土地的利用率更高。所以在未来的 2020 年，中国应该适当的扩大蔬菜的种植面积与水果种植面积的比率。对于具体的水果和蔬菜品种的选择主要根据各个地区的实际生产条件和市场而定。

### 6. 相应的政策建议

在对于未来蔬菜和水果的消费量的预测量中发现蔬菜 and 水果从种植到零售市场的中间环节的折损率比较厉害，表明我国目前的蔬菜水果产业的发展的中间环节还存在着比较严重的问题，国家政府应该加大对蔬菜和水果产业的管理和优化，以减少中间环节的损失，提高我国水果和蔬菜产业的运行效率。

鉴于第一问中对我国目前的蔬菜和水果的消费量的预测结果，我国目前水果和蔬菜的消费量是处于不断上升的状态，为了满足未来市场上对于水果和蔬菜的需求，国家和政府应该根据实际市场的有效预测消费量，引导蔬菜和水果的种植生产，防止出现市场供给不足或者供给过剩的情况出现，引导我国的果蔬行业能够很好的与实际的需求相适应。

对于第二问对中国居民目前矿物质、维生素、膳食纤维等营养的年摄入水平合理性的评价问题中，通过投影寻踪的综合评价方法表明我国居民目前的营养状况虽然得到不断改善，但是仍然存在比较严重的问题，在不进行营养干预的到 2017 之后我国居民营养健康状况开始恶化。表明在目前的情况下，我国的膳食结构存在着不合理性，根据其原因的分析，政府首先应该加大对于营养知识的宣传和教育，普及公众营养知识，减少以至于消除目前我国居民存在的营养消费的误区，另外政府应该进一步的修订我国

目前的居民膳食指南，从而更好的指导居民的营养消费。并且政府可以通过宏观政策，利用市场价格机制，通过对市场价格的干预从而影响居民的实际消费状况，从而达到改善食物营养结构，引导居民健康营养消费，改善我国国民的健康状况水平。

在第三问中以较小的成本满足营养健康的需求的研究的关键所在是对于水果蔬菜之间营养成分的了解把握，政府应该进一步的完善各种水果和蔬菜的营养成分相关数据资料，并且进一步的发展现代营养学中的基于营养价值等同的食物交换法，将其更好应用与居民的日常生活之中，汇集食物更加全面的相关替代信息，使得居民能够方便进行实践，能够让居民在目前经济水平的有限情况下，满足自己的营养需求。

根据第四问，综合考虑多方因素的影响，政府应该优化目前的农业的产业结构，建立以营养健康为主要目标的结构调整模式，适应目前的中国居民膳食的模式转型，而且第四问的结果表明在未来的年份中蔬菜的对水果的替代作用会更加趋向于明显，我国政府要满足未来果蔬市场的需求，应当改进目前的水果和蔬菜的种植比例，适当增加蔬菜的种植面积与水果种植面积的比率。

总之，政府要根据目前存在的问题，积极采取行之有效的宏观手段进行干预，充分发挥市场机制的作用，以现代营养理念引导食物合理消费，逐步形成以营养需求为导向的现代食物产业体系，促进生产、消费、营养、健康协调发展。

## 7. 模型的优缺点分析和模型的推广

### 7.1 模型的优缺点分析

#### 7.1.1 模型的优点

(1) 基于实数的加速遗传算法是在标准遗传算法的基础之上加以改进，大大优化了原有遗传算法的早收敛性和局限性。

(2) 将多维的数据以最佳的组合投影方向转换到一维空间上，极大地方便了原始数据的分析过程，以较低的代价获得较好的结论。

(3) 对于第四问中的目标规划优化模型，使用  $d^+$ 、 $d^-$  等柔性约束，避免过于严格的刚性约束导致无解的情况，满足了实际中经常出现的“尽量”、“最好”等较为宽松的约束条件。

#### 7.1.2 模型的缺点

(1) 在投影寻踪的评价模型中，忽略了品种之间的相互影响以及外界因素如通货膨胀对评价过程的影响。

(2) 模型所得的结论不具普遍性，只是在本题所特有的数据和假设条件才具有相应的意义。

### 7.2 模型的推广

对于基于实数的加速遗传算法聚类可以广泛的运用于实际生活研究中指标的选取；对于指数平滑模型则可以很好的研究许多事物的一种发展趋势；对于投影寻踪的综合评价模型能够推广到医疗卫生，教育科学，城市发展水平测定等一系列涉及高维变量的综合评价问题。而目标规划模型则更能够解决生活的决策问题，通过建立目标规划模型，对实际的问题进行求解，根据求解的结果做出科学的决策。

## 参考文献

- [1]杨顺江. 中国蔬菜产业发展研究[D]. 华中农业大学, 2004.
- [2]杨锦秀. 中国蔬菜产业发展的经济学分析[D]. 西南财经大学, 2005.
- [3]李哲敏. 中国城乡居民食物消费及营养发展研究[D]. 中国农业科学院, 2007.
- [4]李哲敏. 中国城乡居民食物消费与营养发展的趋势预测分析[J]. 农业技术经济, 2008, 06:57-62.
- [5]金菊良, 投影寻踪方法及其运用  
[http://wenku.baidu.com/link?url=NI7VLIYn8o46r80GGfzFa-HdW\\_oDVg7ARzPpj9FvELL\\_ZTcXu0tXkgp\\_kPpRn\\_nrHw\\_hJ\\_6lGhg6scC3IyM6RDqArNKKIzp4AAMdWsiT\\_D7](http://wenku.baidu.com/link?url=NI7VLIYn8o46r80GGfzFa-HdW_oDVg7ARzPpj9FvELL_ZTcXu0tXkgp_kPpRn_nrHw_hJ_6lGhg6scC3IyM6RDqArNKKIzp4AAMdWsiT_D7) 2014-09-22
- [6]汪晓银, 谭劲英, 谭砚文. 城乡居民年人均蔬菜消费量长期趋势分析[J]. 湖北农业科学, 2006
- [7]汪晓银. 中国蔬菜生产、消费与贸易研究[D]. 华中农业大学, 2004.
- [8]李元亭, 李军祥, 李庆. 不同蔬菜营养物质含量的比较研究[J]. 中国园艺文摘, 2010, 07:26-28.
- [9]吴东根, 洪美萍, 徐立军, 黄窈军, 王小娟. 蔬菜营养与人类健康应用研究[J]. 中国果菜, 2008, 01:56.
- [10]李辉尚, 2011 年上半年我国蔬菜进出口分析及下半年展望, A0 农业展望, 2011, 第 8 期: 45-50.
- [11]冷杨, 王娟娟, 张真和, 中国入世十年蔬菜进出口贸易比较分析, 中国蔬菜, 2012 (17): 1-7.
- [12]黄勇辉, 朱金福. 基于加速遗传算法的投影寻踪聚类评价模型研究与应用[J]. 系统工程, 2009, 11:107-110.
- [13]付强, 金菊良, 梁川. 基于实码加速遗传算法的投影寻踪分类模型在水稻灌溉制度优化中的应用[J]. 水利学报, 2002, 10:39-45.
- [14]毛德华, 邹君, 李杰, 李景保, 金菊良. 基于遗传算法的投影寻踪方法在洞庭湖区洪灾易损性评价中的应用[J]. 冰川冻土, 2010, 02:389-396.
- [15]王淑娟. 基于投影寻踪模型和加速遗传算法的石羊河流域水资源承载力综合评价[J]. 地下水, 2009, 06:82-84.



## 附录

### 附录 1. 基于实数的加速遗传算法的投影寻踪

```
function [a,b,mmin,mmax]=RAGA (xx,N,n,PC,Pm,M,DaiNo,Ci,ads)
tic
if ads==0
ad='ascend';
else
ad='descend';
end
mm1=zeros(1,n);mm2=ones(1,n);
for z=1:Ci
for i=1:N
while 1==1
for p=1:n
bb(p)=unifrnd(mm1(p),mm2(p));
end
temp=sum(bb.^2);
a=sqrt(bb.^2/temp);
y=Feasibility(a);
if y==1
v(i,:)=a;
break;
end
end
end
for s=1:DaiNo
for i=1:N
fv(i)=Target(xx,v(i,:));
end
[fv,i]=sort(fv,ad);
v=v(i,:);
arfa=0.05;
q(1)=0;
for i=2:N+1
q(i)=q(i-1)+arfa*(1-arfa)^(i-2);
end
for i=1:N
r=unifrnd(0,q(N+1));
for j=2:N+1
if r>q(j-1) & r<=q(j)
vtemp1(i,:)=v(j-1,:);
end
end
end
```

```

while 1==1
CrossNo=0;
v1=vtemp1;
for i=1:N
r1=unifrnd(0,1);
if r1 < Pc
CrossNo=CrossNo+1;
vtemp2(CrossNo,:)=v1(i,:);
v1(i,:)=zeros(1,n);
end
end
if CrossNo~=0 & mod(CrossNo,2)==0
break;
elseif CrossNo==0|mod(CrossNo,2)==1
vtemp2=[];
end
end
shengyuNo=0;
for i=1:N
if v1(i,:)~=zeros(1,n)
shengyuNo=shengyuNo+1;
vtemp3(shengyuNo,:)=v1(i,:);
end
end
for i=1:CrossNo
r2=ceil(unifrnd(0,1)*(CrossNo-i+1));
vtemp4(i,:)=vtemp2(r2,:);
vtemp2(r2,:)=[];
end
for i=1:2:(CrossNo-1)
while 1==1
r3=unifrnd(0,1);
v20(i,:)=r3*vtemp4(i,:)+(1-r3)*vtemp4(i+1,:);
v20(i+1,:)=(1-r3)*vtemp4(i,:)+r3*vtemp4(i+1,:);
temp1=sum(v20(i,:).^2);
temp2=sum(v20(i+1,:).^2);
v2(i,:)=sqrt(v20(i,:).^2/temp1);
v2(i+1,:)=sqrt(v20(i+1,:).^2/temp2);
if Feasibility(v2(i,:))==1 & Feasibility(v2(i+1,:))==1
break;
end
end
end
v3=[vtemp3;v2];

```

```

while 1==1
MutationNo=0;
v4=v3;
for i=1:N
r4=unifrnd(0,1);
if r4<Pm
MutationNo=MutationNo+1;
vtemp5(MutationNo,:)=v4(i,:);
v4(i,:)=zeros(1,n);
end
end
if MutationNo~=0
break;
end
end
shengyuNo1=0;
for i=1:N
if v4(i,:)~=zeros(1,n)
shengyuNo1=shengyuNo1+1;
vtemp6(shengyuNo1,:)=v4(i,:);
end
end
DirectionV=unifrnd(-1,1,1,n);
for i=1:MutationNo
tempNo=0;
while 1==1
tempNo=tempNo+1;
v5(i,:)=sqrt(((vtemp5(i,:)+
M*DirectionV).^2)
./sum((vtemp5(i,:)+
M*DirectionV).^2));
y=Feasibility(v5(i,:));
if tempNo==200
v5(i,:)=vtemp5(i,:);
break;
elseif y==1
break;
end
M=unifrnd(0,M);
end
end
vk=[v5;vtemp6];
v=vk;

```

```

end
for i=1:N;
fv(i)=Target(xx,v(i,:));
End
[fv,i]=sort(fv,ad);
v=v(i,:);
vk=v;
vv=vk(1:20,:);
t=1:n;
mm1(t)=min(vv(:,t));
mm2(t)=max(vv(:,t));
mmin(z,:)=mm1;
mmax(z,:)=mm2;
if abs(mm1-mm2)<=0.00001
break;
end
end
a=fv(1);
b=vv(1,:);
Toc
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
clear;clc;
d=[];e=[];
X=[];
[m,n]=size(X);
tic
for k=1:10
x=normalize(X);
N=400;Pc=0.8;Pm=0.2;M=10;Ci=15;n=18;DaiNo=2;ads=1;
[a1,b1,ee,ff]=RAGA(x,N,n,Pc,Pm,M,DaiNo,Ci,ads);
d=[d,a1];e=[b1;e];
end
[a2 b2]=max(d),e1=e(b2,:)
ff=e1*x'
p=size(ff,2);
toc
plot(1:p,ff,'r*');
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
clear;clc;
d=[];e=[];
X=[];
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
[m,n]=size(X);a=[1 8 9 10];b=[2 3 4 5 6 7 11 12 13];
for k=1:50

```

```

for i=1:m
for j=1:9
x(i,b(j))=(X(i,b(j))-min(X(:,b(j))))/(max(X(:,b(j)))-min(X(:,b(j))));
end
end

for i=1:m
for j=1:4
x(i,a(j))=(max(X(:,a(j)))-X(i,a(j)))/(max(X(:,a(j)))-min(X(:,a(j))));
end
end

N=400;Pc=0.8;Pm=0.2;M=10;Ci=7;n=13;DaiNo=2;ads=1;
[a1,b1,ee,ff]=RAGA(x,N,n,Pc,Pm,M,DaiNo,Ci,ads);
d=[d,a1];e=[b1;e];
end
[a2 b2]=max(d),e1=e(b2,:)
ff=e1*x'
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
function y=Feasibility(a)
b=sum(a.^2);
if abs(b-1)<=0.00001
y=1;
else
y=0;
End
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
function a=normalize(b)
D=b;
maxi=max(D);
mini=min(D);
[n m]=size(D);
for i=1:n
for j=1:m
D(i,j)=(D(i,j)-mini(j))/(maxi(j)-mini(j));
end
end
a=D;

```

## 附录 2.投影寻踪综合评价

```

clear;clc;
d=[];e=[];

```

```

X=[];
[m,n]=size(X);a=[1 8 9 10];b=[2 3 4 5 6 7 11 12 13];
for k=1:50
for i=1:m
for j=1:9
x(i,b(j))=(X(i,b(j))-min(X(:,b(j))))/(max(X(:,b(j)))-min(X(:,b(j))));
end
end
for i=1:m
for j=1:4
x(i,a(j))=(max(X(:,a(j)))-X(i,a(j)))/(max(X(:,a(j)))-min(X(:,a(j))));
end
end
N=400;Pc=0.8;Pm=0.2;M=10;Ci=7;n=13;DaiNo=2;ads=1;
[a1,b1,ee,ff]=RAGA(x,N,n,Pc,Pm,M,DaiNo,Ci,ads);
d=[d,a1];e=[b1;e];
end
[a2 b2]=max(d),e1=e(b2,:)
ff=e1*x'
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%5
biaozhun=[];
data=[];
[n m]=size(data);
zhibiao=zeros(n,1);
for i=1:n
for j=1:m
if data(i,j)>biaozhun(j)*0.97 && data(i,j)<biaozhun(j)*1.03
zhibiao(i)=zhibiao(i)+1;
elseif data(i,j)>biaozhun(j)*0.95 && data(i,j)<biaozhun(j)*1.05
zhibiao(i)=zhibiao(i)+1*0.8;
elseif data(i,j)>biaozhun(j)*0.9 && data(i,j)<biaozhun(j)*1.1
zhibiao(i)=zhibiao(i)+1*0.5;
elseif data(i,j)>biaozhun(j)*0.7 && data(i,j)<biaozhun(j)*1.3
zhibiao(i)=zhibiao(i)+1*0.2;
else
zhibiao(i)=zhibiao(i)+1*0.1;
end
end
end
zhibiao
logo=zeros(size(zhibiao));
for i=1:n
if zhibiao(i)<=4.1
logo(i)=1;

```

```

elseif zhibiao(i)<=4.3
logo(i)=2;
elseif zhibiao(i)<=4.5
logo(i)=3;
elseif zhibiao(i)<=4.7
logo(i)=4;
elseif zhibiao(i)<=4.9
logo(i)=5;
end
end
logo=logo'
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
clear;clc;
close all;
d=[];e=[];
X=[];
y=[];
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
[m,n]=size(X);
tic
for k=1:10
x=normalize(X);
N=400;Pc=0.8;Pm=0.2;M=10;Ci=7;n=21; DaiNo=2;ads=1;
[a1,b1,ee,ff]=RAGA(x,y,N,n,Pc,Pm,M,DaiNo,Ci,ads);
d=[d,a1];e=[b1;e];
end
[a2 b2]=max(d),e1=e(b2,:);
ff=e1*x'
p=size(ff,2);
toc
plot(1:p,ff,'r*');
figure;plot(ff,y,'.');
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
x=[-0.4357 -1.2404];
lei=5;
z=-8:0.01:8;
for i=1:1601
y1(i)=lei/(1+exp(x(1)+x(2)*z(i)));
end
figure
plot(z,y1)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
x=[];
lei=5;
z=[];

```

```

for i=1:17
y(i)=lei/(1+exp(x(1)+x(2)*z(i)));
end

```

### 附录3 第三问规划模型求解

```

model:
sets:
x/x1..x60/:pr,cost;
y/y1..y12/:z1;
link(x,y):sj;
endsets
data:
pr=;
sj=
;
z1=;
enddata
min=@sum(x(i):pr(i)*cost(i));
@for(x(i):cost(i)>=0);
@for(x(i):cost(i)<=1);
@for(y(j):@sum(x(i):5*cost(i)*sj(i,j))>=0.6*z1(j));
@for(y(j):@sum(x(i):5*cost(i)*sj(i,j))<=1.4*z1(j));
end

```

### 附录4.因子分析的 SAS 程序

```

data ex17;
input objects$ pop school employ services house@@;
cards;
;
proc factor data=ex17 method=principal rotate=varimax
percent=0.8
score outstat=ex1;
var pop school employ services house;
run;
proc score data=ex17 score=ex1 out=ex2;
var pop school employ services house;
run;
proc print data=ex1;
proc print data=ex2;
run;

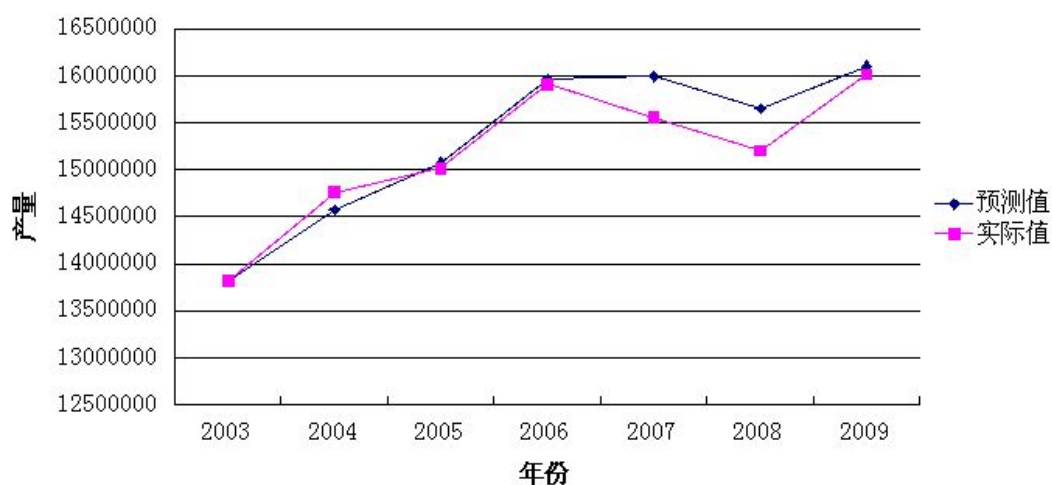
```

### 附录5 五种蔬菜的消费量图表

|      | 芹菜 | 预测值         | 实际值         | 残差          | 相对误差         |
|------|----|-------------|-------------|-------------|--------------|
| 2003 |    | 13814666.78 | 13814666.78 | 0.004999999 | 3.61934E-10  |
| 2004 |    | 14572992.35 | 14762573.74 | -189581.387 | -0.012842028 |
| 2005 |    | 15076983.4  | 15013399.77 | 63583.6342  | 0.004235126  |
| 2006 |    | 15966563.3  | 15911295.4  | 55267.90096 | 0.003473501  |

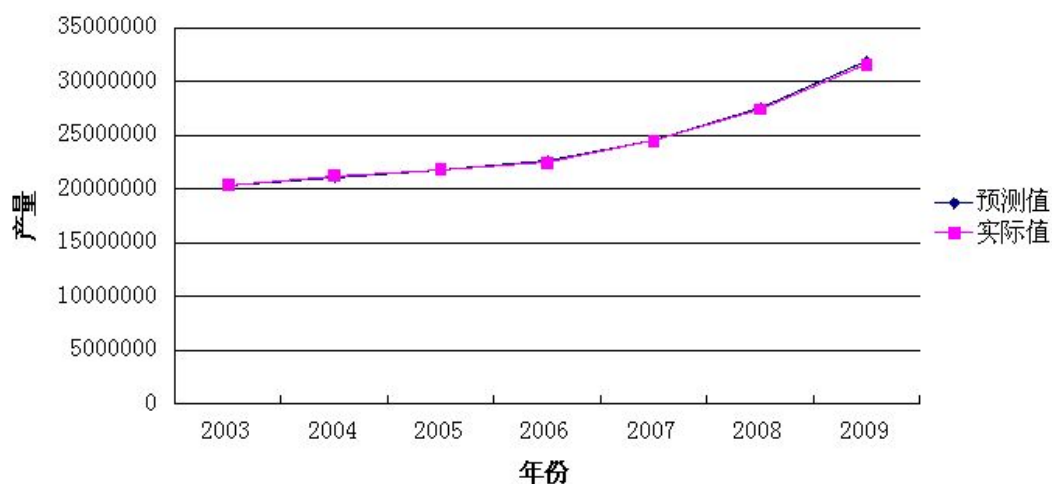


|      |             |             |             |             |
|------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2007 | 15994828.16 | 15557369.1  | 437459.0614 | 0.02811909  |
| 2008 | 15651869.02 | 15203442.8  | 448426.2214 | 0.029495044 |
| 2009 | 16105417.83 | 16014395.67 | 91022.16154 | 0.005683771 |



|     |             |             |            |             |             |
|-----|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| 年份  | 2010        | 2011        | 2012       | 2013        | 2014        |
| 消费量 | 16326949.59 | 16548481.34 | 16770013.1 | 16991544.85 | 17213076.61 |

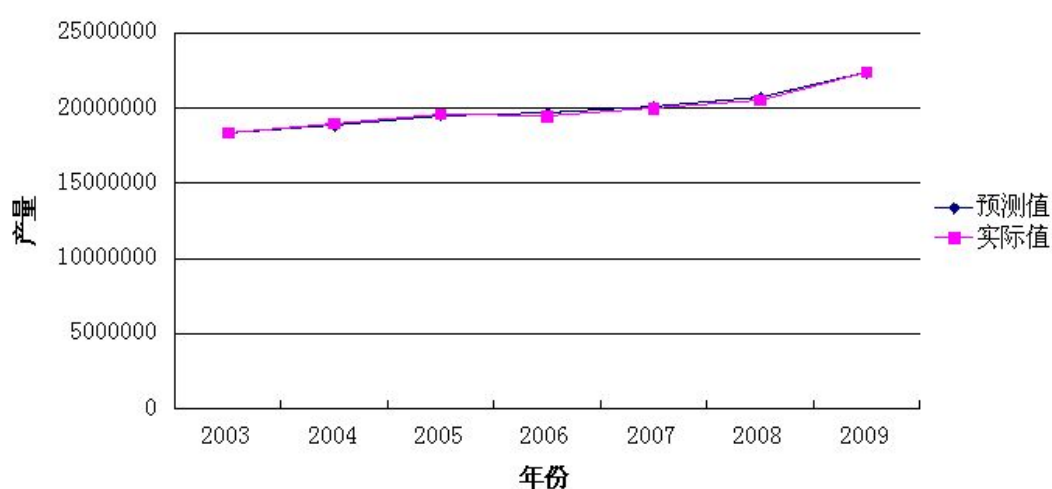
| 西红柿  | 预测值         | 实际值         | 残差           | 相对误差         |
|------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| 2003 | 20377914.01 | 20377914.01 | 0.004750002  | 2.33096E-10  |
| 2004 | 21056619.71 | 21226296.13 | -169676.4282 | -0.00799369  |
| 2005 | 21817557.99 | 21838116.14 | -20558.1441  | -0.000941388 |
| 2006 | 22572812.4  | 22435650.29 | 137162.1134  | 0.006113579  |
| 2007 | 24465820.88 | 24489478.83 | -23657.95142 | -0.000966046 |
| 2008 | 27509666.97 | 27437701.03 | 71965.93321  | 0.002622885  |
| 2009 | 31912861.98 | 31586357.25 | 326504.7277  | 0.010336891  |



|    |      |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|------|
| 年份 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|----|------|------|------|------|------|

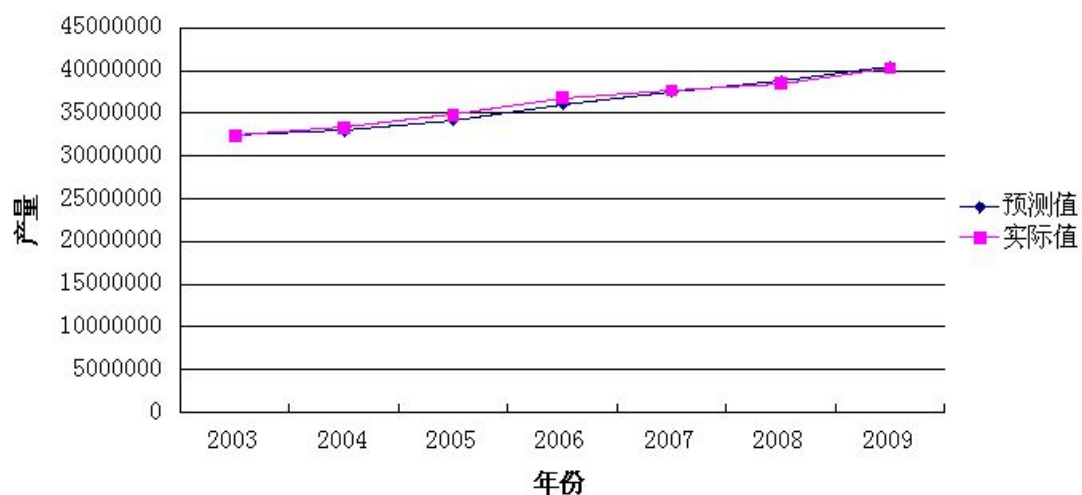
消费量 33706975.22 35501088.45 37295201.69 39089314.92 40883428.16

| 茄子   | 预测值         | 实际值         | 残差           | 相对误差         |
|------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| 2003 | 18332054.83 | 18332054.83 | -0.002       | -1.09099E-10 |
| 2004 | 18831013.37 | 18955753    | -124739.632  | -0.006580569 |
| 2005 | 19529555.31 | 19579451.16 | -49895.8556  | -0.002548379 |
| 2006 | 19675519.71 | 19437583.62 | 237936.0919  | 0.012241032  |
| 2007 | 20123212.16 | 19979102.42 | 144109.7465  | 0.007213024  |
| 2008 | 20694538.92 | 20520621.21 | 173917.7059  | 0.008475265  |
| 2009 | 22369265.32 | 22391715.71 | -22450.39343 | -0.001002621 |



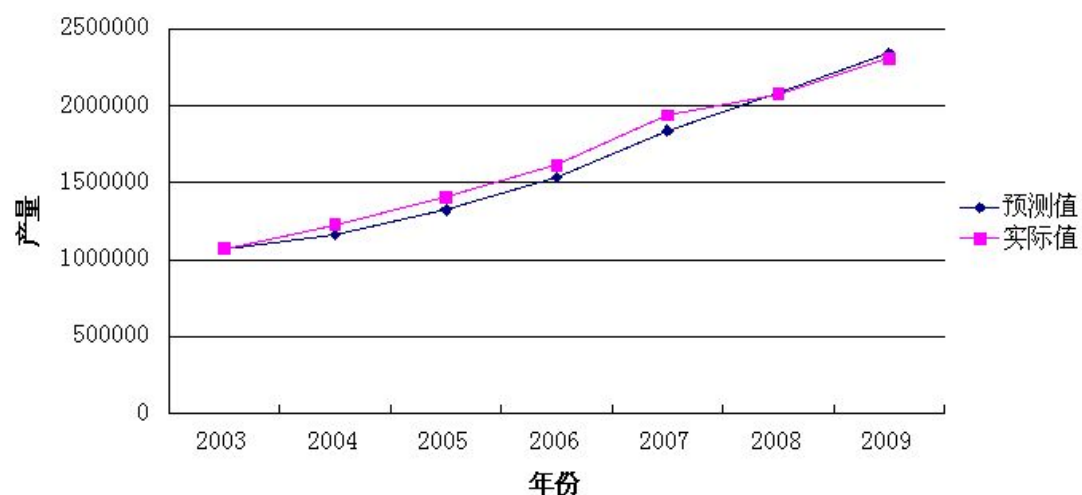
| 年份  | 2010        | 2011        | 2012        | 2013        | 2014        |
|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 消费量 | 22957798.57 | 23546331.82 | 24134865.07 | 24723398.32 | 25311931.58 |

| 黄瓜   | 预测值         | 实际值         | 残差           | 相对误差         |
|------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| 2003 | 32387429.84 | 32387429.84 | -0.003999997 | -1.23505E-10 |
| 2004 | 32956510.35 | 33335897.36 | -379387.012  | -0.011380735 |
| 2005 | 34154862.59 | 34811493.95 | -656631.3604 | -0.018862487 |
| 2006 | 36020844.76 | 36844315.2  | -823470.4443 | -0.02235     |
| 2007 | 37500120.3  | 37662368.44 | -162248.134  | -0.004307964 |
| 2008 | 38730399.59 | 38480421.67 | 249977.9181  | 0.006496236  |
| 2009 | 40410595.96 | 40313517.55 | 97078.4045   | 0.002408086  |



|     |             |             |             |             |             |
|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 年份  | 2010        | 2011        | 2012        | 2013        | 2014        |
| 消费量 | 41283402.16 | 42156208.37 | 43029014.58 | 43901820.78 | 44774626.99 |

| 蘑菇   | 预测值         | 实际值         | 残差           | 相对误差         |
|------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| 2003 | 1070355.476 | 1070355.476 | -8.08383E-05 | -7.55248E-11 |
| 2004 | 1164393.525 | 1227085.557 | 62692.03287  | 0.053840932  |
| 2005 | 1323922.31  | 1406765.322 | 82843.01131  | 0.062573922  |
| 2006 | 1533141.241 | 1612755.246 | 79614.00527  | 0.051928683  |
| 2007 | 1838697.591 | 1939211.602 | 100514.0108  | 0.054665874  |
| 2008 | 2080229.82  | 2077150.53  | -3079.290088 | -0.001480264 |
| 2009 | 2337613.728 | 2309334.282 | -28279.44574 | -0.01209757  |



|     |             |             |             |             |             |
|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 年份  | 2010        | 2011        | 2012        | 2013        | 2014        |
| 消费量 | 2478154.359 | 2618694.991 | 2759235.623 | 2899776.255 | 3040316.887 |

#### 主要蔬菜水果的价格

|     |      |    |      |    |      |
|-----|------|----|------|----|------|
| 胡萝卜 | 2.88 | 土豆 | 3.48 | 荔枝 | 6.1  |
| 萝卜  | 1.2  | 榨菜 | 2.5  | 龙眼 | 16.8 |

|     |      |     |      |     |       |
|-----|------|-----|------|-----|-------|
| 竹笋  | 22   | 蘑菇  | 7.28 | 芒果  | 12    |
| 大白菜 | 2.68 | 木耳  | 3.5  | 猕猴桃 | 6.7   |
| 菠菜  | 3.68 | 香菇  | 8.88 | 菠萝  | 3.2   |
| 菜花  | 8.38 | 苹果  | 6.8  | 山楂  | 3.5   |
| 韭菜  | 3.38 | 梨   | 6.8  | 椰子  | 2.8   |
| 芹菜  | 3.18 | 桃子  | 4.1  | 柠檬  | 3     |
| 生菜  | 2.38 | 杏子  | 15   | 木瓜  | 10.8  |
| 蒜苗  | 5.58 | 李子  | 4.3  | 枇杷  | 4.3   |
| 小白菜 | 2.88 | 葡萄  | 5.8  | 无花果 | 13.55 |
| 油菜  | 3.5  | 香蕉  | 5.58 | 杨梅  | 4.8   |
| 圆白菜 | 0.6  | 草莓  | 16.5 | 杨桃  | 18.7  |
| 冬瓜  | 1.98 | 橙子  | 3.7  | 樱桃  | 32.4  |
| 西红柿 | 3.8  | 柑橘  | 2.7  | 榴莲  | 22.8  |
| 青椒  | 3.28 | 柚子  | 3.6  | 山竹  | 38.5  |
| 茄子  | 3    | 西瓜  | 1.5  | 金橘  | 14.17 |
| 黄瓜  | 2.88 | 哈密瓜 | 3.5  | 石榴  | 3.5   |
| 苦瓜  | 5.38 | 桑葚  | 26   | 番荔枝 | 44    |
| 南瓜  | 2.88 | 柿子  | 4.2  | 火龙果 | 7.28  |
| 丝瓜  | 5.28 | 大枣  | 9.38 | NAN | NAN   |